

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Наукова школа професора В.М. Стабнікова «Теорія і практика процесів  
масообміну в харчових виробництвах»**

**Київ НУХТ 2011**

## ЗМІСТ

1. Історичний нарис.....	
2. Біографічна довідка.....	
3. Наукова школа професора В.М. Стабнікова	
Теорія оновлення поверхні контакту фаз і сучасний розвиток науки про процеси і апарати.....	
Теорія і практика ректифікації етилового спирту.....	
Дослідження у галузі екстрагування.....	
Сорбційні процеси.....	
Сушіння.....	
Інтенсифікація процесів масообміну перемішуванням та застосуванням низькочастотних коливань і кавітації.....	
Розвиток наукових досліджень в останнє десятиріччя.....	
4. Навчальна робота.....	
5. Таким ми його пам'ятаємо.....	

Наукова школа професора В.М.Стабнікова: «Теорія і практика процесів масообміну в харчових виробництвах» / Укладач: О.С. Марценюк. – К.: НУХТ, 2011. – с.

Рецензент І.Ф. Малежик, д-р техн.наук, професор

Відповідальний за випуск О.Ю. Шевченко, д-р техн.наук, професор

Видання подається в авторській редакції

На основі уявлень про вплив оновлення поверхні контакту фаз на перебіг процесів масообміну коротко розглянуто результати теоретичних і експериментальних робіт з інтенсифікації технологічних процесів, виконаних з 1951р. колегами, учнями та послідовниками В.М. Стабнікова на кафедрі процесів і апаратів та споріднених до неї кафедрах НУХТ.

Для фахівців у області процесів масообміну харчових і хімічних виробництв, викладачів і студентів НУХТ

Засновником наукової школи з теорії і практики процесів масообміну в харчових виробництвах є заслужений працівник вищої школи України, двічі лауреат Державної премії України, доктор технічних наук, професор Стабніков Всеволод Миколайович. Він же був засновником кафедри процесів і апаратів НУХТ (раніше КТІХП) і працював її завідувачем з 1951 по 1988 рік, а потім, до 1991 року, професором кафедри. Свої сили і творче натхнення він віддав становленню і розвитку науки «Процеси і апарати харчових виробництв», зокрема найбільшого її розділу — процесів масообміну. Досягнення В.М. Стабнікова і його школи у вивченні процесів масообміну визнані в усьому світі, а його ідея про оновлення поверхні контакту фаз стала базовим положенням для інтенсифікації процесів міжфазного перенесення.

## 1. Історичний нарис

На початкових етапах розвитку суспільства і становлення окремих наук широко використовувався теоретично не обґрунтований принцип аналогії — встановлення схожості певних властивостей нетотожних об'єктів. Принцип аналогії явищ, що спостерігається у різних технологічних процесах, ліг в основу створення науки про процеси і апарати і отримав найширше практичне застосування в теорії подібності та моделювання.

Положення про схожість ряду основних технологічних процесів вперше сформулював у 1828 р. російський професор Ф.А. Денисов у книзі «Пространное руководство к общей технологи...», а в 1897 р. Д.І. Менделєєв у книзі «Основы фабрично-заводской промышленности» вперше запропонував класифікацію процесів хімічної технології і висловив думку про узагальнення їх вивчення. Ці ідеї були розвинуті професором Петербуржського технологічного інституту О.К. Крупським у написаній у 1909 р. праці «Начальные главы о проектировании по химической технологии» і відомим вченим у галузі цукрової промисловості професором Московського вищого технічного училища І.О. Тищенком, який у 1913 р. видав перший курс «Основные процессы и аппараты химической технологии». Аналогічний підручник В. Льюїса, В. Уокера і В. Мак-Адамса «Принципы науки про процеси і апарати» був виданий у США у 1923 р.

У період становлення науки про процеси і апарати харчова і хімічна технології не розмежовувались і розглядались сумісно. Важно сказати, що виникло раніше: навички приготування їжі із зерен злаків і м'яса, чи оброблення мінеральними і рослинними хімічними реагентами шкір тварин для виготовлення одягу та взуття. Втім і приготування їжі супроводжується хімічними перетвореннями, що дозволяє розглядати процеси і апарати хімічних виробництв і харчових технологій як споріднені.

Наука про процеси і апарати харчових виробництв в СРСР почала формуватись у тридцяті роки минулого століття на кафедрах

сільськогосподарських вузів і в науково-дослідних інститутах харчової промисловості, але основний розвиток вона одержала в галузевих вузах харчової промисловості, організованих у Москві, Києві, Краснодарі, Одесі та Воронежі.

Створення і розвиток наукової школи професора Всеволода Миколайовича Стабнікова «Теорія і практика процесів масообміну в харчових виробництвах» базувались на історії розвитку науки про процеси і апарати харчових виробництв в Національному університеті харчових технологій (НУХТ), який був заснований у 1930 р. як Київський технологічний інститут харчової промисловості (КТІХП). На момент відкриття КТІХП у вузах хімічної промисловості вже читався курс процесів і апаратів. Цей курс був введений і в навчальні плани вузів харчової промисловості і читався викладачами кафедр спеціального обладнання харчових виробництв.

Одним із центрів розвитку нової науки «Процеси і апарати харчових виробництв» став КТІХП, а перші його кроки зв'язані з ім'ям професора Київського політехнічного інституту О.О. Кірова, якому належить ряд робіт з дослідження процесів ректифікації і створення методу розрахунку ректифікаційних апаратів та видана у 1926 р. книга «Апаратура и основные процессы химической технологии», у якій він вказує на різноманітність процесів і апаратів харчової технології. Його учень І.М. Ройтер продовжив роботи з ректифікації і виконав важливу роботу по розрахунку і конструюванню дефлегматорів. Ряд цікавих робіт в області ректифікації виконали і інші співробітники КТІХП.

Вагомий вклад у науку вніс професор Гліб Михайлович Знаменський — перший доктор технічних наук в галузі процесів і апаратів харчових виробництв, який захистив дисертацію на Вченій раді КТІХП. Ним виконані широкі дослідження гідромеханічних процесів та встановлені теплотехнічні характеристики продуктів і напівпродуктів харчової промисловості, які були покладені в основу раціонального розрахунку процесів і апаратів харчових виробництв.

Знаменський Г.М. і його учні (В.Д. Попов, З.С. Шліпченко, Ф.А. Редько, М.Г. Бойченко, П.О. Вечерський) досліджували процеси фільтрування, центрифугування, кристалізації. Г.М. Знаменський створив оригінальну теорію промислового фільтрування і застосував її для розрахунку фільтрів харчової промисловості, розробив теорію центрифугування утфелів у цукровому виробництві і методи моделювання центрфуг, заклав основи досліджень процесу кристалізації сахарози і розробив нові типи апаратів для безперервної варки цукрових утфелів.

Отже, ще до організації спеціалізованої кафедри процесів і апаратів у КТІХП уже проводились дослідження таких важливих процесів як ректифікація, дефлегмація, кристалізація, випарювання, фільтрування.

Кафедра процесів і апаратів була організована у КТІХП у вересні 1951 р. і очолив її професор В.М. Стабніков. Для створення і становлення кафедри багато зробив заступник директора інституту з навчальної і наукової роботи, завідувач кафедри спеціального обладнання харчових підприємств, професор Г.М. Знаменський. Основним напрямком наукової роботи кафедри були вибрані масообмінні процеси харчових виробництв. Особлива увага приділялась двом групам масообмінних процесів: ректифікації і екстрагуванню.

Першими викладачами кафедри були: к.т.н., доцент В.Д. Попов, старший викладач М.Г. Бойченко, асистент Ф.А. Редько. Згодом доцент В.Д. Попов захистив докторську дисертацію (1953 р.) і став професором кафедри, а потім перейшов завідувачем на іншу кафедру. М.Г. Бойченко захистив кандидатську дисертацію і став доцентом кафедри, а Ф.А. Редько перейшов на роботу в інший навчальний заклад.

За короткий час була створена лабораторія процесів і апаратів, а через аспірантуру під керівництвом В.М. Стабнікова підготовлено ряд високо кваліфікованих наукових працівників, ставших співробітниками цієї і суміжних кафедр, де вони продовжили, а дехто із них ще й тепер продовжують наукову роботу в галузі процесів і апаратів харчових виробництв.

Аспірантуру при кафедрі процесів і апаратів закінчили: М.О. Буренков, П.С. Циганков, О.П. Ніколаєв, І.Ф. Малежик, В.М. Таран, які через деякий час стали докторами наук, професорами кафедри процесів і апаратів; В.О. Аністратенко — завідувач кафедри машин і апаратів, доктор технічних наук, професор; В.А. Домарецький — завідувач кафедри біотехнології продуктів бродіння, екстрактів і напоїв, доктор технічних наук, професор; А.П. Верхола — завідувач кафедри інженерної графіки, доктор педагогічних наук, професор; М.С. Карпович — доктор технічних наук, професор, який згодом був проректором з наукової роботи вузу; М.П. Гандзюк — доктор технічних наук, професор кафедри охорони праці; В.О. Маринченко — доктор технічних наук, професор кафедри біотехнології продуктів бродіння, екстрактів і напоїв; П.Л. Шиян — доктор технічних наук, завідувач кафедри продуктів бродіння, екстрактів і напоїв, декан факультету технології бродильних і хлібопекарських виробництв.

На кафедрі процесів і апаратів у різні роки працювали доктор технічних наук, професор В.М. Лисянський, кандидати технічних наук, доценти О.Г. Муравська, М.І. Штромило, В.А. Задніпрський, Н.В. Погорелова, Ю.В. Карлаш, О.В. Стратієнко, І.Г. Зеленюк, Л.О. Косоголова, О.А. Коваль, А.М. Матіяшук, кандидат технічних наук, професор П.П. Лобода.

Досконало знаючи англійську і німецьку мови, будучи добре інформованим про стан харчової промисловості та організації вищої технічної освіти за кордоном, зокрема у США, де він близько восьми місяців (1946 р.) перебував у відрядженні, та володіючи практично енциклопедичними знаннями в галузі процесів і апаратів, здобутими постійною роботою з фундаментальною науковою та технічною літературою, яку він випишував із-за кордону і читав в оригіналі, В.М. Стабніков давав вичерпні й конкретні поради не лише своїм аспірантам, а й здобувачам вчених ступенів і аспірантам з інших кафедр та численним відвідувачам, спрямовував їх на розв'язування першочергових завдань харчової промисловості, застерігав від можливих помилок. Як сказав один з його колишніх аспірантів (В.А. Задніпрський): «до Всеволода



Миколайовича зайдеш зі своєю думкою, а вийдеш із зовсім іншими новими думками та ініціативами».

Стабніков мав унікальну здатність швидкого читання. Сторінки тексту, який не містив для нього принципово нової інформації, він проглядав одним поглядом зверху вниз, чітко уловлюючи суть викладеного матеріалу. У разі наявності нової інформації, вчитувався більш ретельно. Постійно слідкував за світовою і вітчизняною науковою літературою, знав класичну світову художню літературу, сам безперервно творив, писав наукові статті і монографії, завжди чітко висловлюючи свої міркування. Був центром наукової думки КТІХП, його порадами користувались фахівці у галузі процесів і апаратів харчових виробництв УРСР (Української радянської соціалістичної республіки) і Радянського Союзу.

Приймаючи численних відвідувачів не тільки зі свого вузу, а й з інших установ та з інших міст, він відкладав усі справи, уважно слухав, цікавився не лише науковими проблемами, а й культурним життям і побутовими питаннями, давав слушні поради. На семінарах і конференціях уважно слухав наукові доповіді — при цьому у нього навіть насторожувались вуха (він умів свідомо поводити вухами і цим, за його згадкою у неофіційній бесіді, інколи розважав товаришів у школі).

Практично все життя багато писав і редагував, у чому досяг великої майстерності. Якось, з ноткою гумору, він сказав: «Зараз писати наукові монографії легко, бо з οποї теми завжди можна знайти велику кількість публікацій. А от Ломоносову приходилось все придумувати самому, бо науково-технічної літератури в ті часи практично не було». При написанні наукових робіт радив писати побільше, викладаючи все, що вважається потрібним. Після написання роботу слід скорочувати, викреслюючи все зайве, в результаті чого робота стане змістовною.

Працюючими редактором ряду науково-технічних журналів, він часто розглядав скорочення тексту як засіб покращення його якості, хоч більшість авторів скорочують текст з великим жалем і неохотою. Інколи у разі відсутності

автора, Стабнікову В.М., як редактору, доводилось скорочувати текст самому — і робив він це так майстерно, що навіть сам автор потім міг йому позаздрити.

При написанні наукових робіт вимагав, щоб обов'язково був вступ, у якому розкривається доцільність і актуальність дослідження, основна частина з чітким викладенням думок і підсумки. Пізніше ці умови стали загальноприйнятими для наукових публікацій.

У період 1960...1980 рр. Стабніков В.М. практично керував підготовкою наукових кадрів не лише на кафедрі процесів і апаратів, а й часто спрямовував підготовку кадрів на інших кафедрах і наукові роботи науково-дослідницьких інститутів харчової промисловості України.

За ініціативою В.М. Стабнікова було започатковане проведення республіканських і міжнародних конференцій з процесів і апаратів харчових і хімічних виробництв, які стали своєрідними з'їздами вчених з метою обміну інформацією, апробації робіт і визначення пріоритетних напрямків розвитку цієї науки. Перша Республіканська науково-технічна конференція в галузі процесів і апаратів хімічних і харчових виробництв була проведена в КТІХП — і у 1964 році. Також В.М. Стабніков був організатором першої Всесоюзної конференції по теорії і практиці ректифікації в хімічній і харчовій промисловості, яка відбулась у 1960 р.

З 1988 по 2008 р. кафедрою завідував учень В.М. Стабнікова, заслужений працівник вищої школи України, лауреат державної премії України, доктор технічних наук, професор І.Ф. Малезик, фахівець у галузі ректифікації і контактних пристроїв для масообмінних апаратів, а також сушіння харчових продуктів, а з 2008 р. кафедрою завідує доктор технічних наук, професор Шевченко О.Ю., який спеціалізується в напрямку інтенсифікації процесів харчових виробництв та удосконалення їх апаратурного оформлення.

Співробітники кафедри не лише продовжують і поглиблюють започатковані В.М. Стабніковим наукові дослідження, а й розширюють їх тематику, не забуваючи приділяти велику увагу навчальному процесу та залученню кращих студентів до наукової роботи.

З 1993 р. на кафедрі крім дисциплін «Процеси і апарати харчових виробництв» та «Гідравліка і гідравлічні машини» читається дисципліна «Математичні моделі в розрахунках на ЕОМ», а навчальній лабораторії з процесів та апаратів присвоєно ім'я професора В.М. Стабнікова.

1998 р. на кафедрі введено нову для університету спеціальність «Технологія зберігання, консервування та переробки плодів та овочів» і кафедра стала випусковою, а з 2000 р. має назву «Процеси і апарати харчових виробництв та технологія консервування». У зв'язку з цим нині на кафедрі читаються 27 дисциплін. Кафедра має навчальну та науково-дослідну лабораторії з процесів і апаратів харчових виробництв, лабораторії гідравліки та технології консервування плодів та овочів, комп'ютерний клас.

Лабораторія «Гідравліка і гідравлічні машини» створювалась, починаючи з 1951 р., при кафедрі обладнання харчових виробництв, якою завідував професор Г.М. Знаменський. Під керівництвом доцента З.С. Шліпченка були створені навчальні та дослідні установки для визначення втрат напору по довжині трубопроводів та на місцеві опори, визначення робочих характеристик відцентрових насосів, вивчення гідравліки витікання рідин з отворів і насадків.

Читались курси «Гідравліка і гідравлічні машини» студентам механічного і технологічного факультетів обсягом 54 і 36 годин, курси «Гідрогазодинаміка», «Насоси, компресори і вентилятори»; всі курси закінчувались заліками і іспитами.

Співробітниками лабораторії І.К. Мотуз, Г.Є. Руденко-Грицюк досліджували робочі характеристики сокових насосів типу СОТ для цукрової промисловості потужністю від 30 до 150 м<sup>3</sup>/год, вивчали очищення транспортерно-мийної води за допомогою гідроциклонів.

Після 1965 р. досліджувалась ефективність роботи водоструминного апарата для підняття суміші води і буряку на значні (понад 20 м) висоти та вплив в'язкості цукрових розчинів (соків і високов'язких сиропів) на робочі характеристики відцентрових насосів, розроблялись методи перерахунку

характеристик насосів при переході їх з роботи на воді на роботу з рідинами підвищеної в'язкості (З.С. Шлінченко, І.Г. Зеленюк, І.К. Мотуз).

З 1978 по 1981 р. лабораторія гідравліки і гідравлічних машин відносилась до кафедри процесів і апаратів, потім була створена кафедра теоретичної теплотехніки і гідравліки, в склад якої ввійшла лабораторія, а з 1988 р. лабораторія гідравліки знову була підпорядкована кафедрі процесів і апаратів. У ці роки в лабораторії велись дослідження і розроблялись енергозберігаючі установки для очищення стічних вод та методики гідравлічних розрахунків установок відцентрових насосів, що працюють на цукрових заводах (І.Г. Зеленюк, І.К. Мотуз, О.В. Саввова).

Після 1988 р. продовжувались дослідження і розроблення енергозберігаючих технологій очищення стічних вод, зокрема, на каскадних біофільтрах, вивчалось насичення водоймищ киснем повітря, проводилось вивчення і випробовування всмоктувальної здатності відцентрових вентиляторів (І.Г. Зеленюк, І.К. Мотуз).

У штаті кафедри (крім завідувача) працюють викладачі: професори, доктори технічних наук І.Ф. Малежик, В.Р. Кулінченко, О.С. Марценюк, Л.М. Мельник, професори, кандидати технічних наук П.М. Немирович, В.С. Бодров, В.Л. Зав'ялов, кандидати технічних наук, доценти Л.В. Зоткіна, А.Д. Сергєєв, А.В. Копиленко, М.М. Жеплінська, Н.А. Жестерева, Г.М. Бандуренко, О.М. Деменюк, І.В. Дубковецький, Ю.В. Запорожець, Т.Г. Мисюра, Н.В. Попова, Н.А. Ткачук, О.В. Точкова, С.В. Матко, ст. викладач С.Й. Крижановський, асистент О.М. Віщенко.

За роки існування (на 2011 рік) кафедрою підготовлено 18 докторів і більше 100 кандидатів технічних наук.

Кафедра неодноразово перемагала у змаганнях на звання кращої кафедри університету, два співробітника отримали звання Заслужених працівників вищої школи, три – лауреати Державної премії України в галузі науки і техніки.

Генеральним напрямком наукової роботи на кафедрі процесів і апаратів, сформульованим професором В.М. Стабніковим і продовженим його

послідовниками є теорія і практика процесів масообміну в харчових виробництвах. Цей напрямок найбільш активно розвивається за такою тематикою:

- теорія і практика ректифікації етилового спирту;
- екстрагування з рослинної сировини;
- сорбційні процеси;
- сушіння харчових продуктів;
- інтенсифікація процесів масообміну перемішуванням та застосуванням коливань і кавітації;
- узагальнення питань масообміну і створення наукової та навчальної літератури.

## **2. Біографічна довідка**

Всеволод Миколайович Стабніков народився 24 лютого 1905 р. в с. Чистюнька Алтайського краю у сім'ї службовця поштового відділення. Початкову освіту отримав у сільській школі, потім до 5 класу вчився в гімназіях м. Бійська і м. Каменя на Обі. Середню освіту отримав у 1922 р. в Радянській трудовій вечірній школі в м. Барнаул. Трудову діяльність розпочав у 1921 р. рахівником у конторі спілки кооперативів.

У 1922 р. за путівкою профспілки вступив до Томського державного університету. З другого курсу університету перевівся в Томський індустріальний інститут, хіміко-технологічний факультет якого закінчив у 1928 р. за фахом інженера-хіміка по спеціальності хімічна технологія поживних речовин. Під час навчання приймав активну участь у роботі громадських організацій, був секретарем предметної комісії, членом профкома, інструктором «Доброхіма», приймав активну участь у роботах студентського наукового товариства.

Після закінчення інституту був залишений аспірантом при кафедрі технології поживних речовин, якою керував професор С.В. Лебедев. Перебуваючи в аспірантурі виконував дослідницькі роботи і підсумкову

самостійну роботу на тему «Подавлення піни жирами в дріждже-винокурному виробництві». Після закінчення аспірантури отримав ступінь кандидата хімічних наук, а у 1933 р. був затверджений у званні доцента.

У 1932 р. отримав доручення завідувати кафедрою загально-інженерних дисциплін Сибірського (м. Томськ) хіміко-технологічного інституту, а з 1935 р. завідувати кафедрою загальної і хімічної технології (процесів і апаратів харчових виробництв). Цей курс читав в інституті впродовж 6 років. Одночасно виконував наступні адміністративні доручення: у 1933 р. – помічник декана факультету, в 1935 р. – методист хіміко-технологічного факультету.

У 1938 р. був переведений у Воронежський хіміко-технологічний інститут завідувачем кафедри обладнання харчових виробництв. Працюючи в Томську і Воронежі виконав ряд робіт в галузі дослідження процесів харчової промисловості, на основі яких у лютому 1940 р. захистив у раді КТІХП дисертацію на ступінь доктора технічних наук за темою: «Механізм процесу ректифікації і норми проектування колон», а в травні отримав диплом доктора технічних наук і звання професора. У 1941 р. був призначений заступником директора Воронежського хіміко-технологічного інституту з навчальної і наукової роботи.

Впродовж педагогічної роботи в Томську і Воронежі виконував громадську роботу: був членом місцевого комітету, членом бюро секції наукових працівників, членом Всесоюзного товариства винахідників. У 1941 р. вступив до лав Комуністичної партії, як всі комуністи виконував партійні доручення.

В період 1941...1942 рр. (перший рік Великої Вітчизняної війни) перебуваючи у Воронежі, приймав активну участь в організації оборонних робіт і в керівництві створення при інституті спеціальних майстерень по виробництву предметів озброєння. У 1942 р. керував евакуацією інституту в м. Бійськ Алтайського краю, де інститут продовжував вести підготовку інженерних кадрів. За роботу по евакуації і організації навчальної роботи

інституту в м. Бійську був нагороджений знаком Відмінника харчової промисловості.

У 1944 р. повернувся в м. Воронеж, де працював спочатку директором філіалу інституту, а потім, після повернення інституту у Воронеж, замісником директора інституту. У 1945 р. нагороджений медаллю «За доблестный труд в Великой Отечественной войне».

У 1946 р. був направлений Наркоматом харчової промисловості на роботу в закупівельній комісії у Сполучені Штати Америки, де перебував близько восьми місяців, одночасно вивчаючи харчову промисловість та організацію вищої технічної освіти у США.

Відрядження у США, за спогадами Всеволода Миколайовича, мало не закінчилося досить трагічно. Наприкінці терміну відрядження поширилися чутки, що нібито всі громадяни СРСР, що перебувають за кордоном, повинні терміново повернутись до Союзу. Після певних вагань Всеволод Миколайович самостійно, без офіційних наказів і рекомендацій, повернувся в СРСР і, очевидно, зробив це правильно і вчасно, бо ті, хто повернувся пізніше, були об'явлені «ворогами народу» і зазнали політичних репресій. Вірогідно, що боротьба з «ворогами народу» потрібна була не тільки як засіб підтримання особистої влади тодішнього керівництва, а й для відбудови і розвитку зруйнованого війною господарства країни робітниками у статусі політв'язнів без відповідної оплати праці і соціальних гарантій. Очевидно, в житті кожної людини трапляються подібні екстремальні випадки, від яких залежить її подальша доля.

Після повернення з відрядження В.М. Стабніков був призначений у березні 1947 р. замісником начальника Головного управління вузами харчової промисловості Радянського Союзу (м. Москва) з навчальної та наукової роботи, а в квітні 1948 р. — директором Московського технологічного інституту харчової промисловості. Працюючи директором цього інституту Всеволод Миколайович організував кафедру процесів і апаратів і завідував нею (на цій

кафедрі і нині зберігається присвячений йому стенд), читав курс «Процеси і апарати» і керував підготовкою аспірантів.

За час адміністративної роботи в головному управлінні вузами і в Московському інституті виконував громадську роботу: був членом Партійного бюро інституту, керував семінаром наукових працівників, був головою експертної комісії ВАК (Вищої атестаційної комісії) з харчової промисловості, членом оргбюро Всесоюзного науково-технічного товариства харчової промисловості, головою оргкомітету наукових студентських конференцій по харчовим спеціальностям м. Москви.

У 1951 р. В.М. Стабніков за конкурсом був обраний на посаду завідувача кафедри «Процесів і апаратів» Київського технологічного інституту харчової промисловості, яка тільки організувалась, і з цього часу вся його наукова і педагогічна діяльність пов'язана з цією кафедрою, основне завдання якої він бачив у створенні тісно пов'язаної з виробництвом бази підготовки інженерних та наукових кадрів для харчової промисловості. Тому постійну увагу приділяв підготовці науковців через аспірантуру. Швидке зростання вузу, зв'язане з потужною харчовою промисловістю України, дозволило організувати лабораторію «Процесів і апаратів», здатну задовольняти як навчальні так і наукові потреби. Завдяки наполегливості і позитивним рисам характеру вдалось за досить короткий термін згуртувати сильний і кваліфікований колектив, здатний вирішувати поставлені питання.

Перебуваючи завідувачем кафедри впродовж 37 років В.М. Стабніков одночасно з 1955 по 1966 р. був заступником директора інституту з навчальної і наукової роботи, керував підготовкою аспірантів з процесів і апаратів харчових виробництв, виконував велику громадську роботу. З 1988 р. по 1991 р. працював професором кафедри.

Напрямок науково-дослідної роботи завжди були процеси і апарати хімічних і харчових технологій, головним чином, теорія і практика процесів масообміну на прикладі перегонки і ректифікації. Особливу увагу приділяв гідродинаміці процесу і дослідженню контактних пристроїв. Ним було



опубліковано понад 300 досліджень, статей і книг, частина з яких підручники і навчальні посібники для вузів і технікумів, три книги перекладені на іноземні мови країн народної демократії (німецька, польська, китайська). Підготував 63 кандидати і 13 докторів технічних наук.

До виконання науково-дослідницьких робіт залучались співробітники інших кафедр, що дозволило ширше розгорнути роботи і вирішувати питання, які були б не під силу одній кафедрі. Підтримувався тісний зв'язок з науково-дослідницькими інститутами. Під керівництвом В.М. Стабнікова кафедра вийшла на передові рубежі в Радянському Союзі і Україні.

Основними науковими розробками В.М. Стабнікова є наступні: запропонована і розроблена теорія оновлення поверхні контакту фаз (1937 р.), розроблена теорія моделювання масообмінних процесів, відкрите явище провалу рідини на ситчастих тарілках, запропонована ідея і створені провальні тарілки, які знайшли широке застосування в хімічній і нафтовій промисловості, поглиблено вивчено механізм процесу ректифікації, впровадженно у промисловість ректифікаційні установки з багаторазовим використанням теплоти. Широке визнання одержали його роботи з дослідження фазової рівноваги в системі етанол-вода, гідродинаміки барботажних процесів і розроблені під його керівництвом контактні пристрої, методи розрахунку і проектування ректифікаційних установок.

Протягом багатьох років В.М. Стабніков був членом Вищої атестаційної комісії (ВАК) СРСР, членом кількох науково-технічних рад, членом редколегій ряду союзних та республіканських наукових журналів, до останнього року життя був головним редактором республіканського міжвідомчого збірника «Харчова промисловість». За заслуги перед Батьківщиною нагороджений орденами та медалями, одержав звання «Заслужений працівник вищої школи УРСР» та двічі був лауреатом державних премій України в галузі науки і техніки.

Всеволода Миколайовича не стало у жовтні 1991 року, на 87 році життя. Це був видатний педагог, людина високої культури, добрий, дуже

доброзичливий, але й вимогливий. Зауваження і вимоги він висловлював у такій коректній формі, що ставало незручно за допущені недоліки і виникало бажання їх виправити. Досвід і талант вихователя мали великий вплив на якість підготовки інженерних кадрів для харчової промисловості. Він написав 16 монографій та підручників із загально-інженерних і профільюючих курсів харчових вузів.

Всеволод Миколайович — визнаний учений у галузі процесів та апаратів, людина величезної працездатності і високої культури, завжди був скромним і привабливим. Таким він залишиться в серцях і пам'яті його учнів і послідовників створеної ним наукової школи, а також всіх, хто мав щастя його знати і разом працювати.

### 3. Наукова школа професора В.М. Стабнікова

#### 3.1. Теорія оновлення поверхні контакту фаз і сучасний розвиток науки про процеси і апарати

Інтенсифікація процесів масообміну в системах з обома рухомими фазами тісно зв'язана з глибоким вивченням механізму процесів, що відбуваються на поверхні контакту фаз [1]. Першу спробу пояснення механізму міжфазного перенесення стосовно процесу розчиняється здійснив Нернст [2]. За рік до народження В.М.Стабнікова він висловив думку, що на поверхні твердого тіла, яке розчиняється в рухомій рідині, існує плівка нерухомої рідини товщиною  $\delta$ , крізь яку перенесення речовини відбувається лише молекулярною дифузією. Товщина цієї плівки залежить від швидкості  $v$  руху основного потоку  $\delta = 1/v^n$ , де показник степені  $n$  змінюється від 0,5 до 1.

Застосування для більш широкого кола дифузійних процесів плівкова теорія Нернста одержала в роботах Льюїса і Уйтмана [3], які вважали, що на границі поділу двох рухомих фаз, що обмінюються компонентами, існують дві плівки, які прилягають до кожної із фаз, і ці два пограничні шари можна розглядати як два дифузійні опори, розміщені послідовно. Сама поверхня поділу фаз не чинить опору перенесенню компонента, а на границі плівок існує рівновага між фазами, тобто розглядається стаціонарний стан масообміну (статика процесу). За межами плівок компонент переноситься турбулентним потоком настільки інтенсивно, що дифузійний опір може не враховуватись. Далі допускається, що «при певних умовах один із цих опорів може бути в багато разів більшим за інший, тоді меншим опором часто можна знехтувати і розглядати задачу так, ніби існує лише один пограничний шар» [3].

Математичним виразом цієї теорії є рівняння в критеріальній формі [4], для випадку, коли опір зосереджений у газовій фазі:

$$Nu_r = A \cdot Re_r^m \cdot Pr_r^n \quad (1)$$

і коли основний опір чинить рідка фаза [4]:

$$\text{Nu}_p = A_1 \cdot \text{Re}_p^{m_1} \cdot \text{Pr}_p^{n_1} \quad (2)$$

У рівняннях (1) і (2), як вказує В.В. Кафаров [4] запис критеріїв Рейнольдса для рідкої і газової фаз  $\text{Re}_p$  і  $\text{Re}_r$  чисто формальний, оскільки істинне значення цих критеріїв у двофазних потоках невідоме. Незважаючи на це, у ряді випадків експериментальні дані вдається представити у формі рівнянь (1) і (2).

Основним недоліком плівкової теорії, основаної на розгляді нерухомих плівок є те, що вона не враховує гідродинамічної взаємодії між фазами, тривалості контакту і поверхневого натягу у цій взаємодії.

Хігбі [5], розглядаючи з точки зору фізики масовіддачу від газової бульбашки або краплі рідини у суцільне середовище, запропонував рівняння для коефіцієнта масовіддачі у рідку фазу

$$K_p = \sqrt{\frac{4D}{\pi\tau}} \quad (3)$$

де  $D$  — коефіцієнт дифузії;  $\tau$  — тривалість контакту фаз (пенітрації), яка прийнята короткочасною.

Теорія Хігбі стала базою для розвитку «теорії оновлення».

Ідея оновлення поверхні контакту фаз з інженерної точки зору сформульована В.М. Стабніковим у 1937 р. [6]. Відшукуючи умови кінетичної подібності в міжтарілковій зоні ректифікаційних колон, він прийняв, що подібні умови контакту досягаються лише тоді, коли витримуються умови подібності для оновлення поверхні контакту. Автор писав: «...саме ця заново утворювана поверхня має вирішальну роль у процесі дифузії, а не загальна поверхня контакту між фазами, як це вважається звичайно. Це стане зрозумілим, якщо ми врахуємо, що при оголенні нових шарів рідини ми приводимо в контакт свіжі, які ще не прийняли участі в дифузії, елементи».

Ця нова поверхня  $F$  була виражена в  $\text{м}^2/(\text{с} \cdot \text{кг})$ , тобто кількістю оновленої поверхні в квадратних метрах за секунду на кожний кілограм взаємодіючого парового потоку. За допомогою методу аналізу розмірностей В.М. Стабніков одержав рівняння:

$$\frac{F \cdot \sigma \cdot H}{\nu_p} = C \left( \frac{\gamma_p \cdot H^2}{\sigma} \right)^K \cdot \left( \frac{\varpi \cdot H}{\nu_p} \right)^L \cdot \text{Re}^\beta \cdot \Phi^\gamma, \quad (4)$$

де  $F$  — відшукувана поверхня;  $\sigma$  — коефіцієнт поверхневого натягу рідини на межі з парою;  $H$  — висота міжтарілкового простору;  $\gamma_p$  і  $\nu_p$  — питома вага і кінематична в'язкість рідини;  $\Phi$  — флегмове число;  $\varpi$  — фактор стійкості піни.

У рівнянні (4) член  $\gamma_p \cdot H^2 / \sigma$  можна розглядати як критерій Вебера, віднесений до висоти  $H$  міжтарілкового простору. Величина  $F$  характеризує не лише гідродинамічний стан системи, а й ефективність масопередачі, тому вона прийнята для дослідження умов подібності. Оскільки механізм процесу вивчався лише з точки зору вибору факторів, які впливають на його характер, то явища, що відбуваються на поверхні контакту, не розглядались.

Час оновлення поверхні контакту, як один з найважливіших параметрів процесу взаємодії фаз, увійшов у рівняння через комплекс фізичних величин. Коефіцієнт дифузії не врахований тому, що процес передбачалось моделювати на тій же системі, що й у промисловому апараті.

Введення поняття оновлення поверхні контакту фаз з точки зору розвитку теорії та практики масопередачі включало наступні аспекти:

- а) уявлення про механізм процесу оновлення поверхні;
- б) введення поняття поверхневого натягу як енергетичної характеристики міжфазної поверхні;
- в) часова характеристика процесу;
- г) поглиблене осмислення умов подібності;
- д) розробка та впровадження удосконалених контактних пристроїв для масообмінних процесів.

Розглянемо ширше аспекти теорії оновлення міжфазної поверхні.

**Механізм** перенесення речовини внаслідок **оновлення поверхні контакту** детальніше розглянули Данквертс [7] і Кишиневський [8,9]. Вони відмовились від допущення про пограничні плівки і взяли за основу допущення, що поверхня контакту неперервно оновлюється новою рідиною. Данквертс вважав, що за короткий час контакту «свіжої» рідини з газовою фазою компонент

переноситься молекулярною дифузією. Кишиневський вважав, що під час оновлення має місце не тільки молекулярна, а й турбулентна дифузія, тобто, що кінетичною характеристикою процесу є сума коефіцієнтів конвективної і молекулярної дифузії. Пізніше Кишиневський показав, що теорії плівкова та оновлення не суперечать одна одній .

Трейбал [10] так описує погляди Данквертса: « ... вихори неперервно переносять елементарні об'єми рідини з ядра потоку з постійною концентрацією до поверхні поділу фаз. Тут вихори затримуються досить короткий проміжок часу, впродовж якого речовина, що розподіляється, проникає в рідину в стаціонарних умовах молекулярної дифузії. Після закінчення короткого часу перебування даний вихор виноситься в основний об'єм рідини і заміщується новим вихором, що омиває поверхню поділу».

Перенесення речовини крізь поверхню поділу фаз обумовлюється гідродинамічними обставинами руху середовища. У системах з твердою фазою, які розглядав Нернст, тверда фаза вважається нерухомою, рідина " прилипає " до її поверхні і утворює приповерхневу нерухому плівку, в межах якої інтенсивно згасають вихори (турбулентні пульсації), що існують у більш віддалених зонах потоку. Вихори різної інтенсивності проникають на певну глибину плівки, завжди залишаючи прошарок біля поверхні твердого тіла, у якому має місце лише молекулярна дифузія.

Товщина дифузійного примежового шару  $\delta_{\text{диф}}$  — це відстань від поверхні тіла, на якій переважає молекулярне перенесення. Ця товщина, головним чином, обумовлюється товщиною гідродинамічного пограншару  $\delta_{\text{гід}}$ , яка в свою чергу залежить від числа Рейнольдса  $Re$ . При ламінарному режимі руху  $\delta_{\text{гід}} \sim lRe^{-0,5}$ , при турбулентному  $\delta_{\text{гід}} \sim lRe^{-0,2}$ , де  $l$  — характерний розмір потоку. Товщина дифузійного пограничного шару  $\delta_{\text{диф}}$  крім числа Рейнольдса визначається також дифузійним числом Прандля  $Pr$  (Шмідта), яке характеризує співвідношення між товщиною динамічного і дифузійного пограншарів.

Левич [11] прилеглий до твердого тіла примежовий шар потоку з розвиненою турбулентністю поділяє на три підшари: примежовий, в'язкий і

дифузійний. Як узагальнює В.Л. Зав'ялов у підручнику [12], «В міру наближення до поверхні поділу фаз інтенсивність турбулентних пульсацій поступово падає і в дифузійному підшарі переважає молекулярне перенесення».

У системах з двома рухомими фазами, особливо в газорідних, створюються більш сприятливі умови для оновлення міжфазної поверхні. Ця поверхня легко деформується, має певні пружно-відновлювальні властивості, на ній легко виникають і поширюються коливально-хвильові рухи. Пульсації, що приходять із глибини фази, досить легко деформують міжфазну поверхню і через цю деформацію впливають на пограничні шари суміжної фази. При достатніх швидкостях відносного руху фаз може створюватись гідродинамічний режим міжфазної турбулентності [4], який характеризується високою інтенсивністю масопередачі.

Турбулентність на поверхні поділу фаз виникає [4] при вільному русі потоків однієї фази в середовищі іншої фази. Внаслідок гальмування потоку створюються пари сил, що обертають шари потоків і утворюють високорухливі комплекси газорідних вихорів - газорідну емульсію з інтенсивним оновленням міжфазної поверхні.

Енергетична характеристика податливості міжфазної поверхні до оновлення у рівнянні (4) врахована **коефіцієнтом поверхневого натягу**  $\sigma$ . За сучасними поглядами під коефіцієнтом поверхневого натягу, або просто поверхневим натягом, розуміють роботу  $A$ , яку необхідно затратити в ізотермічних умовах для збільшення площі поверхні  $F$  рідини на одиницю при збереженні незмінним об'єму рідини. Розмірність поверхневого натягу можна представляти і як

$$\sigma = A / F = \left[ \text{Дж/м}^2 \right] = \left[ \text{Нм/м}^2 \right] = \left[ \text{Н/м} \right], \quad (5)$$

тобто поверхневий натяг можна трактувати як силу  $P$ , спрямовану тангенціально до поверхні і віднесену до одиниці довжини  $l$  периметра цієї поверхні  $\sigma = P/l$ , як це робилось раніше. Обидва визначення рівнозначні.

Оскільки повна енергія рідини складається з об'ємної і поверхневої складових, то поверхневий натяг можна також визначити як вільну поверхневу

енергію, що припадає на одиницю її поверхні. На міжфазну поверхню діють молекулярні сили не лише однієї фази, а й сили зі сторони молекул суміжних фаз, тому *поверхневий натяг характеризує не окрему фазу, а дві суміжні фази*, точніше, стан міжфазної поверхні, обумовлений силами взаємодії молекул контактуючих фаз, тобто *енергетичну здатність міжфазної поверхні до руйнування і відновлення*. Вивчення питань оновлення міжфазної поверхні не коректне без врахування  $\sigma$ .

На статистику процесу масопередачі (плівкова модель) поверхневий натяг не впливає і тому не враховується. При вивченні кінетики масообмінних процесів на поверхневий натяг спочатку не зверталось достатньої уваги, оскільки більшість науковців досліджували свою конкретну систему у межах маловідчутної зміни величини  $\sigma$ . Лише в семидесяті роки минулого століття при узагальненні значень кінетичних коефіцієнтів масопередачі в системах з різним поверхневим натягом науковці зіткнулися з необхідністю враховувати поверхневий натяг.

Незважаючи на малий радіус сфери молекулярної взаємодії (порядка  $10^{-9}$  м), сили поверхневого натягу можуть діяти на значно більших відстанях. Для з'ясування сфери дії поверхневих сил у газорідних системах з визначальною гравітаційною силою і нехтовно малими іншими діючими силами розглянемо рівновагу між поверхневою і об'ємною складовими вільної енергії рідини. Виразивши поверхневу складову через лінійний розмір ( $a$ ) і коефіцієнт поверхневого натягу  $\sigma$  на міжфазній поверхні газ-рідина  $P_{\text{пов}} = a \cdot \sigma$ , а об'ємну складову  $P_{\text{об}} = mg = \frac{\pi \cdot a^3}{6} \cdot \Delta\rho \cdot g \approx \frac{a^3 \cdot \Delta\rho \cdot g}{2}$ , де  $\Delta\rho$  — різниця густин рідини і газу,  $g$  — прискорення вільного падіння, одержимо  $\frac{a^3 \cdot \Delta\rho \cdot g}{2} \approx a\sigma$ , або

$$a = \sqrt{\frac{2 \cdot \sigma}{\Delta\rho \cdot g}}, \quad (6)$$

де  $a$  - визначальний лінійний розмір системи, який називають капілярною сталою або константою Лапласа.



Для системи вода-повітря за нормальних умов  $\alpha \approx 3,8$  мм, тобто поверхневі сили зрівноважують визвану тяжінням об'єму силу при діаметрі дисперсних утворень (крапель або газових бульбашок) близькому до 3,8 мм. Це означає, що коли у водяній дисперсній системі хоч якийсь лінійний розмір менший за 3,8 мм, то поверхневі сили відіграють у ній суттєву роль. Як приклад суттєвого впливу поверхневих сил можна привести барботажні системи, в тому числі на тарілках колон, або системи в протитечійних насадкових скруберах, де товщина плівок рідини не перевищує розміру капілярної сталої.

У насадкових апаратах з фіксованою поверхнею контакту фаз площа поверхні насадки, по якій стікає рідина, практично дорівнює площі поверхні контакту фаз, тому важливе значення мають не лише процеси на поверхні газ-рідина, а й ті процеси, що обумовлюються силами поверхневого натягу на міжфазній поверхні тверде тіло-рідина і на границях поділу трьох фаз тверде тіло-рідина-газ. Від дії поверхневих сил на границі з твердою фазою залежить змочуваність насадки рідиною, стійкість плівкової течії, розривання плівок на струмені і краплі, відривання плівок від поверхні насадки, проковзування плівок по насадці, утворення циркуляційних комірок. У місцях дотикання насадкових тіл та в закутках поверхні насадки утворюються зони уповільненої течії рідини — застійні зони з загальмованою масовіддачею у рідкій фазі.

Під впливом сил поверхневого натягу на поверхні рідини утворюються і поширюються капілярні і капілярно-гравітаційні хвилі, розвиток яких сприяє перемішуванню і інтенсифікації масовіддачі у рідкій фазі. Під викривленою поверхнею рідини (в місцях менісків, на гребнях та у впадинах хвиль) змінюється абсолютний тиск, що приводить до локальних змін парціальних тисків компонентів у газовій фазі, змін умов фазової рівноваги і локальних нерівномірностей процесів на міжфазній поверхні.

У барботажних апаратах площа контакту фаз (газових бульбашок та струменів) безпосередньо залежить від величини поверхневого натягу: при постійній витраті газової фази чим менша величина  $\sigma$ , тим менше енергії витрачається на створення одиниці нової поверхні, тим більша площа поверхні

контакту і тим більша частина цієї поверхні оновлюється в одиницю часу. Локальні нерівномірності перебігу тепломасообміну у різних точках міжфазної поверхні створюють різні локальні значення температур і концентрацій і відповідні їм градієнти поверхневого натягу  $\text{grad}\sigma$ , під впливом яких виникають явища руху приповерхневих шарів рідини, названі ефектами Марангоні. Поверхневі шари рідини рухаються у напрямку від місць з меншим поверхневим натягом до місць з більшим поверхневим натягом.

У разі ректифікації бінарних сумішей, поверхневий натяг яких змінюється зі зміною концентрації леткого компонента, ефективність процесу залежить від величини і напрямку зміни  $\text{grad}\frac{d\sigma}{dc}$ . За цією характеристикою суміші поділяють на три групи: позитивні, у яких поверхневий натяг зменшується зі зростанням концентрації леткого компонента, ( $d\sigma/dc < 0$ ), негативні, у яких ( $d\sigma/dc > 0$ ), і нейтральні  $d\sigma/dc \approx 0$ . Залежно від знака  $\text{grad}\frac{d\sigma}{dc}$  змінюються гідродинамічні обставини процесу. Наприклад, при ректифікації суміші етанол-вода поверхневий натяг на верхніх тарілках зменшується (позитивна суміш), внаслідок чого площа поверхні контакту фаз і її оновлення посилюються і ефективність роботи тарілок зростає. За даними деяких дослідників вплив  $\text{grad}\frac{d\sigma}{dc}$  на типову позитивну суміш етанол-вода сприяє підвищенню ефективності масообміну в ній до двох разів, порівняно з нейтральними сумішами.

Схему утворення циркуляційних рухів показано на рис. 1 на прикладі краплі, що падає в робочій зоні апарата або формується на звисаючому елементі контактної пристрою. На рис. 1а показано утворення циркуляції рідини всередині краплі під дією сили тертя з парогазовим потоком, а на рис. 1б — напрям циркуляції рідини під впливом від'ємного градієнта поверхневого натягу, що утворився внаслідок масообміну. У разі співпадання обох напрямків

загальна циркуляція підсилюється і ефективність масообміну зростає. У разі протилежних напрямків — рис. 1а і рис. 1в — масообмін слабшає.

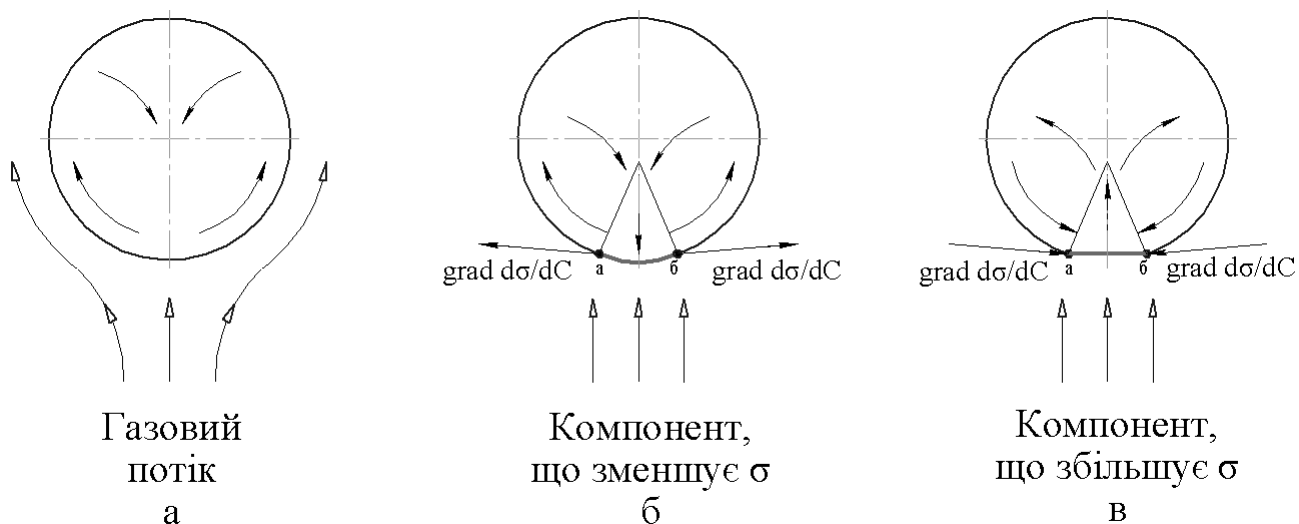


Рис. 1. Утворення циркуляції рідини в середині краплі під впливом гідродинамічної дії газового потоку (а) та масообміну (б, в).

Розглянемо докладніше рис. 1 б. Знизу на краплю набігає потік з підвищеним вмістом легколеткого компонента, що знижує поверхневий натяг рідини. Масообмін інтенсивніше проходить в зоні фронтальної взаємодії потоків, тому в районі ділянки аб поверхневий натяг зменшується швидше.

Поверхнева плівка рідини рухається в напрямку  $\text{grad} \frac{d\sigma}{dc}$  і тиск під ділянкою аб зменшується: у цю зону активніше надходить рідина з більш глибоких шарів краплі і викривлює її поверхню.

При малих значеннях  $\text{grad} \frac{d\sigma}{dc}$  внаслідок рухів поверхневого шару утворюються капілярні хвилі та додаткова циркуляція рідини, при тривалій дії виникають циркуляційні комірки. У разі великих миттєвих значень  $\text{grad} \frac{d\sigma}{dc}$  можуть спостерігатись різкі викривлення поверхні і навіть викидання рідини з краплі, що означає створення міжфазної турбулентності.

За аналогічним механізмом діє температурний градієнт поверхневого натягу. При ректифікації температурний градієнт виникає внаслідок того, що температура парового потоку вища за температуру стікаючої з верхніх тарілок

рідини. Наявність теплових градієнтів приводить до дестабілізації міжфазної поверхні.

Лише в наш час, після детального вивчення поверхневих і капілярних явищ, можна зробити висновок, що коефіцієнт поверхневого натягу  $\sigma$ , як величина, що характеризує здатність міжфазної поверхні до обміну інтенсивними параметрами між суміжними фазами, не може не враховуватись при вивченні процесів міжфазного перенесення. Поверхневий натяг є фундаментальною величиною, яка через енергетичну характеристику податливості до руху поверхневих шарів забезпечує зв'язок між гідродинамічними і фізико-хімічними, в тому числі і тепломасообмінними, параметрами контактуючих фаз і швидкість відновлення рівноваги між ними.

Поверхневий натяг залежно від обставин процесу обумовлює складний вплив на інтенсивність міжфазного перенесення в газорідинних системах (у тому числі при ректифікації) через реалізацію ряду механізмів: а) абсолютна величина поверхневого натягу визначає кількість енергії, витраченої на утворення нової міжфазної поверхні (чим менший поверхневий натяг, тим менше потрібно витратити енергії на утворення нової поверхні); б) напрям зміни градієнта поверхневого натягу по концентрації  $\text{grad} \frac{d\tau}{dc}$ , а також по температурі  $\text{grad} \frac{d\tau}{dt}$ , і його величина визначають швидкість перебудови структури поверхневих шарів рідини і утворення локальної циркуляції рідини в окремих елементах рідкої фази, що приводить до прискорення або уповільнення процесу; в) над ділянками рідкої фази з різною кривизною створюються різні тиски, внаслідок чого змінюються локальні умови фазової рівноваги; г) від крайового кута змочування залежить величина змочуваної (робочої) поверхні насадки; д) незначні домішки поверхнево-активних речовин, які завжди є в робочих рідинах, можуть як блокувати так і підсилювати рухи міжфазної поверхні та інтенсивність її оновлення, а також впливають на стабільність піни.

У звичайних умовах гідродинамічний фактор, як правило, впливає на масообмін інтенсивніше ніж дифузійний або тепловий, тому при значних швидкостях руху фаз поверхневі шари можуть змиватись потоком і дія сил поверхневого натягу зменшуватись.

По аналогії з температурою і концентрацією, в процесах тепломасоперенесення слід враховувати не лише абсолютні значення поверхневого натягу, а й його градієнти, пам'ятаючи, що поверхневий натяг характеризує не окрему фазу, а стан міжфазної поверхні, який проявляється і діє через будову та здатність до перебудови приповерхневих шарів контактуючих фаз. Можна стверджувати про температурні, концентраційні і баричні (проявляються слабше) впливи градієнта поверхневого натягу на процеси перенесення.

Енергія на створення нової поверхні (на оновлення) може бути підведена до газорідинної системи різними способами: механічним (мішалки, розбризкувачі, розпилювачі), гідродинамічним (збільшення турбулентності потоків), тепловим, дифузійним, а також може виділятися внаслідок внутрішніх фізико-хімічних перетворень. Найчастіше вона оцінюється через гідравлічний опір апарата. Якщо  $\sigma$  однозначно характеризує кількість енергії на створення нової поверхні (за механізмом оновлення), то сумарна втрата гідравлічного тиску в газо-рідинному потоці певною мірою характеризує витрату енергії на створення режиму контактування фаз, включаючи некорисні втрати на розширення та звуження газового потоку, тертя між фазами та з незмоченою поверхнею, тощо. Користуючись обома величинами одночасно можна повніше охарактеризувати процес масопередачі.

Дослідники пропонують різні варіанти врахування енергії на створення міжфазного контакту. У більшості з них втрата гідравлічного тиску враховується як різниця між загальним опором газорідинної системи і опором сухого контактного пристрою. Короткий аналіз цих робіт наведено у [1]. Очевидно, спроби більш точного описання процесу масопередачі повинні враховувати як коефіцієнт поверхневого натягу, так і опір газорідинної

системи. Наприклад, В.Кафаров [13] обидві згадані величини об'єднує в поняття коефіцієнта гідродинамічного стану двофазної системи  $f$  і вводить у рівняння (1) і (2) додатковий множник  $(1 + f)$ .

Оскільки всесвіт є єдиною складною системою, всі елементи якої взаємопов'язані між собою, то будь-який об'єкт реальності містить однакову кількість інформації і рівноцінний у своєму розвитку. Стосовно науки про процеси і апарати можна стверджувати, що будь-який параметр хіміко-технологічної системи (у даному випадку — поверхневий натяг) є рівнозначним щодо його використання з метою інтенсифікації перенесення субстанції. Рівноцінність всіх параметрів системи опосередковано постулюється правилом фаз Гіббса, в якому всі параметри технологічних систем розглядаються як рівнозначущі.

Через приповерхневі рухи поверхневий натяг поєднує гідродинамічні і тепломасообмінні характеристики систем і є параметром, що відноситься не до окремої фази, а характеризує стан міжфазної поверхні, об'єднуючи параметри суміжних фаз, і вказує на податливість поверхні до міжфазного обміну. Поверхневий натяг — параметр кінетики процесу, який зв'язує гідродинаміку, тепло- і масообмін в одне ціле і повинен враховуватись у системах, у яких обумовлюючий лінійний розмір сумірний з розміром капілярної сталої або менший від неї.

Поверхневий натяг відіграє важливу роль у процесах контактування газів з рідинами, утворення газо-рідинних сумішей, утворення і розділення емульсій, суспензій, колоїдних систем, розпилення рідин, барботажу, флотаційного розділення твердих частинок з різною змочуваністю.

Сили молекулярної взаємодії та поверхневі сили приймають участь у процесах самоорганізації матерії — створення упорядкованих структур з дрібних частинок. На цьому явищі базується важливий напрямок нанотехнології — створення мініатюрної електронної техніки на основі елементів, що мають нанорозміри (порядка  $10^{-9}$  м). Якщо на поверхню кристала кремнія (в умовах розрідження і високої температури) нанести невелику

кількість атомів іншої речовини (наприклад, атомів германія), то через деякий час ці «чужерідні» атоми об'єднуються в окремі острівні кристалічні структури (розміром в кілька десятків нанометрів), здатні утримувати і віддавати один або кілька електронів.

Такі острівні наноструктури (уловлювачі електронів) використовують для побудови мініатюрних пристроїв нового покоління, розміри яких приблизно на два порядки менші за розміри напівпровідникової техніки. Якщо у напівпровідниковій мікротехніці для створення інформаційного сигналу типу «увімкнено» використовується потік ста і більше тисяч електронів, то у нанотехніці цей сигнал створює проходження одного або кількох електронів.

**Часова характеристика**, введена В.М.Стабніковим через параметр  $F$  (4) для оцінки кількості оновленої поверхні, довгий час не враховувалась у теорії масообміну. У той час у світовій науці лише починалось дослідження кінетики процесів, відбувався перехід від статички до кінетики. А ідея про оновлення поверхні стосувалась уже подальшого розвитку технологічної науки від кінетики до динаміки, випереджаючи час майже на півстоліття.

Активне вивчення динаміки процесів, яке розпочалося лише в 1970-1980 рр., все ясніше показує, що хімічна технологія, як наука, що вивчає системи з розгалуженими характеристиками і підпорядковані ймовірністному детермінізму, не може базуватись лише на законах механіки рідин і газів з однозначним детермінізмом. В описання цих систем потрібно вводити не лише той час, який однозначно характеризує стан механічної системи, а й час, що відноситься до усереднених параметрів технологічної системи з різними їх локальними значеннями.

Нова часова характеристика — параметр оновлення поверхні  $w$  став першим кроком на шляху розроблення підходу до описання динаміки процесів. Цей параметр, що являє собою питому швидкість заміни старої поверхні новою, можна ще назвати оберненим часом релаксації. Останнє поняття все ширше використовується практично в усіх сучасних науках; це константа швидкості реакції першого порядку в хімії, об'ємний коефіцієнт масопередачі в хімічній

кінетиці, кутова швидкість у механіці твердого тіла [14]. Найбільш повно цю часову характеристику застосовують в основоположних науках: біохімії, атомній фізиці, ракетній техніці.

Перехід від кінетики до динаміки в хімічній і харчовій технології відбувається через осмислення часових характеристик процесу, макро- і мікрорівнів перемішування і перенесення субстанції, часово-просторової ієрархії окремих стадій процесу. Розуміючи, що просторово-часові співвідношення можуть стати основою об'єднання і узагальнення досягнень різних наук, В.М. Стабніков всіляко підтримував роботи у цьому напрямку, зокрема розвиток біотехнологічних досліджень, прогнозував і спрямовував їх виконання, цікавився взаємозв'язком наук, організовував обговорення цих питань на наукових семінарах.

Введення в опис технологічних процесів просторово-часових характеристик плідно розвивав професор кафедри Лобода П.П. Зображаючи в просторово-часових координатах (узагальнені безрозмірні відстань і час) профіль турбулентного струменя Шліхтінга, йому вдалось [15] не лише встановити закономірності зв'язку між гідродинамікою і масообміном у процесі віброекстрагування, але й напівтеоретично одержати основні фізичні константи з точністю до восьми значущих цифр [16]. Очевидно, гідродинамічний профіль є однією з універсальних характеристик, що відображають закономірності не лише технологічних процесів, а й усього матеріального світу.

Поглиблене розуміння просторово-часових закономірностей оновлення поверхні масопередачі прийшло з формуванням балансових законів у теорії хімічних реакторів. Балансові закони враховують наявність потоків джерела, стоку та внутрішніх перетворень, тобто динаміку процесів, яка при усталеному їх протіканні проявляється як відсутність сумарного потоку (потоку, накопичення). Так, накопичення поверхні масопередачі в об'ємі апарата (яке може бути виміряне сучасними методами) при усталеному процесі залишається незмінним внаслідок неперервного утворення (потік джерела) та руйнування (потік стоку) поверхні масопередачі, тобто внаслідок її оновлення.



В умовах масопередачі поверхня поділу фаз є зоною стоків маси, енергії, момента кількості руху і може стати джерелом збурень різного роду та стимулювати виникнення міжфазної турбулентності, що не враховується плівковою теорією.

Виходячи з важливості вивчення впливу ефектів, пов'язаних з рухами поверхневих шарів рідини внаслідок зміни поверхневого натягу на інтенсивність масообмінних процесів, В.М. Стабніков у 1991 р. видає конспект лекції «Эффект Марангони и его использование в пищевой промышленности» [17], в якому акцентує увагу на практичному застосуванні поверхнево-активних речовин (ПАР) для інтенсифікації технологічних процесів у харчовій промисловості і робить висновок про доцільність проведення експериментальних досліджень у цьому напрямку.

Механізм дії домішок ПАР на процес масообміну, особливо в системах з твердою фазою, що утворюються при екстрагуванні і кристалізації цукру та уварюванні утфелів, складний і повністю не з'ясований. Можна лише сказати, що ці процеси відбуваються в нестационарних умовах зміни на мікро- і макрорівні кількості руху, температур, тисків, концентрацій, що приводить до неперервних локальних змін поверхневого натягу з відповідними рухами приповерхневих шарів рухомих фаз і впливає на інтенсивність транспортування компонента. Очевидно, за наявності ПАР діапазон зміни поверхневого натягу під впливом нестационарностей значно ширший, що підсилює приповерхневі рухи. Проте, малорухливі громіздкі молекули ПАР можуть викликати і протилежну дію — стабілізувати поверхню.

Найкраще з'ясований механізм дії ПАР на утворення піни. (Нагадаємо, що час у рівняння (4) входить також і через фактор, що характеризує стійкість піни). Як приклад, розглянемо мильну бульбашку — рис. 2. Молекули ПАР (мила) це видовжені ланцюжки атомів вуглецю з воднем (гліцеридів), кінці яких мають різну будову і різну спорідненість до води: один кінець легко з'єднується з водою, а інший до неї інертний. Внаслідок цього молекули мила розміщуються на поверхні води (бульбашки) упорядковано, так, щоб з водою

з'єднувались лише споріднені кінці, а інші кінці спрямовуються назовні [18], що приводить до зниження поверхневого натягу.

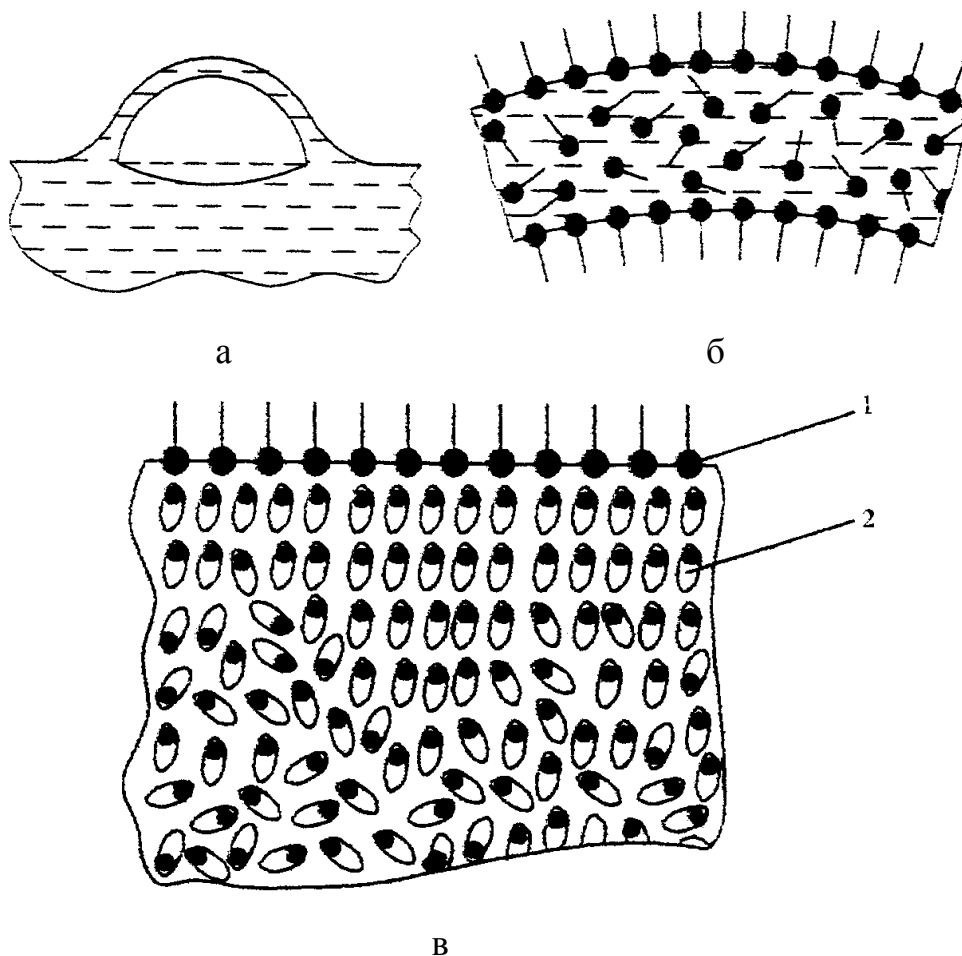


Рис. 2. Мильна бульбашка на воді (а), структура її поверхні (б), та модель молекулярної будови приповерхневого шару (в).

1 – молекула мила (ПАР); 2 – молекула води

Мильна бульбашка має дві поверхні — зовнішню і внутрішню — армовані шаром молекул ПАР. Із таких бульбашок і формується піна. Чим менший поверхневий натяг, тим менші витрати енергії на формування піни і тим більша кількість її утворюється — це цілком зрозуміло. Але досить несподіваним є те, що при меншому поверхневому натязі піна стає більш стійкою і рухливою — в цьому випадку проявляє себе не зниження поверхневої енергії, а формування еластичного, укріплюючого плівку шару упорядковано розміщених адсорбованих молекул.

Ще одне зауваження. На рис.2.,б показано випадок, коли поверхневий шар повністю заповнений адсорбованими молекулами і в рідині ще залишається їх певний запас. Така бульбашка стійка і її можна роздувати поки не вичерпається запас молекул ПАР для побудови поверхневого шару, після чого вона лопне. Отже, регулюючи кількість введення ПАР певної природи можна через висоту і кількість піни регулювати інтенсивність масообміну в системах газ-рідина, і за цим же принципом регулювати масообмін в системах з твердою фазою.

На рис. 2в показано у статичному стані спрощена модель молекулярної будови поверхневого шару рідини з адсорбованими на поверхні молекулами ПАР. У приповерхневому шарі завтовшки порядку десяти молекулярних відстаней відбувається поступовий перехід від упорядкованого розміщення молекул біля поверхні до порушення цього порядку в глибині рідкої фази. З рисунка випливає, що наявність ПАР відіграє важливу роль у міжфазних процесах. Якщо в системах газ-рідина інтенсивна структуризація приповерхневого шару рідини відбувається за наявності ПАР, то в системах рідина-тверде тіло приповерхнева структуризація рідини існує завжди і має складніший характер, оскільки поверхня твердого тіла, як правило, має мозаїчну структуру з різними величинами і знаками поверхневих потенціалів.

У зображеній на рис. 2в моделі молекули ПАР заповнюють міжфазну поверхню суцільним упорядкованим одномолекулярним шаром. Більшість рідин, до яких відносяться всі бінарні суміші, що підлягають перегонці, також мають поверхнево-активні властивості. Наприклад, в суміші етанол-вода доазеотропної концентрації 10 % об. етанолу, молекули етанолу проявляють поверхнево-активні властивості і розміщуються на поверхні так, що займають 57 % площі поверхні (молекули води займають решту). Картина структури поверхневого шару рідкої суміші у цьому випадку значно ускладнюється. Під час випаровування, можна вважати, що у парову фазу переходить кількість молекул, пропорційна поверхні, яку вони займають, тобто 57 % об. етанолу, що й обумовлює співвідношення фазової рівноваги через будову поверхневого шару. Модель збагачення поверхні легколеткими компонентами наштовхує на

принципову можливість створення контактних пристроїв для розділення бінарних сумішей механічним зніманням поверхневого шару замість проведення теплової ректифікації.

Приповерхневий шар орієнтованих у певному напрямку молекул (рис. 2в) являє собою особливу псевдофазу, у якій рідина має дещо інші властивості (густину, в'язкість, теплопровідність, коефіцієнти дифузії), ніж у глибині об'єму. Ці відмінності і створюють додатковий дифузійний опір перенесенню крізь примежові шари.

**Поглиблене осмислення умов подібності.** Введення в критеріальні рівняння масообміну енергетичної і часової характеристик, як додаткових умов подібності цих процесів, безперечно сприяло підвищенню точності моделювання. Якщо раніше для описання процесів масообміну використовувались лише фізико-хімічні характеристики стану фаз, то введення поверхневого натягу як характеристики інтенсивності зв'язку між фазами через поверхню поділу фаз, дає змогу узагальнювати закономірності процесів масообміну в різних технологічних системах і розробляти нові методи підвищення їх інтенсивності за допомогою використання поверхневих явищ. Найчастіше поверхневий натяг враховують за допомогою критерія Вебера  $We = v^2 \cdot d \cdot \rho / \sigma$ .

Крім критерія Вебера використовують і інші критерії, але всі вони є модифікацією  $We$  або поєднання  $We$  з капілярною сталою (6). В усякому разі, для характеристики систем, у яких відбувається зміна міжфазної поверхні або поверхневого натягу та які мають визначальні геометричні розміри сумірні з капілярною сталою або менші за неї, необхідно використовувати відповідні модифікації числа  $We$ .

Моделювання розмірів масообмінних колон, як правило, проводять за умов застосування ідентичних контактних пристроїв (ковпачків або клапанів однакового розміру, насадок однакової форми). Але й самі контактні пристрої повинні бути правильно сконструйовані з урахуванням капілярної сталої, якою обумовлюється гідравлічний опір каналів та отворів з розмірами, меншими від

розмірів крапель і газових бульбашок в апаратах з гравітаційною течією рідини. Наприклад, встановлено, що коли рідина стікає окремими рівноважними краплями з провальних тарілок чи країв насадок або коли під час барботажу утворюються окремі газові бульбашки, то максимальний діаметр крапель, як і газових бульбашок, у момент відривання дорівнює  $1,27\alpha$ . Це означає, що, виходячи з раціональних співвідношень, розміри прорізів та зубців у ковпачках ковпачкових тарілок, діаметри отворів у ситчастих тарілках і барботерах та відстані між ними повинні бути близькими до цього значення (4...5 мм). Отвори менших діаметрів швидше засмічуються і мають підвищений гідравлічний опір, більші отвори не забезпечують бажаної рівномірності розподілу, а замала відстань між отворами приводить до об'єднання крапель і бульбашок.

У листових регулярних насадках із зубчастими отворами — рис. 3а — основним чинником підвищення ефективності масообміну є заміна плівкової течії на краплинно-плівкову з періодичним утворенням крапель на зубцях. Розміри елементів зубчастих отворів повинні узгоджуватися з капілярною сталою, зокрема, висота зубців повинна бути сумірною з максимальною висотою капілярного підняття рідини по змочуваній поверхні, максимальна ширина зубців і відстань між ними повинні узгоджуватись з розмірами крапель, тобто з розміром капілярної сталої. У краплях, на відміну від плівок, що прилягають до твердої поверхні, збільшується циркуляція (мікроперемішування) рідкої фази як внаслідок протитечії газу (рис. 1а), так і внаслідок інерційної дії плівки (рис. 3б), і зменшується частина об'єму рідини, зайнята нерухомим пограншаром (рис. 3в). У разі співпадання напряму циркуляції рідини в краплях за механізмами, поданими на рис. 1а, 1б і 3б, інтенсивність масовіддачі у рідкій фазі зростає максимально.

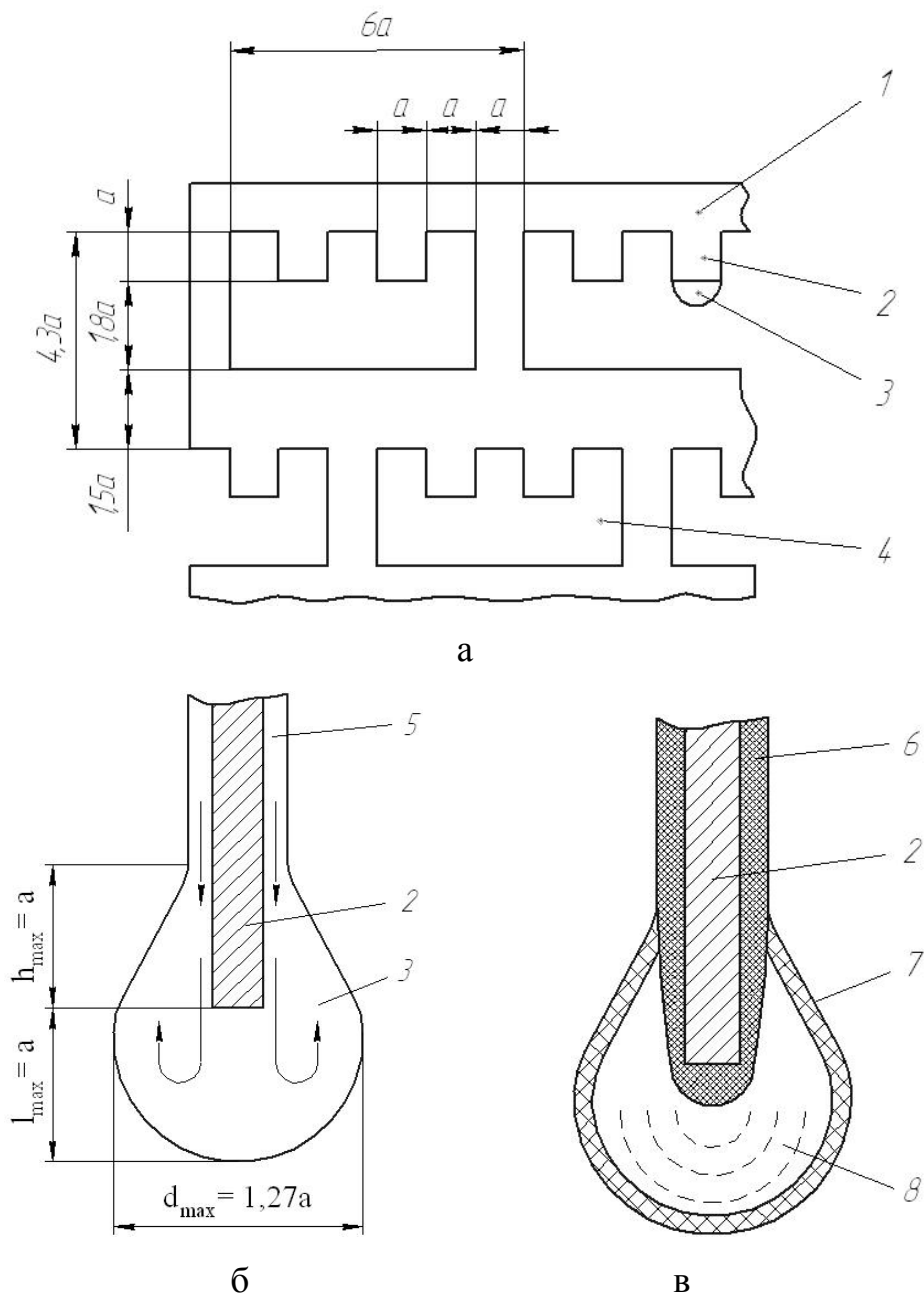


Рис. 3. Форма перфорації листової регулярної насадки із зубчастими отворами (а), інерційна циркуляція рідини в краплі, що формується на зубці (б) та розподіл пограншарів під час росту краплі (в).

1 – лист насадки; 2 – зубець; 3 – крапля; 4 – зубчастий отвір; 5 – плівка, що стікає; 6 – пограншар біля твердої поверхні; 7 – рухливий пограншар на границі з газовою фазою, який внаслідок сумарної дії стоків сам може стати зоною зародження турбулентності; 8 – зона конвективної циркуляції рідини

У дослідах з адсорбції вуглекислого газу водою при краплинно-плівковій течії масовіддача у рідкій фазі зросла на 30 % і на таку ж величину збільшився і гідравлічний опір насадки, тобто питомий гідравлічний опір насадки з

зубчастими отворами, віднесений до висоти перенесення маси у рідкій фазі практично не змінився, що свідчить про вдале поєднання позитивних факторів.

При зміні розмірів апаратів (масштабний перехід), обладнаних насадкою з зубчастими отворами, можна змінювати лише діаметр і висоту апарата, залишаючи незмінними розміри елементів зубчастих отворів, щоб не порушити закономірностей мікроперемішування при краплинно-плівковій течії. На прикладі насадки з зубчастими отворами видно, що за допомогою поверхневого натягу, що входить у капілярну сталу, встановлюється зв'язок між елементами розмірів контактної пристрою і фізико-хімічними властивостями робочого середовища. Стосовно колон для ректифікації етанолу за величиною  $\sigma$ , що відчутно змінюється по висоті колон, легко розрахувати, що оптимальні розміри зубців перфорованої насадки у верхній частині колони будуть приблизно у півтора рази меншими, ніж у нижній. Отже, моделювання контактних пристроїв значною мірою залежить від властивостей продуктів і здійснюється незалежно від моделювання діаметра колон, який обумовлюється переважно макроструктурою потоків.

Рухи поверхневих шарів рідини внаслідок локальних змін поверхневого натягу під впливом тепломасообміну приводять до утворення капілярних хвиль. Ці хвилі поширюються з різною швидкістю, взаємодіють з гравітаційними, підсилюються або згасають, впливають на стан міжфазної поверхні і чинять зворотний вплив на інтенсивність масообміну. Через поверхневий натяг більш детально прослідковується прямий і зворотний зв'язок між масообмінними і гідродинамічними явищами і додатково висвітлюється неточність моделювання масообмінних процесів на гідродинамічних стендах без проведення масообміну.

Збільшуючи кількість врахованих факторів (критеріїв подібності) у критеріальних рівняннях ми досягаємо більшої їх точності. Проте моделювання завжди залишається приблизним. Це впливає вже з першої теореми подібності, яка стверджує, що подібні між собою явища мають чисельно рівні критерії подібності, маючи на увазі всі критерії подібності. Але ж ми не

можемо врахувати абсолютно всі критерії, бо навіть і не знаємо їх. Крім цього, інколи зв'язки між фізичними величинами встановлюються так, що рівність одних критеріїв приводить до нерівності інших, тобто встановлення рівності всіх критеріїв у моделі і зразку є неможливим навіть теоретично. Введення в рівняння критеріїв, що враховують поверхневий натяг, з одного боку, підвищує точність моделювання, а з іншого, вносить додаткову неузгодженість в урахування критеріями закономірностей зміни одноіменних величин у різних критеріях і вимагає більшої відповідності між моделлю і зразком, що в кінці кінців зводить ідею моделювання до точного копіювання.

Приблизність моделювання обумовлена також і третьою теоремою подібності, за якою для подібного відтворення явищ потрібно забезпечити відповідність початкових і граничних умов процесу. Взагалі ж неточність моделювання, впливає із теореми, сформульованої у 1965 р. Белом, яка одержала назву «Про нелокальність причин» і підтримала ідею про те, що у Всесвіті все взаємопов'язано. Ця теорема стверджує, що ізольованих систем не існує і що вся система Всесвіту, навіть розділена на частини величезними відстанями, між якими відсутні зафіксовані нами сигнали, поля, механічні сили, енергії і т.п., функціонує як Єдина Система [19]. Оскільки Всесвіт у вимірюванні нами проміжки часу не відноситься до періодичних систем і безперервно розвивається, тобто безперервно змінюються початкові і граничні умови умовно ізольованих нами технологічних систем, то навіть те ж саме явище, відтворене вдруге у тому ж апараті, внаслідок всезагальних зв'язків, повторюється дещо інакше. То ж логічно, що теорія подібності названа «Теорією подібності», а не «Теорією однаковості» перебігу однотипних процесів у геометрично подібних апаратах.

Щонайменші не уловлені відхилення початкових параметрів, дія невідомо звідки виникаючих мізерних сил можуть вплинути на реальний перебіг процесу внаслідок так званого «ефекту метелика». Цей ефект сформулював у 1961 р. метеоролог Е. Лоренц. Він встановив багаторазово підтверджений факт, що навіть незначні зміни початкових умов, які не можуть бути враховані при



комп'ютерному моделюванні погодних змін, приводять до значних похибок, і прогнози, складені більше ніж на тиждень, просто безпідставні. Його «ефект метелика» звучить приблизно так: «Рух крила метелика в Перу, якщо метелик знаходиться поблизу точки біфуркації, через серію непередбачених і взаємозв'язаних подій може посилити рух повітря і, в підсумку, привести до урагану в Техасі». Подібну ідею висловив і математик Анрі Пуанкаре, коли писав: «Зовсім нікчемна причина, що вислизає від нас за своєю малістю, визиває значну дію, яку ми не можемо передбачити».

У квантовій механіці всі об'єкти, згідно з принципом невизначеності Гейзенберга, характеризуються флуктуаціями фізичних величин. Флуктує й електромагнітне поле, флуктуації якого співвідносяться з електричним струмом, що продукується внаслідок обертання на орбіті електрона — за розкриття цього явища Фейнман отримав Нобелівську премію.

З позицій квантової теорії поля фізичний вакуум — це простір, у якому відсутні реальні частинки, що характеризуються масою, але заповнений флуктуаціями всіх можливих фізичних полів. У природі немає полів, інтенсивність яких була б абсолютним нулем, але спостерігати їх можна лише тоді, коли у вакуумі опиняється елементарний фізичний об'єкт. Цей об'єкт через флуктуації завжди взаємодіє з усіма наявними у природі фізичними полями. Таким чином, із квантової фізики випливає, що в природі взагалі не може бути ізольованих тіл, тому що кожне тіло через серію флуктуацій постійно взаємодіє з усіма іншими тілами.

Сучасні теоретичні і експериментальні дослідження фізиків [20-22] підтверджують уявлення про нерозривну цілісність Всесвіту і миттєву швидкість передачі інформації між окремими його елементами через торсійні поля. У монографії [20, с. 174] квантова інформація трактується як фундаментальна кількісна характеристика будь-якої системи і як джерело всіх процесів, які можуть бути проявлені в системі. Всесвіт і наша планета безперервно змінюються і ці зміни вносять корективи у перебіг технологічних

процесів (в умовах проведення процесів харчових виробництв ці корективи часто настільки незначні, що ми їх не враховуємо).

Австрійський винахідник В. Шаубергер (1885-1958 р.р.) відкрив самопідтримуючий режим течії з мінімальними (на порядок меншими) витратами енергії на переміщення рідини внаслідок зниження гідравлічного опору трубопроводів. Такий режим нагадує природну течію води у руслі річок і створюється організацією траєкторії руху рідини за планетарною моделлю, тобто рідина, подібно до траєкторії руху Землі у космічному просторі, рухається по спіралі у спіральному трубопроводі і одночасно обертається відносно осі трубопроводу, бажано з невеликими періодичними відхиленнями кута обертання. Обертання рідини відносно осі трубопроводу досягається закручуванням трубопроводу, переріз якого має яйцеподібну форму зі впадиною ближче до тупішого або гострішого кінця. Саморегуляція течії рідини і залучення додаткової енергії на її підтримання пояснюється складною взаємодією між відцентровими і доцентровими силами та з полями електромагнітних сил, гравітації і температури, внаслідок чого залучається додаткова енергія з зовнішнього середовища.

При правильно підібраних формі трубопроводу і швидкості руху всередині труб створюється не відцентровий, а доцентровий рух рідини, примежовий прошарок між стінкою трубопроводу і рідиною самовільно заповнюється газовою фазою, внаслідок чого гідравлічний опір знижується практично до нуля, наявні в рідині важкі тверді частинки концентруються в центрі потоку і легко транспортуються, осади на стінках трубопроводу не відкладаються (В. Шаубергер. Энергия воды. – М.: Яуза, Эксмо. 2007. – 320 с). На основі використання самопідтримуючого режиму течії запропоновані проекти ресурсощадних насосів, турбін, і навіть генераторів теплової енергії, проте за відсутністю фінансування більшість запропонованих ідей не була доведена до практичного використання.

Складні системи що складаються з кількох зв'язаних між собою взаємодіючих підсистем набувають нових властивостей, які відсутні на під-

системному рівні і не можуть бути зведені до властивостей підсистемного рівня. У таких системах утворюються нові технологічні ефекти, які у взаємодії з фізичним вакуумом створюють принципову можливість процесів нового типу з використанням додаткової енергії від різних фізичних явищ.

Найпростішим прикладом можуть бути гідродинамічні кавітаційні пристрої (Федоткин И.М., Гулый И.С. Кавитация. т.2. Теоретические основы производства избыточной энергии. –К.: АО«ОКО», 2000. – 898 с.), в яких внаслідок накладання кількох явищ різної фізичної природи в умовах високої щільності енергії у невеликому об'ємі відбувається перебудова структури води з частковим виділенням енергії водневих зв'язків, що сприймається нами як генерація надлишкової енергії, не врахованої рівняннями енергетичного балансу.

**Розробка та практичне впровадження** в практику масообміну нових контактних пристроїв, у яких інтенсивніше оновлюється поверхня контакту фаз, на кафедрі найширше проведені стосовно процесу ректифікації етанолу [23]. Узагальнення питань розрахунку контактних пристроїв відображено в монографії В.М. Стабнікова [24].

В умовах близьких до виробничих було досліджено багато типів контактних пристроїв, у тому числі нових, для колонних апаратів — ковпачкові, клапанні, лускаті, прямотечіні, розпилювальні тарілки, тарілки з переточними клапанами, регулярні насадки, вперше запропоновані В.М. Стабніковим провальні тарілки з круглими та видовженими отворами. Розроблені методики розрахунку дали можливість визначити оптимальні умови роботи та впровадити ці пристрої у виробничу практику спиртових заводів. У виконанні робіт під керівництвом В.М. Стабнікова брав участь великий колектив співробітників вузу: І.Ф. Малезик, П.С. Циганков, О.П. Ніколаєв, В.О. Аністратенко, В.М. Таран, М.І. Штромило, О.Г. Муравська, В.С. Бодров, А.Д. Сергєєв, П.М. Немирович, А.П. Беспалько, Р.К. Казиміров, та інші, які згодом після захисту дисертаційних робіт одержали наукові ступені докторів та кандидатів технічних наук.

Ковпачкові тарілки мають закріплені на плоскому диску (полотні тарілок) парові патрубки, висота яких дещо перевищує рівень рідини на тарілці, не допускаючи перетікання крізь ці патрубки рідини (флегми), що рухається зверху, на нижні тарілки. Над паровими патрубками на відстані половини їх внутрішнього радіуса розміщені ковпачки з вузькими бічними прорізами. Потрібний рівень рідини на тарілці підтримується переливними пристроями.

Пара, що піднімається знизу, проходить крізь парові патрубки, попадає під ковпачки і долаючи опір прорізів і стовпа рідини проходить крізь прорізи і барботує крізь шар рідини на тарілці, роздроблюючись на окремі бульбашки і струминки та забезпечуючи при цьому безперервне оновлення поверхні контакту фаз. Над рідиною на тарілці утворюється шар піни. Встановлено, що масообмін найбільш ефективно відбувається в барботажному режимі з утворенням шару піни певної висоти. Нова міжфазна поверхня найінтенсивніше створюється у початковий період росту і спливання парових бульбашок, тому висота рідини на тарілках не повинна бути великою і приймається в межах 30...35 мм.

У результаті обробки і узагальнення експериментальних даних запропоновані рівняння для розрахунку оптимальних розмірів тарілок з ковпачковими контактними пристроями. У колонах спиртової промисловості ковпачки мають діаметр 80 мм, парові патрубки — 50 мм, вільний переріз тарілок для рідин, що піняться, рекомендований у межах 10...12 %, для тих, що піни не утворюють — до 30 %, відстань між тарілками залежить від швидкості пари і призначення колон і змінюється переважно від 160 до 300 мм.

З метою зведення до мінімуму гідравлічних опорів проходженню пари розміри горловин і ковпачків узгоджують виходячи з умов рівності швидкостей парової фази (рівності площ поперечних перерізів) в усіх каналах: у перерізі парового патрубка, між верхом парового патрубка і верхом ковпачка, в кільцевому просторі між патрубком і стінкою ковпачка у відкритій частині прорізів ковпачка (або між нижнім обрізом ковпачка і площиною тарілки — для ковпачків, які не опираються на полотно тарілки).

Гідравлічний опір ковпачкових тарілок розраховується як сума гідравлічних опорів сухої тарілки, шару рідини на тарілці і опору, створюваного силами поверхневого натягу в прорізах ковпачків. Гідравлічний опір ковпачкових тарілок під час роботи в сприятливих умовах змінюється в межах 350...500 Па.

Для зменшення впливу на гідравлічний опір сил поверхневого натягу, ширина прорізів ковпачків повинна бути більшою за значення капілярної сталої — практично вона приймається рівною 4 мм. Ковпачки з прорізами виконують у колонах виготовлених із міді. Сучасні колони з ковпачковими тарілками виготовляють із нержавіючої сталі. Ковпачки таких колон кріпляться болтовим з'єднанням до горловини і утворюють зазор для проходження пари між полотном тарілки і нижнім обрізом ковпачка, який має зубчастий контур. Етиловий спирт, отриманий у сталевих брагоректифікаційних установках, може мати металевий присмак. Щоб цього позбутися певні елементи установки повинні бути з міді, яка нейтралізує утворення летких сполук сірки.

Ковпачкові тарілки характеризуються максимальним діапазоном стійкої роботи при зміні навантажень по паровій і рідкій фазах. При короткочасних перервах надходження пари рівень рідини на тарілках залишається, а при відновленні її подачі швидко встановлюється робочий режим колон. Недоліками ковпачкових колон є дещо підвищений опір, підвищена складність і вартість виготовлення. На тарілках з переливними пристроями рівень рідини біля зливу дещо нижчий, ніж з боку надходження, тому можуть створюватись умови нерівномірного барботажу з прориванням частини пари в місцях нижчого рівня рідини.

*Провальні тарілки* не мають перелічених недоліків, оскільки не мають переливних пристроїв і окремо встановлених контактних елементів. Рідка фаза стікає в них через ті ж самі отвори, крізь які барботує пара, забезпечуючи інтенсивне протитечійне контактування фаз внаслідок переважаючої фронтальної взаємодії парогазового потоку з елементами рідкої фази. Завдяки протитечійному руху рідини (на відміну від її перехресного руху під час

перетікання з одного краю тарілки на інший у колонах з переливними пристроями) значно зменшується тривалість перебування продукту в колоні і збільшується навантаження по рідкій фазі.

Під час роботи на провальних тарілках, як і на ковпачкових, створюється барботажний шар, а над ним шар піни і бризок. Подальше підвищення швидкості пари призводить до зменшення висоти барботажного шару і втягування рідини у верхні шари. Висота піни збільшується, а барботажний шар фактично зникає. Піна набуває комірчастої структури, стає рухливою і турбулізується, забезпечуючи високу ефективність роботи апарата. Надмірне збільшення витрати пари (як в апаратах усіх типів) приводить до заповнення тарілок піною і викидання її з апарата — так званого «захлинання» апарата. (У перепивших міцні напої професіоналів це називають режимом роботи «зі зворотним флегмовим числом»).

Розроблено багато різновидів провальних тарілок з отворами різної форми: круглими діаметром від 3 до 8 мм, овальними, прямокутними завширшки 4...10 мм. Схема провальної тарілки решітчастого типу з прямокутними отворами показана на рис. 4. Вільний переріз цих тарілок рекомендований таким же, як і для ковпачкових. Відстань між тарілками для рідин, що утворюють піну, приймають 0,4...0,5 м, для мало пінистих 0,2...0,3 м. Щільність зрошення для колон з такими тарілками — не менше  $10 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ . Для підтримання певного рівня газо-рідинної суміші і ефективної роботи тарілок необхідно дотримуватись відповідних витрат рідкої і, особливо, парової фази.

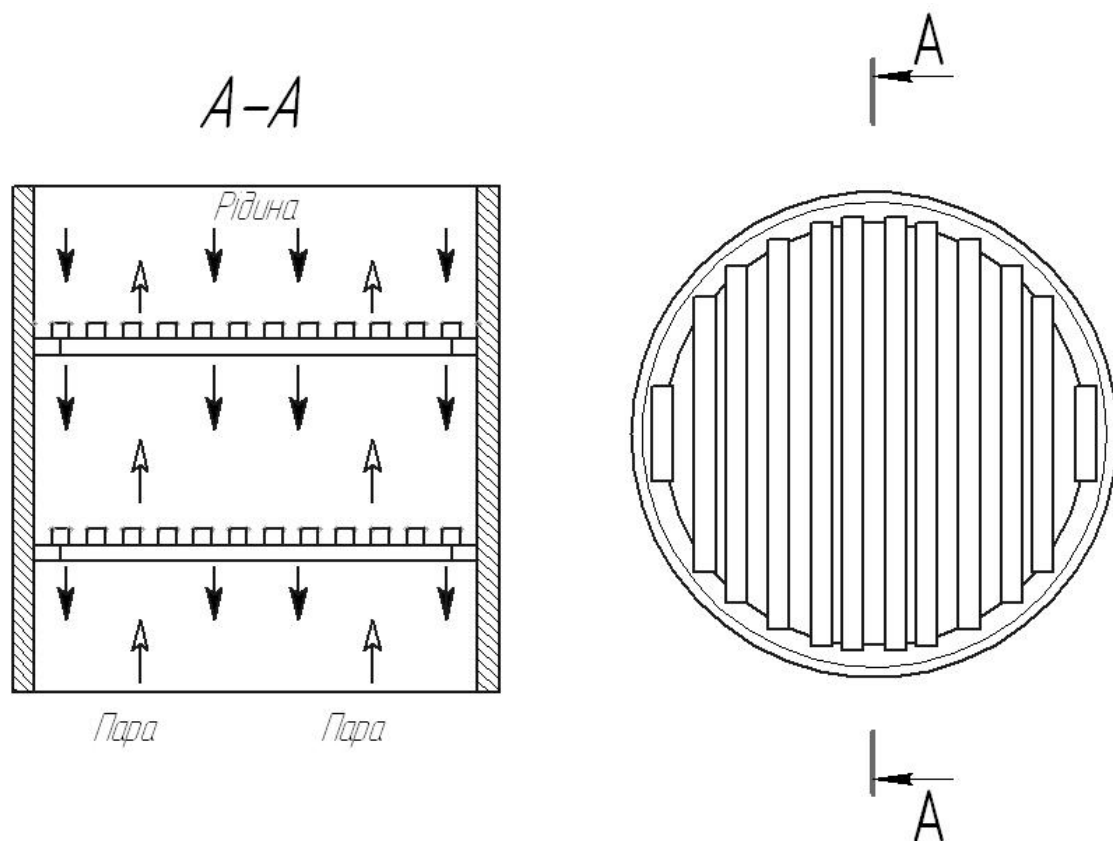


Рис. 4. Провальна решітчаста тарілка

Розробку, широкі дослідження і впровадження у виробництво спиртових і біохімічних заводів провальних тарілок для бражних колон, призначених для переробки зернових і мелясних бражок, що містять розрихлені тверді частинки і забивають ковпачкові тарілки, під керівництвом В.М. Стабнікова виконали доценти М.І. Штромило і А.Д. Сергеев.

Провальні тарілки найпростіші у виготовленні, дешеві, досить ефективні, але вимагають точної горизонтальної установки. Їхнім недоліком є швидке стікання рідини з тарілок навіть у разі короткочасного припинення подачі пари. Досить широке застосування провальні тарілки знайшли в нафтопереробній промисловості, де сировина має більш постійну невисоку піноутворюючу здатність, а перегонні установки забезпечені стабільною подачею нагрівної пари.

Цікавою різновидністю провальних тарілок є розроблені хіміками тарілки з великими круглими отворами діаметром 100...150 мм і відстані між тарілками

порядка 600 мм. На таких тарілках створюється завислий високорухливий шар парорідинної суміші, а протитечійний рух фаз крізь отвори тарілок самоорганізується так, що парогазова фаза проходить вгору у периферійній частині отворів, а парорідинна суміш провалюється крізь центральну частину отворів; при цьому контактування частинок рідини з поверхнею тарілок і відкладання осадів практично виключається. Такі тарілки використовуються переважно у содовому виробництві, де контактні пристрої іншої будови швидко забиваються стійкими осадами.

*Ситчасті тарілки* на відміну від провальних мають переливні пристрої, внаслідок чого забезпечують ширший діапазон стійкої роботи.

*Клапанні тарілки* мають круглі, квадратні або прямокутні отвори, що закриваються клапанами під їх вагою. При достатній швидкості парової фази клапани відкриваються і пара вступає в контакт з рідиною на тарілці. Чим більша витрата пари, тим більша висота зазорів між клапанами і тарілкою. Багатогранні дослідження і впровадження у спиртове виробництво клапанних тарілок, які поєднують у собі переваги провальних і ковпачкових тарілок, виконав професор І.Ф. Малежик. Він також промодельовав роботу теплообмінної апаратури, що сприяло підвищенню ефективності роботи брагоректифікаційних установок (БРУ), розробив алгоритм розрахунку ректифікації багатокомпонентних спиртових сумішей. Разом з І.Ф. Малежиком роботи по дослідженню і впровадженню у виробництво клапанних тарілок виконували доценти П.М. Немирович, О.Г. Муравська, А.П. Безпалько, П.В. Нарішков.

Всеволод Миколайович вважав, що правильно сконструйовані тарілки різної будови (в яких до мінімуму зведені некорисні витрати енергії) мають приблизно однаковий гідравлічний опір і близьку ефективність. Різниця між загальним опором контактної пристрою в робочому стані і опором сухого контактної пристрою характеризує ту частину енергії, яка майже повністю витрачається на створення нової поверхні і є одним із показників для першого приблизного порівняння досконалості контактних пристроїв. Якщо дослідник



отримував дані, за якими при меншому гідравлічному опорі значно зростала ефективність контактної пристрою, то потрібно було перевірити чистоту постановки експерименту та обрахунки, або докладно обґрунтувати причини, що привели до такого результату.

Професором В.О. Аністратенком та під його керівництвом розроблено і досліджено різні типи тарілок, у тому числі і прямотечійних для потреб спиртової та гідролізно-спиртової промисловості. Зокрема, доцентом П.І. Мінняйлом проведені багатопланові дослідження *прямотечійних тарілок*, визначено хімічним способом поверхню контакту фаз, розроблено новий спосіб знаходження міжфазної поверхні барботажних систем за допомогою використання балоелектричного ефекту (іонізація газу при оновленні поверхні контакту з рідиною), розроблено спосіб модернізації ситчастих тарілок заміною барботажного режиму їх роботи на прямотечійний, що дало змогу збільшити продуктивність колон у 1,5 рази.

Професор В.М. Таран на основі принципу прямотечійного контакту фаз розробив нові й модернізував існуючі контактні пристрої з удосконаленими гідродинамічними і масообмінними характеристиками, визначив кількісні співвідношення, які пов'язують ефективність ступеня контакту і параметри структури потоків у колонних апаратах. Під його керівництвом доцент А.В. Копиленко та канд. техн. наук В.М. Малета дослідили процеси ректифікації в циклічних режимах, що реалізуються за допомогою переточних клапанних тарілок, та розробили нові типи ефективних контактних пристроїв.

В усіх колонах з тарілчастими пристроями значна частина енергії парогазового потоку витрачається марно на стискування потоку, коли він при вході в контактний пристрій звужується від площі поперечного перерізу колони до площі перерізу прохідних отворів тарілок. Цього недоліку не мають насадки, особливо регулярні з реалізацією плівкової течії, основною перевагою яких є низький гідравлічний опір. Професори П.С. Циганков та О.П. Ніколаєв на початку своєї науково-практичної діяльності досліджували *колонні апарати з плівковою течією*, зокрема О.П. Ніколаєв вперше запропонував для

інтенсифікації масообміну в трубках застосувати спіральні вставки, які закручують газорідинний потік. Апарати з плівковою течією мають найнижчий гідравлічний опір серед відомих контактних пристроїв, що робить їх перспективними для масообмінних процесів в умовах економії енергетичних витрат та реалізації процесів при розрідженні.

Пізніше ефективність масообміну в плівкових апаратах вивчала доцент А.О. Конончук, а потім О.С. Марценюк. А.О. Конончук дослідила *масообмін в апаратах з регулярною листовою насадкою* гофрованою під різним кутом до вертикальної площини. Зі збільшенням кута відхилення гофрів від вертикалі зростає гідравлічний опір і, відповідно, інтенсивність масообміну, збільшується утримуюча здатність насадок по рідині та знижується їхня пропускна спроможність. Були встановлені оптимальні значення кутів нахилу гофрів.

Ефективність *перфорованих плоско паралельних регулярних насадок*, які мають низький опір і невисокі енергетичні витрати на прокачування парогазової фази, вивчав О.С. Марценюк, внаслідок чого він розробив новий спосіб інтенсифікації тепломасообміну створенням режиму організованої краплинно-плівкової течії рідини за допомогою виконання в листах насадки зубчастих отворів — рис. 3а. У таких насадках на звисаючих зубцях отворів періодично утворюються краплі рідини, внаслідок чого турбулізується рідка фаза. Тому ці насадки рекомендуються для проведення процесів масообміну в газорідинних системах з переважаючим опором у рідині.

З метою інтенсифікації масопередачі у парогазовій фазі, останню турбулізують за допомогою періодично розміщених гофрів висотою 2...3 мм, що дозволяє турбулізувати переважно пристінні шари парогазового потоку без значного зростання гідравлічного опору. Масообмінні апарати з перфорованою регулярною насадкою за інтенсивністю масообміну, зокрема, за кількістю перенесеної речовини в одиниці об'єму апарата у півтора рази перевищують тарілчасті колони, мають майже на порядок нижчий гідравлічний опір, але дещо більшу висоту. Тривалість перебування продукту в таких апаратах дуже

мала, що робить їх незамінними для обробки термічно нестійких продуктів в умовах розрідження.

Запропоновані також регулярні насадки з відігнутими пелюстками, які утворюються внаслідок просікання зубчастих отворів з трьох сторін і відгинання під різним кутом до горизонталі або вертикалі просіченої частини листа. Внаслідок організованого розміщення пелюсток гідравлічний опір цих насадок удвічі-втричі менший за опір нерегулярних насадок, у яких значна частина енергії парогазового потоку втрачається на нераціональні місцеві звуження та розширення потоку і частково на тертя з незмоченою поверхнею. Ефективність масообміну в таких апаратах практично така ж, як в апаратах з нерегулярними насадками.

Підвищення ефективності масообміну в апаратах із перфорованими насадками і крапельно-плівковою течією пояснюється кращими умовами оновлення міжфазної поверхні під час формування, росту, відривання і падіння крапель внаслідок посилення циркуляції приповерхневих шарів крапель під впливом тертя з парогазовим потоком (рис. 1а), інерційного руху рідини під час формування крапель (рис. 3б), впливу концентраційних і теплових градієнтів поверхневого натягу (рис. 1б).

Теорія оновлення поверхні контакту фаз не втратила актуальності, плідно використовується і відіграє роль важливого інструмента в пошуку і реалізації методів інтенсифікації масообміну в газорідних системах.

### **3.2. Теорія і практика ректифікації етилового спирту**

Процес ректифікації досліджувався у Київському технологічному інституті харчової промисловості ще до організації кафедри процесів і апаратів. Зокрема, професор О.О. Кіров створив оригінальний метод розрахунку ректифікаційних апаратів. Він же вперше використав для апаратів спиртової промисловості графічний метод розрахунку кількості теоретичних тарілок Кеба і Тіле.

Після організації кафедри процесів і апаратів (1951 р.) основним напрямком її наукової роботи під керівництвом професора В.М. Стабнікова

стало дослідження процесів масообміну у харчових виробництвах взагалі, й насамперед процесів дистиляції і ректифікації, які широко застосовуються у спиртовій, виноробній, гідролізній та ацетонобутиловій промисловості.

На основі дослідження і відбору найбільш ефективних типів контактних пристроїв були запропоновані ректифікаційні апарати з новими контактними пристроями, які дозволили значно підвищити навантаження колон по рідкій і паровій фазах і були впроваджені у промисловість. Вперше у харчовій промисловості були застосовані колони з провальними, прямоотечійними, клапанними і розпилувальними тарілками.

Одним з визначальних факторів, що впливає на роботу колон і контактних пристроїв, є швидкість парової фази. Тому в роботах співробітників кафедри перш за все зверталась увага на визначення оптимальної швидкості парової фази. Були запропоновані рівняння для знаходження оптимальної швидкості пари в колонах з ковпачковими тарілками (В.М. Стабніков), з провальними тарілками (М.І. Штромило), з клапанними тарілками (І.Ф. Малезик, О.Г. Муравська), в колонах з прямоотечійним відцентровим рухом фаз на тарілках (В.А. Задніпраний).

Застосування нових контактних пристроїв дозволило значно (до двох разів) підвищити навантаження колон по рідкій і паровій фазах, внаслідок чого принципово змінилась гідродинаміка парорідинних потоків, зменшилась тривалість перебування напівпродуктів у колонах і їх термічне розкладання з утворенням небажаних домішок. Це в свою чергу позитивно вплинуло на якість спирту та зменшило витрати на його очищення; зменшились габарити ректифікаційних колон, їх металоємність, зросла потужність брагоректифікаційних установок, скоротились виробничі площі, зменшились витрати на виготовлення одиниці готового продукту.

Колони з новими контактними пристроями впровадженні у виробництво на Барському, Косарському, Лохвицькому, Триліському, Юрковецькому та інших заводах України, Марнеульському заводі в Грузії, на Кропоткінському хімзаводі (Росія) для виготовлення фурилового спирту.

Значне підвищення навантажень забезпечили прості за будовою провальні тарілки, вперше виготовлені на дослідному заводі інституту за безпосередньою активною участю доцента М.І. Штромило та здобувача наукового ступеня А.Д. Сергєєва, який пізніше дослідив ці тарілки, розробив методику їх конструювання і разом із М.І. Штромило впровадив на ацетонобутилових заводах і в бражній колоні спиртокон'ячного заводу «Хуторок» (Краснодарський край).

Професорами І.Ф. Малезиком та П.М. Немировичем разом із співробітниками кафедри, зокрема з П.В. Нарішковим, досліджена робота клапанних тарілок, вперше вивчено вплив структури потоку рідини на ефективність роботи тарілок в умовах спиртового виробництва, показано, що використання цих тарілок найбільш доцільне в епюраційних і спиртових колонах. Запропоновані методи розрахунку відкрили дорогу широкому застосуванню, починаючи з 1973 р. клапанних тарілок у спиртовій промисловості.

Професори В.О. Аністратенко і В.М. Таран дослідили і впровадили у виробництво колони з прямотечійними тарілками. На відміну від ковпачкових і клапанних тарілок з перехресним рухом фаз і барботажем режимом їх взаємодії, на прямотечійних тарілках пара і рідина, рухаючись в одному напрямку, набувають великої швидкості, внаслідок чого рідка фаза насичується дрібними паровими бульбашками і утворюється високорухливий парорідиний емульсований шар з інтенсивним оновленням поверхні контакту фаз. В емульсованому шарі, залежно від умов його організації і витрат продуктів, може відбуватися інверсія фаз, коли парова фаза може стати суцільною, а рідка — дисперсною. При цьому фази інтенсивно взаємодіють, їх окремі елементи безперервно змінюють форму, поверхня контакту оновлюється. Це і є режим міжфазної турбулентності — найбільш інтенсивний режим контактування фаз.

Прямотечійний рух фаз може бути створений і на клапанних тарілках з клапанами, які відкриваються не по всьому периметру, а в одну сторону.

Проведені візуальні спостереження за режимами контактування фаз і зміною режимів при застосуванні різних типів контактних пристроїв на прозорих стендах та прозорих моделях горизонтальних і вертикальних вирізок колон мали не тільки наукове значення, а й були захоплюючим демонстраційним видовищем. Навіть під час звичайної грози завжди цікаво спостерігати за неповторною зміною завіс падаючих крапель під шквалами сильного вітру. Нажаль, за відсутністю вільних приміщень стенди після закінчення досліджень демонтувались, поступаючись місцем для наступних експериментальних установок. Залишились лише вклеєні в дисертаційні роботи фотографії, які не передають всієї повноти кінетики руху потоків, та до того ж не завжди досить чіткі.

На прозорих стендах можна було повторно спостерігати один і той же режим і знаходити все нові нюанси, які переломлюючись у свідомості підказували, як потрібно удосконалити пристрій, щоб зробити потоки більш рівномірними і досягти інтенсивнішого оновлення поверхні. Часто на запитання про доцільність внесення тих чи інших змін у будову контактної пристрою з метою його удосконалення Всеволод Миколайович хитро відповідав: «А ви перевірте експериментально». Він розумів, що постановка експерименту не тільки дасть відповідь на поставлені питання, а й підкаже нові рішення.

Доценти О.М. Прохоров і Ю.А. Чорний розробили для ректифікаційних колон малих діаметрів конструкції тарілок з частковою компенсацією прямої течії.

Доцентами В.К. Зарембою та Ю.В. Осауленком вивчено розподіл домішок по висоті колон в умовах виробництва і рекомендовано оптимальні умови роботи колон.

Оскільки в процесі ректифікації споживається велика кількість теплоти, що підводиться за допомогою нагрівної пари, значна робота була проведена по використанню вторинної пари. На той час ця проблема була вирішена для процесів випарювання методом роботи першого апарата випарної установки під

високим тиском і кожного наступного апарата під нижчим тиском, що давало значну економію теплової енергії. Щоб використати цей метод і розрахувати апарати багатоклонних ректифікаційних установок необхідно було мати більш точні дані про властивості робочих продуктів і фазову рівновагу в системі еталон-вода при різних тисках. З цією метою були складені таблиці теплофізичних властивостей водно-спиртових сумішей та проведені класичні експериментальні роботи по дослідженню і складанню таблиць фазової рівноваги за різних тисків і температур кипіння.

За допомогою найбільш досконалих типів приладів для визначення рівноважних складів фаз були уточнені дані для нормального тиску і отримані нові дані для тисків вище і нижче атмосферного. Цю роботу під керівництвом В.М. Стабнікова виконали Т.Б. Процюк, О.Г. Муравська та Н.М. Ющенко.

Співробітники кафедри розробили методи проектування, провели розрахунки і стали піонерами у створенні установок з використанням вторинної пари. Провів дослідження на пілотній (напівпромисловій) установці і створив першу в Радянському Союзі брагоректифікаційну установку з використанням вторинної пари на заводі «Хуторок» В.І. Баранцев. Експериментальна перевірка у виробничих умовах підтвердила значні переваги установки в теплотехнічному та технологічному аспектах та отримання значного економічного ефекту і дала поштовх для активізації робіт у даному напрямку в науково-дослідних установах.

З 1965 р. на кафедрі процесів і апаратів професором О.П. Ніколаєвим разом зі співробітниками розвивались дослідження з моделювання і оптимізації процесів брагоректифікації. Розроблялись методи моделювання як на основі теорії процесу брагоректифікації, так і статистичні. Запропоновано ефективний блочний метод розрахунку колон. Розроблені критерії оптимізації процесу. Показана можливість застосування методів динамічного програмування при оптимізації брагоректифікаційних установок. Розроблені О.П. Ніколаєвим номограми дають змогу вибрати оптимальний режим експлуатації промислових установок, визначити оптимальну кількість тарілок у колонах і скоротити

витрату пари при виробництві спирту на 3...6 кг/дал. Результати роботи викладено в книзі «Оптимальное проектирование и эксплуатация брагоректификационных установок» (1975 р.). Практичне впровадження методів оптимізації на Лохвицькому, Барському і Лівенському спиртових заводах дозволило знизити витрати на виробництво етанолу на 2,5 коп на 1 дал, що відповідало річній економії 200 тис. крб.

Роботи на кафедрі з моделювання і оптимізації процесів брагоректифікації були одними з перших у Радянському Союзі і стимулювали розвиток цього напрямку в Українському науково-дослідному інституті спирту та в інституті Харчопромавтоматика.

Паралельно з розвитком теорії моделювання хіміко-технологічних процесів і удосконаленням обчислювальної техніки безперервно удосконалюються і методи моделювання і оптимізації брагоректифікаційних установок.

За період з 1975 р. значно розвинута теоретична база моделювання — розроблені методи попередження невірних розрахунків, принципи незалежності і оберненості в поведінці домішок у колонах, принцип пропорційності, створено метод, що дозволяє визначити оптимальні режими ведення процесів при необхідності спрямованого вилучення комплексу домішок, поглиблена теорія поведінки домішок при дефлегмації. На базі цих теоретичних розробок створені більш досконалі алгоритми розрахунків колон з урахуванням використання сучасних на той час електронно-обчислювальних машин «Наїрі» і ЄС – 1022. Більш чітко проявилась комплексність досліджень із моделювання, в них приймають участь співробітники інших кафедр, у тому числі кафедри машин і апаратів, прикладної математики і обчислюваної техніки.

Використання ЕОМ дало можливість розробити найточніший метод розрахунку багатокомпонентної ректифікації «від тарілки до тарілки». Алгоритм такого розрахунку стосовно багатокомпонентних систем спиртового виробництва розробив професор І.Ф. Малезик. Цей алгоритм передбачає почергове використання рівнянь фазової рівноваги і робочих ліній для кожного



компонента системи. З цією метою виведено рівняння для визначення тиску пари чистих компонентів залежно від температури і для обчислення коефіцієнтів активності основних компонентів спиртових сумішей залежно від складу рідкої фази.

До нових перспективних способів підвищення ефективності масообміну можна віднести процеси ректифікації і абсорбції в циклічному режимі, який досліджували кандидати технічних наук А.В. Копиленко і В.М. Малета під керівництвом професора В.М. Тарана. В результаті досліджень контрольованих циклічних режимів роботи масообмінних апаратів розроблено математичні моделі процесів циклічної ректифікації, визначено ефективність масопереносу при циклічних режимах роботи ректифікаційних колон, розроблено нові типи КП для роботи в циклічних режимах.

Питання, що пов'язані з моделюванням, інтенсифікацією та оптимізацією теплообмінної апаратури ректифікаційних установок, вивчав професор І.Ф. Малежик. Він вивів рівняння для визначення коефіцієнтів теплопередачі промислових дефлегматорів залежно від швидкості руху води і тривалості роботи дефлегматорів після очищення, рівняння для визначення оптимальної швидкості руху води і ККД дефлегматорів, вивчав вплив вдування повітря на інтенсифікацію теплообміну у дефлегматорах і конденсаторах. З 1988 р. під керівництвом професора І.Ф. Малежика виконується ряд робіт, пов'язаних з інтенсифікацією процесів масообміну у харчовій промисловості.

Один із перших учнів В.М. Стабнікова професор П.С. Циганков (захистив кандидатську дисертацію у 1955, докторську — у 1965 р.) вважався неперевершеним фахівцем в Україні та за її межами з питань теорії і практики роботи брагоректифікаційних установок спиртових заводів. Разом із співробітниками кафедри процесів і апаратів та інших кафедр університету він працював над удосконаленням технологічних схем брагоректифікаційних установок, розробляв схеми установок для розгонки головної фракції. З метою повторного використання теплоти нагрівної пари під керівництвом професора П.С. Циганкова створено брагоректифікаційну установку непрямої дії, в якій

спиртова колона працює при розрідженні, обігриваючись теплотою пари після бражної колони. У спиртовій колоні створюється більш м'який температурний режим, внаслідок чого уповільнюються хімічні реакції утворення нових домішок, які погіршують якість спирту.

Більш високий рівень робіт з моделювання брагоректифікаційних установок дозволив установити межі застосування гідро селекції при брагоректифікації, дав змогу визначити оптимальні режимні параметри процесів залежно від якості бражки, здійснювати порівняння різних типів брагоректифікаційних установок за технологічними і економічними показниками. У 1978 р. результати дослідження впроваджені на Мічурінському і Стецьківському спиртзаводах з економічним ефектом до 3 коп. на 1 дал спирту.

Згадується випадок, який сприяв науковому і практичному становленню П.С. Циганкова неперевершеним знавцем брагоректифікації. Коли він був аспірантом, Всеволод Миколайович якось сказав: «Я вважаюсь великим спеціалістом з процесу ректифікації, написав кілька книжок, але якби мене поставити перед працюючою брагоректифікаційною установкою на підприємстві, то я не знав би, що з нею робити. Було б дуже добре, якби ви освоїли і теорію і практику цього процесу». І П.С. Циганков виконав рекомендацію свого керівника.

Він настільки ретельно розібрався в схемах установок, роботі кожного окремого апарата самостійно і в поєднанні з іншими апаратами, що вже при швидкому огляді міг зробити загальні висновки та вказати на недоліки, які він уловлював за особливостями монтажною схемою, показаннями приладів і навіть за характером шуму всередині апаратів, за визначеним на дотик долонею розподілом температури по висоті конденсатора чи дефлегматора. Коли виявлялось, що якась з колон працювала з порушеннями, він детально обстежував її, починаючи з ретельного зовнішнього огляду і вивчення показань контрольно-вимірювальних приладів до уважного прослуховування звуків

всередині колони, прикладаючи дерев'яний брусок з дощечкою до вуха, як лікар прикладає слухову трубку, вислуховуючи шуми в організмі хворого.

Бували випадки, коли працююча установка з якихось невідомих причин не забезпечувала потрібного виходу спирту або його якості і встановити ці причини не могли ні працівники заводу, ні наладчики спеціалізованих організацій. Тоді звертались за допомогою до П.С. Циганкова і він, як правило, за один день, вірніше за добу, добивався нормальної роботи установки.

Брагоректифікаційна установка – це узгоджений комплекс обладнання, яке працює цілодобово і складається зі зв'язаних між собою трьох основних і кількох додаткових колон (діаметром до 2 м і висотою до 12м), обладнаних теплообмінною (підігрівачі, дефлегматори, конденсатори) та іншою апаратурою, встановлених в окремому триповерховому пожежо- і вибухонебезпечному приміщенні. Щоб запуснути холодну установку в роботу, прогріти апарати і вивести у робочий режим, потрібна ціла доба, та й то за умови, що все обладнання працює справно. Тому, щоб відлагодити роботу установки, потрібно спочатку встановити можливі причини неполадок, зупинити і охолодити установку до температури, при якій можна провести ремонтні роботи, усунути недоліки, а потім знову подати нагрівну пару і відрегулювати робочий режим – виконати цей комплект робіт швидше ніж за добу практично неможливо.

Перед початком встановлення можливих недоліків П.С. Циганков спочатку брав на підприємстві монтажну схему установки, уважно вивчав її (впродовж кількох годин), визначав на схемі незрозумілі і сумнівні місця з можливими недоліками і, коли приходив у приміщення ректифікаційного відділення, то вже знав, на що в першу чергу потрібно звернути увагу. Щоб повніше і швидше розібратися, він просив, щоб його супроводжував працівник заводу, який досконально знає установку, може відповісти на професійні запитання і відразу ж дати відповідні розпорядження на виконання дрібних робіт, пов'язаних з установленням особливостей роботи установки. Проведення ремонтно-відновлювальних робіт контролював особисто, а у вільний час у

супроводі фахівця заводу знайомився з усім виробництвом, в якому він прекрасно орієнтувався, і як правило, давав ряд додаткових цінних порад.

Теоретичні розробки і раціональні пропозиції обов'язково перевіряв у виробничих умовах. Багато зробив у питаннях практичного упорядкування схем брагоректифікаційних установок на працюючих заводах, в оптимізації їх роботи, забезпеченні і підвищенні проектної потужності установок, зменшенні питомих витрат енергії та води, підвищенні виходу ректифікованого спирту та його якості.

Професори П.С. Циганков і І.Ф. Малежик розробили проект кип'ятильників спиртових колон брагоректифікаційних апаратів, які були виготовлені на Смілянському машинобудівному заводі і впроваджені на Кам'янському та Андрушівському спиртозаводах.

І.Ф. Малежиком із співробітниками досліджено процеси теплообміну в дефлегматорах і конденсаторах брагоректифікаційних установок спиртових заводів і запропоновано методи їх інтенсифікації та оптимізації.

Професор В.А. Домарецький провів широкі дослідження і отримав рівняння для розрахунку тепломасообмінних процесів у бражних колонах з різною концентрацією і температурою бражки.

Професори П.С. Циганков, І.Ф. Малежик, О.С. Марценюк, Л.М. Мельник виконали роботи з удосконалення процесу ректифікації етанолу у виробництві пектину (1985-1991 рр.). На запропоновані схеми регенерації етанолу одержано два авторських свідоцтва на винаходи.

Л.М. Мельник визначила основні характеристики водно-спиртових суспензій пектинового виробництва, дослідила процеси їх нейтралізації, відстоювання і фільтрування, розробила раціональні технологічні схеми установок для регенерації етанолу і встановила оптимальні параметри процесу.

Великий економічний ефект дали теоретичні й експериментальні дослідження екстрактивної ректифікації у виробництві етилового спирту і розробленні технології розгонки багатоконпонентних сумішей, які є відходами виробництва. Ці дослідження провів професор П.С. Циганков разом зі

співробітниками. Запропоновані та впроваджені на багатьох заводах схеми дали змогу збільшити вихід товарного спирту на 3 %. У виконанні них робіт активно працював професор П.Л. Шиян. Професори П.С. Циганков і П.Л. Шиян розробили схеми установок для одержання технічного спирту, додавання якого в моторне паливо підвищує його октанове число. Це дає можливість відмовитись від застосування екологічно шкідливих антидетонаційних присадок, зменшити витрату палива і токсичність відпрацьованих газів.

Професори В.М. Стабніков, П.С. Циганков, І.Ф. Малежик і доцент В.А. Задніпрний вперше розпочали розробку і реалізацію раціональних схем теплоенергозабезпечення в спиртовій промисловості із застосуванням кип'ятильників.

Професором М.О. Прядком виконано глибокі дослідження закономірностей теплообміну при кипінні у великому об'ємі водно-спиртових сумішей, а у вертикальній трубі — водно-спиртових сумішей і напівпродуктів спиртового виробництва. Вивчено закономірності зміни інтенсивності тепловіддачі залежно від концентрації спирту в розчині та теплового потоку в діапазоні бульбашкового режиму і в перехідному (від бульбашкового до плівкового) режимі кипіння. Результати дослідження на локальному рівні інтенсивності тепловіддачі у вертикальних трубах, а також динаміки накипоутворення при кипінні мелясної барди покладено в основу науково обґрунтованої методики визначення поверхонь нагріву кип'ятильників бражної, епюраційної, спиртової колон брагоректифікаційної установки і широкого впровадження їх у спиртову промисловість.

Професор П.Л. Шиян понад 20 років працює над питаннями удосконалення технології та устаткування брагоректифікаційних установок. З 1988 по 1995 рр. П.Л. Шиян був спочатку відповідальним виконавцем, потім керівником тематики нашого університету з розроблення і впровадження ресурсо- та енергозбережної техніки і технології ректифікації спирту, а з 1995 р. — відповідальним виконавцем госпдоговірної тематики аналогічного напрямку з концерном «Укрспирт» з організації виробництва

брагоректифікаційних установок в Україні. Професори П.С. Циганков і П.Л. Шиян розробили проектну документацію та організували випуск вітчизняного устаткування для ректифікації спирту на Сумському науково-виробничому об'єднанні ім. М.В. Фрунзе. При створенні устаткування особлива увага приділялась розробленню колонних апаратів з оптимальними контактними пристроями і високоефективними теплообмінниками. Нове устаткування дало можливість замінити дефіцитну для України мідь на нержавіючу сталь.

Дослідження в напрямі моделювання та оптимізації процесу ректифікації плідно проводили П.С. Циганков, О.П. Ніколаєв, І.Ф. Малежик, В.С. Бодров, О.Ю. Оболенський, О.М. Переяславцев. Доцент В.С. Бодров у 1969-1973 рр. розробив детерміновані статичні моделі процесів брагоректифікації, на основі аналізу яких встановив оптимальні режими експлуатації БРУ двопотокової системи і системи КТІХП, що дало можливість знизити собівартість етилового спирту на цих установках на 6... 10 %.

На основі проведених робіт були опубліковані монографії: А.П. Ніколаєв «Оптимальное проектирование и эксплуатация брагоректификационных установок» (1975 р.); В.Н. Стабников, А.П. Николаев, М.Л. Мандельштейн «Ректификация в пищевой промышленности» (1982 р.); П.С. Цыганков «Ректификационные установки спиртовой промышленности» (1984 р.); П.С. Цыганков, С.П. Цыганков «Руководство по ректификации спирта» (2001 р.). Крім того, результати наукових робіт з вивчення процесу ректифікації були узагальнені в книгах: В.М. Стабников «Расчет и конструирование контактных устройств ректификационных и абсорбционных аппаратов» (1970 р.), «Ректификационные аппараты (конструирование и расчет)» (1965 р.), В.О. Анистратенко «Прямоточные контактные устройства брагоректификационных установок» (1983 р.), а також у ряді статей у наукових виданнях.

За цикл праць з наукового обґрунтування, розроблення і впровадження ресурсо- та енергозбережної технології і апаратури для ректифікації спирту

група співробітників університету у 1998 р. була відзначена Державною премією України в галузі науки і техніки. Лауреатами цієї премії стали професори кафедри процесів і апаратів В.М. Стабніков (помертньо), П.С. Циганков, І.Ф. Малежик та професори інших кафедр університету В.О. Аністратенко, М.О. Прядко, В.О. Домарецький, В.М. Таран, П.Л. Шиян. Таку гідну державну оцінку одержала робота школи В.М. Стабнікова.

На момент відзначення нагородою результати теоретичних конструкторських і виробничих досліджень за вказаною тематикою були опубліковані у 20 монографіях і 500 статтях у наукових журналах та захищені п'ятьма патентами України і 60 авторськими свідоцтвами СРСР на винаходи. Спиртова галузь була повністю забезпечена всім необхідним теоретичним обґрунтуванням і практичними рекомендаціями щодо оптимальної організації процесу брагоректифікації. Виконані розробки дали можливість в Україні знизити щорічні витрати сільськогосподарської сировини на 40 тис.т, або відповідно, збільшити виробництво ректифікованого спирту на 1,5 млн. дал. без додаткових витрат сировини при збереженні високої якості спирту. Вихід ректифікованого спирту по галузі збільшився з 94...95 % від теоретично можливого до 97...98 %, у той час як у зарубіжних країнах цей показник знаходився на рівні 87...90 %.

Після 2001р. (50-річчя з дня заснування кафедри) із закінченням періоду фундаментальних теоретичних і прикладних досліджень процесу брагоректифікації на кафедрі і в університеті продовжуються роботи, пов'язані з удосконаленням цього процесу в комплексі та окремих його стадій. Більш глибоко досліджуються питання організації розгонки головної фракції, отримання з відходів виробництва технічного спирту високої концентрації в якості добавки до моторного пального, удосконалення будови окремих апаратів установок, виготовлених із нержавіючої сталі, розроблення більш гнучких схем автоматизації, зменшення витрат теплоти на процес за допомогою пароінжекторних установок, очищення продуктів спиртового виробництва, зокрема очищення адсорбційними методами сортівок у горілчаному

виробництві. Відчутну економію енергетичних ресурсів може дати застосування мембранних методів розділення.

### 3.3. Дослідження в галузі екстрагування

Дослідження процесу екстрагування у КТІХП започатковані професором П.В. Головіним стосовно екстрагування цукрози із бурякової стружки. Спільно з професором В.Д. Поповим була розроблена найпрогресивніша на той час математична модель процесу з урахуванням масовіддачі (1948 р.).

Процес екстрагування цукрози відбувається в системі тверде тіло-рідина і протікає у виробничих умовах при зміні теплових потоків, кінетичних коефіцієнтів масо- і теплообміну по довжині апарата (у часі), а також при зміні розмірів частинок, співвідношення витрат фаз і характеру їх взаємодії (прямотечія, протитечія) та структури потоків (ідеальне перемішування, ідеальне витіснення). Тому впровадження у виробництво нового дифузійного обладнання на цукрових заводах, його дослідження і розроблення перспективних зразків вимагали проведення глибоких наукових досліджень перебігу тепломасообмінних процесів у цих апаратах. Ці роботи очолив з 1965 р. професор В.М. Лисянський. Він керував систематичними дослідженнями з екстрагування на кафедрі процесів і апаратів, у результаті яких був теоретично обґрунтований і створений інтервально-ітераційний метод розрахунку, оснований на розв'язанні системи диференціальних рівнянь нестационарної (або конвективної) дифузії і рівнянь матеріального балансу при відповідних граничних умовах. Рішення отримані для всіх основних форм тіл (необмежена пластина, куля, необмежений циліндр) для випадків протитечії, прямотечії, ідеального перемішування, замкнутого періодичного процесу, процесу у великому об'ємі, комбінованого, змішаного та ін. Розв'язані питання зрощування інтервалів, що відрізняються характером процесів і фізичними умовами їх перебігу.

На основі отриманих рішень розроблені математичні моделі, отримані відповідні алгоритми, реалізовані на ЕОМ, які, в свою чергу, дозволили



створити методики вимірювань локальних значень кінетичних коефіцієнтів, методи аналізу процесів, що протікають в промислових установках та їх моделях, методи інженерних розрахунків процесів тепло- і масообміну в системі тверде тіло-рідина (газ), основані на використанні ЕОМ або спеціально створених критеріальних номограм, розробити науково обґрунтовані методи експериментальних досліджень у лабораторних, напівпромислових і промислових умовах.

Проведено значний об'єм експериментальних досліджень з визначення дифузійних властивостей сировини, з якої екстрагують цільові компоненти. Встановлено характер зміни в процесі екстрагування при різних умовах процесу дифузійних властивостей матеріалів цукробурякового, маслоекстракційного, лікєро-горілочного, чайного, фармацевтичного виробництв.

За допомогою цих даних на основі інтервально-ітераційного методу розрахунку проведений глибокий аналіз роботи промислових екстракторів і зроблена кількісна оцінка масо- і теплообмінних характеристик основних елементів цих апаратів. Дослідження математичних моделей екстрагування, впливу інтенсифікуючих факторів на процеси масо- і теплообміну в системі тверде тіло-рідина (киплячий шар, низькочастотні механічні коливання, попередня термічна обробка) дозволили розробити і впровадити ряд конструкцій високоефективних екстракторів для харчової та інших галузей промисловості, окремих елементів екстракторів, схеми і режими роботи, розробити рекомендації до створення високоефективних екстракторів великої потужності.

У розробленні експериментальних методів досліджень, проведенні їх та узагальненні одержаних результатів брали активну участь аспіранти і співробітники кафедри процесів і апаратів та інших кафедр КТІХП: А.П. Верхола, М.М. Пушанко, М.С. Карпович, А.А. Ліпец, М.С. Кухар, В.М. Санов, О.В. Стратієнко, О.В. Саввова, Н.В. Погорєлова, Л.В. Зоткіна.

Безумовним досягненням професора В.М. Лисянського було створення нового наукового напрямку та наукової школи з екстрагування, якою підготовлено більш як 20 кандидатів технічних наук. З часом частина цих кандидатів — А.П. Верхола, М.М. Пушанко, М.С. Карпович, С.П. Циганков, А.І. Фельдман — захистили докторські дисертації, очолили кафедри, лабораторії і продовжили плідну роботу в наукових закладах України, співпрацюючи з ученими Росії, Молдови, Узбекистану та інших країн.

Дослідження процесів масообміну, проведені А.П. Верхолою на колонній дифузійній установці, показали, що реальний масообмін за традиційно застосовуваних у промисловості режимів перебігу процесів суттєво відрізняється від класичної теоретичної схеми процесу, при якій має бути чітка протитечія стружки і соку, що забезпечує досить інтенсивний масообмін протягом усього часу екстрагування.

Проведені М.С. Карповичем дослідження процесу екстрагування у колонній дифузійній установці із застосуванням інтервального методу досліджень дали змогу встановити, у яких саме зонах порушується процес і ступінь його відхилення. Таким чином, вперше з'явилась можливість розрахувати режимні параметри процесу, дотримання яких має забезпечити ефективний перебіг процесу, низькі втрати цукру та енергії.

Проведений у 1970-1975 рр. цикл аналітичних, експериментальних і конструкторських робіт дав можливість створити новий ошпарювач КТІХП-БМЗ зі значно вищими основними показниками роботи дифузійної установки. У виконанні цього комплексу робіт під керівництвом професора В.М. Лисянського активно працювали М.С. Карпович, А.А. Ліпець, В.М. Санов, М.С. Кухар, О.В. Саввова.

У проведених професором М.М. Пушанком дослідженнях поряд з вивченням масообміну і температурних режимів особлива увага була приділена гідродинамічним умовам процесів, які впливають на процес екстрагування не менше, ніж тепло- і масообмін. При цьому М.М. Пушанко суттєво удосконалив методи досліджень як температурних, так і гідродинамічних умов процесу.

На базі виконаних експериментальних і аналітичних досліджень проведено комплексне визначення температурних режимів, масообміну і гідродинаміки в дифузійних апаратах двошнекового нахилоного типу. М.М. Пушанко дослідив тепловий режим і масообмінні характеристики апарата типу Ольє і дав рекомендації щодо удосконалення його транспортувальних органів.

Масообмін і тепловий режим ротаційних дифузійних апаратів досліджували доценти О.В. Стратієнко і Н.В. Погорєлова. Доцент О.В. Стратієнко дослідив масообмін у кожній секції апарата і встановив, що керувати процесом екстрагування можна не лише за кінцевими показниками процесу, а й за інформацією, одержаною у зоні, близькій до головної частини апарата. За цією інформацією можна розрахувати розмір стружки, близький до оптимального.

Доцент Л.В. Зоткіна вперше дослідила реологічні властивості сокостружкової суміші як суцільного середовища, що дало можливість застосувати рівняння гідромеханіки для розрахунку лопатевих і шнекових транспортувальних пристроїв екстракторів колонного і нахилоного типів.

Великий обсяг досліджень співробітники кафедри процесів і апаратів виконали разом з працівниками інших кафедр.

У 80-ті роки обсяг досліджень у галузі екстрагування суттєво розширився, з'явилися нові напрями, ідеї. Це сприяло створенню нових центрів з досліджень процесів екстрагування на кафедрах ТОХВ, технології цукристих речовин, автоматизації.

Дослідження з удосконалення транспортної системи екстракторів та методів раціонального проведення теплової обробки сировини очолив професор М.М. Пушанко. На 45 цукрових заводах було модернізовано транспортні системи колонних дифузійних установок різних типів. Нові установки та виконані розробки з оптимізації роботи бурякопереробних відділень із застосуванням керуючих ЕОМ забезпечили високі техніко-економічні показники роботи цукрозаводів, сприяли підвищенню культури виробництва.

Найбільш активну участь у дослідженнях, проведених під керівництвом професора М.М. Пушанко, брали Б.Д. Коваленко, С.А. Балакан, А.А. Серьогін, В.І. Осаулюк, В.М. Кухар.

Дослідження процесів екстрагування на кафедрі технології цукристих речовин очолив професор А.А. Ліпєць. Під його керівництвом досліджувались гідродинаміка, тепло- і масообмін у двошнекових промислових екстракторах типу ДС на основі математичних моделей інтервального розрахунку процесу екстрагування і розробленої О.М. Місіним і С.П. Циганковим моделі повздовжнього перемішування в екстракторах двошнекового нахилоного типу.

Крім екстрагування цукрози із бурякової стружки, досліджували екстрагування рослинної олії (Л.А. Сирота, 1973 р.), одержання настоїв і морсів у лікєро-горілчаному виробництві (І.М. Василик, 1981 р.), екстрагування пектинових речовин (М.С. Карпович, 1990 р.).

Доцент Н.А. Жестерева під керівництвом П.С. Циганкова і А.Є.Мелетьєва вивчила (1983 р.) інтенсивність процесів екстрагування цінних компонентів зернопродуктів і хмелю у пивоварному виробництві. Досліджено характер дифузії екстрактивних пивних заторів. Сумісно з П.М. Немировичем А.А. Матиящуком запропоновано метод кавітаційного оброблення хмелю з метою повнішого використання хмельових речовин.

З 1990 р. дослідження процесів екстрагування на кафедрі процесів і апаратів виконувалось у таких напрямках.

Доцент Л.В.Зоткіна та асистент О.В. Саввова досліджували кінетику екстрагування цільових компонентів з рослинної сировини (яблучних та виноградних вичавків, лікарських рослин), вивчали процес одержання плодово-ягідних соків методом екстрагування.

Доцент О.В. Стратієнко встановив, що процес екстрагування рослинної сировини значно інтенсифікується кипінням при розрідженні. У цьому разі всі три основні рушійні сили процесу — різниця тисків, температур і концентрацій — діють узгоджено, клітинні стінки сировини швидко руйнуються і відкривають доступ для прискореного транспортування потрібних компонентів.

Внаслідок безперервного руху твердих частинок при кипінні вся їх поверхня приймає участь у масообміні, а зниження температури при розрідженні сприяє десорбції кисню, тому цінні компоненти менше окиснюються, зберігаються ароматичні речовини, з'являється можливість їх уловлювання. Цей спосіб екстрагування дозволяє прискорити розв'язання проблеми безвідходної переробки сировини.

З метою екстрагування рослинної сировини для потреб лікєро-горілчаної промисловості доцент Стратієнко О.В. створив малогабаритний екстрактор місткістю 25 і 50 л, який працює при розрідженні. Цей екстрактор двічі експонувався на сільськогосподарській виставці і одержав диплом III ступеня, демонструвався по телебаченню. Спосіб екстрагування при кипінні під розрідженням захищений патентом України.

Продовжуються роботи з теми «Дослідження закономірностей інтенсифікації масообмінних процесів у рідких середовищах під дією низькочастотних механічних коливань». За цією темою доценти П.П. Лобода, В.Л. Зав'ялов та інші досліджували вплив низькочастотних механічних коливань на інтенсифікацію екстрагування із рослинної сировини з високим ступенем подрібнення. Застосування низькочастотних коливань, створюваних віброуючими тарілками з отворами у вигляді спеціально сконструйованих сопел, на відміну від гідродинамічної турбулізації всього потоку, дозволяє у кожній міжтарілчаній зоні (комірці) підвести до міжфазної поверхні пульсації потрібного масштабу, рівномірніше розділити їх в об'ємі апарата і знизити загальні витрати механічної енергії.

Розроблені нові конструкції віброекстракторів з транспортувальним ефектом, які забезпечують режими руху потоків у кожній міжтарілчаній зоні близькі до ідеального перемішування, а по відношенню до всього апарата — близькі до ідеального витіснення. Такий безперервно діючий віброекстрактор в цілому є аналогом багаточленної екстракційної батареї, де кожна міжтарілчана зона виконує функції окремого екстрактора. Встановлені основні робочі

характеристики віброекстракторів з різною будовою контактних пристроїв, розміщених в отворах тарілок.

Доценти В.С. Бодров і В.Л. Зав'ялов вивчали екстрагування цінних речовин із плодово-ягідних вичавків та екстрагування пектину, досліджували оптимальні параметри цих процесів.

Процес екстракції (система рідина-рідина) водою етилового спирту із сивушної фракції вивчав професор П.С. Циганков. Він розробив удосконалену конструкцію екстрактора для виділення сивушного масла. Встановлено основні розміри таких апаратів для заводів різної потужності.

Результати досліджень процесу екстрагування вченими кафедри, створені методи розрахунку та аналізу процесу, розроблені зразки нового обладнання дали змогу суттєво знизити втрати цільових компонентів, підвищити якість виготовлених продуктів і продуктивність обладнання. За період до 2002 р. одержано більш як 35 авторських свідоцтв, видано чотири монографії, опубліковано близько 250 статей у фахових виданнях. Наукові досягнення узагальнено й використано при виданні підручників і навчальних посібників з процесів і апаратів харчових виробництв.

### **3.4. Сорбційні процеси**

Досліджувані школою професора В.М. Стабнікова контактні пристрої для проведення процесів тепломасообміну можуть бути використані як у процесах ректифікації, так і у процесах сорбції. Різниця лише в тому, що ректифікація передбачає багатоступеневий міжфазний перехід компонента при кипінні, а абсорбція — при температурах, нижчих від температури кипіння. Тому для виділення із суміші певного компонента апаратурне оформлення контактних пристроїв (виключаючи додаткову теплообмінну апаратуру) для абсорбції і ректифікації не різняться.

Перші дослідження колонних апаратів з плівковою течією рідини виконували професори П.С.Циганков і О.П.Ніколаєв. Досліджуючи плівкову течію всередині розміщених вертикально круглих труб, професор О.П.

Ніколаєв вперше запропонував для інтенсифікації процесів масообміну застосувати спіральні вставки, які закручують газорідний потік.

Дослідження регулярних насадок з низьким гідравлічним опором успішно продовжив професор О.С. Марценюк, застосувавши перфоровані насадки з круглими і прямокутними отворами. Він запропонував різні варіанти регулярних перфорованих насадок, зокрема щільну регулярну насадку для роботи у пінному режимі в новій конструкції дезодоратора для жирів і олій, на яку одержав авторське свідоцтво СРСР, вивів розрахункові залежності для проектування апаратів. Результати наукових робіт узагальнено в монографії О.С. Марценюка і В.М. Стабнікова «Пленочные тепло- и массообменные аппараты пищевой промышленности» (1981 р.).

Після 1981 р. О.С. Марценюком розроблено і досліджено принципово нові для світової практики процесів масообміну при ректифікації та абсорбції різновиди насадок із висіченими в листах зубчастими отворами (див. рис. 3а), із зубчастими отворами і розміщеними між рядами отворів (між всіма рядами або через кілька рядів) невисокими гофрами, та насадки із зубчастими отворами і відігнутими під різним кутом пелюстками, отриманими внаслідок просікання зубчастих отворів з трьох сторін і відгинання просіченої частини по четвертій стороні. Відгинаючи пелюстки під різними кутами навколо вертикальної або горизонтальної сторони отвору можна створити варіанти насадок з широким діапазоном гідравлічних опорів і, відповідно, ефективностей масообміну, проте, завдяки організованому доцільному розміщенню пелюсток гідравлічний опір таких насадок нижчий за опір нерегулярних насадок.

Особливістю всіх цих насадок, порівняно з плоскопаралельною насадкою, є не використовуваний раніше режим краплинно-плівкової течії рідини. Краплі утворюються на кожному звисаючому вниз зубці отворів та пелюсток, періодично відриваються і знову падають на поверхню листів та пелюсток, де рідина стікає в плівковому режимі. Нестационарність краплинно-плівкової течії сприяє інтенсифікації тепломасообміну в рідкій фазі внаслідок додаткового перемішування рідини як всередині плівок, так і всередині крапель, та

інтенсивнішої взаємодії парогазового потоку з рідиною внаслідок фронтального набігання його на краплі (а не проковзування його вздовж поверхні плівки, що стікає листами плоскопаралельної насадки). Майже вся енергія парогазового потоку в насадках із зубчастими отворами використовується на міжфазну взаємодію.

Встановлені і досліджені межі зміни режимів краплинної течії. Зі збільшенням щільності зрошення (витрати рідини) краплі можуть стікати у вільному режимі (утворюються і відриваються рівноважні краплі через деякий час після відривання попередньої краплі), ініційованому (падіння краплі з верхнього зубця ініціює відривання краплі від нижче розміщеного зубця), ланцюговому (краплі в момент відривання доторкаються і утворюють ланцюжок зі звуженнями між окремими краплями, який по мірі падіння може роз'єднуватись), струменевий (рідина стікає струмінцями). Найбільш ефективним є ланцюговий режим. Внаслідок певної нерівномірності зрошення насадок згадані режими дещо перекриваються на різних ділянках насадки. Тому в апараті з насадкою найефективнішим є режим з ініційованою течією крапель і ділянками ланцюгової течії.

Зі збільшенням швидкості парогазового потоку змінюється і інтенсивність взаємодії фаз. Вона може бути слабкою (газ помітно не впливає на характер течії рідини), відчутною режими краплинної течії змінюються при більших на 5...10 % щільностях зрошення), інтенсивною (рідина помітно затримується газовим потоком) та сильною (маса кожної краплі збільшується, а напрям падіння відхиляється від вертикалі). Робочим є режим на початку сильної взаємодії фаз, коли внаслідок збільшення маси крапель посилюється їх осциляція, амплітуда вертикальних коливань крапель починає перевищувати висоту зубців, рідина частково перетікає на сусідні зубці і рівномірніше розподіляється по перерізу насадки. Для насадки з зубчастими отворами без додаткових конструктивних елементів це відповідає швидкості повітря порядку 5 м/с і щільності зрошення (по воді) 0,007...0,008 кг/(м·с). При занадто великій швидкості газу апарат захлинається.



Розглядаючи рівняння поширення неперервних хвиль (які утворюються внаслідок зміни витрат середовища) у двофазному газорідинному середовищі [25, 26] теоретично показано, що заповнення апарата газорідинною сумішшю — початкова стадія захлинання — настає за умови, коли об'ємний вміст газової фази у рідині (у  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ) досягає значення 0,5 (об'єм газу в емульсованій суміші дорівнює об'єму рідини), при цьому швидкість поширення неперервних хвиль, які переносять інформацію про зміни витрат середовища, зменшується до нуля.

Після заповнення апарата, газорідинна суміш викидається з апарата — настає інверсія фаз (газова фаза стає суцільною) і створюється прямотечійний висхідний потік, у якому об'ємний вміст газу перевищує об'ємний вміст рідини. Описане явище стосується і процесу кипіння: інтенсивне випарювання розчину з викиданням парорідинної суміші з вертикальних труб випарних апаратів відбувається за умови, коли об'ємний вміст пари перевищує об'ємний вміст рідкої фази.

В апаратах з насадкою з зубчастими пелюстками перед захлинанням спостерігається режим емульгування (міжфазної турбулентності), при якому газ і рідина взаємодіють настільки інтенсивно, що обидві фази стають суцільними, нероздільними і за умови взаємодиспергування з утворенням дрібних елементів фаз з розмірами на порядок меншими від обумовлюючого розміру потоку утворюють нову псевдофазу, яка суміщає властивості обох фаз: за густиною наближається до властивостей рідин, за стисливістю — до властивостей газів, що призводить до суттєвої зміни закономірностей поширення хвиль різної природи та деяких інших властивостей.

Зони емульгування утворюються у найбільш звужених перерізах апарата. Експериментально встановлено, що стійкі зони емульгування з найвищою інтенсивністю масообміну можна створити конструктивно за допомогою збільшення кута відхилення пелюсток у вибраному горизонтальному перерізі апарата.

Переріз апарата з зубчастими пелюстками, відігнутими в горизонтальне положення за будовою і характером створення контакту нагадує провальну

тарілку з барботажем режимом роботи, на якій додатково розміщені пластинчасті контактні елементи. У такій конструкції частина насадки, занурена в зону барботажа і піни, виконує роль додаткового турбулізуючого елемента і сприяє більш тісному контактуванню фаз, а частина насадки над цією зоною — виконує роль сепаратора дрібних крапель і бризок, що дозволяє зменшити відстань між тарілками або збільшити навантаження по паровій фазі. Така конструкція поєднує позитивні властивості тарілчастих і насадкових апаратів і підкреслює спільні риси різних за будовою контактних пристроїв.

Розв'язанням рівняння балансу сил тяжіння і поверхневого натягу, що діють на звисаючу на зубці (піпетці) краплю, теоретично розраховані і експериментально підтвержені основні розміри крапель, які виявились зв'язаними з капілярною сталою. На основі цих даних обгрунтовно метод розрахунку розмірів елементів зубчастих отворів (див. рис. 3а, б). Проведені дослідження підтвердили істотний вплив поверхневих явищ на характер краплинно-плівкової течії та ефективність масообміну.

Над зоною барботажу або над емульгованим шаром внаслідок викидів рідини та руйнування бульбашок піни утворюється зона дрібних крапель і бризок, які частково виносяться газовим потоком. Розмір крапель, що виносяться потоком розраховують за відомими формулами для осаджування. Газовий (повітряний) потік практично розділяє краплі на дві фракції, що виносяться або не виносяться газовим потоком.

Аналогічне явище фракційної сепарації крапель за розміром (тривалістю осідання) спостерігається після грозового дощу, коли хмара вже пройшла, а краплі ще падають. Найбільші за розміром краплі діаметром 4 мм падають зі швидкістю близько 10 м/с, а розміром 0,5 мм — приблизно 1 м/с. Тому спочатку падають великі краплі (при висоті хмари 1 км вони падають близько 100 °С), а потім дрібніші, які можуть падати ще 10...15 хв. Ще дрібніші краплі можуть взагалі не впасти — за час падіння вони випаровуються.

Розрізняють великі і малі краплі. Віднесення крапель до розряду великих чи малих залежить від параметра, за яким їх порівнюють. За винесенням

крапель повітряним потоком заданої швидкості до малих відносяться краплі, які виносяться потоком. Якщо параметром порівняння прийняти циркуляцію рідини всередині крапель, то малими (залежно від в'язкості, густини і поверхневого натягу) будуть краплі розміром 0,2...0,4 мм, всередині яких циркуляційні рухи не розвиваються і швидко гальмуються. Такі краплі під час падіння в середовищі поводять себе як тверді сферичні кульки. Всередині великих крапель під дією зовнішніх сил створюється циркуляція рідини, внаслідок чого зростає інтенсивність тепломасообміну; швидкість осідання таких крапель збільшується приблизно на третину, порівняно з твердими кульками з нерухомим пристінним шаром. Процеси тепломасообміну в розпилювальних апаратах проводять з дуже дрібними краплинками, при використанні яких значно збільшується поверхня контакту фаз, віднесена до одиниці об'єму рідкої фази.

Професор кафедри процесів і апаратів Л.М. Мельник вивчає застосування адсорбентів природного і штучного походження для очищення від домішок соків, сортівок та інших продуктів консервного, лікєро-горілочного і спиртового виробництва. У 2000—2003 рр. вона започаткувала новий напрям досліджень — абсолютизацію етилового спирту методом адсорбції з нього води природними та синтетичними адсорбентами, створила лабораторну установку для вивчення цього процесу, підбрала адсорбенти.

Після перших випусків кафедрою магістрів із технології консервування з 2004 р. ведеться підготовка науковців даного профілю. У 2009 р. під керівництвом Л.М. Мельник виконала наукову роботу і захистила кандидатську дисертацію доц. Матко С.В. за темою: «Удосконалення процесу адсорбційного очищення яблучного соку та його купажу».

Хоч робота захищена за спеціальністю процесів і апаратів, проте тема дослідження безпосередньо зв'язана з підвищенням якості і термінів зберігання консервованих продуктів. Основним науковим і практичним досягненнями є встановлення доцільності використання дешевих природних мінералів із адсорбційними властивостями для очищення рідин консервного виробництва.

### 3.5. Сушіння

Дослідженню закономірностей сушіння харчової сировини та продуктів різними способами підведення теплової енергії на кафедрах інституту завжди приділялась велика увага. В п'яти 50-60-ті роки під керівництвом професорів В.М. Стабнікова і В.П. Дуценка у співробітництві з науковцями кафедри фізики виконувався великий обсяг досліджень кінетики та динаміки тепломасообміну у твердих капілярно-пористих системах харчових виробництв. Розроблено класифікацію харчової сировини та продуктів як об'єктів сушіння, запропоновано методики вибору методів сушіння, технологічних схем сушильних установок і відповідних типів сушарок. Доцентом кафедри процесів і апаратів М.Г. Бойченком розроблено методику проектних розрахунків відомих на той час конвективних сушарок усіх типів. Професор О.Ф. Буляндра та його учні теоретично обґрунтували та застосували інфрачервоне випромінювання в процесах сушіння харчових продуктів.

Особливостями капілярно-пористої харчової сировини та продуктів є мікробіологічна нестійкість, яка обмежує терміни зберігання, та термічна нестійкість, яка вимагає швидкого сушіння при відносно м'яких параметрах сушильного агента (повітря). Тому одним з найпоширеніших способів є конвективне сушіння з частковою рециркуляцією відпрацьованого повітря, який дозволяє вести процес при невисоких температурах і одночасно при підвищеній швидкості повітря, що забезпечує оновлення поверхні контакту повітря з продуктом за рахунок турбулізації потоку. Щоб зменшити шлях дифузії вологи всередині висушуваних матеріалів, їх подрібнюють.

Встановлено, що при конвективному сушінні оптимальна товщина шару продукту в сушарці для більшості подрібнених на стружку матеріалів, становить 2...3 см. Зменшення цього розміру приводить до неповного використання потенціалу сушильного агента, а збільшення — до нерівномірного прогрівання продукту по висоті шару і часткової конденсації вологи на поверхні недогрітих частинок. Основні дослідження проводяться в

напрямку розробки оптимальних параметрів та режимів сушіння окремих видів продуктів з урахуванням їх фізико-хімічних особливостей.

У семидесяті роки виконано велику роботу з дослідження кінетики та динаміки процесу сушіння світлого і карамельного солодів у високих (до 1,2 м) нерухомих шарах, розроблено математичні моделі цього процесу і відповідні сушильні установки, які впроваджені у виробництво. Вся ця робота здійснювалася під керівництвом професора В.А. Домарецького за участю професора О.М. Кашуріна, доцентів В.С. Бодрова, С.О. Удодова, О.М. Вилігжаніна, Л.В. Зоткіної та ін.

Зосереджуючи наукові сили на проблемах інтенсифікації процесів сушіння, доцентами В.С. Бодровим і В.Л. Зав'яловим на кафедрі процесів і апаратів створена сушильна науково-дослідна лабораторія, яка оснащена конвективними барабанною, розпилювальною та циркуляційною і кондуктивною двовалковою сушарками. На цих пілотних установках досліджуються кінетичні характеристики сушіння дисперсної твердої сировини, екстрактів, паст. Розробляються математичні моделі та оптимальні режими сушіння різноманітної сировини. Зокрема, доцентом В.О. Овчаруком досліджена гідродинаміка та тепломасообмін розпилювального сушіння пектиновмісних концентратів, проаналізовані закономірності змінення основних фізико-хімічних характеристик пектинових екстрактів у процесі сушіння, запропоновані модифіковані критеріальні рівняння процесу тепломасообміну та рівняння для розрахунків об'ємно-поверхневого діаметра крапель, визначені оптимальні характеристики процесу.

Специфіка процесу сушіння, порівняно з іншими процесами харчової технології, полягає в надмірно високій витраті теплової енергії, яка перевищує теплоту випаровування вологи, та в нашому невмінні повторно використовувати цю енергію. Щоб висушити вологу потрібно нагріти продукт (суху речовину і вологу, яка в ній міститься), нагріти теплоносії, який потім віддасть частину енергії, рівну теплоті випарованої вологи, і ще досить теплим буде відведений із сушарки. З метою економії теплової енергії у розпилювальні

сушарки подають попередньо упарені рідкі продукти до концентрації 45...50% сухих речовин. На випаровування води у багатокорпусних випарних установках витрачається у кілька разів менше теплоти, ніж теплота пароутворення. Сушіння попередньо упарених рідин дозволяє зменшити габарити сушарок, не ризикуючи тим, що краплі низькоконцентрованих рідин можуть не встигнути повністю висохнути під час польоту в просторі сушарки. З метою одночасного висихання усіх крапель потрібно забезпечити близькі їх розміри, тому значна увага при вивченні процесу приділяється дослідженню гідродинаміки розпилювання і будови розпилювачів.

Послугами сушильної науково-дослідної лабораторії користуються науковці кафедр університету та інших установ. Під керівництвом професора І.Ф. Малежика і доцента В.С. Бодрова спільні науково-дослідні роботи з науковими співробітниками Краснодарської філії ВНИИКП (Росія) дали можливість розробити техніко-економічне обґрунтування та раціональні режими роботи барабанних сушарок для сушіння яблучних і цитрусових вичавків первинної сировини пектинового виробництва.

Базуючись на проведених дослідженнях доцентами В.С. Бодровим, В.Л. Зав'яловим та В.О. Овчаруком розроблена безвідходна енергозберігаюча технологія виробництва пектиновмісних порошків з яблучних вичавків, якою зокрема передбачається проведення при розрідженні процесів отримання концентрованого екстракту у випарній установці, його сушіння у розпилювальній сушарці та кондуктивного сушіння гомогенізованих вичавків. Виробництво пектиновмісних порошків із вмістом пектину 15% або 3% на суху речовину без відокремлення з сировини таких цінних харчових продуктів, як клітковина, вуглеводи, протеїни, мікроелементи знижує до 40% питомі енерговитрати, порівняно з загальноприйнятою технологією очищення пектину.

Доцент І.В. Дубковецький під керівництвом професора І. Ф. Малежика дослідив кінетику процесу сушіння у розпилювальній сушарці квасних комбінованих заквасок для виготовлення хлібного квасу в умовах, що забезпечують життєдіяльність культур мікроорганізмів. Він на спеціальному

стенді провів унікальні дослідження висушування окремих так званих «великих» крапель підвішених на спай закріпленої на мікроаналітичних електричних вагах хромель-нікелевої термопари діаметром 0,15 мм з безперервним записом температури і маси краплі та фіксацією розмірів, форми і візуально зафіксованих змін поверхні за допомогою кінозйомки через мікроскоп. Одночасне отримання комплексної інформації дало змогу глибше проаналізувати вплив різних факторів на кінетику процесу розпилювального сушіння квасних заквасок.

Побудовані кінетичні криві розпилювання сушіння в цілому аналогічні кривим, отриманим при конвективному сушінні капілярно-пористих твердих тіл.

При висушуванні крапель з високою концентрацією сухих речовин спостерігається специфічний період сушіння з утворенням на поверхні крапель кірки, яка заважає проходженню вологи до поверхні і гальмує процес сушіння. При висушуванні молочної сироватки (у дослідженнях Л.О. Орлова) ця кірка мало пориста і не пропускає вологи, при висушуванні квасних заквасок кірка більш пориста. З утворенням кірки крапля прогрівається до температури близької до температури теплоносія. Якщо температура теплоносія більша за температуру кипіння, то рідина під кіркою залипає і пара розриває кірку, або виходить крізь пори кірки окремими бульбашками.

Якщо краплі дуже маленькі ( $< 100$  мкм) кірка на їх поверхні якщо й утворюється, то настільки тонка, що і не заважає висушуванню квасної закваски, оскільки розмір оболонки, що містить дріжджові клітини, стає сумірним з розміром дріжджових клітин (10 мкм) і з розміром висушуваних частинок, а тому не чинить опору переміщенню рідини до поверхні.

Під керівництвом професорів І.Ф. Малезика і А.С. Пушанка виконано велику роботу спільно із співробітниками Технічного університету Молдови з дослідження комбінованого процесу сушіння конвекцією і струмами високої частоти плодів шипшини, червоного стручкового перцю, слив тощо. За

розроблення способу сушіння шипшини автори роботи на Міжнародній виставці в Брюсселі нагороджені дипломами II ступеня.

### **3.6. Інтенсифікація процесів масообміну перемішуванням та застосуванням коливань і кавітації**

*Вплив перемішування на інтенсивність масообміну* зручно проілюструвати на процесі абсорбції. За сучасними уявленнями перенесення речовини (компонента) із газової фази у рідкий абсорбент (система газ-рідина) складається з послідовного проходження чотирьох стадій: перенесення компонента всередині потоку газової фази до примежового шару газу біля поверхні поділу фаз; перехід компонента через примежовий шар газової фази; перехід крізь примежовий шар рідкої фази; перенесення компонента (вирівнювання концентрації компонента) всередині рідкої фази від примежового шару в ядро потоку. Усі стадії здійснюються послідовно, тому загальна швидкість процесу встановлюється на рівні швидкості найповільнішої стадії. Завдання інтенсифікації зводиться до прискорення у першу чергу перенесення компонента у найповільніших стадіях процесу.

Це завдання вирішується посиленням перемішування (турбулізацією) тих зон потоків, у яких зосереджується основна частина опору. При абсорбції добре розчинних газів опір зосереджений переважно у газовій фазі — її і потрібно турбулізувати. Розподіл опорів залежить від концентрації компонента (при малих концентраціях газу розчиняються краще) та від гідродинамічних умов контактування. Наприклад, якщо у плівковому апараті опір перенесенню речовини зосереджений у рідкій фазі (абсорбція  $\text{CO}_2$  водою із суміші з повітрям), то додаткова турбулізація газового потоку не дає відчутного результату. Але якщо швидкість руху газової фази збільшити настільки, щоб газ інтенсивно впливав на течію рідини (режим інтенсивної взаємодії фаз), то масообмін у рідкій фазі також прискориться; проте цей варіант супроводжується невиправдано високою витратою енергії.



Турбулізуючи за допомогою перемішування певну фазу слід враховувати зону зосередження дифузійного опору: середина (ядро потоку) фази чи її прилежові шари. Для турбулізації всього потоку використовують макроперемішування, при якому пульсаційні рухи турбулентного потоку поширюються на відстань сумірну з розмірами потоку (апарата). У разі перемішування на мікрорівні відстань поширення пульсаційних рухів нехтовно мала порівняно з розмірами апарата, але сумірна з товщиною прилежового шару; ці рухи збуджуються у прилежовому шарі і стимулюють оновлення контактної поверхні.

Дослідження та вивчення ефективності дії різних перемішувальних пристроїв на робочі середовища з метою інтенсифікації масообмінних процесів харчових виробництв, а також розроблення теоретичних основ гідродинамічних розрахунків емальованих апаратів з мішалками проведені П.П. Лободою і О.В. Черніковим.

Виходячи з поняття про час гомогенізації, як тривалість досягнення заданого ступеня однорідності перемішуваного середовища, вказані автори (1990 р.) розробили методику оцінки ефективності роботи апаратів з мішалками і визначення напрямку їх удосконалення шляхом розкладання часу гомогенізації на складові: час крупномасштабного і час мікромасштабного перемішування. Якщо час крупномасштабного перемішування у кілька разів перевищує час мікроперемішування, це означає, що процес гомогенізації на макрорівні відстає у часі і для загальної інтенсифікації процесу потрібно застосувати методи, які активізують макроперемішування: збільшити діаметр мішалки, або змінити її конструкцію, наприклад, установити відбивні перегородки. У разі занадто великого часу мікроперемішування потрібно збільшити число обертів, зменшити діаметр перемішувального органа, застосувати вібрацію або пульсацію. Внаслідок виконання цих робіт запропоновано технологічніші та ефективніші конструкції мішалок і відбивних перегородок, які були впроваджені на заводах ВО «Полтавемальхіммаш».

Положення про масштабний рівень перемішування, створений в мішалках різної будови, та його зв'язок з технологічним призначенням апаратів введено О.С. Марценюком у підручник [12] з процесів і апаратів (2003р.)

У галузі теорії і практики перемішування високов'язких середовищ стосовно потреб хлібопекарського виробництва широкі дослідження проведені професором О.Т. Лісовенко зі співробітниками. Під час перемішування неньютонівських середовищ в окремих місцях апаратів утворюються застійні зони, де перемішування практично не відбувається. Ефективність перемішування таких середовищ забезпечується не лише введенням енергії в апарат, а й рівномірним розподілом введеної кількості руху у всьому об'ємі переміщуваної маси за допомогою примусової циркуляції. Метою перемішування густих пластичних середовищ типу тіста є не лише розподіл компонентів (води, борошна, дріжджів, цукру, солі, жирів, тощо), а й розминання маси, насичення її повітрям, надання їй певних механічних властивостей. Тому будова і траєкторії руху перемішувальних пристроїв складніші, ніж для середовищ невеликої в'язкості. Результати проведених робіт відображені в монографії, виданій професором О.Т. Лісовенко разом з іншими співробітниками.

За теорією турбулентності Колмогорова-Обухова турбулентний рух включає хаотичний набір пульсаційних рухів від пульсацій максимального масштабу, що обмежуються розмірами апарата, до мінімальних (дисипативних) масштабів, кінетична енергія яких переходить у теплову. Внаслідок цього, у будь-якій зоні, що підлягає інтенсифікації, завжди існують пульсації, масштаб яких дорівнює розміру зони. Проте енергія вторинних пульсацій, що утворилися внаслідок розпадання пульсацій великого масштабу, може бути недостатньою для відчутного впливу на масообмін. Тому, з метою економії енергії, на потік доцільно накладати коливання потрібних характеристик, а не турбулізувати його в цілому, сподіваючись, що якісь вторинні частотні характеристики, відповідаючи масштабам і частотам зони, сприятимуть інтенсифікації.

*Інтенсифікація масообмінних процесів за допомогою низькочастотних механічних коливань* досліджувалась із самого початку існування кафедри. Ініціатором цих робіт був професор М.О. Буренков, який почав дослідження із застосування низькочастотних коливань для інтенсифікації процесів різання і миття корнеплодів, фільтрування суспензій, екстрагування цукру із бурякової стружки, перегонки. Результати цих досліджень узагальнено в монографії «Інтенсификация массообменных процессов в пищевой промышленности при помощи низкочастотных колебаний» (1969 р.).

Подальший розвиток цього важливого напряму наукової роботи кафедри очолив професор П.П. Лобода, який разом з учнями виконав глибокі дослідження теоретичних основ інтенсифікації масообмінних процесів за допомогою низькочастотних коливань. Під керівництвом професора П.П. Лободи встановлено фізичну суть утворення та поширення коливань у робочому об'ємі апарата різними вібрувальними пристроями стосовно процесів екстрагування рослинної сировини, абсорбції кисню при біосинтезі білку, розчинення, перегонки, мийки сировини.

З 1976 по 1985 рр. тема «Дослідження закономірностей інтенсифікації масообмінних процесів у рідких середовищах під дією низькочастотних механічних коливань» виконувалась за координаційним планом науково-дослідних робіт Академії наук СРСР за напрямом «Теоретичні основи хімічної технології», розділ «Нові методи впливу на перебіг теплових і масообмінних процесів». Досліджені вібраційні мішалки, основним робочим органом яких є перфоровані диски, закріплені на штоках, що здійснюють зворотно-поступальні коливання з невеликою амплітудою (5...15 мм) і частотою (0,25...60 Гц). Під час коливань дисків рідина витісняється через їх отвори та зазори між дисками і стінками апарата поперемінно в протилежних напрямках інтенсивними пульсуючими струменями, що приводять до створення заданого ступеня перемішування.

П.П. Лобода і Ю.В. Карлаш (1986 р.) розробили і дослідили вібродиски з конічно-циліндричними отворами та з соплами, розміщеними поблизу

патрубків на нерухомих тарілках. Вони добре диспергують газову фазу, підвищуючи ефективність розчинення і засвоєння кисню мікроорганізмами у 3...8 разів при тих же витратах енергії, що і в лопатевих мішалках.

Вібраційні мішалки зручно використовувати в герметично закритих культиваторах мікроорганізмів; ущільнення їх штоків значно спрощується, вібраційні рухи можна передавати за допомогою мембран. При правильно підібраних параметрах вібрації поверхня системи залишається спокійною, рідина не розбризкується.

Вібродиски з транспортувальним ефектом запропоновані і вивчені П.П. Лободою і В.Л. Зав'яловим (1988 р.). Отвори вібродисків оснащені спрямованими вгору відкритими соплами і спрямованими вниз укороченими соплами, закритими фільтруючими сітками. При вібраційному перемішуванні диска вниз факели суспензії через сопла викидаються вгору і транспортують тверді частинки, які при розширенні факелів переміщуються у їхні периферійні зони. При зворотному русі диска в сопла повертається частина рідини переважно з центра факела, яка не містить твердих частинок. Створюється транспортувальний ефект, внаслідок якого тверді частинки, хоч і мають більшу густину ніж рідина, проте піднімаються вгору, збираються там і відводяться з апарата. Запропонована конструкція ефективна для проведення процесів масообміну в рідких системах з твердою фазою. Розроблена принципово нова віброекстракційна установка для переробки відходів і бою цукрових буряків та ферментер вібраційного типу для асептичного культивування мікроорганізмів.

Проведені дослідження дали можливість розробити основи розрахунку та конструювання масообмінних апаратів вібраційного типу. Нові конструкції таких апаратів захищені авторськими свідоцтвами і патентами. Зокрема, виконано значний обсяг експериментальних і теоретичних досліджень (доцент В.Л. Зав'ялов) віброекстрагування рослинної сировини з різними структурними та фізичними властивостями і доведено, що раціональний розподіл зовнішньої енергії під час екстрагування створює оптимальні гідродинамічні умови для здійснення масообміну завдяки інтенсивному мікроперемішуванню в

поперечному перерізі апарата, а також завдяки ефективному протитечійному транспортуванню фаз, що взаємодіють, з низьким повздовжнім перемішуванням. Це забезпечило перспективність нового технологічного устаткування.

Проведено теоретичні та експериментальні дослідження з проблем біоінженерії, створення апаратів з вібрувальними пристроями для процесів біосинтезу білка та ферментації. На основі отриманих процесно-кінетичних рішень розроблено та впроваджено нові високоефективні апарати (доценти В.М. Поводзинський, Ю.В. Карлаш) зі значним економічним ефектом.

Узагальнюючи закономірності масоперенесення на мікро- і макрорівнях і масштабування технологічних процесів, професор П.П. Лобода запропонував систему безрозмірнісних функціонально пов'язаних просторово-часових характеристик, в якій часова характеристика являє собою обернений час релаксації і відома як питома швидкість (константа швидкості) хімічних і біохімічних перетворень, або — об'ємний коефіцієнт тепломасоперенесення, або — кутова швидкість у механіці.

Важливим для науки процесів і апаратів стало те, що професор П.П. Лобода показав можливість просторово-часового розрахунку фундаментальних фізичних констант і розрахував швидкість світла, газову сталу, сталу Больцмана, сталу Планка, сталу тонкої структури, а також маси електрона, нейтрона, протона з максимальною точністю їх експериментального визначення (вісім значущих цифр), що створює фізичну основу моделювання технологічних процесів у єдиній системі понять і дає універсальну просторово-часову інтерпретацію явищ природи. Інформація про ці дослідження опублікована в Інженерно-фізическом журнале, т. 6, № 69, 1986 г., с. 905-908, введена в Інтернет, опублікована за кордоном: Journal of Engineering Physics and Thermophysics, June 1997, p. 672-675.

*Застосування гідромеханічної і пароконденсаційної кавітації для інтенсифікації технологічних процесів.* Кавітація — це виникнення у рідині порожнин (кавітаційних бульбашок, каверн), заповнених паром, газом або їх

сумішшю. Кавітаційні бульбашки утворюються в тих місцях, де тиск у рідині стає нижчим від тиску насиченої пари при даній температурі. Якщо зниження тиску відбувається внаслідок великих місцевих швидкостей у потоці, то кавітацію називають гідродинамічною. Після переходу рідини в зону підвищеного тиску бульбашки різко скорочуються (колапсують) з утворенням своєрідних місцевих гідравлічних мікроударів, у зоні дії яких інтенсифікуються мікроперемішування і масообмінні процеси. Вдування у потік рідини перегрітої пари також може супроводжуватись кавітаційними явищами (пароконденсаційна кавітація).

Пошукові дослідження дії ударно-хвильових явищ, що супроводжують гідродинамічну кавітацію, на технологічні середовища започатковано в університеті на кафедрі машин і апаратів харчових виробництв 1983 р. під науковим керівництвом професора В.О. Аністратенка. Дослідження аспірантів і здобувачів О.Ф. Немчина, В.С. Іванова, В.Д. Касіянчука, Ю.О. Зайця підтвердили перспективність кавітаційного оброблення харчових продуктів. Так, встановлено, що вихід соку під час гомогенізації плодово-ягідної сировини із застосуванням гідродинамічної кавітації підвищується на 10...15 %. Позитивні результати одержано і при дегазації технологічних рідин. Впровадження відповідного обладнання і досвід його експлуатації дали змогу визначити режимні параметри оброблення, з'ясувати основні принципи конструювання і розрахунку кавітаційних апаратів.

У 1988-1991 рр. серію прикладних досліджень провели професор І.Ф. Малезик, доценти П.М. Немирович, О.А. Литвиненко і кандидат технічних наук О.В. Козюк. Запропоновано і впроваджено технологію кавітаційного отримання яблучних соків з м'якоттю, досліджено вплив кавітаційних ефектів на багатокомпонентні харчові емульсії. Встановлено оптимальні параметри гомогенізації майонезів.

Перспективні результати одержано О.А. Литвиненком, П.М. Немировичем, І.Ф. Малезиком і А.М. Матіящуком під час кавітаційного оброблення молочних продуктів. Проведені дослідження дали змогу визначити оптимальні

технологічні параметри кавітаційних апаратів, режими процесів гомогенізації молока і вершків. Отримано патенти України.

Висока ефективність кавітаційної дії отримана під час оброблення дифузійного соку цукрового виробництва з метою інтенсифікації подальших процесів його очищення. Вперше на підставі математичної моделі профілю швидкостей рідини і парогазової суміші в межовому шарі каверни розраховано їхній профіль. Запропонована математична модель процесу створення поля кавітаційних бульбашок дає змогу розрахувати енергію під час їхнього колапсу. Ці роботи стали основою кандидатської дисертації аспіранта А.М. Матіящука (науковий керівник доцент П.М. Немирович).

Кавітаційній техніці і технології, використанню їх у промисловості, теоретичним основам інженерних розрахунків кавітаційних апаратів присвячена монографія професорів І.М. Федоткіна і І.С. Гулого «Кавітація». Вона увійшла в цикл наукових праць, за які авторам присуджено Державну премію України в галузі науки і техніки за 2000 р.

Нині основними напрямками реалізації кавітаційної технології в харчовій і переробній промисловості є теоретичні та прикладні дослідження (професори І.Ф. Малежик, П.М. Немирович, доценти О.А. Литвиненко, А.М. Матіящук), а також конструктивні удосконалення кавітаційних апаратів і забезпечення надійності й довговічності їхньої роботи (доц. О.А. Литвиненко, професор О.І. Некоз).

На початку 70-х років професор І.С. Гулий запропонував використовувати вдування водяної пари як інтенсифікувальний метод для технологічних процесів цукрового виробництва. Ця ідея набула розвитку у роботах професорів О.П. Ніколаєва, Л.Д. Бобрівника і доцента П.М. Немировича в 70-80-х роках під час досліджень з очищення цукрової тростини в університетах м. Лас-Віляс, Матансас і Камагуей та на цукрових заводах Республіки Куба. Було теоретично обґрунтовано і практично підтверджено поліпшення фільтраційно-седиментаційних властивостей соку і значне підвищення ефекту його очищення після оброблення парою. Промислові дослідження дали змогу оптимізувати

технологічні режими і конструкцію запропонованих апаратів різної продуктивності. За результатами досліджень аспірант Нельс Мартінез (науковий керівник доц. П.М. Немирович) успішно захистив кандидатську дисертацію і отримав диплом I ступеня на національному конкурсі впровадженнь наукових розробок у промисловість Куби.

Розпочаті на Кубі дослідження інтенсифікації процесів очищення дифузійного соку в 90-х роках продовжили професор Л.Д. Бобрівкнк, доценти П.М. Немирович і Л.М. Хомічак з учнями (аспіранти Т.К. Рухадзе, М.М. Жеплінська, А.М. Матіящук, М.Є. Козицька). Теоретично обґрунтовано і практично підтверджено доцільність та ефективність одночасного вдування водяної пари і подачі вапняного молока в потік дифузійного соку (Т.К. Рухадзе).

Методами кондуктометрії, гель-хроматорграфії та атомної абсорбції встановлено трансформувальну дію пари на комплексні сполуки дифузійного соку. Розроблено спосіб очищення дифузійного соку, який ґрунтується на попередньому одночасному обробленні соку парою, вапняним молоком і флокулянтном, а також спосіб, що передбачає одночасне оброблення дифузійного соку парою і суспензією соку II сатурації доцент (М.М. Жеплінська). Встановлено, що хімічна активація суспензії соку II сатурації сприяє підвищенню ефекту очищення дифузійного соку (кандидат технічних наук М.Є. Козицька). Всі ці способи інтенсифікують процеси коагуляції, осадження, адсорбції і фільтрування під час очищення дифузійного соку від нецукрів.

Глибокі теоретичні дослідження фізичної суті та механізму інтенсифікувальної дії вдування водяної пари в дифузійний сік, виконані П.М. Немировичем, Л.М. Хомічаком, А.М. Матіящуком і М.М. Жеплінською, довели кавітаційну природу динамічних ефектів, які виникають у потоці рідини під час вдування пари. На основі розробленої математичної моделі динаміки парової бульбашки в потоці рідини досліджено вплив різниці температур між парою і рідиною на енергетичний потенціал кавітаційних бульбашок, що



утворюються. Визначено радіус бульбашок, здатних виділяти максимальну енергію під час колапсу. Запропоновано метод визначення пароконденсаційної кавітації, що виникає під час вдування водяної пари в потік недогрітої рідини, як одного із видів штучної кавітації. Встановлено, що внаслідок колапсу парових бульбашок у потоці водно-вапняної суспензії під час пароконденсаційного кавітаційного оброблення утворюються кумулятивні струминки, які руйнують агрегативні частинки  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Це збільшує на 8-11 % реакційну здатність вапняного молока — основного хімічного реагента в процесах очищення дифузійного соку. Виходячи з проведених досліджень, розроблено досконаліші та ефективніші апарати для застосування пароконденсаційної кавітації в процесах очищення дифузійного соку з метою їх інтенсифікації, які успішно впроваджені на цукрових заводах України, Російської Федерації, Білорусі. Отримано сім патентів України, захищено чотири кандидатських дисертації.

Позитивні результати отримано під час застосування пароконденсаційної кавітації для освітлення фруктових соків (П.М. Немирович, М.М. Жеплінська). Результати лабораторних досліджень підтверджують перспективність застосування апаратів пароконтактного типу для інтенсифікації процесів очищення дифузійного соку.

***Теоретичний аналіз інтенсифікації процесів масообміну в газорідних системах за допомогою ударних хвиль.*** Хвилі — це збурення, що відображають зміни стану середовища, поширюються в цьому середовищі і переносять з собою енергію. Найбільш поширеними в технологічних процесах є хвилі на поверхні рідини, а також неперервні (утворюються внаслідок зміни об'ємних витрат) та пружні (динамічні) хвилі в об'ємі рідкого або газового середовищ. Окремим випадком пружних хвиль є звук. Пружні хвилі (коливання) можуть створюватись штучно (вібраційними пристроями), а в масообмінних газорідних системах можуть виникати внаслідок внутрішніх причин: різких змін об'ємних вмістів при міжфазних переходах та утворення градієнтів густини. Швидкість переміщення пружних хвиль (звука) не залежить

від частоти хвиль і їх амплітуди. У рідинах і газах пружні сили виникають лише при стисканні і не виникають при зсуві; тому пружні деформації поширюються лише у вигляді повздовжних. Під час проходження хвиль у цих середовищах виникають нестационарні течії, що прискорюють тепломасообмін.

Аналізуючи закономірності руху неперервних хвиль, що поширюються у гомогенному газорідинному середовищі, яке має пружні властивості характерні газам і густину характерну рідинам, Марценюк О.С. зі співробітниками отримали рівняння [25, 26] для розрахунку швидкості поширення хвиль. Згідно з цим рівнянням швидкість пружних хвиль (звуку) у газорідинному середовищі залежить від об'ємного вмісту газу та швидкостей звуку в кожній із фаз (у повітрі — 340 м/с, у воді — 1500 м/с) і приймає мінімальне значення при об'ємному газовмісті  $\alpha = 0,5$  ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ ).

Якщо в отриманому рівнянні прийняти, що густина газу нехтовно мала порівняно з густиною рідини, а квадратом швидкості звуку в газі знехтувати порівняно з квадратом швидкості звуку в рідині, то одержимо спрощену формулу, яка збігається з відомою формулою Вуда [Wood A.B. A Textbook of Sound — London, Bell, 1941], проте не використовується в теорії масообміну. Розрахована за цією формулою швидкість звуку за нормальних умов у гомогенному водоповітряному середовищі (рис. 5) зі зростанням об'ємного газовмісту повітря до 0,5 зменшується до 20 м/с. Це положення відкриває перспективи для інтенсифікації процесів масообміну в газорідинних середовищах за допомогою штучно створюваних ударних хвиль (пружних хвиль, швидкість яких перевищує швидкість звуку), створюваних механічними пульсаторами при доступних швидкостях руху їхніх робочих органів порядку 30...60 м/с.

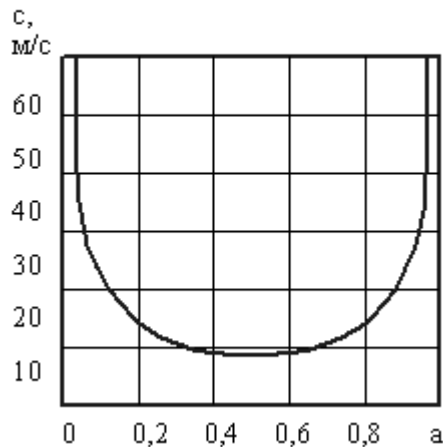


Рис. 5. Залежність швидкості звуку  $c$  від об'ємного вмісту газу  $a$  в гомогенній бульбашковій суміші вода-повітря для ізотермічного процесу за нормальних умов

Зменшення швидкості пружних хвиль у газорідних середовищах пояснюється тим, що стискуваність газорідної бульбашкової суміші обумовлюється властивостями газової фази, а густина — властивостями рідкої фази, та тим, що на поверхні поділу фаз під час проходження пружних хвиль створюються значні гальмівні сили, викликані перебудовою поверхневих шарів рідини під впливом сил поверхневого натягу.

Рух середовища або окремих його елементів з великими швидкостями характеризують числом Маха  $M$  — відношенням швидкості руху потоку  $v$  до швидкості звуку  $c$ :  $M = v/c$ . Розрізняють рух з числами Маха  $M < 1$  (дозвуковий),  $M > 1$  (надзвуковий) і  $M = 1$  (зі швидкістю звуку).

При надзвуковій течії газу хвиля стискання, яка визиває підвищений тиск у газі, поширюється зі швидкістю, більшою за швидкість звуку, а хвиля розрідження, що йде за нею, поширюється зі швидкістю звуку, що приводить до розриву значень швидкостей. Вузьку зону, в якій відбувається спочатку зростання, а потім різке зменшення швидкості газу і відповідне зростання тиску, температури, густини і ентропії називають **стрибком ущільнення або ударною хвилею**. Товщина стрибка ущільнення в напрямку, нормальному до його поверхні, тобто відстань, на якій відбувається зміна параметрів газу, мала —

порядка середньої довжини вільного пробігу молекул, тому при теоретичних дослідженнях її часто замінюють поверхнею розриву (рис. 6а) вважаючи, що всі параметри газу змінюються стрибкоподібно (звідси назва «стрибок ущільнення»). Значення параметрів газу по обидві сторони стрибка встановлюють на основі законів збереження енергії, маси, імпульсу.

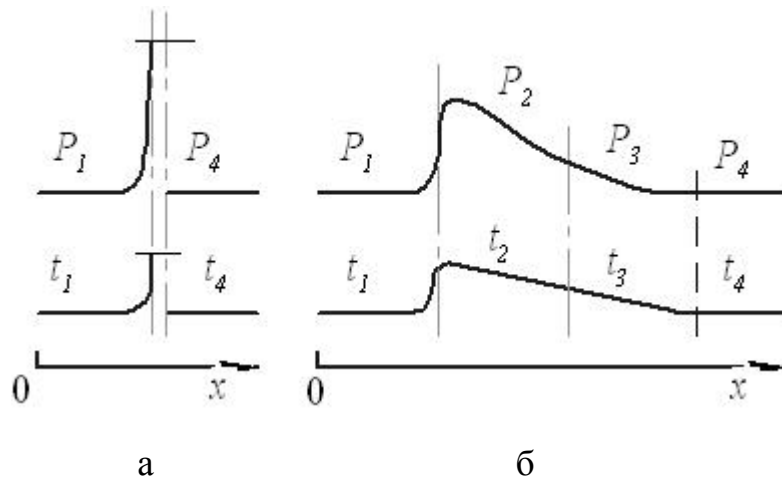


Рис. 6. Схема зміни тиску  $P$  і температури  $t$  в сильному у газовій фазі (а) і в уповільненому у газорідинній суміші (б) стрибках ущільнення. Індекси 1 і 4 відносяться до початкового і кінцевого значень параметрів, 2 і 3 до значень під час проходження уповільненого стрибка ущільнення і за стрибком впродовж релаксації

Газорідинна суміш або суміш газу з твердими частинками характеризується тим, що стисливість газової фази значно більша, ніж рідкої фази або твердих частинок. Тому приймається допущення, що під час стрибка ущільнення у газі відбувається такі ж самі зміни, як і при однофазному русі, а частинки рідини або тверді частинки зберігають свої параметри незмінними. Отже, зміна основних параметрів потоку газорідинної суміші під час стрибка ущільнення визначається якісними і кількісними змінами стану газової фази.

Числа Маха у потоці газорідинної суміші можуть визначатись за швидкістю поширення пружних хвиль у гомогенному газорідинному середовищі  $c_{г/р}$  або чистому газі  $c_г$ . Тому потік характеризують двома модифікаціями чисел Маха: для газової фази  $M_г = v/c_г$  і модифікованим числом Маха для двофазного середовища  $M_{г/р} = v/c_{г/р}$ .

Якщо  $M_{г/р} > 1$ , але  $M_r < 1$ , то у стрибку ущільнення параметри змінюються досить повільно, причому у формули для розрахунку входить модифіковане число Маха  $M_{г/р}$ . Зміни температури і швидкості в уповільненому стрибку ущільнення двофазного потоку відбуваються саморегулюванням, плавно від початкового до кінцевого стану. Параметри газу і рідини або твердих частинок у зоні стрибка змінюються неперервно, але за різними законами (рис. 6б). Параметри газу змінюються значно швидше, тиск вирівнюється швидше, ніж температура. За стрибком ущільнення через деякий час параметри потоку вирівнюються і стають однаковими для всіх фаз.

Коли  $M_r > 1$ , то відбувається сильний стрибок ущільнення. У цьому разі газ зазнає таких же різких змін, як і в однофазній течії. Товщина зони стрибка ущільнення сумірна з довжиною вільного пробігу молекул газу. За стрибком ущільнення існує зона реакції, де частинки рідини або тверді частинки поступово приходять у стан рівноваги з газом. У кожному випадку кінцевий стан визначається теорією гомогенної течії. У зоні релаксації за стрибком ущільнення параметри змінюються неперервно, причому сили опору і тепломасообмін між фазами визначають швидкість наближення системи до рівноважного стану.

Приведений [25] приклад розрахунку показує, що при швидкості ударної хвилі (швидкості руху вібратора) 50 м/с у водоповітряній суміші температурою 24 °С з об'ємним вмістом повітря 0,3 тиск у зоні фронту стрибка ущільнення підвищується від 0,1 до 0,42 МПа, густина повітря від 1,2 до 2,9 кг/м<sup>3</sup>, а температура суміші — до 38 °С. Такі збурення сприяють інтенсифікації перенесення маси в газорідинному середовищі. Інтенсивність збурень зростає зі збільшенням модифікованого числа Маха. Частота внесення збурень з метою інтенсифікації масообміну залежить від тривалості релаксації системи і визначається експериментально.

### 3.7. Розвиток наукових досліджень в останнє десятиріччя

З 2001 року науково-дослідницька робота на кафедрі виконується за двома напрямками: 1 — розроблення наукових основ технологічних процесів харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв з метою створення високоефективних технологій та обладнання, засобів механізації та автоматизації; 2 — розроблення технологій харчових продуктів оздоровчої та профілактичної дії.

Оскільки кафедра крім викладання навчальних дисциплін з процесів і апаратів готує спеціалістів з технології консервування і має відповідну лабораторію з обладнанням для дослідження характеристик харчових продуктів, то виявилось зручно поєднувати наукові дослідження з процесів і апаратів з питаннями підвищення якості продуктів переробки плодів та овочів. У цьому напрямку працюють професори І. Ф. Малижик, Л.М. Мельник, О.С. Марценюк, доценти С.В. Матко, Н.А. Жестерова, Н.А. Ткачук, аспірантка Т.В. Шейко, які вивчають теорію і впроваджують у виробництво ефективні процеси адсорбційного очищення води та рідких продуктів харчової промисловості з метою удосконалення їх технології та підвищення якості.

Для очищення підбираються дешеві природні адсорбенти українських родовищ. Ці адсорбенти менш стійкі і менш активні, ніж штучно створені імпорتنі, проте набагато дешевші і їх використання економічно доцільне.

Дослідження С.В. Матко показали, що яблучний сік і його купажі (спиртові розчини для виготовлення лікєро-горілочаних напоїв) найкраще очищуються палигорськітом, який при застосуванні його у кількості 3,3 % до маси соку поглинає з соку 60...65 % мас. пектинових речовин, внаслідок чого виключається колоїдне помутніння соку під час його зберігання. Крім вказаного технологічного ефекту підвищуються екологічні характеристики обробленого палигорськітом соку: вміст іонів міді у соку зменшується приблизно в 1,5 рази, свинцю і цинку — в 1,6 разів, кадмію в 2,7, ртуті — в 4,75, вміст бактерій і мікроорганізмів знижується у 2...4 рази; при цьому вміст

вітаміну С, вуглеводів, сухих речовин, органічних кислот залишається незмінним, у продукт із адсорбента не переходять шкідливі для організму сторонні домішки.

Підбираються (Т.В. Шейко, Н.А. Жестерова) природні адсорбенти (палигорським, монтморилоніт, глауконіт) для очищення овочевих соків (столового буряку, кабачків), використання яких дозволяє знизити витрати на виготовлення напоїв і концентратів та підвищити якість соків. Крім вітчизняних адсорбентів досліджується можливість використання шунгіту. Незважаючи на те, що відомо лише одне родовище шунгіту, яке знаходиться в Російській Федерації, вартість використання шунгіту менша, ніж синтетичних адсорбентів. Шунгіт має унікальні оздоровчі властивості і містить у своєму складі фулерени — третю нещодавно відкриту модифікацію вуглецю (крім графіту і алмаза), яка знаходить широке застосування у техніці і нанотехнологіях.

Склад домішок питної і технологічної води з різних джерел сильно відрізняється, тому для її очищення потрібні різні адсорбенти. Артезіанську воду з надлишком іонів заліза та амонійного азоту за даними Н.А.Ткачук добре очищають палигорськит Дашуківського, глауконіт Ташківського, клиноптилоніт і морденіт Сокирницького родовищ. Вказані адсорбенти одночасно поглинають значну кількість іонів важких металів та радіоактивних елементів, зменшують у кілька разів вміст у воді шкідливих бактерій. Морденіт ефективно адсорбує з води свинець, кадмій, мідь, цинк; палигорськит і глауконіт добре поглинають мідь і цинк.

Глауконіт добре очищує водно-спиртові розчини (сортівки) від небажаних домішок: альдегідів, естерів, метанолу, вищих спиртів, етилбутирану. Ефективними для очищення води і сортівок виявились суміші природних адсорбентів з активним вугіллям. Методом десорбційної масспектрометрії встановлено (Н.А. Ткачук), що досліджені адсорбенти при взаємодії з питною водою і сортівкою не утворюють небажаних домішок.

Вивчаються питання та розроблюються енергоощадні технології зневоднення і очищення водноспиртових розчинів природними адсорбентами, зокрема адсорбційного зневоднення технічного етанолу з метою його додавання до бензину.

Н.А. Ткачук разом з доцентом кафедри автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій (АКІТ) Смітюхом Я.В. запропонували прості дводіапазонні (0,004...31,47 % мол. і 16,77...89,41 % мол.) імперичні рівняння для розрахунку параметрів фазової рівноваги у межах зміни робочих концентрацій ректифікаційних колон, що дозволяє розробляти більш гнучкі схеми автоматизованого управління брагоректифікаційними установками спиртових заводів на основі сценарного підходу.

Брагоректифікаційні установки відносяться до складних технологічних об'єктів, у яких пріоритетність цілей і згортка критеріїв, що відображають цілі, є змінними і залежать від обставин, які складаються в поточний момент на об'єкті управління. В таких умовах значно знижується ефективність управління через велику розмірність задачі синтезу управляючої дії в реальному масштабі часу та зростає навантаженість оператора брагоректифікаційної установки, який в умовах дефіциту часу та інформації повинен на основі виробничого досвіду оперативно змінювати технологічні режими для забезпечення успішного функціонування об'єкту, що не завжди є раціональними і обґрунтованими. Тому до цього часу триває створення удосконалених автоматизованих систем управління, у тому числі на основі розроблення сценаріїв розвитку об'єкта управління з використанням багаторівневих математичних моделей (доцент кафедри АКІТ Смітюх Я.В.).

Доцент кафедри АКІТ Пупена О.М., використовуючи наробки кафедр процесів і апаратів та біотехнології, розробляє системи автоматизованого управління епюраційною колоною брагоректифікаційної установки на основі алгоритмів оперативної корекції технологічного режиму за прямими показниками якості бражки замість використовуваного автоматизованого



управління, ґснованого на непрямих показниках (температура, тиск, витрати ґсновних потоків).

Під керівництвом доц.. В.Л. Зав'ялова творчою групою в складі доцентів В.С. Бодрова, Л.В. Зоткіної, Т.Г. Мисюри, Н.В. Попової, Ю.В. Запорожець, поглиблюються раніше розпочаті теоретичні та експериментальні дослідження впливу низькочастотних механічних коливань, як джерела пульсуючих знакоперемінних струменів у системі рідина-тверде тіло, на інтенсифікацію масообміну під час екстрагування цільових компонентів із корневих, трав'яних та плодово-ягідних частин рослинної сировини та їх відходів.

Досліджено і встановлено оптимальні параметри процесу періодичного віброекстрагування з максимальним вилученням дубильних речовин (доц.. Н.В.Попова) із подрібнених до 2...10 мм сухих чайного листа, лофанту і гісопу: частота коливань 9 Гц, амплітуда 10...20 мм, гідромодуль (10...20):1, температура при атмосферному тиску 80...85 °С, при 0,5...0,8 ат. — 70...50 °С, тривалість процесу близько 30 хв. і залежить переважно від розміру частинок сировини.

Отримана математична модель процесу вилучення антоціанового барвника з виноградних вичавок залежно від температури екстрагенту, тривалості процесу та частоти коливань віброперемішуючого пристрою, яка дозволяє визначити найбільш раціональні режими ведення процесу.

Віброекстрагування цільових компонентів із шишок хмелю (Ю.В. Запорожець) з метою виготовлення хмельових екстрактів для пивоваріння найдоцільніше проводити за атмосферного тиску при 20°С впродовж 20 хв. при частоті коливань 3...5 Гц і амплітудах 5, 10 і 15 мм. Розроблена апаратурно-технологічна схема виробництва хмельових екстрактів, результати дослідження впроваджено на Бердичівському пивоварному заводі.

Розроблено та перевірено на адекватність нові моделі масообміну з урахуванням гідродинаміки віброперемішування та протитечійного розділення фаз залежно від конструктивних особливостей робочих органів створених віброекстракторів періодичної і безперервної дії (Т.Г. Мисюра та ін), що

дозволяє розробити методики проектування та виготовлення нових порівняно енергоощадних віброекстракторів для переробки рослинної сировини.

Встановлено, що ефективність масообміну обумовлюється гідродинамічними обставинами. За структурою потоків віброекстрактор має дві зони: ідеального перемішування у завантажувальній частині та ідеального витіснення, ускладненого поздовжнім перемішуванням, у робочій частині апарата. Результати досліджень покладені в основу розробки конструкторської документації Яготинським машинобудівним заводом для виготовлення промислових зразків віброекстракторів.

Спільно з кафедрою технології молока і молочних продуктів виконується науково-дослідницька робота «Розроблення науково-практичних основ комбінування сировини для створення нових харчових продуктів на молочній основі», у якій досліджуються дифузійні властивості різних видів рослинної сировини та розробляються математичні моделі віброекстрагування цільових компонентів.

Професор П.М. Немирович та доцент М.М. Жеплінська досліджують способи інтенсифікації процесів очищення соків цукрового і консервного виробництв та розробляють нове обладнання і технології основані на використанні пароконденсаційної кавітації. Кавітаційне освітлення яблучного соку, замість освітлення за допомогою підігрівання, сприяє підвищенню його харчової цінності. Ця робота впроваджується на АПК «Пуща Водиця» м. Києва. Досліджується також екстрагування цінних компонентів із свіжого і замороженого гарбуза та іншої сировини, екстрагування барвників з виноградних вичавок темних сортів винограда для використання у виноробних та консервних виробництвах.

Експериментальні дослідження процесу екстрагування лікарської та ароматичної сировини під час кипіння при розрідженні виконує О.М. Віценко. Добування ароматичних компонентів для використання в лікєро-горілчаному виробництві проводиться методом повернення легкої фракції конденсату в зону екстрагування або її відбору в окремий збірник. Інтенсивне перемішування

сировини забезпечується застосуванням парліфта (циркуляційної труби, під якою розміщена нагрівальна поверхня).

Професор Шевченко О.Ю. розроблює наукові основи та удосконалює апаратне оформлення процесів отримання і продовження термінів зберігання харчових продуктів, у тому числі і для дитячого харчування, на основі використання фізичних методів стабілізації якісних, енергетичних і смакових показників продукції з метою зменшення впливу негативних екологічних факторів на здоров'я населення в країні та окремих її регіонах.

У результаті дослідження обробки харчових середовищ під розрідженням запропоновано технології з застосуванням різкого зниження тиску на основі використання потенціальної енергії десорбції розчиненого газу, які підвищують ефективність виробництва овочевих, плодкових, ягідних соків, збільшують їх вихід, поліпшують асептичні властивості, продовжують терміни зберігання. Показано, що розрідження в біологічних середовищах обмежує масообмін між клітинами і середовищем і в поєднанні з адіабатичним кипінням сприяє зниженню вмісту мікрофлори в продуктах.

Руйнування кавітаційних бульбашок супроводжується утворенням ударних мікрохвиль з великими локальними перепадами тиску, що приводить до збудження і іонізації молекул, активізації вільних радикалів і, як наслідок, до інтенсифікації масообмінних і реакційних процесів.

На основі застосування осмомолекулярної дифузії (без теплової обробки) розроблено нові технології отримання ягідних, плодкових та овочевих сиропів довгострокового зберігання з гарантованим збереженням органолептики та вітамінів.

Професор І.Ф. Малезик та доцент І.В. Дубковецький досліджують процеси сушіння харчових продуктів з метою удосконалення технології та підвищення якісних показників сировини і готової продукції. Вивчається кінетика процесу сушіння інфрачервоним випромінюванням і зберігання отриманих порошоків яблучних, виноградних і томатних вичавок, їстівних грибів, будуються залежності швидкості сушіння від вологовмісту, виводяться

кінетичні рівняння, виконується мікроструктурний аналіз порошків. Отримані компоненти можуть бути використані в якості добавок до різних продуктів, у тому числі до хліба. Розроблюються безвідходні технології консервованих продуктів профілактичного призначення з рослинної сировини.

Дослідження процесу сушіння яблучних вичавків та використання одержаного з них порошку в харчовій промисловості проведені спільно зі здобувацькою кафедри Т. Є. Веселовською.

Доцент О.М. Деменюк досліджує процеси розпилювального сушіння рідких продуктів, отриманих змішуванням у різних співвідношеннях томатної пасти та мальтодекстрину, присутність якого у суміші підвищує ефективність сушіння та надає продуктам більшої стійкості до впливу підвищеної температури.

Великий обсяг досліджень процесу сушіння під керівництвом професора І. Ф. Малежика виконано спільно з викладачами і здобувачами Технічного університету Молдови. За результатами досліджень підготовлена і видана монографія: Конвективно-высоочастотная сушка косточковых фруктов / И. Ф. Малежик, В. П. Тарлев, А. С. Лупашко.- Техн. ун-т Молдови. – Ch. : ИТМ, 2005. – 472 р.

Професор В.Р. Кулінченко досліджує питання інтенсифікації тепломасообміну у вакуум-випарних та кристалізаційних апаратах цукрового виробництва залежно від фізичних характеристик технологічних рідин, режимних факторів та характеристик двофазних потоків при кипінні в трубах з метою зниження енергомісткості процесів випарювання. Вивчено механізм пароутворення та знайдені його оптимальні варіанти з використанням зовнішніх факторів: ультразвукових і електромеханічних полів, додавання поверхнево активних речовин, застосування коливально-хвильових явищ, коливання тиску, вдування пари у кип'ятильні труби, використання циркуляції за допомогою механічних пристроїв — цей спосіб виявився найефективнішим.

Отримані рівняння для розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі при кипінні утфелів, створено методики розрахунку випарних апаратів різних конструкцій.

Розроблена математична модель динаміки росту парової фази з урахуванням процесів перенесення теплоти у рідині, зміни зовнішнього тиску, впливу теплофізичних параметрів, поля швидкостей і тиску біля бульбашки. Нові способи і апарати захищаються патентами і впроваджуються у виробництво.

Видано навчальний посібник: Кулінченко В.Р., Мирончук В.Г. «Випарювання і випарні апарати у розрахунках і конструюванні» / К.: Кондор. – 2006. – 392 с.

Готується до друку «Глумачний довідник слів іноземного походження, що часто зустрічаються в українській науково-технічній і художній літературі».

Під час роботи начальником науково-дослідного сектора КТІХП В.Р. Кулінченко разом з проректором з наукової роботи В.Т. Гаряжею під керівництвом ректора І.С. Гулого виконав велику роботу по створенню у 1976 р. єдиної на Україні Проблемної науково-дослідної лабораторії харчової промисловості.

Доцент А.Д. Сергеев досліджує процеси екструзії та розробляє технології виготовлення харчових концентратів на основі рецептурних композицій солоду зернових і зернобобових культур, що дозволяє покращити структуру дієтичного харчування населення різних категорій і вікових груп. Досліджуються біохімічні властивості розроблених рецептурних композицій злакових каш швидкого приготування, збагачених біологічно активними добавками — квітковим пилком та меламіном.

Доцент А.В. Копиленко досліджує способи інтенсифікації технологічних процесів за допомогою методів нестационарного впливу на оброблюване середовище. Вивчається вплив профілю робочих органів кавітатора на ступінь однорідності подрібнення плодової маси при виробництві овочевих пюре та соків з високим вмістом м'якоті.

Доцент Г.М. Бандуренко, висококваліфікований фахівець у галузі технології консервування, проводить широкі експериментальні дослідження способів переробки плодоовочевої сировини та розроблення технологій отримання нових продуктів (пюре, соусів, приправ, напоїв, напівфабрикатів) з

метою розширення асортименту продуктів харчування дієтичного і лікувально-профілактичного призначення. Отримано ряд патентів на розроблені продукти та нові технології їх виготовлення.

Розроблено і виготовлено в лабораторних умовах асортимент консервованих продуктів на основі топінамбуру (повидло, джеми, варення, цукати). Для посилення лікувально-профілактичних властивостей виготовлених продуктів використовували природний сорбент — пектинову пасту та імуномодулятори — екстракт листу стевії та екстракт кореня солодки.

Доцент О.В. Точкова досліджує функціональні властивості і шляхи застосування гідроколоїдів (розчинних у воді високомолекулярних речовин), застосування яких дозволяє створити асортимент продуктів емульсійної і гелевої природи та удосконалює технології виробництва продуктів профілактичного призначення з використанням природних поліцукридів.

Аспірантка Т.М. Левківська досліджує питання комплексної переробки моркви, яка включає отримання натурального або концентрованого морквяного соку та переробку (сушіння інфрачервоним промінням і наступне подрібнення в порошок) морквяних вичавків, які використовуються як біологічно-активна добавка.

Продукти з моркви містять  $\beta$ -каротин, який є провітаміном А і сприяє покращенню зору, зміцненню імунної системи та має антиоксидантні властивості. Попереднє бланшування моркви водою зменшує окислення  $\beta$ -каротину пероксидазою і підвищує його вміст у продукті, цьому також сприяє швидке сушіння у полі струмів надвисоких частот.

Результати проведених співробітниками кафедри досліджень публікуються та обговорюються на наукових конференціях. Так, за 2009 рік, показники якого є середніми за останні 5 років, опубліковано 20 наукових статей, зроблено 11 доповідей на наукових конференціях за межами НУХТ, отримано 22 патенти України (у тому числі 10 у співавторстві зі студентами), опубліковано у співавторстві один підручник і одну монографію.

#### 4. Навчальна робота

Головним завданням кафедри завжди була і залишається навчальна робота — підготовка фахівців з високим професійним рівнем, виховання та закріплення у них активної життєвої позиції. З цією метою навчальна та науково-методична робота проводиться в напрямі постійного удосконалення процесу викладання дисциплін кафедри, включаючи лекції, лабораторні роботи, практичні заняття і курсове проектування, та процесу виховання студентів.

Основною дисципліною, яка читається з моменту створення кафедри і відповідає напрямку роботи наукової школи В.М. Стабнікова, є «Процеси і апарати харчових виробництв».

Усі види занять зі студентами стаціонарної та заочної форми навчання проводяться на рівні сучасних вимог з використанням технічних засобів навчання, застосуванням обчислювальної техніки з пакетами прикладних програм та алгоритмів, демонстрацією навчальних фільмів.

Лекційні курси читають доктори технічних наук, професори та кандидати технічних наук, доценти з достатнім стажем роботи, які не тільки володіють глибокими знаннями і досвідом виконання наукових робіт з опублікованими їх результатами, а й мають педагогічні навички, розуміють психіку студента і будують викладання нового матеріалу у найзручнішому для засвоєння варіанті. Своєю майстерністю викладачі постійно удосконалюють на кафедральних семінарах, спеціальних заняттях, готуючись до виступів на вузівських та міжвузівських науково-методичних конференціях з питань удосконалення навчального процесу та виховання студентів, складаючи методичні вказівки до вивчення дисципліни та посібники і підручники.

З 1995р. за скорегованими навчальними планами курс гідравліки ввійшов складовою частиною в курс дисципліни «Процеси і апарати харчових виробництв» для студентів технологічних спеціальностей. Для інших

спеціальностей читались окремі курси «Гідравліка і гідравлічні машини» та «Гідрогазодинаміка».

У зв'язку з введенням на кафедрі процесів і апаратів спеціальності «Технологія зберігання, консервування та переробки плодів і овочів» викладачі кафедри виконали великої обсяг роботи з підготовки навчального плану, програм спеціальних дисциплін, створення лабораторії, підготовки методичних розробок. У 2003 р. кафедра підготувала перших 19 фахівців з цієї спеціальності. Викладання спеціальних дисциплін забезпечують доценти Г.М. Бандуренко, М.М. Жеплінська, Н.А. Жестерева, С.В. Матко. Виробнича практика та фахова підготовка студентів забезпечується на базових підприємствах, зокрема на АПК «Пуща-Водиця», ТОВ «Продсервіс-ІР», ТОВ «Галс-ЛТД», ТОВ ЧФ «імені Шевченка», ВАТ «Нововоронцовська харчосмакова фабрика», ЗАТ «Ніжинський консервний завод», ЗАТ «Чигиринський консервний завод», ЗАТ «Агроєкопродукт».

Професія консервщика приваблює гарантованим працевлаштуванням на підприємствах консервної галузі з широким розмаїттям спокусливо смачної продукції у привабливій дизайновій упаковці. Консервній галузі України, яка виходить на світовий ринок, інтенсивно розвивається і технічно переоснащується на основі впровадження новітніх технологій, потрібні висококваліфіковані спеціалісти, яскраві творчі особистості з гнучким конструктивним мисленням. Ця спеціальність для тих, хто хоче стати такими. Навчання проводять фахівці кафедри процесів і апаратів харчових виробництв та технології консервування, серед яких 8 професорів (з них п'ять докторів наук) та 14 кандидатів технічних наук. До послуг студентів сучасна лабораторія з технології консервування, одна з кращих в Україні лабораторія з процесів і апаратів харчових виробництв, а головне — щира увага викладачів кафедри.

Основним напрямком самостійної роботи студентів є виконання індивідуальних завдань з метою поглибленого засвоєння основних положень дисципліни шляхом виконання розрахункових та розрахунково-графічних робіт. Індивідуальна робота з кожним студентом забезпечує глибоку підготовку



фахівців, рівень знань яких відповідає сучасним вимогам. Всі розділи самостійної роботи забезпечені відповідною методичною літературою.

Постійне підвищення кваліфікації викладачів кафедри здійснюється шляхом стажування на провідних підприємствах, на кафедрах вищих навчальних закладів України та країн близького зарубіжжя, на науково-методичних семінарах кафедри, шляхом опанування більш високих рівнів користування комп'ютерною технікою та виконання науково-дослідних робіт.

При кафедрі постійно працює науково-методичний семінар, на засіданнях якого обговорюються актуальні проблеми викладання дисциплін і виховання студентів.

В організації заочної форми навчання на кафедрі та в університеті великий внесок належить професору кафедри П.М. Немировичу, який впродовж 15 років одночасно працював деканом заочного факультету. Він ініціював відкриття десяти нових спеціальностей і трьох спеціалізацій, організацію післядипломної освіти з економічних і технологічних спеціальностей, навчання за скороченим терміном для випускників технікумів і коледжів. Як декан факультету запропонував та виконав велику роботу з відкриття відокремлених структурних підрозділів (заочних факультетів і навчальних консультаційних центрів) НУХТ у п'яти містах України і організації в них навчальної та методичної роботи.

Заочний факультет розширився до такого масштабу, що в 2001 році був реорганізований в окреме відділення при кожному факультеті університету. Працюючи деканом заочного факультету П.М. Немирович не покидав наукову роботу, підготував трьох кандидатів технічних наук, провів ряд наукових досліджень з інтенсифікації процесів харчових виробництв за допомогою ефектів гідродинамічної та пароконденсаційної кавітації, отримав десять авторських свідоцтв та патентів на винаходи.

Значна увага викладачів кафедри постійно приділяється виданню підручників і навчальних посібників.

Перший підручник «Процессы и аппараты пищевых производств» був виданий у 1959 р. колективом авторів кафедри процесів і апаратів КТІХП у складі професорів В.М. Стабнікова, В.Д. Попова та інженера Ф.А. Редько. Це був перший у світовій практиці підручник з процесів і апаратів харчових виробництв. Він перевидавався чотири рази. При цьому колектив авторів поповнився професором В.М. Лисянським. Третє видання підручника відмічено державною премією України. Підручник перекладено і видано польською (двічі), німецькою і китайською мовами. Крім цього підручника, колективом кафедри за редакцією В.М. Стабнікова видано підручник українською мовою «Процеси і апарати харчових виробництв» (1975р.), авторами якого стали доценти М.Г. Бойченко, І.Ф. Малежик, О.Г. Муравська, П.П. Лобода, В.А. Задніпраний, О.М. Костенюк, професори В.М. Лисянський, О.П. Ніколаєв.

У 2003 р. колективом авторів НУХТ за редакцією професора І.Ф. Малежика видано новий підручник з процесів і апаратів харчових виробництв. Цей підручник присвячений пам'яті Всеволода Миколайовича, оскільки кожен з його співавторів або був учнем В.М. Стабнікова, або мав приємну нагоду співпрацювати та спілкуватися з ним. Відповідно до нової програми дисципліни, підручник доповнено розділами з основ гідравліки та мембранного розділення; для кращого розуміння механізму процесів перенесення введені поняття про мікро- та макроперемішування, акцентована увага на вперше сформульованій В.М. Стабніковим ідеї про оновлення поверхні контакту фаз. При написанні підручника враховані новітні досягнення в розвитку дисципліни та багаторічний досвід викладацької і наукової праці авторів. У кожному розділі підручника викладено основи теорії процесів, що розглядаються, приведені схеми найпоширеніших у харчовій промисловості апаратів та основи їх розрахунку.

Для технікумів харчової промисловості підготовлено і видано підручник «Процессы и аппараты пищевых производств» (автори професор В.М. Стабніков і доцент В.І. Баранцев), який перевидавався тричі ( третє видання у 1983 р.).

Професорами кафедри О.С. Марценюком і Л.М. Мельник підготовано і видано у 2011 р. українськомовний підручник з процесів і апаратів харчових виробництв [27] для технікумів, у якому зроблені подальші узагальнення з даної дисципліни. До цих узагальнень відносяться: положення, які об'єднують науку про процеси і апарати в одне ціле (загальний характер перебігу всіх процесів, що описуються S- подібною кривою, поняття про рушійну силу і швидкість процесу, аналогію законів перенесення), розгляд на основі поняття градієнта законів рівноваги систем і швидкості процесу, яка обумовлюється значеннями градієнтів, знаходження середньої рушійної сили будь-якого процесу, формулювання закону збереження кількості руху, на якому ґрунтуються гідравлічні, механічні і гідромеханічні процеси, введення нового розділу з культивування мікроорганізмів, зв'язаного з питаннями впливу мікроорганізмів на забезпечення гігієнічних умов в усіх галузях харчових виробництв. У кожному розділі подані рекомендації щодо методів інтенсифікації розглядуваних процесів.

Отримані студентами внаслідок вивчення лекційного курсу знання поглиблюються і закріплюються на лабораторних і практичних заняттях. Лабораторія створювалась одночасно з організацією кафедри (1951 р.). Оскільки типове обладнання лабораторії в СРСР у той час не вироблялось, співробітники кафедри під керівництвом В.М. Стабнікова розробляли обладнання самостійно. Було прийнято рішення виготовляти ідентично оформленні навчальні експериментальні стенди досить великих розмірів, які моделюють виробничі установки і зручні для роботи на них невеликих груп студентів з 3...5 чоловік. Стенди устатковувались на підставках однакового зразку, всередині яких розміщувались електродвигуни, приводи та додаткове обладнання. Установки на основі розроблених викладачами проєктів виготовлялись виробничою майстернею інституту та безпосередньо викладачами і співробітниками кафедри. На установках виконувались лабораторні та науково-дослідні роботи студентів, які в той час були складовою частиною вивчення дисципліни.

Лабораторія в основному була обладнана до 1960 р.; досить повне уявлення про лабораторію дає лабораторний практикум, виданий співробітниками кафедри у 1964 р. Принципи організації лабораторії викладені В.М. Стабніковим у доповіді на Всесоюзній методичній конференції з процесів і апаратів, яка була запропонована і вперше організована В.М. Стабніковим і відбулася у 1972 р. у Москві. Найбільший внесок у створення лабораторії зробили В.А. Задніпрний, Ф.А. Редько, О.Г. Муравська, О.П. Ніколаєв, П.С. Циганков, П.П. Лобода, М.А. Буренков, М.Г. Бойченко.

У період 1992...1995 рр. навчальна лабораторія кафедри з процесів і апаратів під керівництвом завідувача кафедри І.Ф. Малежика була суттєво оновлена і доповнена новими установками, а у 1995 р. рішенням Ради університету навчальній лабораторії з процесів і апаратів присвоєно ім'я професора В.М. Стабнікова. Лабораторія була і залишається однією з найкраще оснащених навчальних лабораторій на теренах країн бувшого Радянського Союзу. У лабораторії представлені установки для проведення робіт з усіх трьох розділів дисципліни: механічних і гідромеханічних процесів, теплових процесів, масообмінних процесів. Розділ масообмінних процесів, який відображає основний напрямок робіт наукової школи професора В.М. Стабнікова, представлений лабораторними установками для вивчення простої перегонки з дефлегмацією та без неї, дослідження роботи насадкової і тарілчастої ректифікаційної колон, вивчення кінетики процесу конвективного сушіння, визначення змінення параметрів сушильного агента у повітряній сушарці, проведенні екстрагування при атмосферному тиску і під розрідженням та визначення коефіцієнта дифузії, інтенсифікації масообмінних процесів за допомогою низькочастотних механічних коливань, визначення рівня повздовжного перемішування в екстракторі з вібраційною системою транспортування, визначення масообмінних характеристик ферментерів методом дегазування та за допомогою сульфідної методики.

Велику увагу питанням удосконалення існуючих та створення нових навчальних лабораторних установок приділяють доцент В.Л. Зав'ялов та

завідувач лабораторією Л.І. Цуркан. Лабораторія постійно модернізується та оновлюється новими установками, які відповідають сучасним тенденціям розвитку науки про процеси і апарати.

Слід відмітити унікальну лабораторну установку (копію промислової установки) для фільтрування суспензії на барабанному вакуум-фільтрі, розробленому у 1956 р. доцентом В.А. Задніпрямим, а у 2002 р. реставровану і удосконалену доцентом А.В. Копиленком.

Для виконання лабораторних робіт колективом кафедри за редакцією В.М. Стабнікова була підготовлено кілька видань лабораторних практикумів, а пізніше — доповнених українськомовних практикумів за редакцією І.Ф. Малежика, останній з яких виданий у 2006р. Ці практикуми доповнені роботами з гідравліки, а також іншими роботами, серед яких: вивчення гідродинаміки псевдозрідженого шару, розділення та концентрування розчинів на ультрафільтраційній установці, дослідження роботи кожухотрубного теплообмінника, випарювання у двокорпусній випарній установці, інтенсифікація масообмінних процесів за допомогою низькочастотних коливань, визначення масообмінних характеристик ферментерів.

Проведення практичних занять забезпечене збірником задач «Процеси і апарати харчових виробництв» та відповідними методичними розробками викладачів кафедри.

Вивчення розділу з основ гідравліки в курсі процесів і апаратів харчових виробництв та окремого курсу Гідрогазодинаміки супроводжується виконанням лабораторних робіт в окремій лабораторії «Гідравліки і гідравлічних машин», обладнаній сучасними лабораторними установками, серед яких: визначення режимів руху рідини у потоці, експериментальна ілюстрація рівняння Бернуллі, визначення коефіцієнта опору тертя та еквівалентної шорсткості, експериментальне визначення коефіцієнтів витікання рідини крізь отвори і насадки, випробування відцентрового насоса і складання його характеристик, паралельна і послідовна робота насосів, випробування відцентрового вентилятора.

З питань гідравліки також є достатня кількість навчальної літератури. Так, професор В.Р. Кулінченко видав підручник «Гідравліка, гідравлічні машини та гідропривід», навчальні посібники «Гідравліка та гідравлічні машини», «Гідродинаміка», «Справочник по тепловым расчетам». Підготовлені також навчальні посібники «Основи наукових досліджень з гідравліки та гідравлічних машин», (професор В.Р. Кулінченко, інженер І.К. Мотуз), «Гідравліка і гідравлічні системи в розрахунках і конструюванні» (професор В.Р. Кулінченко, інженер І.К. Мотуз).

Практично всі наукові роботи школи В.М. Стабнікова тісно переплітаються з питаннями моделювання та оптимізації процесів, тому викладачі кафедри мають достатню теоретичну і практичну підготовку в даному напрямку і з 1993 р. крім основних дисциплін з процесів і апаратів харчових виробництв викладались дисципліни з інформатики: «Математичне моделювання в розрахунках на ЕОМ» і «Математично-статистичні методи наукових досліджень». Корисну роль у цій еволюції мають регулярні семінари для викладачів кафедри з методів програмування та використання сучасних прикладних пакетів розрахункових, аналітичних, графічних та спеціальних програм для ЕОМ, а також наявність на кафедрі комп'ютерного класу з сучасною обчислювальною технікою і програмним забезпеченням.

Завершальний етап вивчення дисципліни — курсове проектування — виконується на основі підготовленого колективом викладачів кафедри за редакцією В.М. Стабнікова навчального посібника «Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств» (1982р.) та ряду методичних вказівок, які видані пізніше і доповнюють матеріали посібника, як стосовно загальних положень і оновлених вимог до проектування, так і відносно специфічних питань з окремих розділів дисципліни.

Оновлені розділи посібника з проектування, написані і доповнені О.П. Ніколаєвим, О.С. Марценюком, В.А. Задніпрямим, П.П. Лободою, П.М. Немировичем, ввійшли складовою частиною у виданий у Болгарії за редакцією професора В.М. Стабнікова і К. Коларова посібник з проектування процесів і

апаратів харчової і біотехнологічної промисловості (1998 р.), написаний разом з колегами з Пловдівського технологічного інституту.

Нині колективом кафедри за редакцією І.Ф. Малежика підготовлено до видання посібник з курсового проектування, до якого поряд зі значним оновленням і розширенням матеріалу введені нові розділи «Адсорбційні процеси і апарати», «Механічні розрахунки основних елементів апаратів», «Гідравлічні розрахунки» та інші.

Отже, всі види занять зі споріднених дисциплін, які об'єднуються під назвою «Процеси і апарати харчових виробництв», повністю забезпечені навчальною та науково-методичною літературою, підготовленою викладачами кафедри.

Підручниками і навчальними посібниками, підготовленими кафедрою, користуються студенти НУХТ та інших навчальних закладів України, Росії, Молдови і Білорусії. У повторних виданнях підручників і навчальних посібників автори подають оновлений матеріал на базі наукових робіт викладачів кафедри та сучасних досягнень світової науки. Останнім часом, у зв'язку з індивідуалізацією країн близького зарубіжжя і переходом викладання на національні мови, використання українськомовних підручників зменшується.

Викладання дисциплін за навчальною програмою введеної на кафедрі у 1998 р. нової спеціальності «Технологія зберігання, консервування та переробки плодів та овочів» забезпечується підручниками і навчальними посібниками переважно російських видавництв, а також розробленими викладачами кафедри сучасними методичними розробками, що сприяє якісній підготовці спеціалістів, магістрів і аспірантів. Лабораторні заняття та науково-дослідні роботи проводяться у лабораторії, що має назву спеціальності. У наукових роботах розглядаються переважно питання впливу процесних факторів на підвищення ефективності різних етапів переробки харчової сировини та подальшого зберігання виготовленої продукції, які об'єднують дисципліну «Процеси і апарати харчових виробництв» з дисциплінами

технології консервування і переробки плодів та овочів. У цьому напрямку захищені кандидатські дисертації Н.В. Попової, Н.А. Ткачук, С.В. Матко, Ю.В. Запорожець.

Всі студенти мають змогу приймати участь у проведенні науково-дослідних робіт. Наукова робота з участю студентів на кафедрі є традиційною. Практично всі викладачі кафедри, які мають вчені ступені, в студентські роки працювали в наукових гуртках під керівництвом викладачів. Щорічно студентські наукові роботи доповідаються на секції процесів і апаратів наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів університету. Студенти, які проявили здібності до наукової роботи, після закінчення університету рекомендуються до аспірантури при кафедрі за двома спеціальностями (процесів і апаратів та технології консервування). Для кращих студентів запроваджена іменна стипендія В.М. Стабнікова.

Частина викладачів є наставниками студентських академічних груп зі спеціальності технології консервування і переробки плодів та овочів (Н.А. Ткачук, О.В. Точкова, Т.Г. Мисюра, І.В. Дубковецький).

Минуло 60 років з дня створення кафедри процесів і апаратів харчових виробництв і започаткування наукової школи професора В.М. Стабнікова. У розробках самого В.М.Стабнікова і його послідовників нероздільно проходять наукові дослідження і навчальний процес, що забезпечує якісну підготовку фахівців для різних галузей харчової промисловості. Побажаємо всім, хто має пряме або опосередковане відношення до кафедри і розвитку науки «Процеси і апарати харчових виробництв», та молоді, що навчається, досягнення нових знань і практичних навиків, запорукою чого є допитливість та відмінне здоров'я!



## Спогади про В.М.Стабнікова

Мати Земля!

Коли б таких людей

Та інколи не посилала світу,

Життя заглохла б нива.

(М.О. Некрасов)

### Відданість науці

*Професор О.С. Марценюк.* Здібності людини, очевидно, залежать від закладених у ній природних можливостей: генетичної спадковості, часу і місця народження, виховання, умов життя. Стати видатним вченим зможе лише той, у кому закладені природою здібності вищі від середніх, і до того ж ці здібності додатково розвинені наполегливою працею під керівництвом видатних учителів-наставників.

Прикладом такого феномену є життя і творчість В.М. Стабнікова. Від природи він мав доброзичливих батьків, міцне сибірське здоров'я, спостережливість, допитливість і працьовитість сільського хлопчини, що зростав у безпосередньому контакті з природою зі щирістю і правдивістю не зіпсованою з дитинства міською цивілізацією, а під час навчання у вузі зустрів професора С.В. Лебедева, який скорегував його подальший творчий розвиток. Збіг життєвих обставин спонукав до наполегливої роботи щодо удосконалення і розширення знань та набуття практичного досвіду їх реалізації. І сам Всеволод Миколайович згодом також став наставником для багатьох допитливих початківців у науці.

З його ім'ям пов'язано все, чого досягла кафедра процесів і апаратів від створення (1951 р. до 1988 р.). За короткий період кафедра вийшла на передові рубежі науки про процеси і апарати, підтримувала пріоритетні позиції впродовж тридцяти років і утримує їх нині. Наукові ідеї і починання

В.М.Стабнікова дали поштовх розвитку досліджень не лише на кафедрі а й у науково-дослідних установах аналогічного спрямування.

Є певна відмінність між поняттями «Творча праця» і «творчий підхід до праці». Частина людей знаходить максимальне задоволення у творчій праці, де переважає осмислюваний пошуковий характер розв'язання переважно наукових проблем, спрямованих на створення нових суспільних цінностей та на більш просте розв'язання існуючих завдань — це переважно наукова робота. Іншій частині працівників більше до вподоби адміністративна робота (з більшою заробітною платою), у творчому виконанні якої вони краще реалізують свою особистість. Адміністративна робота вимагає постійного творчого врахування поточного моменту життя, змін напрямків суспільного розвитку та пошуку кращих варіантів функціонування підпорядкованої адміністратору громади.

Всеволод Миколаєвич вважав, що займатись безпосередньо науковою роботою може лише працівник, який не займає високої посади. Навіть робота у деканаті, не кажучи вже про більш високі адміністративні посади, вимагає багато енергії і часу на вирішення повсякденних питань і відволікає від сконцентрованої творчої роботи. Робота на більш високих посадах крім виконання службових обов'язків часто вимагає додаткової участі у різних нарадах, зустрічах, прийомах та їх організації, інколи прийоми супроводжуються вживанням тонізуючих напоїв, що негативно відбивається на здоров'ї.

Високопосадовиць може лише «керувати» науковою роботою, давати загальні вказівки, сприяти забезпеченню обладнанням, читати і підписувати звіти, але часу на глибокі самостійні дослідження та на створення науково-технічної літератури у нього не вистачить. Викладачам, які бажали займатись наукою, він рекомендував відмовлятися від пропозицій працювати в деканатах і сам не прагнув до високих посад. Це дозволяло йому вивільнювати час для наукової роботи і писати монографії.

Всеволод Миколайович на особистому досвіді знав, яка клопітка праця необхідна для виконання наукової роботи та узагальнення її результатів, тому

цінував не лише свій час, а й час інших викладачів кафедри, добре знаючи їх нахили і хто чим переважно займається. Якось на засідання кафедри не з'явився професор П.С.Циганков, а через кілька днів знову було термінове засідання і знову не було Циганкова. Виконуючи в той час обов'язки секретаря кафедри, я запитав у Всеволода Миколайовича: «Може зателефонувати Циганкову додому?» (Петро Семенович мешкав неподалік, у 10 хв. ходи до інституту). Всеволод Миколайович відповів: «Не будемо його турбувати — він пише книжку по ректифікації». Цікаво, що і В.М. Стабніков і П.С. Циганков, корінні росіяни, при проведенні референдуму про незалежність України голосували за її самостійність.

### Спілкування з колегами

*Професор П.М. Немирович.* Працюючи з 1974 року впродовж п'яти років секретарем кафедри я часто мав нагоду безпосередньо спілкуватись зі В.М. Стабніковим та спостерігати за його роботою. Вражало його вміння, як керівника кафедри, вирішувати складні питання і ситуації, які, здавалось, зайшли в глухий кут, знаходити прості рішення питань, що розглядались на засіданнях кафедри. При цьому не було ніяких персональних звинувачень. Навпаки, працівники кафедри відчували підтримку, захищеність, віру в себе і в колектив.

Під час бесід зі співробітниками кафедри стосовно викладацької та наукової роботи ніколи не починав з критичних зауважень та докору, а спочатку відзначав певні успіхи в роботі, окреслював плани та подальші перспективи. І лише після цього, з великою тактовністю говорив про необхідність звернути увагу на певні моменти в роботі та шляхи їх вирішення. Він мав доброзичливі очі, підтримав не одного здобувача наукового ступеня, який з тієї чи іншої причини втратив будь-яку надію на захист, знаходив раціональне зерно в науковій роботі і давав поради у якому напрямку доцільно працювати далі.

Тепло і доброзичливо згадував колег з інших навчальних закладів, підтримував з ними дружні і творчі стосунки. Цьому сприяли його феноменальна енциклопедична пам'ять, вміння швидко читати по діагоналі, оперативно працювати з різними документами та звітами, без затримок відповідати на листи. Під час індивідуальних бесід зі співробітниками про результати відряджень на наукові конференції, в інші установи та на підприємства він перш за все цікавився тим, які вдалося відвідати музеї, театри, книжкові магазини, яку науково-технічну літературу вдалось придбати, що цікаве побачити, а вже потім переходив до робочих питань. Все це створювало дружню атмосферу на кафедрі, згуртовувало колектив, піднімало настрій на подальшу творчу роботу.

### **Заснування кафедри**

*Муравська Ольга Глібовна* (дочка професора Г.М. Знаменського, працювала на кафедрі з 1951 р. старшим лаборантом, з 1955 р. — асистентом, з 1972 по 1991 р. — доцентом).

Вперше я почула прізвище В.М.Стабнікова, коли ходила в шостий клас школи (лютий 1940 р.). Тато вдома розказував, що виступав на захисті його докторської дисертації (корпус і зала інституту тоді були на Солом'янці). Всеволод Миколайович працював у Воронежському хіміко-технологічному інституті, а тато — заступником директора нашого інституту з навчальної і завідувачем наукової роботи і кафедри технологічного обладнання.

Під час Великої Вітчизняної війни Всеволод Миколайович, займаючи посаду заступника директора Воронежського хіміко-технологічного інституту, керував евакуацією інституту в м. Бійськ (недалеко від Томська), а потім переїхав туди разом з інститутом. Наша сім'я разом з Київським технологічним інститутом харчової промисловості приїхала у Бійськ у 1943 р., коли я закінчила 9 класів і в Бійську почала вчитись у 10 класі. Інститут розміщався за 12 км від Бійська і займав другий поверх приміщення середньої школи, а на першому поверсі продовжувалось навчання учнів у школі. Евакуйованим

громадянам під житло виділяли покинуті дачні будиночки місцевих жителів і Всеволоду Миколайовичу був виділений будиночок (разом з сараєм і коровою) на кручі над р. Бією з чудовим краєвидом. У Бійськ був евакуйований і Смілянський машинобудівний завод, директором якого працював випускник нашого вузу і наша сім'я кілька разів ходила до нього в гості.

Тато у Бійську захворів на черевний тиф і лікувався у лікарні. Всеволод Миколайович допомагав йому, як міг, організовував відвідування лікаря, якого потрібно було підвозити за 12 км, для заохочення лікаря виписував продукти (масло, цукор, оселедці).

Після війни ми повернулись у Київ, а Всеволод Миколайович – у Воронеж. Я закінчила інститут у 1949 р. і працювала старшим лаборантом кафедри технологічного обладнання, на якій викладались також гідравліка і процеси й апарати. Тато працював заступником директора інституту і одночасно завідувачем кафедри, часто був у службових відрядженнях у Москві, зустрічався з Всеволодом Миколайовичем і в 1951 р. запросив його працювати в наш вуз для створення кафедри процесів і апаратів, Всеволод Миколайович приїхав у Київ у кінці серпня і вже з першого вересня почав читати лекції з процесів і апаратів на новоствореній кафедрі, куди була зарахована і я.

Ми з Всеволодом Миколайовичем за літературними даними вперше побудували криву фазової рівноваги бінарної суміші етанол-вода і почали розробляти методи розрахунку процесу ректифікації з використанням цієї кривої. Потім експериментально встановлювали уточнені рівноважні значення і викреслювали криві на окремих великих аркушах, почали доповідати результати на інститутських конференціях. З'явилися перші публікації. Я відвідувала всі лекції Всеволода Миколайовича, які він читав студентам, і використовуючи його поради з великим задоволенням проводила практичні заняття. Зразком проведення практичних занять був викладач Ф.А. Редько, талановитий інженер, якого дуже цінували і поважали Всеволод Миколайович і мій тато. За його ініціативою ми з метою економії часу не визивали студентів до дошки, а переважно самі розказували матеріал і розв'язували задачі.

Студенти були зацікавлені у навчанні і уважно слухали. У нас були розрахунки практично всіх апаратів харчової промисловості.

Я дуже любила і поважала Всеволода Миколайовича. Часто згадували В.І. Баранцева, С.Є. Харіна, професора Л.Л. Добросердова, які під час війни перебували у Бійську. Л.Л. Добросердов згодом захистив докторську дисертацію з солевої (екстрактивної) ректифікації і написав у співавторстві монографію на цю тему (1969 р.).

(Примітка автора: Якось в особистій бесіді Всеволод Миколайович сказав, що він із сім'ї священників, але в ті часи про це не можна було говорити. Священників у рідні мав і Г.М. Знаменський. Очевидно, не випадково ці видатні високодуховні вчені знайшли спільну мову і підтримували дружні стосунки).

### **Мій другий батько**

*Доцент Задніпрняний В.А.* Після закінчення Смілянського технікуму харчової промисловості у 1951 р., як відмінник навчання, я був включений у 5% випуску і за направленням був зарахований без іспитів студентом механічного факультету КТХП. Коли я навчався на третьому курсі завідувач кафедри теплотехніки доцент Федоров П.Д., він же директор інституту, дізнавшись, що я раніше працював електрослюсарем 5-го розряду у Москві, запропонував мені працювати лаборантом на 0,5 ставки, але зарахувати мене не зміг, тому що в той час Міністерство вищої освіти забороняло працевлаштування студентів стаціонару.

Згодом, у 1954 р. за рекомендацією професора М.А.Буренкова, який вів у нас заняття ще в Смілянському технікумі і пам'ятав мене, допоміг мені влаштуватись працювати на 0,5 ставки лаборантом кафедри процесів і апаратів. Завідувач кафедри і заступник директора інституту з наукової роботи, професор Всеволод Миколайович Стабніков виклопотав дозвіл на моє зарахування.

З перших днів моєї роботи Всеволод Миколайович залучив мене до науково-методичної роботи і поставив завдання створити лабораторну

установку на основі придбаної кафедрою надцентрифуги та написати методичні вказівки до виконання цієї роботи студентами. З завданням я успішно справився.

Коли настав час виконання дипломного проекту, Всеволод Миколайович запропонував тему: «Проект лабораторії процесів і апаратів з розробкою конструкції лабораторної барабанної вакуумфільтрувальної установки безперервної дії». Завдяки Всеволоду Миколайовичу, в період переддипломної практики і виконання дипломного проекту я ознайомився з кращими на той час навчальними лабораторіями з процесів і апаратів ряду інститутів Москви, Ленінграда, Києва, а також з підприємствами машинобудування і харчової промисловості.

На основі проведеного аналізу і досліджень був розроблений проект лабораторії, спроектована і виготовлена лабораторна барабанна вакуумфільтрувальна установка безперервної дії, а згодом і ряд інших установок: «Визначення витрати енергії при механічному перемішуванні в рідкому середовищі», «Фільтрування суспензії на рамному фільтрпресі», «Відцентрове фільтрування», «Вивчення кінетики процесу конвективного сушіння». Конструкцію барабанної вакуумфільтрувальної установки застосували у вузах Алжиру, Куби, Болгарії. Наша лабораторія стала однією з кращих серед вузів подібного профілю.

Відтак доля пов'язала мене з чудовою людиною, висококваліфікованим спеціалістом світового рівня в галузі масообмінних процесів і апаратів — професором Всеволодом Миколайовичем Стабніковим, з легкої руки якого все подальше трудове і творче життя я пов'язав з кафедрою процесів і апаратів, аж до виходу на пенсію у 1991 р.

Весь цей час моїм добрим другом і наставником був професор В.М.Стабніков, взірець чуйності, людяності, порядності, доброзичливості і справедливості. Для мене він був другим батьком.

Співробітники інституту йшли до нього зі своїми радощами і неприємностями, як до вченого і як до батька, і залишали його кабінет задоволеними, навіть ті, кому було відмовлено у вирішенні питання.

Пригадую, як багато часу і енергії витратив Всеволод Миколайович на те, щоб допомогти мені отримати Київську прописку, а згодом і квартиру. Всеволод Миколайович дбав про науковий ріст співробітників кафедри і інституту.

Першим його аспірантом був Аношин Іван Михайлович, який згодом став ректором Краснодарського політехнічного інституту. Я був 21-им аспірантом Всеволода Миколайовича і він визначив напрямок моєї наукової роботи в продовженні досліджень масообмінних апаратів ротаційного типу, започаткованих його першим аспірантом І.М. Аношиним.

Результатом моєї кандидатської роботи стала розробка ряду нових патентоздатних високоефективних апаратів ротаційно-вихрового типу.

Всеволод Миколайович генерував і завжди підтримував нові ідеї щодо удосконалення навчального процесу, харчових технологій, спонукав до винахідництва та ознайомлення з патентно-ліцензійною роботою, яку я згодом очолив у нашому інституті (1962 р.) і читав лекції з патентознавства і основ технічної творчості після закінчення у Москві спеціальних курсів підвищення кваліфікації. (Примітка автора: за 10 років праці В.А.Задніпряного у патентно-ліцензійному відділі крізь його руки пройшло більше тисячі заявок, на які були видані авторські свідоцтва СРСР на винаходи. Винахідники говорили про В.А.Задніпряного: «До нього підеш з однією ідеєю, а він підкаже ще кілька нових ідей»).

Після закінчення аспірантури я працював асистентом, але не довго. Коли я був у відрядженні до Москви, моя дружина повідомила, що я вже старший викладач — це питання вирішив без мого втручання Всеволод Миколайович. Так було і з присвоєнням звання доцента після захисту дисертації.

Дякую долі, що на моєму творчому шляху зустрілась така щира, доброзичлива людина — Всеволод Миколайович, який визначив мій вибір



щодо наукової роботи в галузі масообмінних процесів і апаратів, технічної творчості і винахідництва.

Світла і вічна пам'ять дорогому вчителю, другу і наставнику, другому моєму батьку — Всеволоду Миколайовичу Стабнікову.

### **«Моя старшая дочь»**

*Шамрай Зінаїда Анатоліївна* (працювала на кафедрі інженером першої категорії навчального процесу з 1990 р. по 2003 р. Шамрай З.А. — дочка Штромило Марії Іванівни, яка працювала на кафедрі з серпня 1955 р. старшим лаборантом, з 1962 р. — завідувачем лабораторії, з 1973 р. — старшим викладачем, з 1982 р. по 1991 р. — доцентом кафедри).

З першої ж бесіди на предмет зарахування на роботу старшим лаборантом кафедри між Марією Іванівною і Всеволодом Миколайовичем встановилось взаєморозуміння і Марія Іванівна почала інтенсивно працювати над замовленням обладнання для створюваної лабораторії і виконання науково-дослідних і господарсько-договірних робіт. Більшість великих замовлень на обладнання виконували експериментально-механічні майстерні інституту за кресленнями співробітників кафедри. Монтаж установок у лабораторії, слюсарні, токарні та підгоночні роботи по місцю виконував головним чином навчальний майстер Іван Андрійович Коцюбенко.

Згодом Марія Іванівна з великим успіхом вела всю документальну і облікову роботу за господарсько-договірною тематикою з підприємствами, якою керував Всеволод Миколайович. За своїм характером Марія Іванівна була «пробивною» жінкою і їй удавалось швидко узгоджувати будь-які організаційні і фінансові питання. Цьому сприяв великий авторитет Всеволода Миколайовича. Коли Марія Іванівна їдила у Москву підписувати у Міністерстві харчової промисловості папери з госптематики, або узгоджувати питання з навчального процесу та ін., досить було сказати, що вона з кафедри професора В.М.Стабнікова і він передає їм привіт, як перед нею відразу ж

«відкривались усі двері». До того ж у жодне відрядження вона не від'їздила без «Київського торта», який був тоді «візитною карткою» Києва.

Всеволод Миколайович поважав і щиро любив Марію Іванівну, неодноразово казав їй: «Вы — моя старшая дочь!» Вона теж поважала Всеволода Миколайовича і як могла намагалась йому догодити, тим паче, що він був природженим інтелігентом, скромною і делікатною людиною, піклувався не про себе, а про інших, ніколи не просив щось для себе. Він читав і корегував дисертації, давав зауваження і поради, які могли б покращити роботу, дбав про загальну культуру і культуру мови викладачів, радив їм читати газети і журнали, щоб точніше і краще висловлюватись. Коли хтось зі співробітників уживав не літературні слова місцевого діалекту, — у розмовній мові, звітах чи в дисертаціях, він намагався зробити ввічливе зауваження так, щоб «не унизить достоинство и не обидеть человека». Навіть, коли Всеволод Миколаевич був чимось стурбований, він всеодно з усіма лагідно привітався і здоровався з потиском руки.

Сталось так, що внаслідок відсутності вільних приміщень в одному кабінеті завідувача кафедри разом зі Всеволодом Миколайовичем були робочі столи О.Г.Муравської, Марії Іванівни, а пізніше і Л.В.Переяславцевої (зав. лабораторією). Всеволод Миколайович з усіма добре ладив і ніколи не давав будь-якого приводу відчувати, що він має певні незручності. Він поважав і любив жінок, проте все ж намагався не брати їх на роботу на кафедру. Він вважав, що фахівці з процесів і апаратів повинні бути конструкторами, а це — чоловіча схильність. Дисципліна «Процеси і апарати хімічної технології» англійською мовою звучить як «Хімічна інженерія». Якщо задача хіміка полягає в тому, щоб за допомогою хімічних реакцій у пробірках отримати новий продукт, то задача інженера-хіміка (фахівця з процесів і апаратів) — підібрати оптимальний технологічний режим і сконструювати апарат для виготовлення цього продукту.

Коли помер професор кафедри М.О. Буренков, який був першокласним конструктором і розробив ряд нових вібраційних апаратів, Всеволод Миколайович з сумом говорив, що такого конструктора на кафедрі не буде.

Всеволод Миколайович був дуже терплячим і коли захворів нічого для себе не просив, а Марія Іванівна за власною ініціативою організувала чергування біля нього співробітників кафедри, купувала ліки, піклувалась про передачу у лікарню потрібних продуктів, а після видужання турбувалась про путівки у будинки відпочинку.

Після смерті дружини — Ольги Вікторівни — Всеволод Миколайович важко переживав і залишився практично без догляду. Борщ Всеволоду Миколайовичу приносила сусідка — жінка професора Г.І. Прейса, а білизну до пральні Всеволод Миколайович носив сам у авосьці і не дозволяв нам допомагати. Марія Іванівна на кафедрі пригостила Всеволода Миколайовича домашніми стравами, разом пили чай. Марія Іванівна цінувала Всеволода Миколайовича за його високу духовність, піклувалась про нього як дочка про свого батька, завжди дуже тепло про нього згадувала.

### **Доброта і принципівість**

*Професор І.Ф.Малежик.* Всеволода Миколайовича Стабнікова я пам'ятаю з перших років його праці в Київському технологічному інституті харчової промисловості. В 1951/52 навчальному році він читав лекції з процесів і апаратів харчових виробництв на 3-му курсі механічного факультету, де я в той час навчався. Пізніше він був у мене керівником дипломного проекту, а далі, після праці за направленням на виробництві в Білорусії, за порадою Всеволода Миколайовича я вступив до аспірантури і під його науковим керівництвом захистив кандидатську дисертацію. Після аспірантури він залишив мене на викладацьку роботу на кафедрі процесів і апаратів, був моїм науковим консультантом по докторській дисертації. Ми працювали разом до останніх днів його життя. І я дуже вдячний долі, що звела мене з такою вийняtkово чудовою людиною, яка відіграла визначальну роль у моєму житті.

Всеволод Миколайович поєднав у собі найкращі риси, які були притаманні старій російській інтелігенції. Він був не лише великим вченим у своїй галузі науки, а й енциклопедично освіченою людиною, володів знаннями світової культури, особливо літератури. Кожного із співробітників при поверненні з відрядження в Москву чи до Ленінграду Всеволод Миколайович розпитував, у яких театрах і музеях вони були і що цікаве бачили.

Це була дуже чуйна і добра людина. Він нікому не відмовляв у допомозі, будучи не лише завідувачем кафедри, а й проректором з наукової роботи. До всіх студентів і співробітників звертався виключно на «Ви». Ніколи нікого не образив, навіть не підвищував голос. Тому спілкуватись з ним було великим задоволенням. На превеликий жаль, люди з такими рисами зустрічаються не так часто, як хотілось би.

Працюючи з 1955 року протягом десяти років на посаді проректора з наукової роботи, Всеволод Миколайович багато уваги приділяв роботі з аспірантами. Не було випадку, щоб він когось із них не прийняв, не підтримав хоч би морально. Коли виникали якісь труднощі з вирішенням тієї чи іншої проблеми і він не міг вплинути на це безпосередньо, то говорив: «Я не знаю, як Вам допомогти, але я підпишу любий лист з клопотанням про допомогу».

Коли приходилось разом з ним давати рецензії на статті в журнали, де він був членом редколегії, то свій підпис Всеволод Миколайович ставив лише під позитивними рецензіями. У випадку негативних рецензій він говорив: «Відправляйте рецензію тільки за одним вашим підписом»

У той же час, коли в журналі «Химическая промышленность» була опублікована стаття відомих вчених з хімічної технології, в якій заперечувалась доцільність використання в розрахунках процесу ректифікації коефіцієнта корисної дії і рекомендувалось користуватись лише коефіцієнтом масопередачі, Всеволод Миколайович опублікував у цьому ж журналі свою обґрунтовану незгоду з таким твердженням. Тому коефіцієнтом корисної дії при розрахунку процесу ректифікації користуються і досі.

Всеволод Миколайович не підтримував дружніх стосунків з Н.І.Гельперіним тому, що він у своїй монографії «Дистиляция и ректификация» використав без посилання матеріали з книжки німецького вченого Кіршбаума, яка в перекладі звучить «Техніка дистиляції і ректифікації». Щоб підкреслити пріоритет німецького автора, Всеволод Миколайович у списку літератури до першого видання підручника з процесів і апаратів харчових виробництв (1959 р.) дає посилання: E. Kirschbaum, Destillier and Rektifizirtechnik. Springer, Verlag, Berlin, 1950.

### Посилання на літературні джерела

*Професор В.А. Домарецький.* З роками ми втрачаємо близьких і дорогих нам людей, учителів, наставників, які сприяли нашому творчому становленню, розділяли з нами невдачі і досягнення. Яскравою особистістю у моїх спогадах залишається Всеволод Миколайович — чуйна, освічена, доброзичлива і разом з тим обдуманно-принципова у своїх вчинках людина.

Особливою рисою Всеволода Миколайовича було його толерантне відношення до співробітників та аспірантів у разі випадкових проявів прикрих ситуацій. Він мав стійке позитивне відношення до знайомих і колег, добре розумів складність життєвих ситуацій і не поспішав змінювати своє відношення, якщо вони в чомусь помилились, або коли про них сказали щось недобре. Скоріше, навпаки, він заспокоював і давав поради, як чинити надалі, в надії на те, що подібні ситуації не повторяться.

Він розумів, що наукові дослідження не завжди вдаються з першої спроби — кому це вдалось, той може вважати, що йому пощастило, але, як правило, у кожного на життєвому шляху трапляються негативні і навіть драматичні події. Адже, згідно з принципом Ле-Шательє, при будь-якій дії виникають сили супротиву. Мети досягає той, хто наполегливо йде до неї і завзято працює.

Під час навчання в аспірантурі я з В.О. Маринченко, який згодом став професором кафедри технології продуктів бродіння, розробили і змонтували на Пивоварному заводі № 1 прекрасну напівпромислову експериментальну

установку для перегонки бражки, що займала висоту три поверхи, і запросили нашого наукового керівника — Всеволода Миколайовича — оглянути установку, яка вже працювала. Уважно оглянувши установку, Всеволод Миколайович дав їй високу оцінку, а також зробив певні зауваження щодо підвищення рівня енергозбереження.

Удосконалюючи установку з використанням електрозварювальних робіт ми одного ранку на місці установки виявили обгорівші металеві частини установки, згорівші дерев'яні підставки і рештування та розірвану 200 л бочку, у якій зберігався спирт. Для нас це було такою трагедією, що ми навіть не знали, що робити: покидати аспірантуру, чи йти топитись у Дніпрі. «Зі слізьми на очах» ми поїхали на квартиру до Всеволода Миколайовича. Вислухавши нас він сказав: «Никаких разочарований, никаких расслаблений и расстройств не должно быть». (У той час загальноприйнятою була російська мова).

Ми трохи заспокоїлись і приступили до відновлення установки. Завідуюча лабораторією кафедри Марія Іванівна Штромило за вказівкою Всеволода Миколайовича привезла нам нові термометри, виділила необхідні прилади і за місяць ми відновили установку. Надалі, ретельно виконуючи норми техніки безпеки, ми закінчили експериментальні дослідження і вчасно захистили кандидатські дисертації.

Я надзвичайно вдячний Всеволоду Миколайовичу, як науковому керівнику, за допомогу у виконанні кандидатської і докторської дисертацій та за допомогу у зарахуванні на посаду кафедри бродильних виробництв.

Згадується випадок, коли я вже працював завідувачем кафедри. Всеволод Миколайович дав мені на ознайомлення з метою зробити попередній висновок про можливість захисту на нашій спеціалізованій Раді кандидатської дисертації, яка надійшла з Харківської політехніки. Проглянувши дисертацію, у якій розглядалися процеси перегонки і ректифікації, я зробив висновок, що робота в основному відповідає вимогам Вищої Атестаційної Комісії СРСР і може бути розглянута кафедрою на стадії попередньої апробації.

Всеволод Миколайович прочитав мій висновок, потім при мені переглянув усю роботу не пропускаючи жодної сторінки, уважно переглянув список літератури і сказав, що цю дисертацію ми прийняти не можемо, оскільки в ній не вистачає теоретичних обґрунтувань. Я йому заперечив і показав рівняння, що були в роботі, і розроблену автором теоретичну модель, але переконати не зміг.

Через кілька днів я зустрів професора кафедри процесів і апаратів О.П.Ніколаєва, колегу Всеволода Миколайовича, і розказав йому про таке непорозуміння. Виявилось, що О.П. Ніколаєв знав про цю роботу. Він мені пояснив, що автор дисертації, виконуючи роботу з ректифікації, не зробив жодного посилання на роботи співробітників кафедри, зокрема на роботи професорів П.С.Циганкова, О.П.Ніколаєва, В.М.Стабнікова (які були на передовому рівні науки з ректифікації у харчовій промисловості). Внаслідок своєї делікатності Всеволод Миколайович не наважився пояснити пряму причину відмови.

Осмислюючи сказане О.П.Ніколаєвим, я згадав, що Всеволод Миколайович у свій час рекомендував мені уважно ставитись до використання сучасних джерел у літературному огляді і включати в літературний огляд роботи тих фахівців, на рецензію до яких може потрапити робота. Адже незручно давати дисертацію на рецензію спеціалісту, про роботи якого ти не знаєш. Потрібно використовувати сучасні досягнення на основі першоджерел, а не переписувати вже відомі, використані іншими авторами, положення.

### **Співробітництво кафедр**

*Професор Ладанюк А.П.* Завідувач кафедри автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій. З глибокою вдячністю згадую Всеволода Миколайовича за допомогу у захисті у 1972 р. кандидатської дисертаційної роботи на тему «Исследование свойств выпарной установки для глюкозного сиропа как аппарата управления и разработка системы ее автоматизации». У той час В.М.Стабніков був головою Вченої ради по захисту дисертації і

дозволялось захищати дисертаційні роботи за суміжною спеціальністю за умови додаткового введення в склад Ради кількох фахівців за темою роботи. Всеволод Миколайович допоміг підшукати і запросити потрібних спеціалістів і організував захист роботи, за що я завжди згадую його теплими словами.

У дослідженні об'єктів керування впродовж всієї історії розвитку автоматизації виробництва визначальна роль належить методам керування технологічними процесами та комплексами. Одних з основних навчальних курсів при підготовці фахівців з автоматизації є курс «Процеси і апарати харчових виробництв» та фундаментальні розробки з процесів і апаратів наукової школи професора В.М.Стабнікова, на основі яких викладаються дисципліни «Автоматизація технологічних процесів», «Моделювання та ідентифікація об'єктів керування», виконується курсові, дипломні, магістерські та дисертаційні роботи.

У 70...80-ті роки минулого століття проводились активні роботи з автоматизації брагорентифікаційних установок, у яких кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій співпрацювала з головною організацією з автоматизації харчової промисловості «Харчопромавтоматика» (м. Одеса). За 50 років функціонування кафедри АКІТ було захищено кілька десятків кандидатських дисертацій, а докторські дисертації професорів Трегуба В.Г. та Ладанюка А.П. захищались за двома спеціальностями: 05.18.12 «Процеси, машини та агрегати харчової промисловості» та 05.13.07 «Автоматизація технологічних процесів та виробництв (харчова промисловість)». У цих роботах обов'язковою частиною є математичні моделі різного рівня та призначення, в яких використовуються знання з процесів і апаратів.

Кафедра АКІТ шанує пам'ять професора В.М. Стабнікова як авторитетного вченого, чуйну людину, організатора науки.

### **Людина Високого зразка**

*Бодров В.С. — професор кафедри.* У січні 1968 р., коли я після закінчення інституту другий рік працював старшим інженером відділу комплектування



обладнанням новобудов м'ясо-молочної промисловості «Укragлавлегпищепром», за пропозицією, викладачів нашої кафедри О.Г. Муравської і О.П. Ніколаєва перейти працювати на кафедру — мене запросив на співбесіду Всеволод Миколайович. (Під час навчання я у 1964-1966 рр. «підробляв» на кафедрі, працюючи на половину ставки лаборанта, але особисто з завідувачем кафедри не спілкувався).

Ця перша зустріч-бесіда запам'яталась на все життя тим, що так неформально, ввічливо і тактовно та на різні теми «життя-буття» зі мною ніхто з «великих» людей не розмовляв. Саме під час цієї бесіди я прийняв остаточне рішення присвятити своє майбутнє науковій роботі. Своєю прихованою потужною позитивною енергією Всеволод Миколайович надихнув мене повернути професійну діяльність у бік непростой, клопіткої, з великою затратою енергії, але цікавої наукової діяльності. Так розпочалась моя неперервна по цей день робота на рідній кафедрі процесів і апаратів харчових виробництв.

Всеволод Миколайович уважно відносився до мене, як і до всіх співробітників, і коли я готувався до здачі кандидатського мінімуму з іноземної мови (1970 р.) подарував мені монографію на англійській мові «Рівновага систем пара-рідина». Протягом майже двох десятиліть я з колегами ефективно користувались матеріалами цієї монографії, постійно і з вдячністю згадуючи Всеволода Миколайовича.

У цій монографії наводились також короткі дані про фазову рівновагу системи етанол-вода при атмосферному тиску. Ці дані не влаштовували потреб розрахунку ректифікаційних апаратів з достатньою точністю, тому за ініціативою Всеволода Миколайовича були проведені обширні дослідження рівноваги при атмосферному та інших тисках, які виконали О.Г. Муравська, Т.Б. Процюк та Н.М. Ющенко.

Працюючи на кафедрі всі ми відчували високу інтелектуальність та все сторонню освідомленість Всеволода Миколайовича.

Особливо запам'яталась зустріч зі Всеволодом Миколайовичом у 1986 р. після мого повернення з відрядження до Алжиру, де я 4 роки працював

викладачем на кафедрі процесів і апаратів Національного інституту легкої (харчової) технології. Всеволод Миколайович запросив мене до себе і більше години вів зі мною зацікавлену розмову про організацію навчального процесу, наявність та якість лабораторного оснащення, підготовку викладацьких кадрів та студентів, умови роботи та побуту викладачів, з великим інтересом розпитував історію Алжиру, його географію, демографію, політичну ситуацію, організацію загальноосвітньої та вищої шкіл.

Я був приємно здивований таким широким спектром питань і задоволений тим, що я зумів посильно задовольнити цікавість Всеволода Миколайовича — людини-Вчителя, людини-Вихователя, людини високого зразка.

### **Згадка аспіранта**

*Доцент В.Л. Зав'ялов.* Вперше я побачив Всеволода Миколайовича у 1977 р., коли був студентом. Лектором курсу «Процеси і апарати» був М.О. Бурєнков, практичні заняття проводив В.А. Задніпрський, а лабораторні — В.С. Бодров. Весь інститут говорив, що кафедра процесів і апаратів — найкраща не тільки в інституті, а й у СРСР і працює там великий вчений, автор багатьох книг, поважна і чудова людина всесвітньо відомий (професор) — Всеволод Миколайович Стабніков. Для нас, студентів, це звучало як чудова казка, недосяжна мрія. Але зустрічатись з ним не доводилось і він для нас був за межами реальності. Одного разу я з кількома студентами у пошуках викладача зайшли в приміщення лабораторії, а там у цей час відбувалось засідання кафедри. За столом ми побачили людину, що проводила засідання, і відразу ж зрозуміли, що це і був В.М. Стабніков, про що ми пошепки говорили один одному, коли вийшли з лабораторії.

Після закінчення інституту я відслужив у лавах Радянської Армії і вже два роки працював майстром дизельного цеху Дарницького дослідно-експериментального заводу. В.В. Пушанко, який раніше був у мене керівником дипломного проекту і знав мене як кращого студента, рекомендував П.П. Лободі взяти мене своїм аспірантом. На бесіду з ними я приїхав після

робочої зміни прямо з заводу в одязі, від якого поширювався запах викидів дизельних двигунів. Після недовгої бесіди вони сказали, що мене хоче бачити Всеволод Миколайович, який чекає на нас у кабінеті. Була 19-та година, я був стомлений після роботи, виснажений, в одязі не першої свіжості і дуже боявся розмови з такою видатною людиною.

Всеволод Миколайович зустрів нас привітанням: «Здравствуй племя молодое, незнакомое!» і з перших же хвилин розмови я побачив, що це проста, доступна і доброзичлива людина, яка говорить просто і вміє вислухати. Моє напруження швидко спало і подальша розмова велась ніби з давно знайомими людьми. Під час розмови, я сказав, що у мене нема впливових опікунів, які б за мене клопотали, а він відповів, що у нас всі працюють самостійно, і якщо ви будете працювати, то все у ваших руках, а якщо до того ж ви порядна людина, то все буде відмінно. Після бесіди мною оволоділо нездоланне бажання поступати до аспірантури під керівництвом учня В.М. Стабнікова — доцента П.П. Лободи.

Вступний іспит до аспірантури зі спеціальності після ретельної підготовки здавав комісії у складі П.С. Циганкова, О.Г. Муравської, О.П. Ніколаєва, В.М. Стабнікова. Додаткові питання задавав П.С. Циганков (про теорію фільтрування Г.М. Знаменського та ін.). Своєрідні питання задавав і В.М. Стабніков — це були питання поза межами навчального курсу, на які можна було дати відповідь лише на основі власних міркувань і навіть власної інтуїції, опираючись на вивчений по підручнику матеріал. Питання ставилось у вигляді поради, як діяти у тому, чи іншому випадку, ніби тебе не екзаменують, а радяться з тобою, наприклад, як краще зняти осад з фільтрувальної перегородки, щоб підвищити продуктивність фільтра. Екзамен я витримав «на відмінно», з чим мене після іспиту поздоровив Всеволод Миколайович і сказав, що я майже зарахований в аспірантуру, оскільки ще були інші іспити і конкурсне змагання.

З перших днів навчання в аспірантурі включився у напружену роботу з частими і тривалими відрядженнями на Носівський цукровий завод, де

доводилось все робити власноруч, бути одночасно слюсарем, електриком, зварювальником, механіком, технологом, економістом. Не вистачало знань, потрібно було займатись самоосвітою і звертатись за порадами не лише до наукового керівника, а й до інших співробітників. Атмосфера на кафедрі була така дружня, що всі завжди готові були прийти на допомогу. Це підбадьорювало і спонукало до плідної роботи.

В.М. Стабніков не допускав, щоб аспіранти пропускали засідання кафедри — приймати участь у засіданнях був їх священний обов'язок. На віть у відрядження можна було їхати лише тоді, коли науковий керівник доведе необхідність вашого від'їзду. На засіданні були всі вільні від занять лаборанти і зав. лабораторії, тому що це було засідання Кафедри з великої букви і думка кожного щодо вирішення поставлених питань була важливою. Навіть коли я був у відрядженні на заводі, то мене обов'язково повідомляли про час проведення засідання кафедри. Кафедра була згуртованою і дисциплінованою. Вважалося, що якщо працюєш на кафедрі процесів і апаратів, то лише за цим фактом до тебе відносились з великою повагою.

Подальша робота підтвердила і закріпила мої кращі аспірантські уявлення про Всеволода Миколайовича і кафедру. Ми щорічно, в день народження Всеволода Миколайовича, їздимо на кладовище, відвідуємо його, тепло згадуємо і вважаємо, що ця людина має лише дату народження і вічно живе у нашій пам'яті.

### **Человек с большой буквы!**

*Доктор технічних наук, професор, дійсний член Російської інженерної академії Кузнєцов А.М.* — аспірант (1970-1974 рр.) заочної форми навчання, працював спочатку техніком-конструктором і дійшов до посади генерального директора Іркутського науково-дослідного інституту машинобудування. Нижче без правок тексту мовою оригіналу цитуються матеріали з його книги: Ильин А.М. Моя жизнь и карьера в НИИ. - Иркутск. Изд-во Облмашинформ. 2002. — 384 с.

В начале 1970 года я сдал кандидатские экзамены по философии, иностранному языку и истории КПСС; теперь надо было определиться с аспирантурой и выбрать тему (я ориентировался на работу, связанную с созданием промышленного аппарата для выращивания плесневых грибов). Петухов советовал поступать в аспирантуру Московского химико-технологического института им. Менделеева (МХТИ), которую сам заканчивал. Зав. лаборатории Руднев предложил МИХМ, но затем сказал, что в Киевском технологическом институте пищевой промышленности (КТИПП) заведующим кафедрой процессов и аппаратов работает один из немногих блестящих ученых, оставшихся от старой школы по процессам и аппаратам — Стабников.

Будучи в Москве в одной из командировок, зашел на кафедру процессов и аппаратов, на которой учился в аспирантуре Петухов. Долго ждал заведующего Лекаевского, наконец, попал к нему на прием. Рассказал о себе, о желании поступить в заочную аспирантуру, напомнил, что у него на кафедре защитился наш сотрудник Петухов. По реакции Лекаевского понял, что ему не интересно то, о чем рассказываю. Потом узнал, что кроме меня было много москвичей, желающих поступить на эту же кафедру в аспирантуру, поэтому тратить время на приезжих Лекаевскому не хотелось. Однако договорились, что он не будет возражать, если я предприму попытку поступить в заочную аспирантуру (вступительные экзамены осенью). Уходил от него с тяжелым сердцем, неприятно было ощущать себя человеком второго сорта.

Из Москвы, как всегда, на несколько дней поехал к родителям (г. Бердычев). В Киеве решил зайти к Стабникову, о котором говорил Руднев. Приехал в институт, сотрудники кафедры сказали, что он скоро будет и заинтересованно начали расспрашивать о том, кто я, откуда; очень обрадовались, что я с Украины. Сразу почувствовал разницу в отношении к людям москвичей и киевлян (в Москве, пока стоял под дверью кабинета Лекаевского, ни один работник кафедры не поинтересовался, зачем я к ним приехал). Я ждал Стабникова у его кабинета, он подошел, первым поздоровался и пригласил войти. Едва я представился, он начал с интересом расспрашивать о

том, как я попал в Иркутск, чем занимаюсь, как вообще живется в Иркутске. С вниманием выслушал мои ответы и поделился тем, что во время войны был эвакуирован с институтом в Бийск (это тоже почти Сибирь). Когда услышал о моем желании поступить в заочную аспирантуру, сразу согласился. Спросил, чем я намерен заниматься, какая планируется тема диссертации. Я ему рассказал о том, чем в настоящее время занимается наш отдел и что мною сделано. Выяснив, что работа связана с выращиванием микроорганизмов, Стабников сказал, что с процессами движения газов через твердую среду в режиме фильтрации и с кипящим слоем он немного знаком, но для решения проблемы выращивания микроорганизмов в таком состоянии среды (при успешном поступлении в аспирантуру) придется взять консультанта по микробиологии.

Вступительный экзамен по специальности в Киеве надо было сдавать примерно в то же время, что и в Москве. После такого приема я воодушевился и решил поступать в две аспирантуры, а уже потом определиться, в которой из них учиться.

В середине августа было получено подтверждение из Москвы и Киева, что нашему институту выделены места в заочной аспирантуре.

1970 год был очень насыщен командировками. В промежутках между ними были разработаны две опытные установки для выращивания плесневых грибов (разные по размеру) с тем, чтобы была возможность совершить надежный масштабный переход к проектированию промышленного аппарата. Много пришлось делать своими руками.

Исследования, проводимые на питательной среде без микроорганизмов, не давали истинной картины того, что может происходить в промышленном аппарате.

Готовился к сдаче вступительного экзамена в аспирантуру по процессам и аппаратам химической технологии и процессам и аппаратам пищевых производств.

Изучение по книгам имеет свои преимущества и недостатки. С одной

стороны, взял книгу и никуда бегать не надо, с другой — после самостоятельного изучения материала возникают вопросы, а ответить на них некому. Я научился работать с учебниками и специальной литературой, думать, анализировать, делать выводы.

Сдачу экзамена в Москве вспоминаю, как кошмарный сон. На первые стандартные вопросы отвечал, как мне показалось, на твердую четверку. Затем начали так гонять, что не знал, куда деваться. На некоторые вопросы вообще не мог ответить. Комиссия демонстрировала мне мое невежество, захотелось встать и уйти, как в свое время сделал наш великолепный конструктор Борис Смолин (когда в Москве сдавал кандидатский экзамен по истории КПСС и не ответил на вопрос об «Апрельских тезисах» Ленина, ему указали на то, что он тратит государственные деньги на поездку в Москву, а значит, мог бы подготовиться соответствующим образом). Было желание даже сказать что-нибудь на прощание, чтобы не чувствовать себя дураком, но я остался, стерпел. Оценили мои знания на тройку (такая оценка гарантировала поступление).

С дурным настроением прилетел в Киев для сдачи кандидатского экзамена. Нашей группе дали примерные вопросы и два дня на подготовку. Наученный печальным опытом, учил все подряд. На экзамене по билету отвечал вполне прилично; затем меня спросили о теме диссертационной работы, о том, что сделано на момент сдачи экзамена. Это был разговор на равных, а не унижительный допрос, как в Москве. За экзамен я получил отличную оценку. Может быть, это был аванс на будущее, но такое отношение к людям только вдохновляет на лучшую работу. Потом я понял, что это тактика Стабникова; в его школе уже защитились более 70 кандидатов наук и 20 докторов. Это, действительно был прекрасный руководитель, ученый, педагог и интеллигент в четвертом поколении. Так я стал аспирантом двух аспирантур. Через год подал заявление об отчислении из аспирантуры МХТИ «по семейным обстоятельствам». Я же написал это заявление потому, что, приезжая к Лекаевскому отчитаться о проделанной работе, был вынужден долго выстаивать под дверью и слушать анекдоты, которые ему рассказывали

сотрудники. Остановил свой выбор на аспирантуре Стабникова и никогда об этом не пожалел.

Пошли напряженные месяцы и годы работы, командировки, связанные с испытанием собственных моделей ферментаторов, конструкций аппаратов других организаций, технологий процесса выращивания или дозревания.

На маленькой установке работал один; чтобы не оставлять на ночь автоклав без присмотра, вынужден был спать на столе (в связи с этим стал предметом для разного рода шуток). Руднев спустя два года после защиты уже ни к чему не стремился, зарплаты в 360 рублей ему хватало и теперь он, что называется, «стриг» купоны.

В первом полугодии 1973 года я подготовил проект диссертации и один экземпляр для ознакомления передал Рудневу в надежде, что он подскажет что-нибудь дельное, а два других отправил в Киев Стабникову и консультанту по микробиологии. Руднев долго «изучал» мою диссертацию, затем возвратил ее всю в жирных пятнах. Это еще можно было стерпеть (аккуратностью он не отличался), но он сделал такие замечания, для устранения которых, по его мнению, нужно было работать еще несколько лет. Я понял, что Руднев просто не хочет меня выпускать. Сам он не занимался твердофазным выращиванием микроорганизмов, а я изучал этот процесс почти три года, общался со специалистами, бывал на заводах ферментных препаратов и лучше его разбирался в этом вопросе. Приличия были соблюдены, диссертацию я показал руководителю, однако важнее мне было знать мнение Стабникова и консультанта. Безусловно, я сильно переживал: вдруг что-то не так, ведь варился в основном в собственном соку. К началу сентября получил письмо от Стабникова, в котором он сообщал, что работа годится, серьезных замечаний нет и нужно приехать на предзащиту — учесть в последнем варианте рекомендации, отпечатать реферат, назначить оппонентов и ведущую организацию.

Полетел на предзащиту в Киев. Собралась почти вся кафедра. Я сильно волновался — не хотелось иметь бледный вид. Но Стабников сразу расположил



ко мне сотрудников кафедры, когда сообщил, что к ним на предзащиту приехал еще один мученик от науки, «сибиряк» с Украины. После его вступительного слова обстановка разрядилась, и я относительно спокойно доложил о результатах исследований, представленных в работе. Вопросы, задаваемые мне, были корректными, никто не стремился «завалить» или поставить в неудобное положение. Затем выступил рецензент, отметил положительные стороны выполненной работы и рекомендовал представить ее к защите (рецензентом был Павел Лобода, с которым я поддерживал тесные дружеские отношения до самой его смерти в 2000 году). На предзащите были намечены оппоненты и ведущее предприятие. Первым оппонентом должен быть известный в стране специалист по направлению моей работы, поэтому предложили Колоскова (недавно вышла его книга об оборудовании для выращивания микроорганизмов на твердых сыпучих средах). Второй оппонент был из Института микробиологии АН Украинской ССР, ведущим предприятием был рекомендован Киевский завод бактериальных препаратов (я уже бывал на этом заводе — наш отдел разрабатывал для него аппарат).

Я внес коррективы в диссертацию и автореферат по замечаниям, которые были сделаны на предзащите, и полетел в Москву к первому оппоненту. Встретил он меня доброжелательно, сказал подойти через день. Пришел через день, по выражению его лица вижу: что-то не то. Спрашиваю, в чем дело, он отвечает, что работа хорошая, но надо встретиться с Калунянцем — заместителем директора ВНИИсинтезбелка по направлению «Ферментные производства».

Калунянец встретил меня с криком: «Я вам не позволю защититься! Почему вы не включили в заявку на изобретение меня и Голгера?» (Голгер был начальником лаборатории по его направлению, они тесно сотрудничали, в соавторстве издали книгу.) Действительно, к моменту защиты я получил два положительных решения на изобретение: на способ и конструкцию аппарата. Эти технические новинки были результатом исследований, которые проводил лично я, потому решил, что москвичи к моему изобретению никакого

отношения не имеют. Вернулся к Колоскову, а тот объявил, что оппонировать работу не будет и направит письмо в совет с отказом приехать. (Много позже я узнал, что Колосков был в дружеских отношениях с Калунянцем и сообщил ему о моей работе; Калунянец предложил Колоскову подготовить отрицательный отзыв, но Колосков уважал Стабникова и не мог пойти против совести, поэтому нашел золотую середину и отказался оппонировать ввиду «занятости».)

Сильно расстроенный, снова полетел в Киев к Стабникову. Он меня выслушал и спросил: «Что, на самом деле Калунянец кричал? А вы ему сказали, кто у вас научный руководитель?» Получив утвердительный ответ, покачал головой: «Да, меняются люди, забыл, как бегал меня встречать на вокзал, когда я был у него оппонентом. Ну, что ж, не расстраивайтесь, все равно будем защищаться, пригласим более сильного оппонента».

Снова собрали заседание кафедры, и в связи с отказом Колоскова Стабников предложил назначить оппонентом заместителя директора института микробиологии им. Августа Кирхенштейна АН Латвийской ССР члена-корреспондента АН Латвийской ССР, доктора технических наук, профессора Бекера. Стабников его хорошо знал — Бекер защищал докторскую диссертацию в КТИППе, а предзащиту проходил на его кафедре. Стабников позвонил Бекеру в Ригу, тот согласился оппонировать, но сказал, что есть одно «но». Я вылетел с диссертацией в Ригу, передал ее Бекеру. Он попросил один день для ознакомления с диссертацией, выяснил, как и где я устроился. Узнав, что я только-что с самолета, сказал: «Будете жить в академической гостинице в Юрмале», — кому-то позвонил, договорился о месте, объяснил, как туда проехать, дал совет, что посмотреть в Риге.

На следующий день в назначенное время я был у Бекера. Работа ему понравилась, положительный отзыв он обещал подготовить и направить в Киев в совет и ко мне домой, но приехать на защиту не сможет, так как на это время взята путевка на юг. Для меня это был удар.

Что же получается? Один оппонент отказался, другой не приедет; такое стечение обстоятельств может рассматриваться в ВАКе как криминал, и они с удовольствием «отставят» работу. Снова лечу в Киев, все рассказываю Стабникову, он меня успокаивает: «Ничего страшного — положения ВАКа мы не нарушаем, такое случается, возьмем на подмену еще одного первого оппонента, это разрешается». Затем вместе со мной идет на кафедру бродильных производств к профессору Лебедянскому. Объясняет ему ситуацию. Лебедянский соглашается заменить первого оппонента (в свое время он сам был аспирантом Стабникова, работал у него на кафедре, после защиты докторской диссертации при поддержке своего руководителя перешел заведующим на другую кафедру). Павел Лобода взялся оказать помощь в рассылке автореферата, чтобы я не терял времени в Киеве и смог повидать родителей, которые очень гордились мною и, конечно, переживали за меня. Мама потом долгие годы с благодарностью вспоминала Стабникова и всегда желала ему крепкого здоровья.

Защиту назначили на конец ноября 1973 года. Я улетел в Иркутск, чтобы через месяц снова вернуться в Киев. Месяц пролетел быстро, и вот я лечу на защиту. В душе буря; так хочется подняться еще на одну ступеньку знаний, чтобы чувствовать себя уверенней. В Москве, во Внуково, дожидаясь вылета самолета в Киев, почувствовал ноющую боль в паху, замучили приступы тошноты, постоянные позывы сбегать «до ветра». Я весь взмок от боли. В самолете, на мое счастье, женщина, сидевшая рядом, оказалась врачом, дала мне анальгин и ношпу, вроде немножко отпустило. В Киеве снова начались боли, и сестра вызвала скорую. Увезли меня в урологическое отделение, сделали рентген; оказалось, что из почки вышел камень и двигается по мочеточнику; поставили обезболивающий укол и отправили назад к сестре ждать, когда выйдет камень. А через несколько дней защита — вдруг снова начнется приступ.

В ответственный день чувствовал себя нормально. И работу защищал со знанием дела. Сестра присутствовала на защите, переживала, наверное, еще

больше меня. Я волновался, вдруг Калунянец прислал отрицательный отзыв, но этого не случилось. Наверное, он вспомнил, как защищался сам и кто у него был оппонентом. Голосование было единогласным в мою пользу. После защиты по традиции пригласил нескольких человек с кафедры в ресторан поужинать и отметить такое важное событие в моей жизни. Были на этом маленьком торжестве Лобода и новый аспирант кафедры Карлаш, с которым я до сих пор поддерживаю связь. Стабников в подобных мероприятиях не участвовал.

С хорошим настроением вернулся к сестре, а поздним вечером «скорая» увезла меня в больницу. После защиты надо было оформить документы, а я оказался на больничной койке. На кафедре меня потеряли, Стабников разыскал сестру и, выяснив в чем дело, сразу предложил помощь. Человек с большой буквы, что еще скажешь! Отношение Стабникова к людям явилось для меня хорошим примером. В своей дальнейшей работе я старался с таким же уважением и вниманием относиться к подчиненным, даже если кто-то из них и не заслуживал хорошего отношения. Не раз мне приходилось вспоминать слова Стабникова: «Если ко мне обратился человек, я должен его выслушать и помочь». Не раз я благодарил судьбу за то, что она свела меня с этим человеком. На кафедре и в институте к нему очень бережно относились, уважали и любили. Во втором квартале 1982 года уже был готов первый вариант докторской диссертационной работы, и я решил показать его в Киеве на научном совете. В июне приехал в Киев к Стабникову (связь с ним никогда не прерывал, в командировках использовал любую возможность, чтобы увидеться, стал бывать у него дома). Тот материал, что я показал, Стабников одобрил. Рассмотрение работы на расширенном заседании кафедры прошло успешно, на кафедре меня уже считали своим человеком. Совет рекомендовал администрации нашего института в соответствии с законом предоставить мне учебный оплачиваемый отпуск на полгода для подготовки докторской диссертации.

Будучи в творческом отпуске, встретил заместителя директора по научной работе Иванкова (тот был в командировке, когда я уходил в отпуск). Он был в страшном гневе: моя работа не рассматривалась на научно-техническом совете института. Пришлось сказать, что в институте нет докторов, которые могли бы оценить представленный материал, а сам Иванков — тем более. Состоялся неприятный разговор. Ведь все знали политику Иванкова, он даже мысли не допускал, что кто-то может подняться до его социального уровня.

Я знал, что мне все равно нужно будет представить работу в научно-технический совет института; переживал, готовил протоколы с сотрудниками лаборатории, уточнял, что сделано ими, что мною (надо было документально показать, что я не пользуюсь результатами чужого труда). Причин для волнений было несколько. Во-первых, на поддержку заместителя директора по научной работе Иванкова рассчитывать не приходилось — зачем ему подчиненный с докторской степенью. Во-вторых, Шишков, зная проблему лучше других, мог отыграться на мне после провала в нашем отделе. В-третьих, я узнал, что Петухов, заведующий отделом гидролизного оборудования, после защиты кандидатской диссертации написал на меня анонимку в ВАК от имени преподавателей и аспирантов кафедры процессов и аппаратов Ленинградского технологического института (а ведь до этого случая мы были с ним в приятельских отношениях. Когда он учился в аспирантуре, я, по его просьбе, выполнял на стендах лаборатории часть исследований по теме его диссертации и результаты передавал ему в Москву, за что он мне в письмах не раз высказывал свою благодарность).

Я спросил у Петухова, зачем он это сделал, а тот похлопал меня по плечу и сказал: «Дурачок, тебе же лучше: хороший урок для закалки характера». Мне повезло, в ВАКе на анонимку не обратили внимания — настолько фальшиво и грубо она была состряпана — как потом, уже после утверждения, рассказал мне Стабников).

Случай с анонимкой стал известен всем в институте, но ни со стороны Усова, ни со стороны партбюро реакции никакой не последовало. Перед

заседанием научно-технического совета Петухов встретил меня в коридоре и изрек: «Защититься тебе не дам!» Послать я его послал, но настроение испортилось. Кроме того, не мог быть полностью уверен в Усове, ведь однажды он меня уже «подставил».

На заседании научно-технического совета присутствовали все сотрудники лаборатории. Я приготовил сорок плакатов с фотографиями промышленных аппаратов, моделей, графиками и формулами; саму диссертацию предварительно сдал в библиотеку института, чтобы желающие могли ознакомиться. Рассмотрение закончилось благополучно. В конце декабря вылетел в Киев, прошел предзащиту; мне назначили оппонентов, ведущее предприятие и определили день защиты — 5 мая 1983 года. С билетами на самолет, как всегда, было сложно, поэтому Новый год встретил в воздухе и в Иркутск прилетел первого января.

В середине апреля приехал в Киев для подготовки к защите. Кто защищался, тот знает — это получение отзывов, встречи с оппонентами, обсуждение работы и замечаний по ней, подготовка банкета. Кроме того, надо было подготовить ответы на замечания в отзывах, но это не мешало мне регулярно ходить в прекрасный Киевский театр русской драмы им. Леси Украинки, к тому же просмотр спектаклей отвлекал от переживаний. Время для защиты было подобрано не совсем удачное: начало мая, почта перед праздниками перегружена, к 29 апреля пришло всего несколько отзывов, с 30 апреля по 3 мая почтовое отделение вообще не работало. Еле дождался 4 мая, с работником институтской канцелярии пошел на почту. Слава богу, среди корреспонденции обнаружил двенадцать отзывов на диссертацию. Вечером того же дня из Риги встретил первого оппонента — Балдериса. Мы с ним познакомились, когда я приезжал к Бекеру. Он знал, какими проблемами я занимаюсь, я тоже по публикациям следил за его работами. Мне было лестно: человек большого ума, известный ученый (почти каждый год выходили его монографии) будет у меня первым оппонентом.

Другой оппонент — директор института теплофизики АН УССР (с его отзывом и замечаниями знакомился уже в день защиты, отзыв был хороший). В своем выступлении он отметил, что для защиты хватило бы и половины того, что есть в диссертации. Это была высокая оценка. Еще один оппонент являлся членом специализированного совета. В день защиты я выстоял на трибуне более четырех часов; проголосовали единогласно в мою пользу. Я же после такого испытания, наверное как и все в такой ситуации, почувствовал опустошение; гонка закончилась, а радости пока никакой. Стабников был доволен, он даже гордился мною, ведь я стал первым доктором на кафедре, который учился все время заочно. У него был альбом с фотографиями кандидатов и докторов, которые прошли через его кафедру — он следил за дальнейшей судьбой своих диссертантов. После защиты я оформил необходимые документы для отправки в ВАК, вылетел в Иркутск.

Началось томительное ожидание решения ВАКа. Пролетели традиционные полгода, в течение которых обычно это решение выносится, затем еще пять месяцев... И так прошел год. Наконец, узнал, что моя диссертация у «черного» оппонента, декана МИХМа (Момковский институт химического машиностроения), профессора Саламахова (в МИХМе работали лучшие специалисты по процессам и аппаратам, поэтому я в свое время познакомился с Саламаховым, даже бывал у него дома. Кроме того, у него в очной аспирантуре учился сотрудник моей лаборатории Бальцерак). Как потом выяснилось, Саламахов и некоторые профессора института, которые стояли у истоков создания производства кормового белка, мучились вопросом — нужен ли им доктор наук, специалист по ферментаторам, в Иркутске? В конце концов Саламахов дал положительный отзыв. Если бы мы не были знакомы, все могло кончиться печально.

В июне мне позвонила инспектор из ВАКа и сообщила, что надо переделать расчет экономического эффекта от внедрения результатов работы; рассказала, по какой форме он должен быть сделан (всего за несколько дней), если я хочу, чтобы мою работу успели рассмотреть на последнем перед

каникулами заседания экспертного совета и президиума ВАК. Прежний расчет я получил на Ангарском заводе БВК (белково-витаэжминных концентратов). Срочно его переделываю и еду на завод утвердить у директора; там узнаю, что он после инфаркта находится на реабилитации в «Ангаре» (через некоторое время я тоже там окажусь — борьба за выживание института доведет до инфаркта). Еду в санаторий, показываю старый расчет и новый, сумма та же, только форма другая. Директор утверждает расчет, я снова возвращаюсь на завод поставить печать. Главный бухгалтер отказывается ее ставить на подпись директора, находящегося на больничном. Говорит, что я буду предъявлять заводу претензии, требуя вознаграждение по результатам внедрения и экономического эффекта, а на это у нее денег нет. Я пытаюсь ее убедить в обратном, но ничего не получается; тогда предлагаю оставить расписку. На это предложение главный бухгалтер соглашается. Мы оформляем расписку, и я получаю желанную печать. Теперь нужно срочно доставить этот документ в ВАК. Лето, билетов на Москву нет — хоть плачь. Усов идет навстречу, выписывает командировку и через обком партии достает билет на самолет.

На следующий день я уже в ВАКе. Последнее заседание завтра, в ожидании решения не уснуть. В два часа звоню инспектору, как договаривались. Она мне коротко: «Поздравляю! Вы — доктор!» Свершилось! Даже не верится. Промелькнули годы работы в институте, радости и обиды. Жаль, что отец не дожил до этого дня, как бы порадовался... Мне сорок, я единственный доктор в институте; кажется, что все могу.

### **Людина живе, доки її пам'ятають**

*Професор Л.М. Мельник.* Працюючи зав. лабораторією кафедри процесів і апаратів харчових виробництв, мені доводилося виконувати безліч організаційних питань по кафедрі. Але найприємнішою функцією, покликом серця було відвідання аудиторії А-217, де своє робоче місце обіймав Стабніков Всеволод Миколайович — людина надзвичайної душевності, доброти, такту,



інтелігентності. На той час він вже склав повноваження завідувача кафедри, працював професором.

Я, як правило, заходила до нього перед обідом, приносила йому чи ватрушку, чи пиріжки, ставила електрочайник, і ми разом пили чай. Моє ніжне до нього ставлення викликало в нього такі ж почуття. Одного разу він запитав, чи я маю природний колір обличчя чи використовую рум'яна. Я почервоніла і відповіла, що мій рум'янець на щічках — природний.

Розмовляючи про всі сторони буття, він розпитував про болгарський вуз, де я навчалась, про книги, які читала, говорили про театр. Він вмів слухати, як ніхто, ніколи не перебивав, запитував мою власну думку на ряд життєвих проблем.

Я намагалась висловлюватись обдуманно, ґрунтовно, грамотно, боялася вживати слова-суржики, неграмотні звороти та закінчення. Всеволод Миколайович це розумів і цінував. Тоді ще я не усвідомлювала, яку щасливу нагоду я маю спілкуватись, слухати цю велику людину. Бувало професор Стабніков В.М. купував ватрушки і пригощав мене, і ми знову розмовляли. Він розповідав про себе, про свій життєвий шлях, досягнення. Часом він питав мою думку стосовно того чи іншого питання і в мене просто виростили крила від задоволення, що такий вчений, як Всеволод Миколайович, уважно мене слухає.

Стабніков В.М. був надзвичайно скромним, невибагливим. Ніколи не вимагав якихось комфортних умов, а коли чогось потребував, то соромився виразити своє прохання.

Ми часто розмовляли про студентів нашого вузу, про відсутність у багатьох з них бажання поглиблювати знання, про небажання декого з молодих людей відвідувати лекції та лабораторні роботи. Всеволод Миколайович мені казав так: «Якщо під час лекції дві пари уважних очей слідкують за тобою, слухають і ще й записують, то лекція не пропала даром і є сенс її читати».

Ці слова я запам'ятала на все життя. Через роки, коли я стала лектором, я згадую багато мудрих порад свого наставника і вчителя, а таким я вважаю Стабнікова В.М., і щедро передаю ці прості істини своїм молодим колегам.

Якщо студент навіть і не слухає, все одно він сприймає якісь фрагменти, або хоч відголоски лекції. У підсвідомості людини відкладається навіть те, що пройшло повз неї непоміченим. Під час війни у В'єтнамі американці інколи брали в полон солдатів і, звісно, допитували їх про кількість військ і наявність техніки. Мало навчені солдати не могли відповісти на питання. Після цього їх «навчали». На голову надівали спеціальний шолом, підключений до відповідної апаратури і кілька годин у голові гуло, тріщало, свистіло, голова буквально розвалювалась — так по-варварськи не тільки стимулювалась робота мозку, а й проводилось відповідне технічне навчання. При наступних допитах ці солдати не тільки згадували кількість техніки, а й називали її марки і технічні характеристики. (У подальшому житті такі люди страдали психічними захворюваннями).

Я була відсутня при похованні Всеволода Миколайовича, бо вирішувала ряд організаційних питань відносно організації поминального обіду. Десь глибоко в душі я навіть раділа, що в моїй пам'яті є лише один образ: живе, усмінене і таке дороге обличчя професора В.М.Стабнікова. На таких людей слід дивитися знизу вгору, бо вони і зігрівають і освітлюють життєвий шлях.

Тепло Всеволода Миколайовича я відчуваю й понині, а його мудрі поради допомагають у найскрутніші хвилини мого життя.

## Література:

1. Стабников В.Н. Теория обновления поверхности контакта фаз, ее возникновение и развитие / Изв. Вузов СССР. Пищевая технология. – 1968, № 6. – с. 100 – 107.
2. Nernst W.Z. Phys. Chem., 47, 52, 1904.
3. Уокер В., Льюис В., Мак – Адамс В. Типовая химическая аппаратура. ОНТИ – Химтеорет, Л., 1935.
4. Кафаров В.В. Основы массопередачи. Изд. «Висшая школа», М., 1962.
5. Higbie R. Trans. Amer. Inst. Chem. Eng., 31, 365, 1935.
6. Стабников В.Н. Хим. машиностроение. 6, № 2, 14, 1937.
7. Danckwest P.V. Trans. Faraday Soc., 46, 300, 701, 1950.
8. Кишиневский М.Х. Ж. прикл. химии 24, 642, 1951; 27, 382, 450, 1954; 39, 5, 1085, 1966.
9. Кишиневский М.Х. Теоретич. основы хим. технол. 1, 6, 759, 1967.
10. Трейбал Р. Жидкостная экстракция. – М. : Химия. – 1966.
11. Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика. – М.: Физматгиз. – 1959. – 538 с.
12. Процеси і апарати харчових виробництв/ За ред. проф. І.Ф. Малежика. — К.: НУХТ, 2003. – 400 с.
13. Кафаров В.В. Журн. прикл. химии, 34, 1061, 1961.
14. Бейтли Дж., Оллис Д. Основы биохимической инженерии. ч. 2. – М: Мир, 1989. 590 с. (с. 6)
15. Лобода П.П., Завьялов В.Л. Закономерности гидродинамики пульсирующих струй в виброэкстракторах // Пищ. пром-сть. – 1992. – Вып.38. – с.88-91.
16. Лобода П.П. Розрахунок фундаментальних констант просторово-часового масштабування процесів // Харчова пром-сть. – 1998. – Вип. 43-44. – с. 74-79.

17. Стабников В.Н. Конспект лекции «Эффект Марангони и его использование в пищевой промышленности» / К.: КТИПП, 1991. – 12 с.
18. Гегузин Я.Е. Пузыри. – М.: Наука. – 1985. – 176 с.
19. Тиховлав В.Ю., Тихоплав В.С. Гармония хаоса, или фрактальная реальность. Санкт-Петербург; ВЕСЬ, 2003. – 352 с. (с. 23).
20. Доронин С.И. Квантовая магия. – СПб.: ИГ «ВЕСЬ», 2009. – 336 с.
21. Шипов Г.И. Теория физического вакуума. Теория, эксперименты и технологии. – М.: Наука, 1997. – 450 с.
22. Торсионные поля и информационные взаимодействия. – 2009. Материалы междунар. Науч. Конф. Хоста, Сочи. 25-29 августа 2009 г. Электронная версия: <http://www.Second-physics.ru/node/23>.
23. Малежик І.Ф, Немирович П.М., Марценюк О.С. Внесок вчених НУХТ у розвиток науки про процеси і апарати харчових виробництв // Наукові праці НУХТ, 2002 – № 12. – с. 17.
24. Стабников В.Н. Расчет и конструирование контактных устройств ректификационных и абсорбционных аппаратов. – Киев: Техніка, 1970. – 270 с.
25. Марценюк О.С., Дубінін О.О., Тахістова Г.О. Коливання в гетерогенних системах // Наукові праці НУХТ. – К.: НУХТ. – 2002. – № 12 (Додаток). – 43 с.
26. Марценюк О.С. Науково-технічні основи інтенсифікації масообміну в газорідних апаратах з регулярними насадками: Автореферат дис. докт. техн. наук. 05.18.12. – К.: 2006.– 45 с.
27. Марценюк О.С., Мельник Л.М. Процеси і апарати харчових виробництв: Підруч.- К.: НУХТ, 1011.- 407 с.

Наукова школа професора В.М.Стабнікова «Теорія і практика процесів  
масообміну в харчових виробництвах»

О.С. Марценюк, д-р техн. наук

Анотація

Розглянуто основні положення запропонованої В.М. Стабніковим теорії оновлення поверхні контакту фаз в процесах масообміну. Коротко описано результати теоретичних і експериментальних робіт з інтенсифікації процесів масообміну, виконаних колегами, учнями та послідовниками наукової школи В.М. Стабнікова на кафедрі процесів і апаратів харчових виробництв Національного університету харчових технологій (м. Київ), яку він заснував у 1951 р. і очолював до 1988 р., та робіт, виконаних на споріднених кафедрах вузу. Наведено теплі спогади колег та аспірантів, на долю яких випала щаслива нагода співпрацювати зі Всеволодом Миколайовичем – надзвичайно чуйною, доброзичливою і поважною Людиною.

***Ключові слова:** Гідродинаміка, інтенсивність масообміну, контактні пристрої, моделювання, оновлення поверхні контакту фаз, регулярні насадки із зубчастими отворами, ректифікація етанолу.*

Научная школа профессора В.Н.Стабникова

«Теория и практика процессов массообмена в пищевых производствах»

А.С. Марценюк, д-р техн. наук

Аннотация

Рассмотрены основные положения предложенной В.Н. Стабниковым теории обновления поверхности контакта фаз в процессах массообмена. Кратко описаны результаты теоретических и экспериментальных работ по интенсификации процессов массообмена, выполненных коллегами, учениками и последователями научной школы В.Н. Стабникова на кафедре процессов и аппаратов пищевых производств Национального университета пищевых технологий (г. Киев), которую он основал у 1951 г. и возглавлял до 1988 г., а также работ, выполненных на родственных кафедрах вуза. Приведены теплые

воспоминания коллег и аспирантов, имевших счастливую возможность сотрудничать со Всеволодом Николаевичем – чрезвычайно чутким, доброжелательным и уважаемым Человеком.

*Ключевые слова:* Гидродинамика, интенсивность массообмена, контактные устройства, моделирование, обновление поверхности контакта фаз, регулярные насадки с зубчатыми отверстиями, ректификация этанола.

Professor V.N.Stabnikov Scientific school «The processes mass-transfer theory and practice in food productions»

A. Martsenyuk, doct. techn. sciences

#### Summary

The substantive provisions of offered by V. Stabnikov theory of surface-renewal contact of phases in the processes of mass-transfer are considered. The results of theoretical and experimental works from intensification of processes of mass-transfer are shortly described, executed by colleagues, students and followers of the scientific school of V. Stabnikov on the department of processes and apparatus of food productions of the National university of food technologies (Kyiv), which he founded in 1951 and headed till 1988, and works, executed on the family departments of higher educational establishment. Warm flashbacks of colleagues and graduate students which had a fluke to co-operate with Vsevolod Mykolayovych – extraordinarily sensitive, benevolent and worthy Man are resulted.

*Key words:* Hydrodynamics, intensity of mass-transfer, contact devices, design, surface-renewal contact of phases, regular packings with toothed openings, rectification of ethanol.

Кафедра процесів і апаратів харчових виробництв