

Малежик І. Ф.

Марценюк О. С.

Мельник Л. М.

Немирович П. М.

Зав'ялов В. Л.

**Національний
університет
харчових
технологій**

УДК 664(075.3):664.8

КАФЕДРА ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ТА ТЕХНОЛОГІЇ КОНСЕРВУВАННЯ НУХТ

История развития науки на кафедре "Процессы и аппараты пищевых производств и технологии консервирования".

History of development science on kafedra "Processed and equipments of processing and technology of conservation".

Кафедра процесів і апаратів створена в Київському технологічному інституті харчової промисловості у вересні 1951 р. З часу створення і до 1988 р. кафедрою завідував заслужений працівник вищої школи України, лауреат Державної премії України, доктор технічних наук, професор Всеволод Миколайович Стабніков. З 1988 р. кафедру очолює учень В.М. Стабнікова, заслужений працівник вищої школи, лауреат Державної премії України, академік Міжнародної академії комп'ютерних наук і систем, доктор технічних наук, професор Іван Федорович Малежик.

Для створення і становлення кафедри багато зробив заступник директора інституту з навчальної і наукової роботи, завідувач кафедри спеціального обладнання харчових підприємств доктор технічних наук, професор Гліб Михайлович Знаменський.

Першими викладачами кафедри були: кандидат технічних наук, доцент В.Д. Попов, старший викладач М.Г. Бойченко, асистент Ф.А. Редько. Згодом доцент В.Д. Попов захистив докторську дисертацію (в 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.

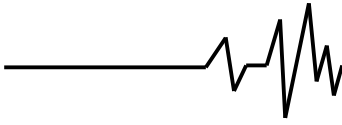
З перших років свого існування кафедра процесів апаратів під керівництвом професора В.М. Стабнікова почала готувати наукові й викладацькі кадри через аспірантуру не тільки для своєї кафедри, а й для інших кафедр інституту. Аспірантуру при кафедрі процесів і апаратів закінчили: М.О. Буренков, П.С. Циганков, 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 УДУХТ; М.П. Гандзюк - доктор технічних наук, професор кафедри охорони праці; В.О. Маринченко - доктор технічних наук, професор кафедри продуктів бродіння, екстрактів і напоїв; І.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. Задніпряний, Н.В. Погорєлова, Ю.В. Карлаш, О.В. Стратієнко, І. Г. Зеленюк, Л.О. Косоголова, кандидат технічних наук, професор П.П. Лобода.

Кафедра має навчальну та науково-дослідну лабораторії з процесів і апаратів харчових виробництв, лабораторії гідраліки та технології консервування плодів і овочів, комп'ютерний клас.

З 1993 р. на кафедрі, крім дисциплін "Процеси і апарати харчових виробництв" та "Гідраліка і гідралічні машини", читається дисципліна "Математичні моделі в розрахунках на ЕОМ".



У 1993 р. навчальній лабораторії з процесів та апаратів присвоєно ім'я професора В.М. Стабнікова.

У 1998 р. на кафедрі введено нову для університету спеціальність "Технологія зберігання, консервування та переробки плодів і овочів" і кафедра стала випусковою, а з 2000 року має назву "Процеси і апарати харчових виробництв та технологія консервування". У зв'язку з цим нині на кафедрі читаються 27 дисциплін.

У штаті кафедри працюють викладачі: професори, доктори технічних наук В.Р. Кулінченко, О.С.Марценюк, Л.М. Мельник; професори, кандидати технічних наук, П.М.Немирович, В.С. Бодров; кандидати технічних наук, доценти М.М. Жеплінська, Н.А. Жестерева, В.Л. Зав'ялов, Л.В. Зоткіна, А.В. Копиленко, І.В. Дубковецький, А.Д. Сергєєв, О.А. Коваль, Г.М. Бандуренко; канд. техн. наук, старший викладач О.В. Точкова; асистенти Н.В. Попова, Ю.В. Запорожець, Т.Г. Мисюра, Н.А. Ткачук, С.В. Матко, О.М. Деменюк, О.М. Віценко.

Всього за роки існування кафедрою підготовлено 18 докторів і більше 100 кандидатів технічних наук.

Головним напрямом навчальної роботи кафедри є підготовка фахівців з високим професійним рівнем, виховання та закріплення у них активної життєвої позиції. З цією метою навчальна та науково-методична роботи проводяться 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 на кафедрі з моменту її створення, є "Процеси і апарати харчових виробництв".

З 1995 р. за скорегованими навчальними планами курс гідравліки ввійшов складовою частиною в курс дисципліни "Процеси і апарати харчових виробництв" для студентів технологічних спеціальностей. Для інших спеціальностей читаються окремі курси "Гідравліка і гідравлічні машини" та "Гідрогазодинаміка".

Усі види занять із студентами стаціонарної та заочної форм навчання проводяться на рівні сучасних вимог з використанням ТЗН, застосуванням ЕОМ з пакетами прикладних програм та алгоритмів, демонстрацією навчальних фільмів. Усі студенти мають змогу брати участь у студентських наукових гуртках.

Викладачі кафедри беруть участь у проведенні міжвузівських науково-методичних

конференцій з питань виховання студентів та удосконалення навчального процесу. Частина викладачів є наставниками студентських академічних груп.

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

Велика увага викладачів кафедри постійно приділялась і приділяється виданню підручників і навчальних посібників.

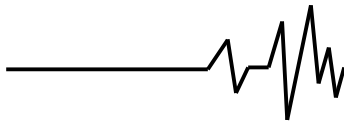
Перший підручник «Процессы и аппараты пищевых производств» був написаний у 1959 р. колективом авторів кафедри процесів і апаратів КТХП у складі професорів В.М. Стабнікова, В.Д. Попова, асистента Ф.А. Редько. Він перевидавався чотири рази. При цьому колектив авторів поповнився професором В.М. Лисянським. 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" (у 1975 р.), авторами якого стали доценти І.Ф. Малежик, М.Г. Бойченко, професор О.П.Ніколаєв, доценти О.Г. Муравська, П.П. Лобода, В.А. Задніпрняний, професор В.М. Лисянський, доцент О.М. Костенюк.

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

У 2003 році колективом авторів НУХТ видано новий підручник «Процеси і апарати харчових виробництв» за редакцією професора І.Ф. Малежика.

Із навчальних посібників, підготовлених колективом кафедри за редакцією професора В.М. Стабнікова, слід назвати: лабораторний практикум «Процессы и аппараты пищевых производств», збірник задач «Процеси і апарати харчових виробництв», «Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств». Крім того, видані «Общая технология пищевых продуктов» (професори В.М. Стабніков, Н.В. Остапчук), «Процессы и аппараты пищевых производств. Примеры и задачи» (за редакцією професора О.П. Ніколаєва), лабораторний практикум «Процеси і апарати харчових виробництв» (за редакцією професора І.Ф. Малежика).

З курсу гідравліки також є достатня кількість навчальних посібників. Так, професор



В.Р. Кулінченко видав «Справочник по тепловым расчетам», навчальні посібники "Гідродинаміка", "Гідравліка та гідравлічні машини", підручник "Гідравліка, гідравлічні машини та гідропривід". Видані також навчальні посібники "Основи наукових досліджень з гідравліки та гідравлічних машин" (професор В.Р. Кулінченко, доцент І.Г. Зеленюк, інженер І.К. Мотуз), "Гідравліка та гідравлічні системи в розрахунках і конструюванні" (професор В.Р. Кулінченко, інженер І.К. Мотуз).

Отже, викладання всіх дисциплін за напрямком «Процеси і апарати харчових виробництв» повністю забезпечене навчальною та науково-методичною літературою, створеною викладачами кафедри.

Підручниками і навчальними посібниками, підготовленими кафедрою, користуються студенти НУХТ та інших навчальних закладів України, Росії, Молдови і Білорусії. В оновлених виданнях підручників і навчальних посібників автори подають новий матеріал на базі наукових робіт викладачів кафедри та сучасних досягнень світової науки.

Основними напрямками наукових розробок кафедри з перших років її створення стали дослідження процесів масотеплообміну при ректифікації, екстрагуванні, кристалізації і сушінні, застосування вібрації і перемішування з метою інтенсифікації цих процесів, моделювання та оптимізація процесів з метою створення високоефективного обладнання для різних галузей харчових виробництв. Професор В.М. Стабніков створив всесвітньо відому наукову школу "Теорія та практика процесів масообміну в харчових виробництвах".

Дослідження у галузі ректифікації спирту проводились під керівництвом В.М. Стабнікова за активної участі професорів П.С. Циганкова, О.П. Ніколаєва, В.О. Аністратенка, І.Ф. Малежика, доцентів О.Г. Муравської, М.І. Штромило, В.А. Задніпряного, В.М. Тарана, П.М. Немировича, А.Д. Сергєєва, О.С. Марценюка, Л.М. Мельник та інших. Теоретичною базою досліджень у галузі ректифікації була запропонована М.В. Стабніковим у 1937 р. теорія оновлення поверхні контакту фаз, яка стала значним кроком уперед порівняно із загальноприйнятою на той час у світовій практиці масообміну плівковою теорією Льюїса та Уйтмана.

В.М. Стабніков вважав, що подібні умови контакту в міжтарілковій зоні ректифікаційних колон досягаються лише тоді, коли створені умови подібності для оновлення поверхні міжфазного контакту. Він писав: «Саме ця, заново утворювана поверхня має вирішальну роль в 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 приводимо в контакт свіжі, які ще не приймали участі у дифузії, елементи». Ця нова поверхня у запропонованому критеріальному рівнянні була виражена в $m^2/(s \cdot kg)$, тобто кількістю нової поверхні, яка утворюється за секунду на кожний кілограм взаємодіючої пари і враховувала часову характеристику процесу.

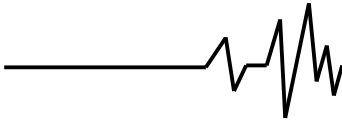
У той час у світовій науці відбувався перехід від статичної до динамічної кінетики процесів. Введення часової характеристики оновлення поверхні стосувалось уже подальших ідей розвитку технологічної науки від кінетики до динаміки, випереджаючи на півстоліття перехід до активного вивчення динаміки процесів у 1970-1980р.р.

Новий часовий параметр «оновлення» в сучасних поняттях динаміки процесів, це обернений час релаксації процесів, або, іншими словами, питома швидкість зміни поверхні - часова характеристика, яка широко використовується в хімічній кінетиці (об'ємний коефіцієнт масопередачі), хімії (швидкість реакції першого порядку), біохімії (питома швидкість росту мікроорганізмів), механіці (кутова швидкість) та в інших галузях науки.

Перехід вивчення процесів від кінетики до динаміки у хімічній і харчовій технології відбувається через осмислення часових характеристик процесу, макро- і мікрорівнів перемішування, амплітудно-частотних характеристик коливань, часово-просторової ієрархії окремих стадій процесу тощо. Розуміючи, що просторово - часові співвідношення можуть стати основою об'єднання і узагальнення досягнень різних наук, В.М. Стабніков всіляко підтримував роботи у цьому напрямі, прогнозував і спрямовував їх виконання з залученням фахівців різних спеціальностей.

Важливим науковим аспектом теорії «оновлення» було введення в характеристику процесу масообміну коефіцієнта поверхневого натягу на границі між рідкою і газовою фазами, а також фактора «стійкості піни». На статистику процесів ці величини не впливали і тому раніше не враховувались. При вивченні кінетики на поверхневий натяг зверталось мало уваги, оскільки більшість науковців досліджували свою конкретну систему у межах мало відчутної зміни величини коефіцієнта поверхневого натягу.

Лише в 1960-1970 рр. при узагальненні значень кінетичних коефіцієнтів масопередачі в системах з різним поверхневим натягом зіткнулись з необхідністю враховувати цю



величину. Площа поверхні контакту фаз у барботажних процесах безпосередньо залежить від величини поверхневого натягу: при постійній витраті газової фази чим менша величина поверхневого натягу, тим менше енергії витрачається на створення одиниці поверхні, тим більша площа поверхні контакту і тим більша частина цієї поверхні оновлюється в одиницю часу. У разі ректифікації системи етанол-вода поверхневий натяг на верхніх тарілках зменшується, внаслідок чого площа поверхні контакту фаз і ефективність роботи верхніх тарілок зростає.

Виявилось, що на роботу ректифікаційних колон впливає не тільки значення коефіцієнта поверхневого натягу σ , але й напрямок зміни цього коефіцієнта при зміні концентрації, тобто $\text{grad } d\sigma/dc$. Вплив напрямку зміни і інтенсивності зміни поверхневого натягу в процесах масообміну (ефекти Марангоні) приводять до збільшення ефективності масообміну в позитивних системах ($\text{grad } d\sigma/dc < 0$) та зменшення її в негативних системах ($\text{grad } d\sigma/dc > 0$) порівняно з нейтральними. Система етанол-вода є типовою позитивною сумішшю і напрямок зміни $d\sigma/dc$ сприяє підвищенню ефективності масообміну в ній у два рази, порівняно з нейтральними системами.

З питаннями оновлення поверхні контакту та впливу на оновлення величини поверхневого натягу в газорідних системах тісно зв'язана теорія міжфазної турбулентності, тобто турбулентності, що розвивається у випадку взаємодії рухомих фаз без фіксованої поверхні контактування.

Інтенсифікація процесу в масообмінних колонах вимагала підвищення у кілька разів навантажень щодо рідини і газу, для чого були потрібні контактні пристрої (КП) нового типу з інтенсивним оновленням міжфазної поверхні. Вдалими виявились прямотечійні, решітчасті та клапанні тарілки. Використання нових контактних пристроїв дало можливість зменшити габаритні розміри ректифікаційних колон, їхню металомісткість, скоротити виробничі площі, підвищити продуктивність брагоректифікаційних установок, знизити витрати на виготовлення одиниці готового продукту — етанолу. Професори В.О. Аністратенко і В.М. Таран дослідили і впровадили у виробництво бражні колони з прямотечійними лускатими тарілками. Професор І.Ф. Малєжик і доцент П.М. Немирович разом із співробітниками кафедри дослідили роботу клапанних тарілок, використання яких найбільш доцільне у спиртових та епюраційних колонах. Вперше

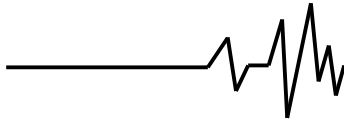
досліджено вплив структури потоку рідини на ефективність тарілок в умовах спиртового виробництва. Запропоновані методи розрахунку відкрили дорогу широкому застосуванню клапанних тарілок у спиртовій промисловості. Провальні решітчасті тарілки були досліджені і впроваджені у бражних колонах на ацетонобутиловому і спиртовому заводах доцентами М.І. Штромило та А.Д. Сергєєвим під керівництвом професора В.М. Стабнікова.

Масообмін в апаратах з регулярними гофрованими насадками вивчала доцент А.О. Конончук, яка встановила оптимальні значення кутів нахилу гофрів. Ефективність перфорованих плоскопаралельних регулярних насадок, які мають низький гідравлічний опір і невисокі енергетичні витрати на прокачування газової фази, вивчав доцент О.С. Марценюк, внаслідок чого він розробив новий спосіб інтенсифікації тепломасообміну за допомогою створення режиму організованої крапельно-плівкової течії рідини.

Провальні решітчасті тарілки досліджували і впроваджували у виробництво доценти М.І. Штромило, А.Д. Сергєєв під керівництвом професора В.М. Стабнікова. Розраховано бражні колони різної продуктивності для зернових і мелясних бражок, розроблено проекти колон, які були впроваджені на біохімічних і спиртових заводах.

Вперше в промисловій практиці ректифікації етанолу в 1973 р. застосовано клапанні тарілки, досліджені І.Ф. Малєжиком, П.М. Немировичем, П.В. Нарішковим на Лужанському спиртовому заводі, які поєднують переваги ситчастих і ковпачкових тарілок. Клапанні тарілки забезпечують високу ефективність масопередачі в широкому діапазоні навантажень парою і рідиною і підвищену, порівняно з ковпачковими тарілками, продуктивність при відносній простоті конструкції і невисокій вартості виготовлення.

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.



Результати наукових робіт, проведених в галузі вивчення КП, були узагальнені в монографіях професора В.М. Стабнікова «Расчет и конструирование контактных устройств ректификационных и абсорбционных аппаратов», «Ректификационные аппараты (конструирование и расчет)», професора В.О. Аністратенка «Прямоточные контактные устройства брагоректификационных установок», доцента О.С. Марценюка і професора В.М. Стабнікова «Пленочные тепло- и массообменные аппараты в пищевой промышленности», професора І.Ф. Малєжика «Клапанные тарелки ректификационных и абсорбционных аппаратов», а також у ряді статей наукових видань.

Дослідження в напрямі моделювання та оптимізації процесу ректифікації плідно проводили професори П.С. Циганков, О.П. Ніколаєв, І.Ф. Малєжик, доцент В.С. Бодров. Розвиток цього напряму пов'язаний з появою можливості використання сучасної обчислювальної техніки.

Виконано також під керівництвом професора П.С. Циганкова ряд робіт з регенерації етанолу в пектиновому виробництві, де він використовується у великій кількості. В них брали участь професори О.П. Ніколаєв, І.Ф. Малєжик, доценти О.С. Марценюк, Л.М. Мельник. Зроблено ряд доповідей, у тому числі професором І.Ф. Малєжиком і доцентом Л.М. Мельник на міжнародній конференції в м. Дрезден (Німеччина, 1996 р.).

Л.М. Мельник з 2000 р. вивчає застосування адсорбентів природного і штучного походження для очищення від домішок сортівок та інших продуктів лікеро-горілчаного і спиртового виробництва, а також для абсолютизації етилового спирту методом адсорбції з нього води. Вона підбирає сорбенти, зокрема різновиди природних цеолітів, родовищами яких багата Україна для ефективного проведення досліджування процесів.

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 адсорбція — при температурах, нижчих від температури кипіння. Тому для виділення із суміші потрібного компонента апаратурне оформлення контактних пристроїв (виключаючи додаткову теплообмінну апаратуру) для адсорбції і ректифікації не різниться.

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 доцент 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, вивів розрахункові залежності для проектування апаратів.

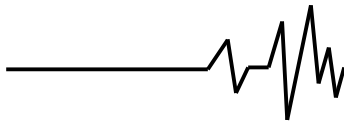
О.С. Марценюком розроблено і досліджено принципово нові для світової практики процесів масообміну при ректифікації та адсорбції різновиди насадок із зубчастими отворами і зубчастими просіченими пелюстками, при використанні яких реалізується краплинно-плівкова течія рідини. Проведені дослідження показали суттєвий вплив поверхневих явищ на характер краплинно-плівкової течії та на ефективність масообміну.

Питання, що пов'язані з моделюванням, інтенсифікацією та оптимізацією теплообмінної апаратури ректифікаційних установок, вивчені професором І.Ф. Малєжиком. Він вивів рівняння для визначення коефіцієнтів теплопередачі промислових дефлегматорів залежно від швидкості й температури води, від тривалості роботи дефлегматорів після чищення, рівняння для визначення оптимальної швидкості руху води та ККД дефлегматорів.

Ним вивчено вплив вдування повітря на інтенсифікацію теплообміну у дефлегматорах і конденсаторах. З 1988р. під керівництвом професора І.Ф. Малєжика виконується ряд робіт, пов'язаних з інтенсифікацією процесів масообміну у харчовій промисловості.

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%.

Один з перших учнів В.М. Стабнікова професор П.С. Циганков вважався неперевершеним фахівцем в Україні та за її межами у вирішенні питань теорії і практики



роботи брагоректифікаційних установок. Він розробив ряд схем установок для розгонки головної фракції, займався питаннями використання відходів спиртового виробництва, зокрема використання головної фракції як домішки до пального двигунів внутрішнього згоряння, та ін.

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, обігріваючись теплою пари після бражної колони. У спиртовій колоні створюється більш м'який температурний режим, внаслідок чого в ній уповільнюються хімічні реакції утворення нових домішок, які погіршують якість спирту.

Великий економічний ефект дали теоретичні й експериментальні дослідження екстрактивної ректифікації у виробництві етилового спирту і розробленні технології розгонки багатокомпонентних сумішей, які є відходами виробництва. Ці дослідження провів професор П.С. Циганков разом із співробітниками. Запропоновані та впроваджені на багатьох заводах схеми дали змогу збільшити вихід товарного спирту на 3 %. Над виконаннями цих 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.

На основі проведених робіт були опубліковані монографії: А.П. Николаев «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.).

За цикл праць з наукового обґрунтування, розроблення та впровадження ресурсоенергозбережної 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 в числі авторського колективу стали професори кафедри В.М. Стабников (посмертно), П.С. Циганков і І.Ф. Малечик. Таку гідну державну оцінку одержала робота наукової школи

професора В.М. Стабникова. На момент відзначення циклу праць нагородою результати теоретичних, конструкторських і виробничих досліджень за вказаною тематикою були опубліковані у 20 монографіях і 600 статтях у наукових журналах та захищені п'ятьма патентами і 60 авторськими свідоцтвами на винаходи.

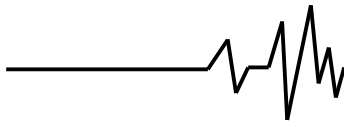
Дослідження у галузі екстрагування спочатку виконувались під керівництвом професора В.М. Лисянського переважно у напрямі екстрагування цукру із рослинної сировини. В результаті проведених фундаментальних досліджень розроблено методики розрахунків і аналізу процесу екстрагування. Проведений у 1970-1975 рр. цикл досліджень і конструкторських розробок дав змогу створити новий ошпарювач КТІХП-БМЗ із значно вищими основними показниками роботи дифузійної установки.

Доцент О.В. Стратієнко досліджував процеси екстрагування рослинної сировини стосовно потреб лікєро-горілчаного виробництва та екстрагування з лікарських рослин. Для цієї мети він розробив малогабаритний екстрактор місткістю 25 і 50л, який двічі експонувався на сільськогосподарській виставці і одержав диплом III ступеня, демонструвався по телебаченню. Спосіб екстрагування при кипінні під розрідженням захищений патентом України.

У розробленні експериментальних методів досліджень, проведенні їх та узагальненні одержаних результатів брали активну участь аспіранти і співробітники кафедри процесів і апаратів та інших кафедр: А.П. Верхола, М.М. Пушанко, М.С. Карпович, А.А. Ліпець, 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 продовжують плідну роботу в наукових закладах України, співпрацюючи з ученими Росії, Молдови, Узбекистану та інших країн.

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.

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 технологічного обладнання харчових виробництв, технології цукристих речовин, автоматизації.

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 і А.М. Матиящуком запропоновано метод кавітаційного оброблення хмелю з метою повнішого використання хмельових речовин.

Доценти В.С. Бодров і В.Л. Зав'ялов вивчали екстрагування цінних речовин із плодово-ягідних вичавків та екстрагування пектину, дослідили 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. 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.

Велика увага приділялася дослідженню закономірностей процесу сушіння. В п'ятидесятих та шестидесятих роках під керівництвом професорів В.М. Стабнікова і В.П.

Дуценка у співробітництві з науковцями кафедри фізики виконувався значний обсяг досліджень кінетики тепломасообміну у твердих дисперсних 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 М.Г. Бойченком розроблено методику проектних розрахунків відомих на той час конвективних сушарок усіх типів.

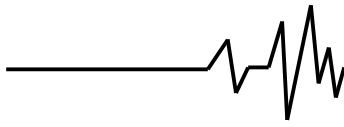
Зосереджуючи наукові сили на проблемах інтенсифікації процесів сушіння, доцентами В.С. Бодровим і В.Л. Зав'яловим на кафедрі створена кафедральна сушильна науково-дослідна лабораторія, яка оснащена барабанною, розпилювальною, циркуляційною і кондуктивною двовалковою сушарками. На цих пілотних установках досліджуються кінетичні характеристики сушіння дисперсної твердої сировини, екстрактів, паст. Розробляються математичні моделі та оптимальні режими сушіння. Зокрема, доцентом В.О. Овчаруком досліджено гідродинаміку та тепломасообмін розпилювального сушіння пектиновмісних концентратів. Аспірант І.В. Дубковецький дослідив кінетику процесу сушіння квасних комбінованих заквасок.

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

Під керівництвом професорів І.Ф. Малєжика і А.С. Лупашка 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, абрикос тощо. За розроблення способу сушіння шипшини автори роботи на Міжнародній виставці в Брюсселі нагороджені дипломом II ступеня.

Розвиток теорії і практики ректифікації етилового спирту тісно стикається з тепловими і гідродинамічними процесами.

Професори В.М. Стабніков, П.С. Циганков і доцент В.А. Задніпр'яний вперше розпочали розробку і реалізацію раціональних



схем теплоенергозабезпечення в спиртовій промисловості із застосуванням кип'ятильників.

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

Професори І.Ф. Малєжик, доценти В.Т. Плахотний і П.М. Немирович дослідили процес пастеризації пива в потоці у пластинчастому пастеризаторі під тиском 6 атмосфер, що дало змогу під час розливання пива в алюмінієві бочки довести термін зберігання до 100 і більше днів. Одержано авторське свідоцтво на установку для пастеризації рідких продуктів.

Співробітники кафедри брали активну участь у дослідженні інтенсифікації процесів масообміну методом перемішування та застосування коливань. Вперше запропонував застосування низькочастотних коливань для інтенсифікації різних процесів харчової технології професор М.О. Буренков. Доцент П.П. Лобода із співробітниками (доценти Ю.В. Карлаш, В.Л. Зав'ялов та ін.) провели глибокі дослідження теоретичних основ інтенсифікуючої дії низькочастотних механічних коливань на процеси перенесення у рідких середовищах.

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 процесів очищення соку цукрової тростини в університетах м. Лас-Віляс, Матансас і Камагуй та на цукрових заводах Республіки Куба. В лабораторних умовах було підтверджено поліпшення фільтраційно-седиментаційних властивостей соку і значне підвищення ефекту його очищення після оброблення паром. Промислові дослідження дали змогу оптимізувати технологічні режими і розробити конструкцію апаратів різної продуктивності. За результатами досліджень аспірант Нельсон Мартінез (науковий керівник доц. П.М. Немирович) успішно захистив кандидатську дисертацію і отримав диплом І ступеня на національному конкурсі впровадження наукових розробок у промисловість Куби.

Серію прикладних досліджень по застосуванню кавітацій провели професор І.Ф. Малєжик, доценти П.М. Немирович, А. 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. Малєжиком, 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 патент України.

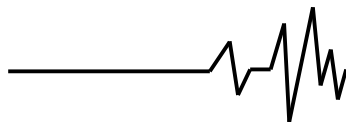
Висока ефективність кавітаційної дії отримана під час оброблення дифузійного соку цукрового виробництва з метою інтенсифікації подальших процесів його очищення. Вперше на підставі математичної моделі профілю швидкостей рідини і парогазової суміші в межовому шарі каверни розраховано їхній профіль. Запропонована 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).

Глибокі теоретичні дослідження фізичної суті механізму інтенсифікуючої 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, і дали змогу розробити математичну модель динаміки парової бульбашки в потоці рідини.

Виходячи з проведених досліджень, розроблено досконаліші та ефективніші апарати для застосування ПК кавітації в процесах очищення дифузійного соку з метою їх інтенсифікації, які успішно впроваджені на цукрових заводах України, РФ і Білорусі. Отримано сім патентів України. Захищено чотири кандидатських дисертації.

Багато наукових праць вчені кафедри виконують спільно з викладачами інших кафедр НУХТ, а також інших навчальних закладів і наукових установ, у тому числі й зарубіжних. Так, професор І.Ф. Малєжик у 1997 р. був нагороджений срібною медаллю на міжнародній виставці в Брюсселі (Бельгія) за роботу "Процес сушіння шипшини", яка була виконана спільно з викладачами технічного університету Молдови.

У 1998 р. в Болгарії опубліковано болгарською мовою навчальний посібник «Проектирование процессов и аппаратов



пищевой и биотехнологической промышленности», співавторами якого є викладачі Пловдівського технологічного інституту і кафедри процесів і апаратів НУХТ (О. Марценюк, П. Немирович, П. Циганков, О. Ніколаєв, П. Лобода, В. Задніпрняний). Викладачі кафедри надавали допомогу в підготовці наукових та інженерних кадрів в інших країнах, працюючи по кілька років в Алжирі, Гвінеї, на Кубі. Під керівництвом професора О.П. Ніколаєва і професора П.М. Немировича підготовлено по два кандидати наук із республіки Куба, під керівництвом професора І.Ф. Малежика підготовлено два доктори і чотири кандидати технічних наук із республіки Молдова.

Плідно працює відзначив колектив у 2001 р. 50-річчя створення кафедри. Школа професора В.М. Стабнікова «Теорія та практика процесів масообміну в харчових виробництвах» продовжує розвиватись і має нині такі напрямки:

- теорія і практика ректифікації етилового спирту;
- екстрагування із рослинної сировини;
- використання сорбційних процесів для удосконалення технологічних процесів;
- інтенсифікація технологічних процесів за допомогою низькочастотних коливань та кавітації;
- математичне моделювання та оптимізація процесів масообміну;
- сушіння харчових продуктів і напівфабрикатів.
- узагальнення питань масообміну і створення наукової та навчальної літератури.

Науковці кафедри удосконалюють існуючі та розробляють нові способи інтенсифікації процесів тепломасообміну, пов'язані з оновленням поверхні контакту фаз.

За сучасними уявленнями Всесвіт є єдиною складною системою, всі елементи якої взаємозв'язані між собою і тому 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 є рівнозначним щодо характеристики стану системи і рівноцінним щодо його використання з метою інтенсифікації процесів перенесення субстанції.**

Рівноцінність всіх параметрів системи опосередковано постулюється правилом фаз Гіббса, в якому всі параметри технологічних систем розглядаються як рівнозначущі.

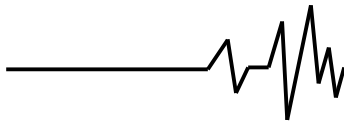
Таким чином, введені В.М. Стабніковим у 1937 році нові характеристики газорідних

систем на тарілках ректифікаційних колон - оновлення поверхні контакту фаз, поверхневий натяг та часові співвідношення – можуть рівноправно використовуватись в хімічній і харчовій технологіях нарівні з загальноприйнятими – температурою, тиском, концентрацією, до яких ми звикли набагато раніше.

Розвиваючи ідеї В.М. Стабнікова, деякі узагальнення закономірностей інтенсифікації масообміну в газорідних апаратах з регулярними насадками розглянуті О.С. Марценюком. До них відносяться: використання гравітаційної краплинно-плівкової течії рідини замість плівкової, використання поверхневих явищ (зв'язаних з поверхневим натягом), застосування коливально-хвильових явищ, у тому числі уповільнених стрибків ущільнення.

При гравітаційній плівковій течії в ламінарних режимах тонка плівка рідини, що стікає поверхнею листів насадки, обмежена пограничним шаром на межі з твердою стінкою і пограншаром на межі з газовою фазою. Обидва пограничні шари інтенсивно гальмують конвективні рухи і стримують оновлення міжфазної поверхні. Якщо на частині шляху плівкової течії виключити гальмівний вплив твердої стінки, тобто забезпечити періодичне розривання плівок з утворенням крапель, то, очевидно, можна досягти певного позитивного ефекту. При цьому еквівалентний діаметр крапель більший за еквівалентний діаметр плівки, тому в краплях інтенсифікується утворення конвективних течій. Під час формування краплі мають меншу площу дотикання до твердої поверхні, а під час падіння з твердою поверхнею не контактують. Зменшене гальмування конвективних імпульсів на межі з твердою поверхнею сприяє поширенню цих імпульсів всередині рідкої фази, виходу їх на поверхню з газовою фазою і оновленню поверхні контакту фаз.

Періодичні розривання плівки і утворення крапель створюються виконанням (висіканням) у листах насадки видовжених у горизонтальному напрямі отворів із зубчастими верхніми краями, а також просіканням зубчастих отворів з трьох сторін і відгинанням просіченої частини (пелюсток) по контуру четвертої сторони. Насадки з зубчастими отворами та насадки з зубчастими пелюстками за рахунок забезпечення кращих умов оновлення поверхні контакту фаз забезпечують підвищену інтенсивність масообміну при невеликому підвищенні гідравлічного опору. Важливим у цьому способі інтенсифікації масообміну є використання енергії сили



гравітації без додаткових витрат на періодичне розривання плівки.

Розмір крапель, що утворюються на зубцях верхніх країв отворів, і циркуляція рідини всередині крапель залежать від розмірів зубців і поверхневого натягу на межі рідини з газовою і твердою фазами. Поверхневий натяг на міжфазній поверхні не є постійною величиною. Він залежить від складу фаз і змінюється в процесі масообміну внаслідок переходу компонента з однієї фази в іншу. Локальні зміни поверхневого натягу приводять до утворення приповерхневих течій (ефектів Марангоні), які в свою чергу приводять до зміни механізму перенесення субстанції.

Через приповерхневі рухи поверхневий натяг поєднує гідродинамічні і тепломасообмінні характеристики системи і є параметром, що відноситься не до окремої фази, а характеризує стан міжфазної поверхні, об'єднуючи параметри суміжних фаз і вказує на здатність 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 за неї.**

Кожен акт послідовного формування, відривання, падіння і розплющення краплі можна розглядати як один розгалужений коливальний імпульс. При аналізі краплинно-плівкової течії встановлено, що найбільша інтенсивність тепломасообміну відповідає оптимальній частоті відривання крапель у межах $8..12\text{с}^{-1}$. Таким чином, в розглянутому способі інтенсифікації тепломасообміну способом організації краплинно-плівкової течії в апаратах з регулярними насадками з зубчастими отворами реалізовано зв'язок між параметром оновлення поверхні контакту фаз, поверхневими і часовими характеристиками системи. Це відповідає сучасному етапу розвитку науки, коли **інтенсифікацію будь-якого процесу, в тому числі тепломасообміну, слід розглядати як результат впливу не одного, а відразу кількох взаємозв'язаних між собою факторів**, що є наслідком єдності природи і того, що процеси перенесення кількості руху, теплоти і маси описуються аналогічними закономірностями.

Взаємозв'язок між параметрами системи можна проілюструвати прикладом утворення концентраційних хвиль в газорідній системі. Наприклад, у якісь точці системи внаслідок масообміну певна кількість компонента переходить з газової фази в рідку. При цьому

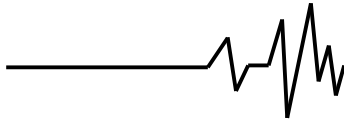
зменшується об'єм однієї фази і збільшується об'єм іншої фази. Нестационарна зміна об'єму фази супроводжується утворенням концентраційної хвилі, яка поширюється з певною швидкістю (різною в рідкій і газовій фазах). До утворення хвиль можуть приводити локальні зміни будь-якого параметра процесу (температури, тиску, витрати, поверхневого натягу). Поширення хвиль (пульсаційних рухів) в газорідному середовищі інтенсифікує тепломасообмін в тих зонах, через які проходять хвилі. Таким чином, **через коливально-хвильові явища здійснюється просторово-часовий зв'язок між інтенсивністю перебігу процесу в різних зонах середовища.** Зв'язок між процесами перенесення вказує на те, що **моделювання тепломасообмінних процесів на гідродинамічних стендах є приблизним, бо не враховує прямих і зворотних просторово-часових зв'язків між гідродинамікою і тепломасообміном.**

З метою інтенсифікації масообміну на газорідній системі можна накладати механічні коливання різних параметрів від зовнішнього джерела. Ці явища плідно і всесторонне вивчаються під керівництвом доцента В.Л. Зав'ялова на прикладі екстрагування компонентів з рослинної сировини у вібраційних екстракторах (система рідина-тверде тіло).

Продовжуються роботи, розпочаті доцентом П.П. Лободою, з теми "Дослідження закономірностей інтенсифікації масообмінних процесів у рідких середовищах під дією низькочастотних механічних коливань".

Під керівництвом доцента В.Л. Зав'ялова та професора В.С. Бодрова аспіранти Т.Г. Мисюра, Н.В. Попова і Ю.В. Запорожець проводять теоретичні та експериментальні дослідження впливу низькочастотних механічних коливань в системі рідина-тверде тіло на інтенсифікацію масообміну процесу екстрагування цільових компонентів із рослинної сировини кореневого, трав'яного та плодово-ягідного походження та відходів рослинної сировини.

Віброекстрактори з перфорованими тарілками різної будови забезпечують знакозмінну турбулізацію потоку, яка сприяє оновленню та активізації поверхні контакту фаз і зменшенню міжфазного дифузійного опору. Використовується новий принцип протитечійного транспортування фаз (екстрагента і подрібненої сировини) за допомогою вібротранспортувальних пристроїв (вібруючих насадок) спеціальної конструкції, завдяки чому забезпечується поруватість шару сировини без її спресування незалежно від



розміру частинок. Тривалість перебування окремих частинок у робочому об'ємі апарата практично однакова, що забезпечує високу якість продукту. Важливою частиною досліджень є встановлення взаємозв'язку між конструктивним виконанням віброуючих робочих органів та гідродинамічними і тепломасообмінними характеристиками процесу.

Асистент О.М. Віценко досліджує екстрагування з рослинної сировини компонентів ароматичного та лікарського призначення в умовах розрідження та накладання низькочастотних пульсацій з миттєвими швидкостями 40...60м/с. Кипіння турбулізує потік і сприяє циркуляційному перемішуванню. Пульсаційні імпульси, що поширюються від вібратора, при переході із зони однофазної рідини в зону парорідинної суміші, що знаходиться в ерліфті над кип'ятильником, гальмуються і можуть утворювати ударні явища, які сприяють подальшій інтенсифікації процесу.

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

Професор П.М. Немирович, доценти Желлінська М.М. і Матіяшук А.М. вивчають застосування кавітаційних ефектів для інтенсифікації технологічних процесів.

Доцент Г.М. Бандуренко працює над розробленням нових напоїв та консервованої продукції з рослинної сировини України та розробленням технологій харчових продуктів оздоровчої і профілактичної дії.

Доцент Коваль Н.А. досліджує моделювання реологічних властивостей м'яса з метою забезпечення ефективності різних етапів його механічної обробки.

Професори І.Ф. Малежик, В.С. Бодров, доцент І.В. Дубковецький вивчають процеси сушіння плодів і овочів та отриманих після їх переробки вичавок з метою продовження тривалості їх зберігання.

Професор Кулінченко В.Р. продовжує плідну роботу з теоретичних досліджень тепломасообміну і гідродинаміки під час кипіння і випарювання. У співавторстві з В.Г. Мирончуком у 2006 р. ним видано навчальний посібник : «Випарювання і випарні апарати у розрахунках і конструюванні».

Сформувався новий перспективний напрям наукових робіт, зв'язаний з використанням дешевих природних адсорбентів мінеральних родовищ України для очищення від небажаних домішок етанолу, його водних розчинів, питної і технологічної води та плодовоовочевих і фруктово-ягідних соків. Ці роботи виконують професори Л.М. Мельник і О.С. Марценюк, доцент Н.А. Жестерева, асистенти С.В. Матко, Н.А. Ткачук.