

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

На правах рукопису

**САБРАХ МАГДІ**

**ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ ШТУЧНОГО  
ХОЛОДУ І НВЧ-ПОЛЯ ДЛЯ БЕЗРУЙНІВНОГО  
СУШННЯ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН**

Спеціальність 05.18.14 – Зберігання та холодильна технологія  
харчових продуктів

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття вченого ступеню  
кандидата технічних наук

Одеса – 1997

№ 38,055

Робота виконана в Одеській Державній академії холоду

Наукові керівники д.т.н., проф.І.Г.Чумак  
к.т.н., доц. В.П.Кочетов

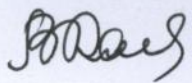
Офіційні опоненти д.т.н., проф.В.А.Загоруйко  
к.т.н., доц. А.М.Чорнозубов

Провідна організація Одеська державна академія  
харчової промисловості

Захист дисертації відбудеться "1" листопада 1997 р. О 11<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої Вченої Ради 00520/01 в Одеській державній академії холоду за адресою: 270100, м.Одеса, вул. Дворянська, 1/3.

Просимо взяти участь в роботі спеціалізованої Ради, або надіслати Ваш відгук на автореферат у двох примірниках, затверджених гербовою печаткою за адресою: 270026, м. Одеса-26, вул. Дворянська, 1/3, відділ аспірантури.

Автореферат розісланий "1" Гервня 1997 року.

Вчений секретар Спеціалізованої Ради д.т.н., проф.  В.О.Календерьян

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00751159 (S)

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У теперішньому часі зростає інтерес до лікарських рослин, що викликано розчаруванням в синтетичних лікарських препаратах, застосування яких пов'язано з ризиком побічних ефектів і алергійних реакцій. Особливу роль у цьому грають наслідки невиправдано широкого застосування хімічних препаратів як лікарських засобів, а також хімізація продуктів харчування, побуту, промисловості, сільського господарства. Важливою перевагою натуральних препаратів, які надають сприятливу терапевтичну дію, є те, що рослини вміщують складні комплекси біологічних сполучень, в зв'язку з чим можна здобути значний ефект там, де окремі сполучення, виділені з цієї ж рослини, виявляються неефективними. Світова практика вказує, що, традиційно, лікарські рослини піддаються переробці в лікарські препарати для фітотерапії в аптекарській фармації, і тому збереження лікарських властивостей рослин перед переробкою має важливе значення.

Існуючий досвід свідчить, що найбільш надійним, ефективним і перспективним способом обробки лікарських рослин перед зберіганням є сушіння. В зв'язку з тим, що в промисловому виробництві найважливішим критерієм є енергозбереження, більшості методів сушіння рослинної сировини властиві або велика тривалість, або високий температурний рівень, що приводить до значних змін природних властивостей і якості продукції. Але виробництво ліків в умовах аптечної фармації відповідає критеріям іншої цінності, в зв'язку з чим створення нових комбінованих неруйнівних методів сушіння лікарських рослин є актуальною задачею, вирішення якої може сприяти захисту здоров'я людини.

**Мета і завдання роботи.** Головною метою роботи є створення нового способу і конструкції для регульованого неруйнівного сушіння лікарських рослин в умовах аптечної фармації і проведення експериментальних досліджень на поширених видах лікарських трав.

Для досягнення головної мети були поставлені завдання:

- вивчити схемні технологічні і технічні рішення обладнання сушарських установок і визначити умови для вибору і створення нового обладнання та неруйнівних режимів сушіння лікарських рослин;
- розробити спосіб і будову сушарні для неруйнівного сушіння лікарських рослин;
- дослідити і визначити умови тепломасопереносу в розробленій будові сушарні для неруйнівного сушіння лікарських рослин;
- визначити оптимальні технологічні параметри сушіння лікарських рослин при використанні способу сушіння і будови сушарні, запропонованих автором.

**Наукова новизна.** Наукова новизна роботи підтверджується вибором за об'єкт дослідження нового способу неруйнівного сушіння лікарських рослин, полягаючого у періодичному впливі штучного охолодження і надвисокочастотного нагрівання на лікарські рослини, для чого автором винайдено нову конструкцію обладнання сушарні, згідно якої лікарська сировина в касетах з вологопроникного матеріалу періодично проходить скрізь роздільні простори надвисокочастотної камери і вентиляційного каналу на транспортному диску. Результати досліджень впливу періодичної дії охолодження і НВЧ-поля на процеси сушіння лікарських рослин в діапазоні температур їхнього біологічного існування в винайденій автором конструкції здобуті вперше.

**Теоретична цінність роботи** полягає у вивченні процесів періодичного нагрівання і охолодження в технологічних циклах сушіння лікарських рослин з застосуванням НВЧ-генератора, холодильно-нагрівальної установки і обладнання, дозволяючого змінювати період обертання об'єктів сушіння і довжину дуги, яку ці об'єкти періодично описують у НВЧ-полі. Здобуті залежності для окремих функцій періодичного нагрівання і охолодження об'єктів сушіння, а також для загальної функції підводу-відводу теплоти в процесі сушіння. Встановлені кореляційні залежності для втрат вологи лікарськими травами (*Plantago L.*, *Arctium L.*, кропива) в процесі сушки.

**Практична цінність роботи** полягає у розробці неруйнівної технології сушіння лікарських рослин і технічного обладнання для її здійснення, на основі застосування механічної сушарки з періодичним впливом НВЧ-поля в аптекарській фармації.

**Основні положення,** які виносяться на захист:

1. Технологія сушіння лікарських рослин, згідно якої рослинну масу періодично окремо піддають дії надвисокочастотного електричного поля, наслідком чого стає неруйнівне підвищення тиску і температури водяної пари в рослинній масі, і дії попередньо осушеного в холодильно-нагрівальній установці повітря, температуру якого підтримують нижче температури рослинної маси.
2. Конструкція сушарки для сушіння лікарських рослин, яка складається з холодильно-нагрівальної установки для осушування повітря, яке подається у вентиляційний канал, надвисокочастотного генератора з нагрівальною камерою розміщеною в мережі вентиляційного каналу, і транспортера для пересування рослинної маси, відрізняючися тим, що нагрівальна камера відокремлена від вентиляційного каналу транспортером, виконаним у вигляді обертаючогося диска

з касетами з вологопроникного матеріалу, розташованими по колу диска як лопаті, загнуті відносно центру; при цьому до транспортера прироблені опори, розміщені в пазах стелі і підлоги вентиляційного каналу і робочої камери з можливістю пересування вздовж камери і вентиляційного каналу.

3. Залежності функцій періодичного охолодження і нагрівання диска, які дозволяють визначити тривалість нагрівання в залежності від умов нагрівання і охолодження, а також величини загального періоду.

**Реалізація результатів досліджень.** На основі проведених досліджень розроблено і зареєстровано авторське свідоцтво на винахід способу і конструкції сушарки для неруйнівного сушіння рослинної сировини №9614134 від 9.11.96 р. Роботи над подальшим вивченням і практичним застосуванням цього способу і конструкції входять до тематичного плану договору №96022 “Провести технологічні випробування енергозберігаючого теплового насосу для сільськогосподарських ферм” (номер держреєстрації №81104677 від 19.01.94 р.).

**Апробація роботи:** основні результати досліджень дисертаційної роботи доповідались на наукових конференціях Одеської державної академії холоду (Україна, м. Одеса, 1995, 1996, 1997 р.р.), IV Міжнародній конференції “Екологія. Харчові продукти. Здоров'я” (Україна, м. Одеса, 1995 р.), V Науково-методичній конференції “Людина та навколишнє середовище” (Україна, м.Одеса, 1996 р.), Міжнародній науково-технічній конференції “Холод і харчові виробництва” (Росія, м.Санкт-Петербург, 1996 р.). Вони отримали позитивні відгуки і рекомендації.

**Публікації:** по темі дисертації опубліковано 3 статті в журналах “Пищевая промышленность” (Росія, м.Москва, 1997 р., №6), “Придніпровський науковий вісник” (Україна, м.Дніпропетровськ, 1997 р., №\_\_), “Холодильна техніка і технологія” (Україна, м.Одеса, 1997 р., №1) та 4 доповіді в збірниках вищевказаних конференцій. Усього вийшло з друку 7 наукових праць.

**Об'єм і структура роботи.** Дисертація викладена на 135 сторінках машинописного тексту, включає 8 таблиць, 35 рисунків, 5 додатків. Робота складається з вступу, 4 розділів, висновків і рекомендацій. Список літератури включає 138 найменувань, з яких 36 іноземних авторів.

**В першому розділі** подано загальну інформацію про значення фітотерапії, зростання інтересу до природних ліків і реальні можливості перспективного збільшення об'ємів виробництва лікувальних препаратів з лікарських рослин в аптечній фармацевції. Показано, що період перебування лікарських рослин між збором і переробкою супроводжується значними змінами властивостей, і тому розробка і впровадження технологій захисту лікувального потенціалу рослин є важливим завданням. Вказано на світовий досвід, згідно якому сушіння лікарських рослин перед зберіганням є безальтернативним засобом такого захисту. Зроблено огляд існуючих технологій сушіння в природних і промислових умовах, на основі чого розроблена класифікація сушіння по способу підвода теплоти до поверхні об'єктів сушіння на методи з підводом теплоти ззовні (контактна, конвективна і промінева теплота), і підводом теплоти зсередині (теплота акумуляції і генерована теплота НВЧ–випромінювання). Подано результати літературного і патентного пошуку методів сушіння і будов сушарок, які застосовують або можуть бути придатні для сушіння лікарських рослин, на основі чого визначені основні фактори руйнівної дії на лікувальний потенціал рослин. Це поперед усього температурний рівень, перевищуючий біологічні умови існування, незбіг градієнтів температури і вологовмісту, неоднорідність вологовмісту в об'ємі висушеної маси рослин, та велика тривалість сушіння. Для виключення цих факторів від'ємного впливу запропоновано новий безруйнівний спосіб сушіння лікарських рослин, полягаючий на періодичному відводі з рослинної маси теплоти і вологи повітрям, осушеним в холодильно–нагрівальній установці і маючим температуру нижче температури рослинної маси, і періодичній генерації теплоти в об'ємі рослинної маси після охолодження за допомогою НВЧ–поля в діапазоні температур біологічного існування рослин.

На основі проведеного аналізу і оцінки перспектив використання запропонованої технології сушіння і засоба для її здійснення сформульовані мета і завдання досліджень.

**Другий розділ** присвячено розгляду окремих процесів тепломасообміну, які можуть відбуватися в різних варіантах запропонованої автором будови сушарки при механічному сушінні лікарських рослин з періодичною дією НВЧ–поля. Розглянуті відомі дані про властивості рослинних об'єктів сушіння і їхньому впливі на здійснення процесів нагрівання в НВЧ–полі і механічному осушувачі.

Огляд робіт К.Т.Сухорукова, І.А.Рогова, І.А.Попадича, Г.А.Афанасьєва та інших показує, що для кожного виду сировини в залежності від її морфологічно-анатомічної будови, хімічного складу і ступеня стабільності лікарських речовин оптимальний технологічний регламент визначається окремо експериментальним шляхом. Для аналізу тепломасообміну при періодичному відведенні теплоти і вологи від рослинної маси розглянута система диференційних рівнянь В.О.Загоруйко, А.О.Голікова і О.Г.Слинько, яка дає змогу дістання найбільш повної уяви про розподілення вологовмісту  $\varphi(d, T)$  і температури  $T$  усередині вологого матеріалу в нестационарних процесах тепло- і масообміну з вологим повітрям в процесі сушіння. Так як ця система рівнянь внутрішньої масопровідності і зовнішньої масопередачі замикається за допомогою одного і того ж потенціалу  $d(U, T)$ , то при визначенні внутрішнього масопереносу фактично можна визначити і струм маси в примезовому шарі, якщо є відоме рівняння стану вологого матеріалу і досвідні значення коефіцієнтів термодифузії.

Аналіз кінетики нагріву рослинної сировини у НВЧ-полі був проведений за допомогою рішень В.М.Башлакова і С.В.Некрутного системи рівнянь І.О.Рогова і О.В.Горбатова для граничних умов, проміжних між випадкам теплоізолизованого зразка і випадком теплової рівноваги з навколишнім середовищем.

Показано, що згідно даних досліджень багатьох авторів (I.Shogples, W.Parker) виведення вологи з капілярно-пористих тіл супроводжується складними процесами масообміну. При цьому загальний струм вологи може бути визначений за допомогою співвідношення О.В.Ликова, яке враховує дифузію вологи, термодифузію, електродифузію і магнітодифузію. Як показав розгляд системи рівнянь В.О.Загоруйко, І.О.Рогова, О.В.Ликова, вони дозволяють проаналізувати теплогенеренос при механічному сушінні і нагріванні в НВЧ-полі, але використання цих рівнянь для практичних розрахунків можливе тільки на основі попередніх експериментальних досліджень комплексу теплофізичних, електричних і термодинамічних властивостей лікарських рослин, які практично не відомі. Тому висновок про те, що струм маси, який попадає в примезовий шар з об'єму матеріалу, переходить до струму вентиляційного повітря, використаний у розділі для постановки непрямого дослідження ефективності сушіння на основі вивчення процесів масообміну в обладнанні холодильно-нагрівальної установки. Згідно з цією постановкою на основі положень теорії усушки І.Г.Чумака получено вираз для оцінки відносної долі холодовидатності, яка витрачається на конденсацію вологи, а також:

залежності і графіки для визначення верхньої і нижньої температурної зони межі конденсації вологи з повітря на поверхні охолоджувача, рис. 1.

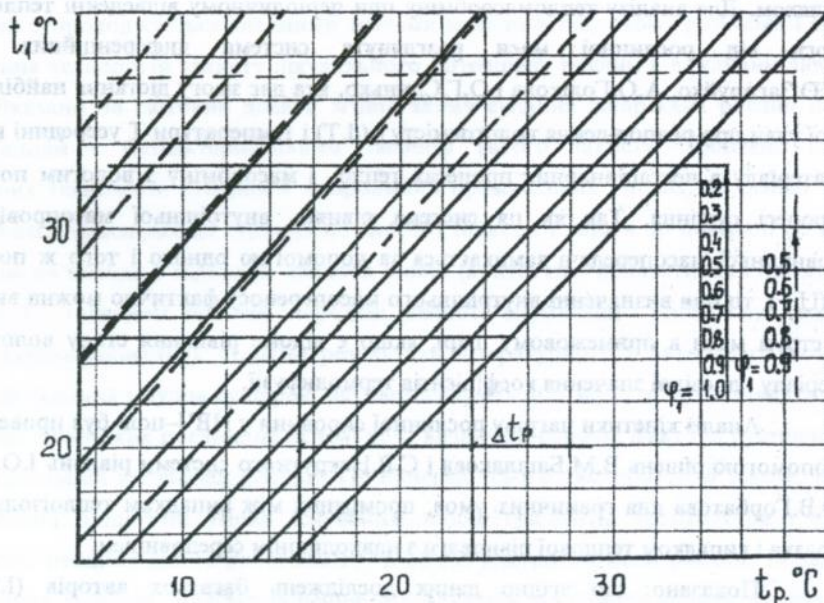
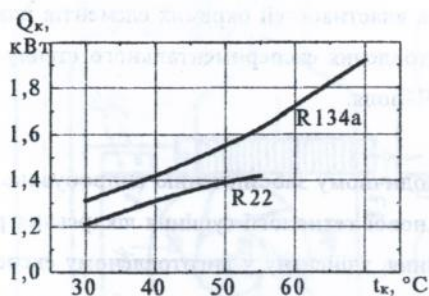


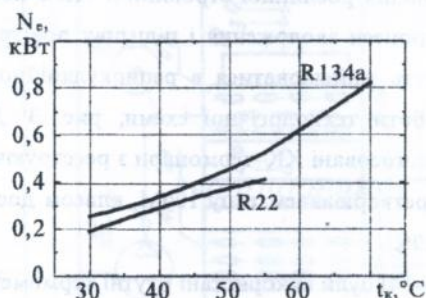
Рис. 1 – Верхня і нижня межі зони конденсації  
 ----- верхня межа; ————— нижня межа

Проведено огляд конструктивних рішень, які застосовують у виробництві повітроохолоджувачів малої видатності в США, Англії, Германії, Франції, Україні. Для прийнятої конструкції повітроохолоджувача з пластинчатими ребрами і коридорним пучком труб проведено аналіз залежності коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha_k$  від конструктивних параметрів і швидкості повітря, проаналізована залежність максимальних значень коефіцієнта вологовипадіння  $\xi$  від вологості поступаючого повітря в діапазоні температур 20-40 °С при температурі поверхні  $t_B > t_n \geq 0$  °С, розглянуто залежність коефіцієнта оребрення від конструктивних параметрів і характерні змінення ефективності ребра від ступеня оребрення  $\beta$  і коефіцієнта вологопадіння  $\xi$  для прийнятого діапазону змін конструктивних параметрів. Показано, що при незміннім ступеню оребрення  $\beta$  вибір конструктивних параметрів неоднозначно впливає на умови теплообміну в зв'язку зі зміненням визначного розміру.

Зроблено висновок, що найбільш стійкою для більшості значень температури надходячого повітря при відносній вологості 0.6+0.9 є зона вологовипадіння зі значеннями  $\xi=2.8+5$ , а при заданому ступеню оребрення зростання коефіцієнта вологовипадіння  $\xi$  призводить до зменшення ефективності ребра  $E_r$ .



а)



б)

Рис. 2.

а) Змінення рівня струму теплоти конденсації від температури конденсації і виду агента;

б) Змінення рівня енерговитрат в залежності від температури конденсації і виду агента

Розглянуті умови теплообміну в повітряному конденсаторі і конструктивні рішення, які застосовуються у їх виробництві в розвинутих країнах і Україні, проведено вибір конструкції конденсатора.

Виконано аналіз ефективності теплообміну при застосуванні R134a і R22. Показано, що при зростанні температурного рівня конденсації величина коефіцієнта тепловіддачі збільшується, а при зростанні температурного напору зменшується. Розглянуто вплив вибору холодильного агента на рівень енергетичних витрат і діапазон можливого технологічного регламенту, рис. 2, в результаті чого обрано R22 для застосування в холодно-нагрівальній установці.

Виконано аналіз умов періодичної подачі енергії у НВЧ-блоку з припущенням, що ця періодична функція є симетричною відносно осі ординат, в результаті чого получено вираз:

$$f(X) \approx Q_m \varepsilon + \frac{2Q_m}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} [\text{Sin}(k\pi\varepsilon) \cdot \text{Cos}(k\pi(\varepsilon - 2\varepsilon_X))],$$

де

$$Q_m = 0.556 \cdot f \cdot \varepsilon^n \cdot E^2 \cdot 10^{-6}, \text{ Вт/м}^3.$$

Зроблено висновок, що в процесі періодичного обертання зі здійсненням підводу і відводу теплоти і вологи за один період, зміст вологи в матеріалі буде зменшуватися, в зв'язку з чим все менша кількість енергії буде поглинатися лікарською сировиною.

Результати аналізу конструктивних властивостей окремих елементів апарату були використані для розробки і виготовлення експериментального стенду механічної сушарки з періодичною дією НВЧ-поля.

**Розділ третій** присвячено програмно-методичному забезпеченню випробувань авторського зразка сушарки і дослідження нової технології сушіння лікарських рослин. Розглянуто технологічну схему сушіння, здійснену у виготовленому експериментальному стенді і прийнятому за об'єкт дослідження, яка передбачає процеси сушіння і охолодження повітря у повітроохолоджувачу, процеси підігріву осушеного повітря в конденсаторі, процеси нагрівання рослинної стровини в НВЧ-полі і охолодження у вентиляційному каналі, процеси зволоження і підігріву повітря у вентиляційному каналі. Ці процеси можуть здійснюватися в рециркуляційному, змішаному, і розімкнутому режимах роботи технологічної схеми, рис. 3. Для вимірювання температур (т. 1–14) були застосовані ХК-термопари з реєструючим цифровим приладом А566, первинним перетворювачем типу 100М, класом досконалості – 0.1 і припустимою похибкою – 0.06.

Для вимірювання температур (т. 51–54) були використані ртутні термометри ТЛ-42-2 з діапазоном вимірювань 0÷55 °С, ціною поділки 0.1 °С у виконанні П- (ДЗСТ 215-73). Вимірювання швидкості повітря здійснювалося на ділянках стабілізації (т. 20, 22) за допомогою напорних трубок Піто і мікроманометрів типу ММН. Швидкість повітря на поверхні касет (т. 23–26) вимірювалась за допомогою електроанемометра з виносними датчиками ТА-5 (ВНДХІ).

Вимірювання тиску холодильного агенту здійснювалося приладами МВП-100ФС-22 класу досконалості 2.5 для діапазону тиску 98 кПа+ 2.3МПа.

Потужність електродвигунів, НВЧ-генератора вимірювалась за допомогою переносного вимірювального комплексу К-50Т. Для вимірювання частоти НВЧ-генератора застосовано прилада 43-85, для вимірювання частоти обертання – ТМ-16-1.

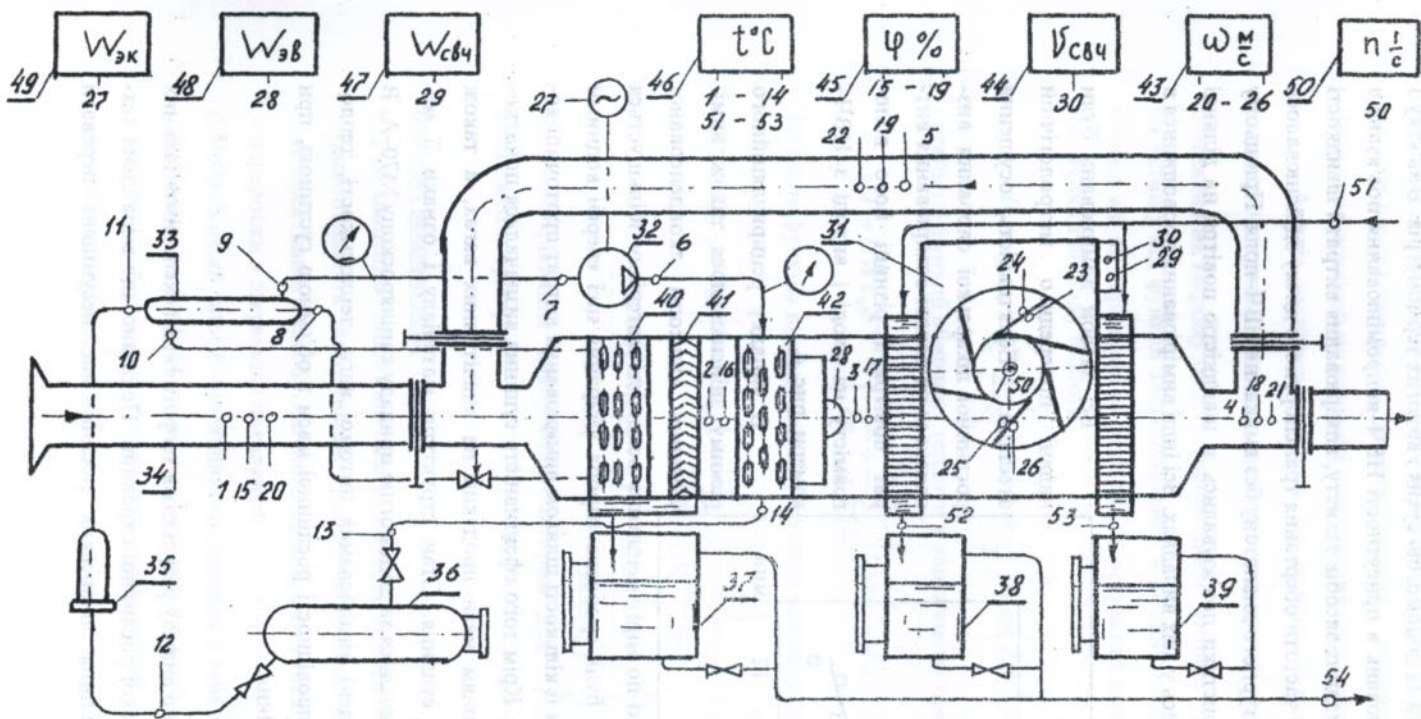


Рис. 3 – Схема експериментального стенда з розташуванням вимірювальних приладів

Означення: (1-14), (51-54) – датчики температур; (15-19) – датчики відносної вологості; (20-26) – датчики швидкості; 27, 28, 29 – блоки вимірювання потужності компресора, вентилятора, НВЧ-генератора; 30 – блок вимірювання частоти генератора; 31 – НВЧ-блок; 32 – компресор; 33 – регенеративний теплообмінник; 34 – повітропровід; 35 – фільтр-осушувач; 36 – ресивер; (37-39) – вимірювач втрат води; 40 – випарювач; 41 – краплеуловлювач; 42 – конденсатор; (43-49) – вимірювальні прилади

Вимірювання вологості повітря в каналах сушарки здійснювалося гігрометром ВОЛНА-1М, та за допомогою сухих і вологих термометрів. В зв'язку з тим, що проведення вимірювань в присутності НВЧ-випромінювання пов'язане з необхідністю створення складних засобів захисту, вимірювання витрат і швидкості повітря у поверхні дискет і частоти обертання транспортного диску здійснювалося в умовах робочого температурного діапазону без вмикання НВЧ-поля. При цьому всі ці вимірювані характеристики пов'язувались зі швидкістю повітря на ділянці стабілізації, яка вимірювалась у всіх випадках. Всі інші вимірювання проводилися в робочому режимі.

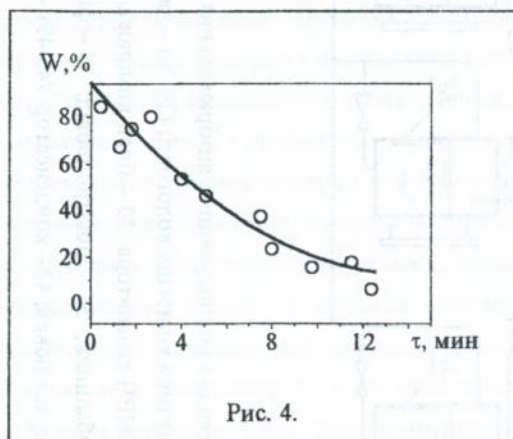


Рис. 4.

Всі засоби вимірювань були надані попередньо метрологічній атестації. Ефективність осушення рослинної лікарської сировини визначалася на основі вимірювання витрат повітря і різниці його вологовмісту на вході і виході з НВЧ-камери, рис. 4.

В випадку рециркуляційного режиму здійснювалося також вимірювання кількості зконденсованої вологи. В зв'язку з тим, що по мірі зменшення вологості матеріалу збільшується невбираність НВЧ-енергії, була зроблена спроба вбирання цієї енергії водними уловлювачами і визначення її кількості шляхом вимірювання витрат проточної води та її різниці температур. Крім того ефективність сушіння визначалася початковим і кінцевим вимірюванням маси продукції на аналітичних вагах, а також вимірюванням тривалості сушіння. Стан структури матеріалу і ознаки її механічних деформацій визначалися за допомогою приладу капіляроскопу М70-А. В процесі досліджень проведені вимірювання питомої ваги, теплоємності, теплопровідності і температуропровідності рослинної маси з об'ємною густиною, при якій вона надається до сушіння.

**Розділ четвертий** присвячено аналізу результатів теоретичних і експериментальних досліджень сушіння лікарської рослинної сировини. Показано, що винайдена технологія неруйнівного сушіння лікарських рослин має несумнівні переваги

порівняно з технологіями з неперіодичним впливом режимних факторів. Ці переваги – це висока швидкість процесу сушіння і незначні зміни клітинної структури. Знайдені і показані можливості покращення конструкції сушарки.

Аналіз досліджень показав, що реальна функція підводу енергії до об'єму рослинної сировини для всіх значень  $\tau$  часу має  $f(-\tau) = f(\tau)$ , кусочно монотонна і обмежена на відрізку  $0 \leq \tau \leq T$ , і задовольняє умовам розкладання в ряд Фур'є. Але на відміну від функції запропонованої в розділі попередньому, не може бути визначена ані як парна, ані як непарна. В результаті винайдені залежності для реальної функції підводу теплоти

$$P_n = P_m \varepsilon_n + \frac{P_m}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \left[ 2 \operatorname{Sin} \left( 2\pi k \frac{\tau_n}{T} \right) \cdot \operatorname{Cos} \left( 2\pi k \frac{\tau_n + 2\tau}{T} \right) \right],$$

і реальної функції вбирання теплоти в вантажному просторі:

$$P = U W \varepsilon_0 e^{-m \varepsilon_n \tau} \left\{ \frac{\omega \tau_n}{2\pi} + \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \left[ 2 \operatorname{Sin} \left( \frac{\omega \tau_n}{2} k \right) \cdot \operatorname{Cos} \left( \frac{\omega (\tau_n + 2\tau)}{2} k \right) \right] \right\}.$$

Загальна функція підводу–відводу теплоти має вигляд:

$$P_{O-n} = P_m \left\{ \left( 1 - \frac{1}{3} \varepsilon_{ox} \right) + \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \left[ \left( \frac{2}{(2k\pi\varepsilon_{ox})^2} - 1 \right) \operatorname{Sin} (2\pi k (\varepsilon_{ox} + \varepsilon_X)) - \frac{2 \operatorname{Cos} (2\pi k (\varepsilon_{ox} + \varepsilon_X))}{2k\pi\varepsilon_{ox}} + \frac{2 \operatorname{Sin}^2 (k\pi\varepsilon_X)}{(2k\pi\varepsilon_{ox})^2} \right] \right\}.$$

Получені рівняння використані автором для розробки методик розрахунку досліджених сушарок.

### Висновки і рекомендації:

1. Узагальнення і аналіз виконаних науково-дослідних робіт дозволили визначити раціональність застосування процесу неруйнівного сушіння лікарських рослин як ефективного засобу значного підвищення якості продукції, яка надходить до переробки в лікувальні препарати.
2. Розроблений спосіб неруйнівного сушіння і конструкція сушарки дозволяють здійснювати сушіння лікарських рослин в умовах аптечної фармації при максимальному збереженні лікувальних властивостей рослин, мінімальних витратах енергії і втратах продукції.

3. Розроблена математична модель підводу–відводу теплоти від об'єктів сушіння дозволяє визначити оптимальні умови сушіння для заданих властивостей рослинної сировини.
4. Проведені дослідження вказують, що математична модель може бути спростована, якщо розглянути процес сушіння в зоні вентиляційного каналу не як періодичний, а як безперервний, для якого є характерні певна питома витрата проходячої маси і певний закон зменшення її вологовмісту.
5. Проведені дослідження вказують, що конструкція сушарки може бути поліпшена, якщо рослинну сировину розташувати не в касетах, а в секціях самого диску, для чого він повинен бути зроблений у вигляді круглої тонкої рамки, поділеної на секції і обтягнутої вологопроникним матеріалом.
6. Проведені дослідження вказують, що обертання транспортного диску під тиском струму повітря обмежує можливості регулювання часу перебування в НВЧ–полі, в зв'язку з чим доцільно здійснювати обертання диску від механічного приводу з можливістю регулювання частоти обертів. Одночасно це дозволить збільшити інтенсивність відводу теплоти і вологи від об'єктів сушіння в зв'язку зі зростанням відносної швидкості повітря.
7. Проведені дослідження свідчать, що у випадку переходу до механічного приводу для пересування об'єктів сушіння, можна поліпшити конструкцію сушарки шляхом заміни диска на двоосний ленточний (стрічковий) транспортер з відстаючими під напором струму повітря касетами, що дозволить надійно і безпечно відділити зону НВЧ–нагріву від зони сушіння і охолодження.
8. Пропозиції, що приведені у п.п. 5–7, свідчать про перспективні можливості застосування технології періодичної дії НВЧ–поля і механічного сушіння у виробничих сушарках значної видатності і оброблені у вигляді патентних заявок.
9. Отримані результати свідчать про доцільність проведення подальших досліджень технології сушіння рослинної сировини в запропонованих автором конструкціях сушарок.

За матеріалами дисертації опубліковані такі праці:

1. Sabrah Mahdi, Chumak I.G., Kochetov V.P. Investigation of medician plants drying with application of thermal pumping units. Ukraine. Odessa. IV IK "Ecology. Food Products. Helth, 1995, c. 166.

2. Сабрах Магди, Кочетов В.П., Павленко С.В. Исследование нового метода сушки лекарственных растений. Украина. Одесса. V Научно-методическая конференция "Людина та навколишнє середовище". Тезиси доклада, 1996, с. 123-124.
3. Чумак И.Г., Сабрах Магди, Кочетов В.П., Терзиев С.Г. Новая технология щадящей сушки лекарственных растений. Международная научно-техническая конференция "Холод и пищевые производства", Тезиси доклада. Санкт-Петербург, 1996, с. 166.
4. Сабрах Магди "Исследование нового метода сушки растительного сырья пищевого и фармацевтического назначения", М.: Ж. "Пищевая промышленность", №6, 1997.
5. Сабрах Магди. Спосіб сушіння лікарських рослин і пристрій для його здійснення. И.К. А.с. №9611434. Від 4.11.96.
6. Сабрах М.Ф. Перспективы применения нового способа механической сушки растительного сырья с периодическим воздействием СВЧ-поля. Днепропетровск. Н.Ж. "Придніпровський науковий вісник", № 21 (32), стр.1-6, 1997 рік.
7. Сабрах М.Ф. Перспективы применения нового способа механической сушки растительного сырья с периодическим воздействием электрического магнитного поля. Одесса. Ж. "Холодильная техника и технология", №57, 1997.

#### Умовні означення

$\omega$	кутова швидкість	рад/с	Q	тепловий потік	Вт
f	частота електричного поля	Гц	P	потік енергії	Вт
$\alpha$	коефіцієнт тепловіддачі	Вт/м <sup>2</sup> ·К	$\tau$	час	с
$\xi$	коефіцієнт вологовипадіння	д.од	W	початковий вологовміст	д.од
$\beta$	коефіцієнт оребрення	д.од	$\epsilon_0$	коефіцієнт вбирання енергії	д.од
$E_r$	ефективність оребрення	д.од	m	кореляційний коефіцієнт	д.од
T, t	температура	К, °С	$\epsilon_n$	доля часу нагріву в періоді обертання	д.од
			E	напруженість електричного поля	В/м

#### Підстрочні індекси

m — надходячий, 0 — початковий, n — підігрів, ox — охолодження,

x — змінна величина, o-n — періодичне охолодження і підігрів

Сабрах Магди. Диссертация на тему "Применение периодического действия искусственного холода и СВЧ-поля для неразрушающей сушки лекарственных растений" на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.14 – "Хранение и холодильная технология пищевых продуктов", Одесская государственная академия холода, Одесса, 1997 г.

В диссертации проведен обзор существующих современных технологий и средств сушки лекарственных растений, определены факторы отрицательного воздействия рассмотренных технологий на лекарственное растительное сырье, разработан новый способ сушки и конструкция сушилки для использования в аптечной фармации.

Проведены исследования и анализ процессов, происходящих в холодильно-нагревательной установке и СВЧ-блоке в процессе сушки. Установлена взаимосвязь механических параметров конструкции сушилки и теплофизических характеристик осушаемого сырья. Исследованы теплофизические свойства лекарственных растений *Plantago L* и *Arctium L*. Результаты проведенных исследований и испытаний позволяют приступить к внедрению найденной конструкции и способа в производство. На защиту выдвинуто положение о работоспособности и высокой эффективности неразрушающей технологии сушки лекарственных растений в аптечной фармации и конструкции сушилки для ее осуществления, а также получены математические зависимости, отражающие кинетику механических и теплофизических процессов.

## SUMMARY

SABRAH MAHDI. "Application of periodic effect of artificial cold and SHF-field (Superhigh frequencies) for nondestructive drying of herbs". The dissertation to achieve the degree of Ph.D. in speciality 05.18.14 – Storage and refrigeration technology of food products. Odessa State Academy of Refrigeration. Odessa, 1997.

In the thesis the survey of existing modern technologies and means of drying herbs has been made; factors of negative influence of the technology considered on medicinal vegetable raw materials have been defined; a new drying method and drier construction have been developed for pharmacy.

Processes taking place in the refrigerating and heating plant and the SHF-block in the drying process have been studied and analysed. The interconnection between the drier construction mechanical parameters and therophysical characteristics of *PLANTAGO-L*, and *ARCTIUM-L* herbs have been investigated. The results of investigation and tests carried out make it possible, to begin industrial application of the obtained construction and the means in the production. Submitted is a statment about serviceability and high efficiency of nondestructive technology of herbs drying in pharmacy and a drier construction for its realisation; mathematical relationships reflecting kinetics of mechanical and thermophysical processes have been obtained.

Key words: medicinal vegetable raw materials , SHF-block, drying processes, drier construction

Сдано в набор 27.05.97. Подписано в печать 28.05.97.  
Формат 60x84/16. Бумага офсетная.  
Объем 1 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ №255.

Отпечатано в множительном центре "Ризограф",  
Одесса, ул. Садовая, 16.  
Тел. : 20-00-35, 20-00-36, 20-00-37





AB 38.055