Відгук

офіційного опонента, доктора фіз.-мат. наук, професора Гаврюшенка Д.А. на дисертацію **Дмитренко Наталії Віталіївни "Вплив стану води на теплофізичні властивості та процес сушіння рослинної сировини"**, яку подано на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Структура та обсяг дисертації. Роботу Дмитренко Н.В. виконано в Інституті технічної теплофізики Національної академії наук України. Дисертація складається з переліку умовних позначень, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та одного додатку. Об'єм тексту дисертаційної роботи становить 184 сторінки, робота містить 80 рисунків, 13 таблиць та 1 додаток на 1 сторінці. Список використаних джерел містить 165 найменувань. Додаток містить інформацію щодо використання матеріалів, отриманих в ході виконання дисертаційної роботи.

Оформлення дисертації. Дисертаційна робота Дмитренко Н.В. оформлена відповідно до стандарту ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення».

Матеріал дисертації викладено у послідовності, яка відповідає поставленим в роботі задачам, представлений матеріал викладено грамотною мовою.

Обсяг і структура роботи відповідає необхідним вимогам, які встановлено ДАК МОН України.

Зміст автореферату дисертації ідентичний змісту дисертації, і відображає основні положення роботи. Автореферат дисертації написаний українською мовою.

Зміст дисертації, об'єкт і предмет дослідження відповідають паспорту спеціальності 05.14.06 «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика» як за формулою спеціальності, так і за напрямками досліджень.

Основний зміст роботи. У вступі висвітлено стан проблеми, обґрунтовано актуальність її вирішення, сформульовано мету і завдання дослідження, наведені загальна характеристика роботи, наукова новизна та практична цінність, особистий внесок здобувача, а також відображено апробацію одержаних результатів на наукових конференціях та повноту викладення матеріалів дисертації в опублікованих роботах.

У першому розділі розглянуто сучасні уявлення щодо стану води в рослинній сировині та його впливу на її теплофізичні властивості і процес сушіння. Наведено види та механізми зв'язування води органічними та мінеральними речовинами рослинних тканин. Традиційно вважається, що зростання енерговитрат при сушінні обумовлено видаленням більш міцно зв'язаної води, та що зменшення кількості зв'язаної води можливо лише після видалення всієї вільної. Наведено та проаналізовано дані щодо зменшення питомого вмісту зв'язаної води в рослинних матеріалах одночасно з видаленням вільної та впливу стану води на теплоємність рослинних тканин та теплоту випаровування води з них.

За допомогою аналізу проведеного огляду літературних джерел були означені невирішені проблеми і завдання дослідження, також було вибрано об'єкти дослідження.

У другому розділі наведено опис приладів і методів досліджень. Дослідження стану води в рослинних тканинах було проведено методом диференціальної сканувальної калориметрії за допомогою калориметричного комплексу на базі диференціального сканувального мікрокалориметру ДСМ-2М. Методика визначення стану води грунтується на тому, що вода в зв'язаному стані не зазнає фазового переходу першого роду при охолодженні нижче 0°С. Дослідження теплоти випаровування води зі зразків рослинних тканин було проведено за методом диференціальної калориметрії випаровування за допомогою калориметричного комплексу на базі диференціального мікрокалориметра випаровування ДМКИ-01. Визначення теплоти випаровування базується на синхронному вимірі зменшення маси зразка та кількості теплоти, що витрачена на випаровування води в процесі ізотермічного сушіння. Визначення питомої теплоємності паренхімних тканин яблука було здійснено в калориметрі ДСМ-2М.

Визначено похибки вимірювання.

У третьому розділі наведено результати експериментальних досліджень змін стану води в рослинних тканинах під час сушіння і впливу цих змін на теплоту випаровування води з рослинних тканин та на їх теплоємність.

Отримані значення граничного вологовмісту досліджених рослинних тканин досить добре співпали з літературними даними щодо межі їх гігроскопічності, що здобуті методом сорбції. Цей факт є доказом того, що застосована методика є надійним і об'єктивним інструментом в визначенні стану води в рослинних матеріалах. При дослідження впливу стану води на теплоємність рослинних тканин було значно розширено і поточено експериментальні данні щодо питомої теплоємності тканин яблука, картоплі

та верби. Дослідження впливу попередньої термообробки на питому теплоємність рослинних тканин показало, що через руйнування нативних структур питома теплоємність сухих тканин термообробленої сировини більше питомої теплоємності сухих тканин необробленої сировини. Це призводить до відповідного збільшення теплоємності вологих тканин термообробленої сировини.

У четвертому розділі проведено порівняльний аналіз результатів експериментального визначення стану води в рослинних тканинах та їх теплофізичних властивостей з результатами теоретичних передбачень та напівемпіричних розрахунків.

Результати проведеного порівняльного аналізу визначення теплоти випаровування води з рослинних тканин за розрахунковими методами та шляхом прямого калориметричного виміру показали, що отримані експериментальні данні знаходяться у задовільної відповідності з теоретичними припущеннями та напівемпіричними розрахунками. Вперше експериментально доведено порушення правила адитивності для питомої теплоємності вологих рослинних тканин через синергетичний ефект, обумовленій специфікою взаємодії води с компонентами сухих речовин рослин. Визначення питомої теплоємності рослинних тканин за правилом адитивності є коректним при заміні в розрахунковій формулі значення питомої теплоємності сухих речовин на значення питомої теплоємності тканин, які досягли полімолекулярного насичення водою.

У п'ятому розділі наведено приклади використання отриманих результатів при аналізі та теплових розрахунках процесу сушіння.

Отримані експериментальні дані щодо зміни теплоємності та теплоти випаровування води з різних рослинних тканин під час їх зневоднення дозволили розрахувати критерій Ребіндера теплової ефективності сушіння нативних та підданих попередній термообробці рослинних тканин.

У висновках викладено результати дисертаційної роботи, які вирішують важливу науково-прикладну задачу, пов'язану із поглибленням і удосконаленням наукових уявлень щодо динаміки та енергетики зневоднення колоїдних капілярно-пористих тіл на прикладі зневоднення рослинних тканин різного хімічного складу, а також підданих попередній термообробці.

У заключній частині дисертаційної роботи приведено список використаної літератури та додаток до основного змісту роботи.

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Сьогоднішній день характеризується виходом України на світовий ринок як потужного виробника сільськогосподарської продукції. Задля забезпечення високої якості та конкурентоспроможності продукції харчової та переробної промисловості виникла нагальна потреба удосконалення технології сушіння рослинної сировини, де витрати енергії становлять 4,3 – 8,5 МДж на 1 кг вологи, що випарувалась, при тому, що питома прихована теплота випаровування чистої води становить 2,4 – 2,3 МДж/кг.

Динаміка і енергетика зневоднення рослинних тканин має деякі суттєві відмінності від динаміки і енергетики зневоднення класичних колоїдних капілярно-пористих тіл. Це і багатство хімічного складу, і наявність термолабільних речовин та речовин, які здатні змінювати свій стан під впливом технологічних факторів, і існування клітинних оболонок з вибірковою проникністю. Поза ґрунтовного наукового розгляду залишився вплив хімічного складу класичних колоїдних капілярно-пористих тіл і наявності розчинних речовин на процес зв'язування вологи. Заглядаючи в майбутнє, О.В.Ликів і А.С.Гінзбург зауважували, що цей розгляд залишиться на долю майбутніх поколінь дослідників.

СТУПІНЬ ОБҐРУНТОВАНОСТІ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ ТА ДОСТОВІРНІСТЬ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

Наукові положення, висновки та рекомендації базуються на фундаментальних термодинамічних законах. Їхня обґрунтованість забезпечується продуманою логікою викладення матеріалу та широтою опрацьованої літератури.

Всі отримані в роботі результати узгоджуються з сучасними уявленнями про природу явищ, що досліджувались. Отримані залежності в граничних випадках дають добре відомі та перевірені результати для відповідних систем, а також підтверджуються результатами наявних експериментальних досліджень. Всі результати отримано в рамках класичних підходів, які неодноразово перевірялись на різних системах.

Достовірність одержаних результатів експериментальних досліджень обумовлена достатньою кількістю експериментів, їх повторюваністю за тих самих умов.

використані в технологіях підготовки та сушіння рослинної сировини, диспергування та сепарації висушеної продукції; матеріали, що отримані в ході виконання дисертаційної роботи та опубліковані в наукових виданнях, використовуються в наукових дослідженнях та навчальних програмах Національного університету харчових технологій.

ПОВНОТА ВИКЛАДЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ В ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЯХ

Результати дисертаційної роботи опубліковано у восьми статтях у наукових фахових виданнях, з них три статті – у виданнях, які індексуються наукометричними базами, 14 публікацій в матеріалах конференцій. Кількість публікацій дисертанта без співавторів – 2.

Вказані роботи опубліковано у відкритому друку, в них повністю розкрито суть дисертаційної роботи та відображено основні наукові результати, отримані в дисертаційній роботі.

ЗАУВАЖЕННЯ ДО ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. На сторінках 115-116 автор розглядає розподіл Максвелла-Больцмана, забуваючи про те, що це можна зробити виключно для класичного ідеального газу. Записані вирази відповідають, скоріше, неприродній формі частини «розподілу Гіббса», записаної для двох частинок. Застосування отриманого виразу до визначення кількості частинок в певному елементі простору є некоректним. Крім того, автор замінює середнє за ансамблем значення енергії міжмолекулярної взаємодії динамічним значенням цієї величини (сторінка 115).
2. У наведеному на сторінці 119 рівнянні Клаузіуса-Клайперона повинна стояти не частинна похідна тиску за температурою, а відношення диференціалів цих величин вздовж кривої співіснування. Застосування оператора частинного диференціювання у даному випадку є некоректним. Крім того, при записі цього рівняння необхідно обгрунтувати застосування за даних умов термічного рівняння стану ідеального газу.
3. Наведений на сторінці 35 опис теплоємності не є визначенням цієї величини. Частинною похідною внутрішньої енергії за температурою за сталого об'єму та сталої кількості частинок є теплоємність C_V, при цьому цей вираз було отримано виключно методами термодинаміки, а не молекулярно-кінетичної теорії.

НАУКОВА НОВИЗНА ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Нові наукові результати, отримані в даній роботі, полягають в наступному:

– вперше встановлено характер і ступінь впливу складу сухих речовин на стан води в рослинній сировині та його зміну в процесі сушіння;

– вперше прямими калориметричними вимірами при сушінні отримано залежності зміни теплоти випаровування води з рослинних тканин різного хімічного складу та підданих термообробці від поточної вологості;

– встановлено, що перевищення питомої теплоти випаровування води з досліджених рослинних тканин над теплотою випаровування чистої води з вільної поверхні починається на ранніх етапах сушіння та до моменту видалення гігроскопічної вологи може сягати 10%;

– вперше, в широких інтервалах температури і відносної вологості, отримано аналітичну залежність питомої теплоємності паренхімних тканин яблука та пагонів верби від двох перемінних; значно розширено та уточнено експериментальні дані щодо питомої теплоємності картоплі;

– вперше, при дослідженні термічно не оброблених тканин картоплі, виявлено зміщення температури початку клейстеризації крохмалю в область більш високих температур при зменшенні вологості тканин з 81 до 52 %;

– експериментально доведено порушення правила адитивності для теплоємності рослинних тканин через синергетичний ефект, обумовлений специфікою взаємодії води с компонентами сухих речовин;

– уточнено механізм та послідовність видалення води з рослинних тканин при сушінні.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Практичне значення результатів, отриманих в даній роботі, полягає в наступному: розроблена та відпрацьована методика виміру теплоти випаровування води з вологих матеріалів та їх теплоємності за допомогою диференціального мікрокалориметра випаровування ДМКИ-01 може бути використана в подальших дослідженнях матеріалів рослинного, тваринного та неорганічного походження; отримана аналітична залежність питомої теплоємності вологих тканин яблука від температури і вологості може бути використана в теплових розрахунках процесів та обладнання харчової та переробної промисловості; дані про склування в позитивній області температур в рослинних матеріалах з низькою вологістю та дані про температуру клейстеризації крохмалю в тканинах картоплі можуть бути

4. Наведене на сторінках 101-104 пояснення температурної залежності теплоємності є недостатньо обґрунтованим. По-перше, характеристична температура для обертального руху молекул не попадає в температурний діапазон, за якого проводився експеримент. Наприклад, навіть для самих легких молекул – молекул H_2 – вона становить всього 85.4К. По-друге, розглянутий автором механізм «виморожування коливальних мод гідратних комплексів» необхідно підтвердити оцінками відповідних ефективних температур (для водневого зв'язку «кисень-водень» енергія становить приблизно 21кДж/моль з відповідною характеристичною температурою).
5. У тексті дисертаційної роботи зустрічаються русизми, наприклад «на протязі» (сторінка 23 тощо); неточності, наприклад, некоректне виживання терміну «суміш» замість «розчин» і навпаки (сторінка 83), дебай стає одиницею виміру електричного заряду (сторінка 18), спіраль/глобулу названо первинною структурою білка (стор. 21).

Зроблені зауваження не зменшують цінності основних наукових положень, висновків і рекомендацій, які виносяться на захист дисертанткою. Крім того, вказані недоліки в основному мають характер побажань для подальшої роботи і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Дмитренко Н.В.

ВІДПОВІДНІСТЬ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ ВИМОГАМ ДАК УКРАЇНИ

В результаті вивчення представленої дисертаційної роботи, автореферату та наукових праць можна зробити висновок:

1. Робота на тему «**Вплив стану води на теплофізичні властивості та процес сушіння рослинної сировини**» є завершеною науковою роботою, в якій на підставі виконаних автором на сучасному рівні досліджень вирішено важливі наукові і практичні задачі, отримано нові, науково обґрунтовані, результати що у сукупності становлять значний доробок для подальшого розвитку актуальних напрямків у галузях технічної теплофізики, зокрема для розвитку енергозберігаючих технологій зневоднення колоїдних капілярно-пористих тіл.

2. Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.14.06 «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика».

3. За актуальністю, новизною, глибиною досліджень достовірністю та практичною цінністю, об'ємом та змістом дисертаційна робота повністю

відповідає встановленим вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань», затвердженого постановою Кабінету міністрів України від 24.07.2013 №567, а її автор, Дмитренко Наталія Віталіївна, заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук із спеціальності 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент:
Доктор фізико-математичних наук, професор
кафедри молекулярної фізики фізичного факультету
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка Гаврюшенко Д.А.

Підпис проф. Гаврюшенка Д.А. засвідчую

Підпис засвідчую
Вчений секретар
Нарахунка Н.
27.10.2