



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

Білоруський державний аграрний технічний університет
Варшавський політехнічний університет (Польща)

Ташкентський державний аграрний університет (Узбекистан)

Західно-Казахстанський аграрно-технічний університет
ім. Жангір хана (Казахстан)

Казахський агротехнічний університет
ім. С. Сейфулліна (Казахстан)

Каршинський інженерно-економічний інститут (Узбекистан)

Вроцлавський університет природничих наук (Польща)

Аграрний університет Ім. Гуго Коллонтая (Польща)



Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі



*Матеріали
III Міжнародної науково-практичної
інтернет-конференції 01-26 листопада 2021 р.*

Мелітополь, 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Білоруський державний аграрний технічний університет (Білорусь)
Варшавський політехнічний університет (Польща)
Ташкентський державний аграрний університет (Узбекистан)
Західно-Казахстанський аграрно-технічний університет
ім. Жангір хана (Казахстан)
Казахський агротехнічний університет ім. С. Сейфулліна (Казахстан)
Каршинський інженерно-економічний інститут (Узбекистан)
Вроцлавський університет природничих наук (Польща)
Аграрний університет Ім. Гуго Коллонтая (Польща)

Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі

*Матеріали
III Міжнародної науково-практичної
інтернет-конференції
01-26 листопада 2021 р.*

Мелітополь
2021

Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали III Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 01-26 листопада 2021 р.) / ТДАТУ: ред. кол. В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. - Мелітополь: ТДАТУ, 2021. - 657 с.

У збірнику представлені матеріали міжнародної науково-практичної конференції за результатами досліджень щодо технічного забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі.

Збірник тез є частиною науково-дослідних тем Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного «Розробити технічні засоби для приготування кормів та компостної суміші» (номер держреєстрації 0116U002721), «Розробка технологій та апаратів для очищення та контролю від забруднення поливної води, робочих та мастильних рідин» (номер державної реєстрації НДР 0116 U 002743) та «Розробка електротехнологічного комплексу і технічних засобів для підвищення якості паливно-мастильних матеріалів» (номер державної реєстрації НДР 0116 U 002723).

Матеріали призначені для наукових співробітників, викладачів, студентів й аспірантів вищих навчальних закладів, фахівців і керівників сільськогосподарських та переробних підприємств АПК різної організаційно-правової форми, працівників державного управління, освіти та місцевого самоврядування, всіх, кого цікавить проблематика технічного забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі.

Відповідальність за зміст наданих матеріалів, точність наведених даних та відповідність принципам академічної доброчесності несуть автори. Матеріали видані в авторській редакції.

Редакційна колегія: *Кюрчев В.М.*, д.т.н., проф., член-кореспондент НААН України, радник ректора Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного; *Надикто В.Т.*, д.т.н., проф., член-кореспондент НААН України, *Єременко О.А.*, д.с-г.н., проф., проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності ТДАТУ; *Скляр О.Г.*, к.т.н., проф., в.о. зав. кафедри «Технічний сервіс та системи в АПК»; *Кюрчев С.В.*, д.т.н., проф. кафедри «Технологія конструкційних матеріалів», декан механіко-технологічного факультету ТДАТУ; *Журавель Д.П.*, д.т.н., проф. кафедри «Технічний сервіс та системи в АПК» ТДАТУ; *Болтянська Н.І.*, к.т.н., доц. кафедри «Технічний сервіс та системи в АПК», начальник науково-методичного центру ТДАТУ; *Скляр Р.В.*, к.т.н., доц. кафедри «Технічний сервіс та системи в АПК», завідувачка відділу моніторингу якості освітньої діяльності ТДАТУ.

Адреси для листування:

72310, Україна, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18

E-mail: nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua

Сайт конференції: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/conf/>

© Автори тез, включені до збірника, 2021

© Таврійський державний агротехнологічний університету імені Дмитра Моторного, 2021

ВПЛИВ КРОХМАЛЮ НА ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ М'ЯСНИХ ЕМУЛЬСІЙНИХ СИСТЕМ.....	211
<i>Камсуліна Н. В., Желева Т. С., Бубенець Д. Г.</i>	
<i>Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна</i>	
ЗНИЖЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЧЕРЕЗ ЗОВНІШНІ НЕКЕРОВАНІ ФАКТОРИ	214
<i>Соколік С.П., Ніколаєнко К.М., Горбуля А.В.</i>	
<i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	
ВПЛИВ КУТА АТАКИ ДИСКІВ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ БОРОНУВАННЯ.....	216
<i>Колодненко В.М., Рогоза Д.В., Дахно А.А.</i>	
<i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	
КЕРУВАННЯ ПРОДУКТИВНІСТЮ КОРІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ РАЦІОНУ ЕНЕРГІЄЮ	218
<i>Болтянська Н.І., Товчигречко О.В.</i>	
<i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна</i>	
ТРАКТОРИ ДЛЯ ПОТРЕБ ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА.....	221
<i>Шелест М.С., Кузьмів Я.В.</i>	
<i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	
ПОРІВНЯННЯ ТЕХНОЛОГІЙ СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ: ВАКУМНА ТА СВЧ	223
<i>Облещенко А. Д., Гулевський В.Б.</i>	
<i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна</i>	
АНАЛІЗ ТИПОВИХ ПОМИЛОК ПРИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.....	228
<i>Хурсенко С.М., Шевченко А.О., Дробнов І.В.</i>	
<i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна</i>	
ФАКТОРИ ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДИСКОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.....	230
<i>Соколік С.П., Черенщikov С.В., Горленко О.М.</i>	
<i>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна.</i>	
ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНА РЕКОНСТРУКЦІЯ ФЕРМ – ОДИН З ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА	233
<i>Болтянський Б.В., Журавель Д.П., Болтянська Л.О.</i>	
<i>Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна</i>	
ПРОДУКТИВНІСТЬ НАСАДЖЕНЬ СУНИЦІ САДОВОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СХЕМИ ПОСАДКИ В УМОВАХ НАДДНІСТРЯНЩИНИ	238
<i>Мулярчук О.І.</i>	
<i>Подільський державний аграрно-технічний університет, м. Кам'янець-Подільський, Україна</i>	

УДК:621.365.5

**ПОРІВНЯННЯ ТЕХНОЛОГІЙ СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ:
ВАКУМНА ТА СВЧ**

Облещенко А.Д., магістрант

Гулевський В.Б., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна

Різноманіття видів і способів електричної обробки сільськогосподарської сировини можна розбити на дві великі групи: обробка електроконтактна та у високочастотному і надвисокочастотному полях. Отже, тут особливо чітко необхідно представляти механізм дії енергії, що підводиться, з точки зору зміни структури матеріалу, його структурно механічних і енергетичних властивостей, мети обробки, і дуже ретельно розглядати енергетичні і економічні витрати на реалізацію того або іншого способу обробки [1,2,3].

У даний час основним промисловим способом сушіння деревини є конвективне сушіння. При конвективному сушінні деревини випаровування вологи відбувається при температурі нижче точки кипіння. Існують два види електрологічних способів сушіння деревини - вакуумна і СВЧ. Ці два способи сушіння деревини об'єднує те, що випаровування вологи з деревини відбувається за температури вище точки кипіння.

Основа вакуумного сушіння: на межі розділу двох фаз рідина-пар має місце рівноважне перебіг процесів випаровування та конденсації. Випаровування являє собою процес перетворення рідини в пару зі швидкістю, що перевищує швидкість зворотного явища-конденсації. В обох випадках відбувається теплообмін, пов'язаний з поглинанням або виділенням теплоти фазового переходу за зміни агрегатного стану речовини: при випаровуванні тепло поглинається, а при конденсації вивільняється. Конденсація відбувається при зіткненні насиченої пари з поверхнею, температура якої нижче температури насичення. Якщо температура поверхні перевищує температуру насичення, ніякої конденсації не відбувається. Розрізняють два види конденсації: плівкову та краплинну. У плівковій конденсації рідкий конденсат змочує поверхню і утворює на ній безперервну плівку, яка чинить значний опір тепловому потоку. У разі крапельної конденсації пари конденсуються на поверхні, що охолоджується в центрах конденсації у вигляді крапель. Вони не змочують повністю всю поверхню і ростуть тільки за рахунок конденсації в них пари та злиття їх з іншими, розташованими поруч краплями. Вони збільшуються до тих пір, поки

під дією гравітаційних або інших сил не відірвуться від поверхні і не стікають по ній. Сухі та мокрі ділянки на поверхні чергуються, і вона набуває плямистого вигляду. При краплинній конденсації найвища інтенсивність тепловіддачі. Для ініціювання формування крапельок поверхню охолодження обробляють тонким шаром речовини, що має надзвичайно низьку змочуваність рідиною. Таким чином, при вакуумному сушінні відбувається два фазових переходу рідина-пар і пар-рідина [4].

Процеси сушіння деревини у вакуумі складається з переміщення пари та вологи до поверхні деревини та випаровування у навколишнє середовище. Пар, що утворився, шляхом дифузії переходить у навколишнє середовище. У вакуумі у міру зменшення тиску середовища в поверхневому шарі слабшають міжмолекулярні зв'язки, і ті молекули, у яких сили взаємодії менші за інші, відриваються і дифундують у середу. При в'язкісному режимі в камері вони мають багато зіткнень на шляху до стінки камери. Тому частина їх повертається назад, сприяючи створенню прикордонного шару, частина залишається у просторі, поєднуючись в асоціації, а частина конденсується, досягаючи стінки камери і віддаючи їй тепло конденсації. Температура стінки підвищується, частина адсорбованих у ній молекул знову відбивається, тому стінку необхідно інтенсивно охолоджувати. Чим нижча температура охолодження, тим більша конденсація водяної пари. Для інтенсивного випаровування необхідно, щоб відносна вологість середовища не збільшувалася, а підтримувалася відповідно до режиму [5].

Інтенсивне випаровування вологи з поверхні деревини викликає швидке зниження її вологості до межі гігроскопічності. Після цього волога починає переміщатися до деревини. За її товщиною утворюється дві зони: навколоповерхнева дифузійна і внутрішня - капілярна. У міру висушування дифузійна зона заглиблюється.

В результаті інтенсивного випаровування вологи поверхня деревини швидко охолоджується до температури навколишнього середовища та утворюється прикордонний шар, тому сушіння різко уповільнюється. Щоб інтенсифікувати процес випаровування за таких умов, необхідно або зруйнувати прикордонний шар над поверхнею, або максимально зменшити його товщину. Таким чином, матеріал при вакуумному сушінні необхідно постійно нагрівати. Спосіб конвективного нагріву в даному випадку відпадає, тому що при зниженні тиску навколишнього середовища теплопровідність її знижується. Звідси впливає необхідність комбінування вакуумного сушіння з іншим способом нагрівання. Тепло може передаватися контактним, радіаційним чи діелектричними методами. Передача тепла матеріалу при вакуумно діелектричному способі дозволяє реалізувати цю можливість повною мірою.

В останні роки на ринку сушарок деревини домінує два види вакуумних камер. Перший вид із циклічним нагріванням і другий із контактним нагріванням деревини. У циклічних камерах спочатку проводиться нагрівання деревини, а потім вакуумування. Весь цей процес повторюється кілька разів, поки деревина не висохне. При цьому способі сушіння передача тепла матеріалу проводиться конвективним способом. Припустимо, що нам необхідно висушити деревину з циклічним конвективним нагріванням деревини до температури 90°C та сушінням у вакуумі при температурі 45°C . Витрати на нагрівання сирової деревини на 45°C (від 45°C до 90°C) становитимуть $28946 + 66352 = 95298$ кДж/м³. При прихованій теплоті випаровування води $2392,1$ кДж/кг за перший цикл випаровується $95298 : 2392,1 = 40$ кг води. У процесі сушіння після кожного циклу теплоємність сирової деревини знижується. Кожного разу з деревини випаровуватиметься все менше і менше вологи. Як показують ці розрахунки, циклів має бути не менше 10. Недоліком цього способу сушіння є велика тривалість сушіння деревини (тривалість сушіння наближається до тривалості сушіння конвективним способом), великі енергетичні витрати (від 450 кВт/м³ та вище). Високі витрати пов'язані з багаторазовим нагріванням та охолодженням не тільки деревини, а й усієї сушильної камери [4].

У вакуумних камерах з контактним нагріванням передача тепла матеріалу проводиться пластинами, що укладаються в штабель пиломатеріалів. Пластини чергуються із пиломатеріалами. Пластини нагріваються гарячою водою чи електроенергією. Електричні нагрівачі застосовуються жорсткі чи гнучкі. Гнучкі нагрівачі виготовлені з міцної прогумованої синтетичної тканини з протягнутою всередині вуглецевою ниткою, іноді їх називають «електрорушниками». Недоліками цього способу сушіння є складність укладання штабеля, низький коефіцієнт використання простору камери, закриття пластин пиломатеріалів нагрівальними елементами. У 80-ті роки минулого століття хороші результати були отримані при комбінуванні вакуумного та діелектричного сушіння. Як джерело енергії використовувалися високочастотні (ВЧ) генератори, що працюють на частотах $5,28$ МГц, $13,56$ МГц, 26 МГц, 30 МГц. Однак через громіздкість ВЧ-обладнання дані сушарки поширення не отримали [4].

На жаль, на ринку сушарок зустрічаються вакуумні камери з фантастичними витратами на сушіння пиломатеріалів - від 50 кВт/м³ за сушіння деревини від початкової вологості 60% до кінцевої вологості 10% . Такі низькі витрати виробники пояснюють утворенням холодного туману або видавлювання майже всієї вологи в рідкій фазі. Але фізичні процеси, що відбуваються при вакуумному сушінні, ніхто не скасував. При ККД $0,6$ витрата енергії при сушінні свіжозрубаної деревини до вологості 10% складе 400 кВт/м³. Але з урахуванням, що

деревина в сушарку потрапляє з вологістю 40-60%, витрата енергії не може бути менше 250-300 кВт/м³. Тому на ринку є такі вакуумні камери, які не сушать деревину або час сушіння більше, ніж при конвективному сушінні. У процесі сушіння з 1 м³ деревини випаровується близько 200 кг води. Зі штабеля об'ємом 5 м³ необхідно видалити 1 т води. За тривалості сушіння 24 години щохвилини з деревини видаляються 700 г води. Середовище в камері може вміщати лише до 1,4 кг вологи у вигляді пари. При цьому середовище повністю насичується, подальше сушіння припиняється, тому водяну пару з навколишнього середовища необхідно конденсувати та видалити з камери. Тому вакуумні камери повинні забезпечуватись системою охолодження. Особливо важливо, що швидкість конденсації пари всередині камери має бути більшою або рівною швидкості випаровування вологи. Відповідно до фазових переходів рідина-пар-рідина, скільки тепла витрачається на випаровування води, стільки ж тепла має відводитися системою охолодження камери від конденсації пари. Деякі виробники думають, що вся волога конденсуватиметься на поверхні внутрішньої стінки камери, і систему охолодження не роблять. Це призводить до припинення процесу сушіння або до збільшення термінів сушіння деревини в 2-3 рази.

Одним із перспективних напрямів в інтенсифікації сушіння деревини є використання енергії електромагнітного поля надвисоких частот. В результаті швидкого підвищення температури всередині деревини, що характерно для СВЧ-нагріву, підвищується тиск водяної пари, тобто з'являється надлишковий тиск пари всередині деревини по відношенню до тиску середовища. Цей градієнт надлишкового тиску різко інтенсифікує процес сушіння, тому що в цьому випадку перенесення пари відбувається як шляхом молекулярної дифузії, так і шляхом фільтрації через пори та капіляри деревини. Цей вид перенесення при СВЧ-нагріві пригнічує інші види перенесення [5].

В останні роки особливу увагу привертає використання в технологічних процесах струмів СВЧ. Привабливість застосування СВЧ-енергії для сушіння деревини полягає в наступному:

- будучи вологим матеріалом, деревина має дуже високу поглинання енергії електромагнітного поля СВЧ;
- можливість зі швидкістю світла підвести та виділити в одиниці об'єму деревини потужність, недоступну жодному з традиційних способів підведення енергії;
- можливість здійснити безконтактне виборче нагрівання та отримати необхідний розподіл температур у деревині, у тому числі у режимі саморегулюючого нагрівання;
- можливість миттєвого включення та вимикання теплового впливу, що забезпечує режим теплової без інерційності та високу точність регулювання нагріву;

– практично 100% ККД перетворення СВЧ-енергії в теплову, що виділяється в матеріалі, що нагрівається, низькі втрати енергії в підводах і робочих камерах;

– можливість використовувати в сушінні деревини закладені природою механізми транспортування великих обсягів рідини вздовж волокон.

Основним недоліком СВЧ-сушіння є те, що через велику концентрацію в сучках смоли при СВЧ-нагріві вона впливає із сучка.

Безперечно, ідеальним варіантом є комбінування вакуумного сушіння з СВЧ-сушінням.

Як показує розрахунок енергетичні витрати вакуумного сушіння відрізняються лише на 9%. Але тут не враховано енергетичні витрати на створення вакууму та на конденсацію пари всередині камери. Крім того, при глибині вакууму 0,01 МПа питомий тиск на стіну вакуумної камери становить 9 тон на квадратний метр. Тому стіна вакуумної камери повинна бути вдесятеро товщі, ніж стіна у СВЧ-камері. Це призводить до збільшення металомісткості камери.

Отже, з вищесказаного випливає, що вакуумні сушильні камери не такі ж економічні; комбінування вакуумного сушіння з діелектричним нагріванням вимагає додаткових витрат на сушарку та на сушіння деревини; СВЧ-способом деревину можна також швидко сушити, як і при вакуумному сушінні; при СВЧ-сушінні відбувається стерилізація деревини; СВЧ-камери компактніші і мають меншу масу та вакуумно-діелектричні камери вигідно застосовувати там, де за технологією потрібно низькотемпературне сушіння деревини.

Список використаних джерел

1. Гулевський В. Б, Ковальов О. В. Електротехнології в сільському господарстві. Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта): матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. Київ, 2016. С. 14-16.

2. Гулевський В. Б, Постол Ю.О., Стьопін Ю.О., Стручаєв М.І., Борохов І.В. Шляхи оптимізації навчальної дисципліни «Електротехнології» у формуванні професійних якостей майбутнього фахівця аграрної сфери.// International Trends in Science and Technology: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference. Vol.12018. P. 30 – 32

3. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни “Електротехнології в АПК” «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В. Б. Гулевський, Ю. О. Постол, М. І. Стручаєв, В. С. Попрядухін, І. В. Борохов. Мелітополь: ФОП Белень В.В., 2021. 48с.

4. Расев А.И. Сушка древесины: Учебное пособие. 1-е изд. Санкт-Петербург: Лань, 2014. 416с.

5. Сушка древесины. Технологии URL: <http://technologies.info/derevoidrevesina/sushka.html>

Наукове видання

**Технічне забезпечення
інноваційних технологій в
агропромисловому комплексі**

Матеріали

*III Міжнародної науково-практичної
інтернет-конференції
01-26 листопада 2021 р.*

*Відповідальна за випуск: Н.І. Болтянська, доцент кафедри
Технічний сервіс та системи в АПК Таврійського державного
агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.*

Редактор: Н.І. Болтянська.

Дизайн і верстка: Н.І. Болтянська.

Адреси для листування:

72310, Україна, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18

E-mail: nataliia.boltianska@tsatu.edu.ua

Сайт конференції: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/conf/>

**Редакційна колегія не несе відповідальності за зміст
представлених матеріалів**