

**О.М. Євсєнко, к.т.н., доц.
А.В. Ольшевський, аспірант
В.М. Лещенко, ст. викладач**

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Автоматизована система керування сушильною камерою періодичної дії

Стаття присвячена пошуку рішень для впровадження алгоритмів керування температурою об'єктів у сушильній камері періодичної дії.

Розроблені алгоритми керування вимагають апаратної платформи, на якій можливе впровадження та побудова програмних моделей. Аналіз літературних джерел показав, що тема сушіння деревини є актуальною в усьому світі через складну структуру об'єкта керування й потенційну можливість економії енергоресурсів. Через складність об'єкта керування та необхідність забезпечення безперервної та стабільної якості сушіння виникає потреба побудови автоматизованих систем для впровадження нових алгоритмів керування. Вимогами до побудови системи є: безпечність, можливість задання налаштувань, робота в різних режимах, діагностування несправностей. Неправильний процес сушіння може призвести до браку всієї партії деревини, а отже, і до економічних втрат.

Серед пропонувананих рішень – побудова математичних моделей, використання регуляторів з прогнозуванням, апаратні підходи.

З'ясовано, що складність об'єкта керування обумовлена початковим рівнем вологості, пористою структурою, залежністю від типу деревини та розміру її поперечного зрізу. Для оцінки ефективності впроваджених алгоритмів керування орієнтуються на такі фактори: швидкість сушіння, відсутність дефектів, низьке споживання енергії.

Розроблено перелік вхідних-вихідних сигналів, який показав, що для побудови системи керування необхідні датчики температури, вологості, стану роботи виконавчих пристроїв та самі виконавчі пристрої. Проведено синтез обладнання та побудовано структурну схему підключення. Описано алгоритм роботи об'єкта управління, який складається з підготовчої частини, роботи в автоматизованому або ручному режимі. Особливу увагу приділено опису аварійних ситуацій, роботі системи під час їх виникнення та логуванню подій.

Ключові слова: *сушильна камера; енергозбереження; автоматизована система керування.*

Актуальність теми. Під сушінням деревини розуміють процес випаровування вологи, що міститься в ній. Свіжозрубана деревина залежно від виду дерева, умов та регіону проростання має вологість від 60 до 75 %. Деревина такої вологості швидко загниває, її складно обробляти. Вироби з такої деревини мають низьку якість. Для усунення цих недоліків вона має бути висušена до рівня вологості 5–15 %. Така деревина краще обробляється та склеюється.

Рівень сушіння визначається подальшим призначенням деревини. Через те, що природне сушіння більш затратне за часом і не дає необхідного відсотка вологості, застосовують штучне сушіння, яке відбувається в камерах періодичної або безперервної дії.

Практична мета сушіння пов'язана з необхідністю низької вартості, короткого часу та прийнятної якості сушіння. Неможливо одночасно виконати всі ці умови, тому, щоб досягти загальноприйнятого результату, потрібні компроміси.

Неправильний процес сушіння може призвести до браку всієї партії, отже, і до економічних втрат, через те що з неякісної деревини неможливо створити якісні та довговічні вироби. Пересушування та недосушування деревини є найпоширенішою проблемою через нерівномірність сушіння та велику кількість деревини в сушильній камері. У промислових масштабах пиломатеріали сушать у печах великими партіями, які містять тисячі дощок з різними характеристиками висихання. У результаті виникає розкид параметра вологості деревини. Пересušена деревина схильна до усадки і деформації, а недосушена не придатна для конструктивних цілей.

Деревина є анізотропним матеріалом. Її сушіння ускладнюється тим, що коефіцієнти, які визначають теплофізичні властивості деревини, не є постійними величинами, а залежать від напрямку простягання волокон [1]. Мінливість умов сушіння (температури, відносної вологості, швидкості) та їх залежність від характеристик, стану, розмірів і кінцевої експлуатації лісоматеріалів не дозволяє побудувати адекватну математичну модель швидкості та тривалості сушіння для всіх випадків і всіх видів деревини [1]. Тому пошук рішень, які допоможуть знизити вартість, зменшити час сушіння з прийнятною якістю, є актуальним завданням.

Аналіз попередніх досліджень. Методи сушки залежать від типу деревини. Так у [2] досліджується сушіння деревини роду рослин сімейства павловнієвих, у [3] – евкаліпта сімейства міртових, у [4] – ялиці (босуги тихоокеанського узбережжя), у [1, 5] – сушіння деревини бука. В Україні найчастіше сушать дуб та сосну. Така географія, види та типи деревини вказують на те, що тема сушіння дуже поширена у світі.

У публікаціях до 2002 року через відсутність досвіду в проектуванні систем керування [6] більше уваги приділялося побудові математичних моделей сушильних печей на базі системи рівнянь. У [6] розроблено комплексну модель печі, яка складається з підсистем штабеля деревини, циркуляційних вентиляторів печі, кожуха печі, нагрівача повітря та осушувача. Ця модель розв'язує фундаментальні рівняння балансу для всієї системи, до яких належать рівняння балансу маси, імпульсу, енергії. У [7] побудовано модель за допомогою методу кінцевих об'ємів. Особливу увагу акцентовано на швидкості роботи за цією моделлю на апаратному рівні, можливості передбачити зміну параметрів об'єкта керування під час сушки – температуру, вологість деревини, деформацію.

Сучасні дослідження вказують на необхідність використання нейронного регулятора з прогнозуванням [8]. Для сушіння застосовуються методи чисельного моделювання: метод скінченних елементів [9], використання моделей з прогнозуванням [10] та нейронного регулятора з прогнозуванням [8]. У [9] стверджується, що застосування методу скінченних елементів для нагрівання та масообміну при сушінні деревини дає досить точне рішення, тому що аналітичні рішення існують тільки для надзвичайно простих завдань, а чисельні рішення важко отримати, якщо не робити припущень, що спрощують їх побудову.

У [11] розроблено автоматизовану систему керування сушінням деревини у конвективних сушарках. Наведено основні параметри та вимоги до побудови системи керування. Проте в цій роботі здійснено лише аналіз об'єкта керування та вибір датчиків. Не наводиться синтез контролера, опис алгоритму керування для розробки програмного забезпечення.

У [12] розроблено автоматизовану систему керування сушінням деревини на базі програмованої логіки, написаної за допомогою кінцевої машини станів та з використанням контролера фірми Omron. Машина станів будується з використанням карт Карно. Проте не вказано, як саме задаються температура та час сушіння, не описується алгоритм виходу на уставку, залежність алгоритму від ваги та кількості деревини в камері.

У [13] використовуються алгоритми нечіткої логіки та правило Suram для мінімального споживання електроенергії нагрівачем з використанням альтернативних джерел. Нечіткий регулятор будується для сонячних панелей в залежності від поточної погоди. У [10] розглядаються регулятори ковзного режиму для деревини. Для їх розробки було побудовано прогностичні моделі, засновані на нелінійній авторегресійній моделі. Порівнювані стратегії являли собою управління в ковзному режимі, засноване на законі експоненційного наближення та законі наближення змінної швидкості.

У [3] проводиться дослідження відновлення деформацій евкаліпта. Показано, що сушіння під навантаженням, що передує відновленню та подальшому балансуванню, може відновити значну частину деформацій. У [4] пропонується методика оптимізації сушіння пиломатеріалів шляхом упрощення попереднього сортування в поєднанні з модифікованими графіками сушіння. Було виявлено, що порівняно з несорттованими пиломатеріалами сортування на три групи пиломатеріалів потенційно може скоротити час сушіння приблизно на 1 день і збільшити вартість пиломатеріалів приблизно на 8 доларів США/м³. За приблизними підрахунками, ці результати збільшать потенційні річні продажі приблизно на один мільйон доларів США залежно від потужності печі та ринкових умов.

У [14] описуються переваги, які дає запровадження систем автоматизованого управління: надійна і проста робота, оптимізація процесу сушіння, що дає високу якість висушених матеріалів та економічність сушіння, можливість гнучкого програмування режиму сушіння, контроль аварійних ситуацій, зокрема можливих пошкоджень та порушень.

Останнім часом з'являються розробки, які застосовують нові підходи до сушіння, наприклад, сушка у мікрохвильовій печі, що додає динамізму видаленню вологи з внутрішньої частини матеріалу на поверхню [5].

Упровадження нових алгоритмів керування можливе, якщо розроблена система є безпечною, уміє реагувати та виходити з аварійних ситуацій, не завдаючи шкоди об'єкту керування та людині.

Саме для таких цілей будуються автоматизовані системи, які можуть реалізовувати алгоритми керування. Тому розробка автоматизованої системи керування сушильною камерою є актуальною.

Метою статті є аналіз проблем, пов'язаних з видаленням вологи з деревини, та побудова систем автоматизованого керування сушильною камерою.

Викладення основного матеріалу. Деревина – це енергоємний об'єкт із розподіленими параметрами, який має складну структуру через розміри, неоднорідність та пористість. У зв'язку з цим виникають проблеми під час сушіння: необхідно висушити швидко, без дефектів, з низьким споживанням енергії. Через значну кількість ресурсів, яка витрачається на нагрівання, зазвичай розв'язують задачу розробки енергоефективного алгоритму сушіння з заданою якістю та оптимальним часом.

Для забезпечення енергозбереження над деревиною потрібно виконати ряд підготовчих етапів: дерево потрібно зрубати, розпилити на дошки заданої довжини, поперечні зрізи зафарбувати. Далі деревину сортують залежно від стану вологості та завантажують у сушильну камеру.

Крива сушіння деревини поділяється на три етапи: нагрівання матеріалу, стабілізація сушіння на заданій температурі та період рівномірного спадання температури сушіння. Після завершення останнього етапу процес сушіння вважається завершеним і всі виконавчі механізми вимикаються. Для організації процесу сушіння попередньо необхідно ввести такі параметри технологічного процесу об'єкта сушіння та виконавчих пристроїв:

- 1) товщина дошки;
- 2) середня температура сушіння деревини, T_{set} ;
- 3) швидкість набору температури;
- 4) температура відключення котла, T_{off} ;
- 5) температура включення котла, T_{on} ;
- 6) вологість включення вакуумного насоса, W_{on} ;
- 7) вологість вимикання вакуумного насоса, W_{off} ;
- 8) температура, за якої відключається вакуумний насос і сушіння вважається завершеним, T_{end} ;
- 9) аварійна температура завершення, T_{Alarm} ;
- 10) час, протягом якого вологість незмінна, t_{const} ;
- 11) поправочні коефіцієнти калібрування датчиків вологості, W , температури агента сушіння, T_1 , T_2 ;
- 12) час відкриття та час закриття клапана t_{valve} ;
- 13) кількість вентиляторів циркуляції (від 1 до 4);
- 14) час затримки послідовного пуску вентиляторів;
- 15) час напрацювання вентиляторів до зупинки;
- 16) тип припливно-витяжної вентиляції: використання вентиляторів або шиберних заслінок;
- 17) вибір схеми підігріву: електричний, водяний, змішаний.

Автоматизована система повинна мати можливість ручного режиму управління сушінням. Цей режим передбачає операторське управління, причому критичні та аварійні блокування мають відстежуватися. При побудові автоматизованої системи керування складають перелік вхідних-вихідних сигналів (табл. 1).

Таблиця 1

Перелік вхідних-вихідних сигналів сушильної камери

№ з/п	Назва	Позначення
1	2	3
<i>Дискретні вхідні сигнали</i>		
1	ТЕН включений	DI
2	Вакуумний насос увімкнений	DI
3	Циркуляційний насос увімкнений	DI
4	Нижній рівень конденсату	DI
5	Верхній рівень конденсату	DI
6	Кнопка «Старт»	DI
7	Кнопка «Стоп»	DI
8	Кнопка «Аварія»	DI
9	Стан витяжного вентилятора	DI
10	Стан припливного вентилятора	DI
11	Стан вентилятора циркуляції 1	DI
12	Стан вентилятора циркуляції 2	DI
13	Стан вентилятора циркуляції 3	DI
14	Стан вентилятора циркуляції 4	DI
15	Стан насоса відкачування конденсату	DI
<i>Аналогові вхідні сигнали</i>		
1	Температура теплоносія на вході в сушильну камеру	AI
2	Температура теплоносія на виході з камери	AI
3	Температура всередині камери 1	AI
4	Температура всередині камери 2	AI
5	Вологість агента сушіння	AI

Закінчення табл. 1

1	2	3
<i>Дискретні вихідні сигнали</i>		
1	Включення циркуляційного насоса теплоносія	DO
2	Включення тена електрокотла	DO
3	Включення вакуумного насоса	DO
4	Включення насоса відкачування конденсату	DO
5	Включення відсічного клапана K1	DO
6	Включення відсічного клапана K2	DO
7	Увімкнення витяжного вентилятора	DO
8	Лампа «Стоп»	DO
9	Лампа «Аварія»	DO
10	Лампа «Сушка завершена»	DO
11	Увімкнення вентилятора циркуляції 1	DO
12	Увімкнення вентилятора циркуляції 2	DO
13	Увімкнення вентилятора циркуляції 3	DO
14	Увімкнення вентилятора циркуляції 4	DO
15	Увімкнення припливного вентилятора	DO

Усього 15 дискретних та 5 аналогових вхідних сигналів, 15 дискретних вихідних сигналів. Виходячи з цього переліку, обираються датчики, виконавчі пристрої, проводиться синтез обладнання.

Температура теплоносія на вході в сушильну камеру, температура теплоносія на виході з камери, температура всередині камери мають діапазон вимірювання в процесі сушіння $0 \div 100$ °С. Для цього достатньо датчика температури РТ100 з діапазоном вимірювання датчика $60 \div 250$ °С. Вологість деревини в процесі сушіння має діапазон $4 \div 80$ %. Для її виміру достатньо датчика з діапазоном $2 \div 90$ %.

Синтезована автоматизована система керування наведена на рисунку 1.

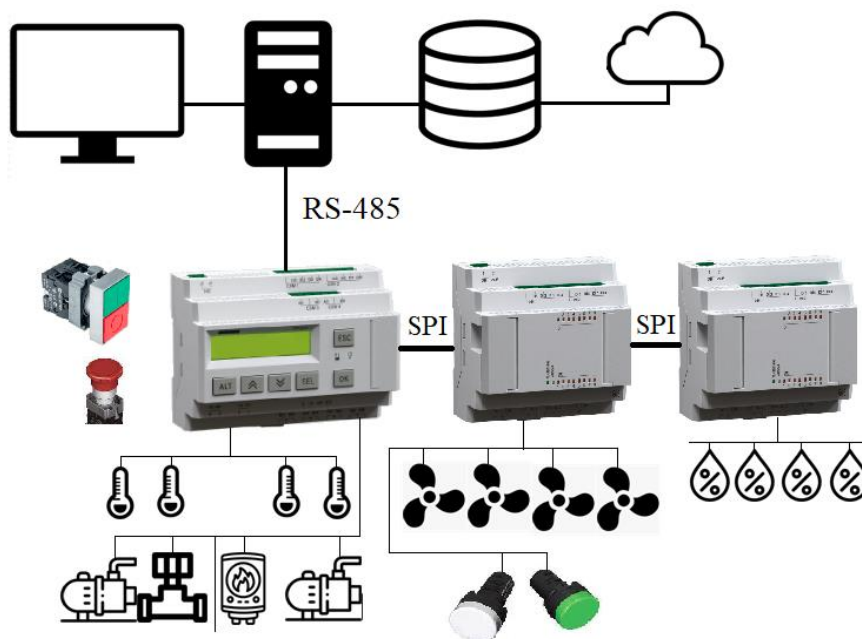


Рис. 1. Структурна схема автоматизації сушильної камери

Для побудови структурної схеми обрано контролер ПР200-220.3, модулі розширення ПРМ-1, ПРМ-3. Такий набір пристроїв містить 16 дискретних, 8 аналогових вхідних сигналів, 16 дискретних, 2 аналогових вихідних сигнали та 2 інтерфейси RS-485. Перший інтерфейс застосовується для передачі інформації про стан системи на ПК. Другий може застосовуватися для підключення датчиків температури або вологості.

Запуск сушіння відбувається натисканням кнопки «Старт».

Для регулювання потужності сушіння використовується ШІМ-закон або двопозиційний закон керування.

Послідовність увімкнення виконавчих пристроїв та їх робота за двопозиційним законом керування для параметрів середньої температури всередині камери T_{aver} і вологості деревини W_o описується таким чином:

- а) включається циркуляційний насос;
- б) після заданої затримки (інтервал від 5 до 10 с) вмикається котел для нагрівання теплоносія;
- в) при досягненні вологості в камері, що дорівнює W_{on} , включається вакуумний насос;
- г) при $T_{aver} \geq T_{set}$ вимикається котел, при $T_{aver} < T_{set}$ вмикається котел;
- д) контроль відключення котла – при досягненні T_{off} котел відключається, включається при зниженні температури до T_{on} ;
- е) при досягненні вологості деревини $W_o = 4\%$ або якщо минув заданий проміжок часу t ($t = 60$ хвилин) котел відключається;
- є) при цьому працюють циркуляційний і вакуумний насоси, доки не буде досягнуто T_{end} , після цього сушіння вважається завершеним і відключаються усі насоси;
- ж) усі насоси відключаються, якщо температура досягає аварійного значення T_{Alarm} .

Якщо в процесі роботи вимикається електропостачання, то при відновленні подачі електроживлення процес сушіння продовжується з того місця, з якого відбулося відключення електроживлення

При виникненні аварійної ситуації вмикається аварійний режим. В аварійному режимі відбувається відключення виконавчих пристроїв нагрівання, вимкнення всіх вентиляторів. Якщо в припливно-витяжній вентиляції використовуються заслінки, то вони йдуть на закриття. На дисплеї контролера відображається напис «Аварія», вмикається аварійна сигналізація, інформація про аварію записується в лог подій.

Можливі такі аварійні ситуації:

1. Несправність датчика вологості агента сушіння: вимірне значення виходить за діапазон допустимих значень, або виник обрив датчика;
2. Несправність датчика температури агента сушіння: вимірне значення виходить за діапазон допустимих значень, або виник обрив датчика;
3. Немає живлення на вентиляторах циркуляції;
4. Відсутній зворотний зв'язок від нагрівача;
5. Відсутнє живлення на припливно-витяжній вентиляції.

Алгоритм роботи відкачування конденсату працює таким чином: при замиканні датчика верхнього рівня конденсату відбувається включення насоса та відкриття відсічних клапанів відкачування конденсату. Насос працює до розмикання датчиків нижнього та верхнього рівня конденсату.

При використанні ручного режиму керування завершенням є завершення часового періоду, заданого оператором. У процесі роботи системи в ручному або автоматичному режимі архівуються всі параметри. Формат збереження даних – файл .csv.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проблема енергозбереження при сушінні деревини і досі є актуальною. Аналіз літературних джерел підтвердив необхідність розробки нових алгоритмів, тестування та впровадження існуючих методів у автоматизовані системи управління.

Описано алгоритми функціонування сушильної камери. Виділено такі режими роботи: ручний, автоматизований, аварійний.

За результатами аналізу об'єкта керування отримано перелік вхідних-вихідних сигналів, що складається з 15 дискретних та 5 аналогових вхідних, 15 дискретних вихідних сигналів. Отриманий перелік дозволив провести синтез обладнання для побудови системи керування. Розроблено структурну схему підключення, на базі якої можлива побудова функціональної схеми та схеми підключення.

Через значну кількість показників, що впливають на процес та якість сушіння, додана можливість задавання параметрів керування, вибір типу деревини для сушіння та розмір поперечного зрізу.

Запропонована система керування має аварійний режим, архівування, можливість зупинки та продовження процесу сушіння. Розроблена автоматизована система застосовує двопозиційний та ШІМ-закони керування. У цю систему можливе впровадження нових алгоритмів керування за рахунок додавання змін до програми контролера.

Список використаної літератури:

1. *Hodžić A.* Modelling and simulation of wood drying process / *A.Hodžić, D.Hodžić, H.Rošić* // *Mechanika : Proceedings of 16th International Conference.* – Kaunas, Lithuania, 2011.
2. *Taghiyari H.R.* Effects of Wood Drying Schedules on Fluid Flow in Paulownia Wood / *H.R. Taghiyari, S.Habibzade, S.M.M. Tari* // *Drying Technology.* – 2014. – Vol. 32, № 1. – P. 89–95. DOI: 10.1080/07373937.2013.813855.
3. *Eucalyptus wood drying / A.Hakam et al.* // *Journal de Physique IV (Proceedings).* – 2005. – March. DOI: 10.1051/jp4:2005123059.

4. *Elustondo D.M.* New methodology to optimize sorting in wood drying / *D.M. Elustondo, L.Oliveira, S.Avrמידis* // *Maderas. Ciencia y tecnología*. – 2010. – Vol. 12, № 2. – P. 79–91.
5. *Rajewska K.* Intensification of beech wood drying process using microwaves / *K.Rajewska, A.Smoczkiewicz-Wojciechowska, J.Majka* // *Chemical and Process Engineering*. – 2019. – Vol. 40, № 2. – P. 179–187. DOI: 10.24425/cpe.2019.126110.
6. *Sun Z.F.* Dynamic modelling of a dehumidifier wood drying kiln / *Z.F. Sun, C.G. Carrington* // *Drying Technology*. – 1999. – Vol. 17, № 4–5. – P. 711–729.
7. *Martinovic D.* Numerical and experimental analysis of a wood drying process / *D.Martinovic, I.Horman, I.Demirdzic* // *Wood Science and Technology*. – 2001. – Vol. 35. – P. 143–156.
8. *Nechepurenko A.* Controlling and Modelling Thermal Processes of Wood Drying by Artificial Neural Networks / *A.Nechepurenko, N.Semenyshyn* // 2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 23–26 Sept. – Zbarazh, 2020. DOI: 10.1109/CSIT49958.2020.9321952.
9. An application of finite element analysis to wood drying / *Y.Q. Gui et al.* // *Wood and Fiber Science*. – 1994. – Vol. 26, № 2. – P. 281–293.
10. *Zhou Z.* Sliding mode controller design for wood drying process / *Z.Zhou, K.Wang* // *Wood Science and Technology*. – 2018. – Vol. 52, Issue 4. – P. 1039–1048. DOI: 10.1007/s00226-018-1006-1.
11. *Губер Ю.М.* Автоматизация процесу сушіння деревини у конвективних сушарках / *Ю.М. Губер* // *Науковий вісник*. – 2003. – № 13.2. – С. 124–127.
12. *Sereda T.G.* Development of automated control system for wood drying / *T.G. Sereda, S.N. Kostarev* // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – Vol. 1015, Issue 4. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/4/042022.
13. *Situmorang Z.* Fuzzy rule suram for wood drying / *Z.Situmorang* // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2017. – Vol. 930.
14. *Karabegović I.* The intelligent control systems of wood drying processes / *I.Karabegović, S.-E. Omer, A.Hodžić* // First Serbian (26th YU) Congress on Theoretical and Applied Mechanics, Kopaonik, Serbia, 10–13 April. – Kopaonik, Serbia, 2007.

References:

1. Hodžić, A., Hodžić, D. and Rošić, H. (2011), «Modelling and simulation of wood drying process», *Mechanika*, Proceedings of 16th International Conference, Lithuania, Kaunas.
2. Taghiyari, H.R., Habibzade, S. and Tari, S.M.M. (2014), «Effects of Wood Drying Schedules on Fluid Flow in Paulownia Wood», *Drying Technology*, Vol. 32, No. 1, pp. 89–95, doi: 10.1080/07373937.2013.813855.
3. Hakam, A. et al. (2005), «Eucalyptus wood drying», *Journal de Physique IV (Proceedings)*, doi: 10.1051/jp4:2005123059.
4. Elustondo, D.M., Oliveira, L. and Avramidis, S. (2010), «New methodology to optimize sorting in wood drying», *Maderas. Ciencia y tecnología*, Vol. 12, No. 2, pp. 79–91.
5. Rajewska, K., Smoczkiewicz-Wojciechowska, A. and Majka, J. (2019), «Intensification of beech wood drying process using microwaves», *Chemical and Process Engineering*, Vol. 40, No. 2, pp. 179–187, doi: 10.24425/cpe.2019.126110.
6. Sun, Z.F. and Carrington, C.G. (1999), «Dynamic modelling of a dehumidifier wood drying kiln», *Drying Technology*, Vol. 17, No. 4–5, pp. 711–729.
7. Martinovic, D., Horman, I. and Demirdzic, I. (2001), «Numerical and experimental analysis of a wood drying process», *Wood Science and Technology*, Vol. 35, pp. 143–156.
8. Nechepurenko, A. and Semenyshyn, N. (2020), «Controlling and Modelling Thermal Processes of Wood Drying by Artificial Neural Networks», *2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*, 23–26 Sept., Zbarazh, doi: 10.1109/CSIT49958.2020.9321952.
9. Gui, Y.Q. et al. (1994), «An application of finite element analysis to wood drying», *Wood and Fiber Science*, Vol. 26, No. 2, pp. 281–293.
10. Zhou, Z. and Wang, K. (2018), «Sliding mode controller design for wood drying process», *Wood Science and Technology*, Vol. 52, Issue 4, pp. 1039–1048, doi: 10.1007/s00226-018-1006-1.
11. Huber, Yu.M. (2003), «Avtomatyzatsiia protsesu sushinnia derevyny u konvektyvnykh susharkakh», *Naukovyi visnyk*, No. 13.2, pp. 124–127.
12. Sereda, T.G. and Kostarev, S.N. (2018), «Development of automated control system for wood drying», *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1015, Issue 4, doi: 10.1088/1742-6596/1015/4/042022.
13. Situmorang, Z. (2017), «Fuzzy rule suram for wood drying», *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 930.
14. Karabegović, I., Omer, S.-E. and Hodžić, A. (2007), «The intelligent control systems of wood drying processes», *First Serbian (26th YU) Congress on Theoretical and Applied Mechanics*, 10–13 April, 2007, Kopaonik, Serbia.

Євсєєнко Олег Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

<https://orcid.org/0000-0001-5432-1211>.

Наукові інтереси:

– розробка автоматизованих систем керування технологічними процесами.

E-mail: olegjevseienko@gmail.com.

Ольшевський Андрій Вікторович – аспірант Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Наукові інтереси:

- розробка автоматизованих систем керування сушильними камерами.

Лещенко В'ячеслав Михайлович – старший викладач Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

<https://orcid.org/0000-0001-8589-2068>.

Наукові інтереси:

- аналогова та цифрова схемотехніка.

E-mail: v_lesh@ukr.net.

Yevseienko O.M., Olshevskiy A.V., Leshchenko V.M.

Periodic drying chamber automated control system

The article is devoted to searching for solutions to the problems of the temperature controlling algorithms in a batch drying chamber implementation.

A hardware platform on which it is possible to implement and build software models and control algorithms is required. An analysis of literary sources showed that the topic of wood drying due to the complex structure of the control object and energy saving resources potential is relevant all over the world. Due to the complexity of the control object and the necessity to ensure continuous and stable drying quality, automated systems for the new control algorithms is required. There are requirements for building a system: security, the ability to set settings, work in various modes, troubleshooting. An incorrect drying process can lead to the rejection of the entire batch of wood, and therefore to economic losses.

Such solutions as construction of mathematical models, usage of predictive controllers, hardware approaches are proposed.

It has been established that the complexity of the control object is determined by the initial level of humidity, porous structure, dependence on the type of wood and the size of its cross section. To evaluate the effectiveness of the implemented control algorithms, they are guided by the following factors: drying speed, absence of defects, low energy consumption.

A list of input-output signals has been developed, which showed that to build a control system, sensors of temperature, humidity, the state of operation of actuators are needed. The set of equipment was synthesized and a block diagram of the connection was built. The algorithm of the control object operation, consisting of a preparatory part, work in an automated or manual mode is described. Special attention is paid to the description of emergency situations and alarm event logging.

Keywords: drying chamber; energy saving; automated control system.

Стаття надійшла до редакції 11.10.2022.