

Висновки. На сьогодні Карпатський туристичний регіон, з огляду на своє унікальне рекреаційно-географічне положення на східному прикордонні Європейського Союзу, розробляє масштабні маркетингово-інформаційну та інфраструктурно-інвестиційну стратегії, спрямовані на перетворення краю в один із основних осередків стійкого туризму та збереження природної й етнокультурної спадщини на Європейському континенті. Проте потребують особливої уваги питання, які посприяють формуванню позитивного іміджу рекреаційного регіону.

Література

1. Голояд Б. Природні ландшафти Українських Карпат та їхнє використання з рекреаційно-туристською метою // Краєзнавчі Прикарпаття : зб. наук. праць. – 2004. – № 4. – С. 57-61.
2. Приходько М.М. Регіональна екологічна мережа як фактор оптимізації ландшафтів Івано-Франківської області // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету : зб. наук. праць. – 2004. – № 2, ч. 2. – С. 215-221.
3. Кишак В.Ф. Організація туристичної діяльності в Україні : навч. посібн. / В.Ф. Кишак. – Чернівці : Вид-во "Зелена Буковина", 2003. – 312 с.
4. Міщан І.М. Проблеми та перспективи розвитку туризму на Прикарпатті / І.М. Міщан // Туристично-краєзнавчі дослідження : зб. наук. праць. – К., 2004. – Вип. 5. – С. 192.
5. Любіцева О.О. Ринок туристичних послуг (геопросторові аспекти) / О.О. Любіцева. – Вид. 2-ге, [перероб. та доп.]. – К. : Вид-во "Альтерпрес", 2003. – 436 с.
6. Анопрієнко В.О. Рекреаційна інфраструктура як основна складова рекреаційного простору регіону / В.О. Анопрієнко // Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" : зб. наук. праць, 2012. – № 10. – С. 123-129.

Невенченко А.И. Эколого-рекреационное направление развития – важная составляющая оптимизации туристической инфраструктуры Карпатского региона

Рассмотрена рекреация Карпатского региона, которая является не просто частью экономики края, а составляет основу ее хозяйственной системы. Актуальность данного исследования исходит из необходимости проведения комплексных научных исследований функционирования рекреационных систем. В этом аспекте интегрирование научных знаний, усовершенствование существующих и разработка новых методов исследования являются необходимыми условиями научного подхода рационализации использования рекреационных ресурсов и формирования рекреационной инфраструктуры. Предложены основные методы стратегии использования природных ресурсов Карпатского региона – рекреационный.

Ключевые слова: экология, рекреация, инфраструктура, техническое обеспечение, Карпатский регион, туристическая отрасль.

Nevenchenko A.I. Ecological and Recreational Direction of Development – a Very Important Component of the Carpathian Region Tourist Infrastructure Optimization

The article deals with the recreational in the Carpathian region which is not only a part of its economy, but makes the bases of its economical system. The actuality of this research is due to the necessity of carrying out some complex scientific studies of recreational system operation. Considering this aspect scientific knowledge integration, the improvement of existing and the development of new methods of investigation are necessary condition of scientific approach to the efficient use of recreational infrastructure formation. The strategic principles of using natural resources of the Carpathian region have been suggested. They are recreational ones.

Keywords: ecology, recreation, infrastructure, technical provision, Carpathian region, tourism branch of economy.

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЛІСОВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 674.047

*Проф. П.В. Білей, д-р техн. наук;
доц. О.О. Шепелюк, канд. техн. наук;
ст. викл. Р.Й. Салдан, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів*

ФІЗИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КОНВЕКТИВНОГО ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ПОДРІБНЕНОЇ ДЕРЕВИНИ

Охарактеризовано походження подрібненої деревини та галузі її застосування у національному господарстві. Визначено типи сушильних установок, які використовують для сушіння подрібненої деревини. Серед них найбільш поширеними є барабанні, через їх високу продуктивність та просту конструкцію. Для малих підприємств, наприклад у виробництві паливних брикетів і гранул, рекомендують використовувати барабанні та аерофонтанні сушарки, які мають два контури, пристосовані для видалення вільної та зв'язаної вологи з матеріалу. Тривалість сушіння у першому та другому періодах описано відповідними формулами. Для теоретичних досліджень прийнято геометричну форму частинки подрібненої деревини у вигляді кулі, з характерним розміром – еквівалентним радіусом. Передача тепла у шарі подрібненої деревини описано рівнянням теплопровідності, а температурне поле в частинках подрібненої деревини – рівнянням Фур'є для одномірного кулеподібного тіла. Постійною величиною прийнято коефіцієнт температуропровідності частинки. Потік маси вологи описано рівнянням вологопровідності залежно від початкової вологості, густини деревини в абсолютно сухому стані та градієнту вологи в частинках. Сушіння подрібненої деревини відбувається за високих температур (більше 100 °C). У таких випадках наявна термовологопровідність деревини. Розглянуто випадки сумісної та протилежної дії явищ вологопровідності та термовологопровідності. Синтезовано фізико-математичну модель, яка описує нестаціонарне поле вологовмісту для матеріалу, який має кулеподібну форму, постійні коефіцієнти вологопровідності та термовологопровідності.

Ключові слова: процес сушіння подрібненої деревини, вологовміст, вологість, густина, теплопровідність, коефіцієнт сушіння, вологопровідність, температуропровідність.

Подрібнену деревину використовують у виробництві деревиностружкових плит, паливних брикетів, паливних гранул (пелетів) та інших деревинних композиційних матеріалів. Подрібнену деревину отримують із дров, лісосічних відходів, відходів лісопильного, фанерного, меблевого та інших деревообробних виробництв, і вживаної деревини, яка вичерпала свій ресурс використання. Вологість подрібненої деревини може змінюватись від 8-15 % для сухих відходів до 80-120 % для лісосічних відходів і дров.

Для сушіння подрібненої деревини використовують три типи конвективних сушарок: конвеєрні з механічним переміщенням матеріалу; барабанні з пневмомеханічним переміщенням матеріалу; аерофонтанні з пневматичним переміщенням матеріалу [1-4]. Найпоширенішими є барабанні сушарки, завдяки високій продуктивності та простоті конструкції. У цих сушарках теплообмін здійснюється шляхом конвекції, частково від теплового випромінювання та контакту з нагрітими поверхнями сушарки. Тривалість процесу сушіння та кінцева вологість матеріалу на виході з сушарки визначається залежно від темпе-

ратури сушильного агента (топкових газів), швидкості його циркуляції та кута нахилу барабана. Для малих підприємств, які спеціалізуються на виготовленні паливних брикетів і гранул, доцільно використовувати малі барабанні та аерофонтанні сушарки. Оригінальним є застосування двоконтурних аерофонтанних сушарок, де процес сушіння подрібненої деревини можна поділити на два періоди [4]. Перший контур аерофонтанної сушарки можна зорієнтувати на випаровування вільної вологи з матеріалу, а другий – для видалення зв'язаної вологи.

У теоретичному плані перший період називають періодом сталої швидкості сушіння, тривалість якого визначають за формулою

$$\tau_I = \frac{W_0 - W_{кр}}{N} \text{ с}, \quad (1)$$

де: W_0 – початкова волога подрібненої деревини %; $W_{кр}$ – перехідна або критична вологість, що характеризує перехід від сталої до сповільненої швидкості сушіння, приймають $W_{кр} = 28-35$ %; N – швидкість сушіння, %/с.

Тривалість другого періоду, періоду сповільненої швидкості сушіння, визначають за формулою

$$\tau_{II} = \frac{1}{K} \ln \frac{W_{кр}}{W_k} \text{ с}, \quad (2)$$

де: W_k – кінцева вологість подрібненої деревини %; K – коефіцієнт сушіння (який знаходять за експериментальними даними або визначають теоретичним шляхом). Вологість деревини визначають ваговим способом. Для цього певний об'єм (приблизно 1 дм³) подрібненої деревини засипають у сітчастий контейнер і зважують, тобто визначають (без тари) його початкову масу m_w . Потім контейнер поміщають у лабораторну сушильну шафу, де подрібнена деревина висушується до абсолютно сухого стану – m_0 . Тоді за відомою формулою визначають вологість подрібненої деревини для будь-якого періоду сушіння за формулою

$$W = \frac{m_w - m_0}{m_0} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Для теоретичних досліджень геометричну форму частинки подрібненої деревини можна прийняти у вигляді кулі з еквівалентним радіусом r . Якщо процес сушіння відбувається в певному шарі подрібненої деревини, то нагрівання здійснюється згідно із законом теплопровідності Фур'є:

$$q = -\lambda \cdot \frac{dt}{dr} \cdot F \text{ Вт}, \quad (4)$$

де: λ – коефіцієнт теплопровідності деревини, Вт/(м²С); F – площа поверхні, через яку передається тепло, м²; Диференціальне рівняння, яке описує температурне поле частинок, що мають форму кулі, має такий вигляд:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial t}{\partial r} \right), \quad (5)$$

де: a – коефіцієнт температуропровідності деревини $a = \lambda / (c \cdot \rho)$, м²/с; C – питома теплоємність деревини, кДж/(кг °С); ρ – густина деревини кг/м³.

Потік маси вологи, яка переміщується в деревині, описується рівнянням волого провідності:

$$J_m = a_m \cdot \rho_0 \frac{\partial u}{\partial r} \frac{\kappa z}{M^2 c}, \quad (6)$$

де: a_m – коефіцієнт вологопровідності деревини, який залежить від породи і густини деревини, її температури і вологості, м²/с; ρ_0 – густина деревини в абсолютно сухому стані, кг/м³; $\partial u / \partial r$ – градієнт вологовмісту по товщині деревини, 1/м.

Нестационарне поле вологовмісту в процесі сушіння у частинках подрібненої деревини описано рівнянням

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = a_m \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial u}{\partial r} \right). \quad (7)$$

Якщо у вологому тілі існує градієнт вологовмісту та температури, то волога буде переноситись як за рахунок градієнта вологовмісту, так і за рахунок градієнта температури, поки параметри цих градієнтів збігаються. Коли не збігаються, як це часто буває у процесі сушіння деревини, то якщо вологопровідність є більшою за термовологопровідність, волога буде переміщатися у бік зменшення вологовмісту, а термовологопровідність буде гальмувати процес видалення вологи. У випадку, якщо термовологопровідність є більшою за вологопровідність, то потік вологи переміщується у бік зниження термовологопровідності, а вологовміст є гальмівним фактором.

У такому випадку потік вологи можна охарактеризувати таким рівнянням:

$$J_m = -a_m \rho_0 \left(\frac{\partial u}{\partial r} + \delta \frac{\partial t}{\partial r} \right), \quad (8)$$

де: δ – коефіцієнт термовологопровідності, 1/°С.

Висновок. У кінцевому варіанті нестационарне поле вологовмісту для матеріалу, який має геометричну форму кулі, за постійних коефіцієнтів вологопровідності та термовологопровідності буде мати вигляд такої фізико-математичної моделі:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = a_m \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial u}{\partial r} \right) + a_m \delta_0 \left(\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial t}{\partial r} \right). \quad (9)$$

Для розв'язку отриманого рівняння (8) потрібно сформулювати початкові та граничні умови. Як правило, початкові умови можна прийняти такі:

$$t|_{\tau=0} = t_0, \quad aU|_{r=0} = U_0. \quad (9)$$

Граничні умови залежать від характеру процесу сушіння та інтенсивності тепломасообміну.

Література

1. Стерлін Д.М. Мушка в производстве фанеры и древесностружечных плит / Д.М. Стерлін. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1977. – 383 с.
2. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1987. – 360 с.
3. Білей П.В. Сушіння та захист деревини / П.В. Білей, В.М. Павлюк. – Львів : Вид-во "Кольорове небо", 2008. – 312 с.

4. Білей П.В. Установка для сушіння подрібненої деревини / П.В. Білей, В.М. Павлюст, Б.І. Приставський. Патент України на корисну модель № 75600 від 10.12.2014 р.

Білей П.В., Шепелюк О.О., Салдан Р.И. Физические особенности конвективного процесса сушки измельченной древесины

Охарактеризовано происхождение измельченной древесины и области ее применения в национальном хозяйстве. Определены типы сушильных установок, используемых для сушки измельченной древесины. Среди них наиболее распространенными являются барабанные, из-за их высокой производительности и простой конструкции. Для малых предприятий, например в производстве топливных брикетов и гранул, рекомендуется использовать барабанные и аэрофонтанные сушилки, которые имеют два контура, приспособленные для удаления свободной и связанной влаги из материала. Продолжительность сушки в первом и втором периодах описана соответствующими формулами. Для теоретических исследований принята геометрическая форма частицы измельченной древесины в виде шара, с характерным размером – эквивалентным радиусом. Передача тепла в слое измельченной древесины описана уравнением теплопроводности, а температурное поле в частицах измельченной древесины – уравнением Фурье для одномерного шарообразного тела. Постоянной величиной в данном случае принят коэффициент температуропроводности частицы. Поток массы влаги описан уравнением влагопроводности в зависимости от начальной влажности, плотности древесины в абсолютно сухом состоянии и градиента влаги в частицах. Сушка измельченной древесины происходит при высоких температурах (более 100 °C). В таких случаях имеет место и термовлагопроводность древесины. Рассмотрены случаи совместного и противоположного действия явлений влагопроводности и термовлагопроводности. Синтезирована физико-математическая модель, которая описывает нестационарное поле влагосодержания для материала, который имеет шарообразную форму, постоянные коэффициенты влагопроводности и термовлагопроводности.

Ключевые слова: процесс сушки измельченной древесины, влагосодержание, влажность, плотность, теплопроводность, коэффициент сушки, влагопроводность, термовлагопроводность.

Biley P.V., Shepelyuk O.O., Saldan R.Yo. Physical Properties of Convective Drying of Shredded Wood

The origin of shredded wood and industries of its application in the national economy are characterized. The main types of dryers that are used for shredded wood drying are identified. Drum dryers are the most common among them because of their great performance and simple design. Drum and air-fountain dryers, which have two contours adapted for removal of free and bound moisture from the material, are highly recommended for applying at small enterprises, in the manufacture of fuel briquettes and granules. Drying duration in the first and second periods is described by appropriate formulas. The geometric shape of shredded wood particle in the form of a ball with a typical size – equivalent radius is approved for theoretical studies. The transfer of heat in a layer of shredded wood is described by a heat equation and a temperature field in shredded wood particles – by Fourier's equation for one-dimensional spherical body. The coefficient of thermal diffusivity of the particle is taken a constant. The flow of moisture mass is described by a moisture conductivity equation depending on the initial moisture content, wood density in a completely dry condition and moisture gradient in particles. Shredded wood drying takes place at high temperature (over 100 °C). In such cases thermal moisture conductivity of wood occurs. The cases of compatible and opposing actions of moisture conductivity and thermal moisture conductivity phenomena are studied. A physical-mathematical model describing non-stationary field of moisture content for the material that has a spherical shape and constant coefficients of moisture conductivity and thermal moisture conductivity is synthesized.

Keywords: drying of shredded wood, moisture content, moisture, density, thermal conductivity, drying rate, moisture conductivity, thermal conductivity.

УДК 614.841

**Проф. Е.М. Гуліда, д-р техн. наук;
доц. В.Б. Лойк, канд. техн. наук; курсант Н.Л. Шерстинуок;
курсант Ю.С. Дмитрук – Львівський ДУ БЖД**

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ВОГНЕЗАХИСНОГО ЕФЕКТУ
ВЕРМИКУЛІТО-СИЛІКАТНИХ ПЛИТ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ
НЕСНИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Запропоновано використання вермикуліто-силікатних плит для підвищення вогнезахисту металевих конструкцій. На основі проведеного експерименту виявлено якісну оцінку вогнезахисного ефекту вермикуліто-силікатних плит за рахунок хімічно-зв'язаної води у вермикуліті. Проаналізовано позитивні та негативні сторони вогнезахисного ефекту пароповітряної суміші внаслідок впливу стандартного температурного режиму пожежі. Створенно передумови для подальшого дослідження впливу температурного режиму пожежі на масотеплообмін пароповітряних сумішей вермикуліто-силікатної плити з використанням числового моделювання фізичних процесів.

Ключові слова: вермикуліто-силікатні плити, пасивне вогнезахисне покриття, вогнезахисний ефект, хімічно-зв'язана вода, будівельні несні металеві конструкції.

Постановка проблеми. Стрімкий розвиток будівництва на території України стимулював розроблення різноманітних проектних рішень та конструктивних схем будівель та споруд, здатних задовольняти необхідні проектно-технічні потреби. Однією із таких пріоритетних потреб у сучасному будівництві є забезпечення будівельних конструкцій необхідною межею вогнестійкості, від якої залежить ступінь вогнестійкості будівлі [1].

До найпоширеніших матеріалів, що використовуються в будівництві, належить метал. Висока міцність, стійкість до механічних навантажень, технологічність, а також простота під час реконструкцій та будівництва зумовило масове використання металевих конструкцій у поєднанні із бетоном, цеглою та іншими конструкційними будівельними матеріалами. Проте металеві конструкції, як будь-які інші, мають свої недоліки. Метал характеризується високою теплопровідністю. Це призводить до того, що в умовах пожежі метал швидко прогрівається до температури, що перевищує 400-500 °C, а внаслідок навантаження у металевих конструкціях розвиваються температурні деформації [2, 8]. Межа вогнестійкості незахищених металевих конструкцій становить RI 10-15. Тривалість вільного розвитку пожежі в середньому становить 25-30 хв. Тому виникає необхідність створення нових видів конструкційно-оздоблювальних виробів з метою підвищення межі їх вогнестійкості.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. З метою підвищення вогнестійкості металевих конструкцій застосовують вогнезахисні екрани. Основною функціональною вимогою до захисного екрану є здатність витримувати високі температури та ізолювати поверхню матеріалу від прямої дії факторів пожежі, для забезпечення конструкції необхідної межі вогнестійкості. До найефективніших способів підвищення вогнестійкості металевих конструкцій належать вогнезахисні покриття та облицювання, які поділяють на реактивні та пасивні [3]. На теперішній час спостерігається розширення ринку вогнезахисних покриттів, натомість перед проектними організаціями постає вибір оптимального вогнезахисного покриття.