

Andrashek Y.V., Shchupakivsky R.B. Energy strategy on woodworking enterprises

The article discusses the formation of energy strategy of woodworking enterprises, as part of energy management. Defines it's role and place in the overall strategy of the company, described the main stages of development of energy conservation and energy management.

УДК 674.047 Проф. П.В. Білей, д-р техн. наук; ст. викл. І.А. Соколовський, канд. техн. наук; інж. Е.П. Кунинець – НЛТУ України, м. Львів

**ОСНОВИ ЕНЕРГООЩАДНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ
БУКОВИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ І ЗАГОТОВОК**

Розглянуто технологію розкрою букової пиловочної сировини і методику визначення ефективності використання теплової енергії в процесах пропарювання і сушіння пиломатеріалів. Зменшити корисні витрати теплової енергії можна за рахунок зменшення тривалості процесів пропарювання, нагрівання, сушіння і допоміжних технологічних операцій, що є можливим, якщо застосувати раціональні режими теплового оброблення і сушіння.

Вступ. Деревина бука має невелику об'ємну масу, високу міцність, гарний зовнішній вигляд, що сприяє широкому її застосуванню в різних галузях народного господарства. Водночас, вона має високу гідрофільність і низьку біостійкість, що призводить до швидкого руйнування від біопшкоджень. Тому буковий пиловник може зберігатись на лісосіках у зимових умовах не більше двох-трьох тижнів, а в літній період не більше, ніж два-три дні. Іншою особливістю будови букової деревини є наявність несправжнього ядра, яке може займати різний об'єм у пиловнику. Названа специфіка будови букової деревини відображається відповідним чином на процесах лісопилення і гідротермічного оброблення (теплового оброблення і сушіння). Процеси лісопилення та гідротермічного оброблення є найбільш енергомісткими в деревообробній промисловості, де енергетичні витрати на виготовлення пиломатеріалів і заготовок досягають 70 % від собівартості продукції. Деревину, яку виготовляють у вигляді пиломатеріалів та заготовок у меблевому і деревообробному виробництві, будівництві, машинобудуванні та інших галузях, набуває біологічну стійкість проти гниття, здатність зберігати форму та розміри, максимальну механічну міцність тільки після гідротермічного оброблення.

Наявна нині на лісопилно-деревообробних підприємствах України технологія розкрою букової пиловочної сировини не завжди враховує таку специфічну ваду будови деревини, як несправжнє ядро, яке за кольором відрізняється від заболонної частини стовбура. Наявність несправжнього ядра не допускається у меблевих заготовках для виготовлення стільців і в експортних поставках. Тому, щоб уникнути нераціонального застосування пиловочної сировини потрібно оптимізувати розкрій букової деревини на пилопродукцію, що дасть змогу збільшити об'ємний вихід пиломатеріалів і заготовок на 5-8 %, що за значних обсягів виробництва дасть відповідний економічний ефект.

Країни-імпортери букових пиломатеріалів і заготовок вимагають від їхнього виробника дані про фітосанітарне оброблення букової деревини. Фітосанітарне оброблення букових пиломатеріалів здійснюють під час пропарювання або сушіння за відповідних температур. Пропарювання стерилізує

деревину бука, чим зменшуються витрати в процесі її зберігання і транспортування та прискорює наступне сушіння, чим зменшує енерговитрати процесу сушіння на 20-30 %. За відповідної тривалості процесу пропарювання, можна вирівняти колір несправжнього ядра і заболонної стовбурової частини пиломатеріалів і заготовок. Отже, завдяки пропарюванню букових пиломатеріалів і заготовок здійснюють фітосанітарне оброблення і вирівнювання кольору, що значно збільшує їхню товарну цінність.

Кількість тепла (Q_{Σ}), яка витрачається на процес пропарювання, визначають за рівнянням балансу:

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{н}} + Q_{\text{пр}} + \sum Q_{\text{ог}} + Q_{\text{о}}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

де $Q_{\text{н}}$ – кількість тепла, потрібного для початкового нагрівання 1 м^3 пиломатеріалів і заготовок, кДж

$$Q_{\text{н}} = \left\{ r \cdot \rho_{\text{у}} \frac{W_{\text{д}} - 15}{100} + \rho \cdot [c_{(-)} \cdot (-t_0) + c_{(+)} \cdot t_{\text{н}}] \right\} \cdot \frac{E}{\tau_{\text{н}}}, \text{ кВт} \quad (2)$$

де: r – питома теплота розморожування води, кДж/кг; $\rho_{\text{у}}$ – умовна густина деревини, кг/м³; $W_{\text{д}}$ – вологість деревини, %; ρ – густина деревини за цієї вологості, кг/м³; $c_{(-)}$, $c_{(+)}$ – питома теплоємність, відповідно у зимових і середньорічних умовах, кДж/(кг·°C); t_0 , $t_{\text{н}}$ – відповідно початкова і кінцева температура нагрівання деревини, °C; E – кількість матеріалу (для розрахунків прийнято $E=1 \text{ м}^3$); $\tau_{\text{н}}$ – тривалість початкового нагрівання деревини, с; $Q_{\text{о}}$ – кількість тепла, потрібна для початкового нагрівання обладнання пропарювальної установки (приймається в розрахунках $Q_{\text{о}}=0,15Q_{\text{н}}$); $\sum Q_{\text{ог}}$ – сума витрат тепла через огороження пропарювальної установки (приймається в розрахунках $\sum Q_{\text{ог}}=0,05Q_{\text{н}}$); $Q_{\text{пр}}$ – кількість тепла, потрібна безпосередньо в процесі пропарювання, $Q_{\text{пр}}=\sum Q_{\text{ог}}$.

Визначена, за викладеною вище методикою, кількість тепла визначає теплову потужність пропарювальної установки під час подолання теплової інерції, початкового нагрівання матеріалу та пропарювання. Щоб визначити витрати теплової енергії на пропарювання, потрібно теплову потужність на окремих періодах процесу перемножити на їх тривалість. Тривалість початкового нагрівання (τ_0) пропарювальної установки, залежно від її конструкції. Приймається за дослідними даними, а за їхньої відсутності – $\tau_0=1,0-2,0$ год. Тривалість початкового нагрівання матеріалу – букових пиломатеріалів або заготовок визначають емпіричною залежністю:

$$\tau_{\text{н}} = 2,95 \cdot 10^{-5} \cdot t_{\text{д}}^{0,92} \cdot S_1^2 \cdot \lg W, \text{ год}, \quad (3)$$

де: $t_{\text{д}}$ – температура деревини (в центрі матеріалу) $t_{\text{д}} = t_{\text{с}} - 3$ °C; $t_{\text{с}}$ – температура середовища, °C; S_1 – товщина матеріалу, мм; W – вологість матеріалу, % абс.

Тривалість пропарювання залежить від мети теплового оброблення. Якщо метою пропарювання є теплова стерилізація – фітосанітарне оброблення, то достатньою тривалістю теплового оброблення є година з температурою середовища $t_{\text{с}} > 60$ °C. Якщо метою пропарювання є зміна кольору, або

вирівнювання кольору несправжнього ядра і заболонної зони, то тривалість пропарювання може становити від 6 до 72 годин. Під час пропарювання кількість теплоти має компенсувати її втрати через огороження.

Отож, енергетична ефективність процесу пропарювання визначають за виразом

$$\eta_Q = \frac{Q_K}{Q_\Sigma} \cdot 100\%, \quad (4)$$

де Q_K – корисно витрачена теплота, $Q_K = Q_H + Q_{пр}$.

Щоб збільшити ефективність використання теплової енергії в процесі пропарювання букових пиломатеріалів і заготовок, потрібно визначити оптимальну тривалість процесу та зменшити непродуктивні витрати теплоти.

У процесі сушіння пиломатеріалів або заготовок, тепла енергія витрачається на: подолання теплової інерції сушильної камери (Q_0); початкове нагрівання пиломатеріалів або заготовок (Q_H); випаровування вологи з матеріалу – сушіння (Q_C); виконання додаткових технологічних операцій ($Q_{тех}$) – проміжкових та кондиціонувальних тепловологооброблень. Також мають місце і втрати теплової енергії: з відпрацьованим агентом сушіння (Q_B) і через огороження сушильної камери ($\sum Q_{ог}$). Тому, баланс теплової енергії в збільшеному вигляді буде таким:

$$Q_\Sigma = Q_0 + Q_H + Q_C + Q_{тех} + Q_B + \sum Q_{ог}, \text{ кВт.} \quad (5)$$

Звідки ефективність використання теплової енергії в процесі сушіння пиломатеріалів або заготовок визначають за формулою

$$\eta_Q = \frac{Q_K}{Q_\Sigma} \cdot 100\%, \quad (4)$$

де Q_K – корисно витрачена тепла енергія, $Q_K = Q_H + Q_C + Q_{тех}$.

Щоб збільшити ефективність використання теплової енергії в процесі сушіння пиломатеріалів або заготовок, потрібно підібрати конструктивні елементи огороження так, щоб їхній термічний опір (R_λ) був максимальним:

$$R_\lambda = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \Rightarrow \max, \quad (7)$$

де: α_1, α_2 – коефіцієнти теплообміну поверхонь внутрішньої і зовнішньої стінки огороження, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; δ_i – товщина цього шару огороження, м; λ_i – теплопровідність цього шару огороження, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

Конструктивні елементи (шари) огороження повинні підбиратись так, щоб сумарні витрати теплової енергії не перевищували 5 % від теплової потужності камери.

Найбільшими втратами теплової енергії в процесі сушіння є втрати з відпрацьованим агентом сушіння, адже все тепло, витрачене на випаровування вологи з поверхні матеріалу, разом з відпрацьованим агентом сушіння викидається в атмосферу. Приблизно цю кількість теплової енергії можна визначити за формулою

$$Q_B = \left(1000 \frac{I_2 - I_0}{d_2 - d_0} - C_\epsilon \cdot t_M \right) \cdot M_p, \text{ кВт,} \quad (8)$$

де: I_2, I_0 – тепловміст повітря на виході з камери та свіжого повітря, кДж/кг; d_2, d_0 – вологовміст повітря на виході з камери та свіжого повітря, г/кг; C_e – питома теплоємність води, кДж/(кг·°C); M_p – розрахункова кількість вологи, яка випаровується з сушильної камери під час сушіння, кг/с.

$$M_p = 2,78 \cdot 10^{-6} \rho_y (W_n - W_k) \cdot \frac{E \cdot k}{\tau_c}, \text{ кг/с}, \quad (9)$$

де: W_n, W_k – початкова і кінцева вологість пиломатеріалів, % абс.; E – кількість матеріалу завантаженого одночасно в сушильну камеру, м³; k – коефіцієнт який враховує нерівномірність процесу сушіння, коли $W_k < 12\%$, $k=1,3$; τ_c – тривалість сушіння, с.

Висновки. Основними енерговитратними процесами у виробництві букових пиломатеріалів і заготовок є процеси пропарювання і сушіння. Зменшити корисні витрати теплової енергії можна за рахунок зменшення тривалості процесів пропарювання, нагрівання, сушіння і допоміжних технологічних операцій, що є можливим, якщо застосувати раціональні режими теплового оброблення і сушіння. Зменшити витрати теплової енергії можна внаслідок максимального наближення джерела теплової енергії (котельні) до споживача (пропарювальної або сушильної установки); зменшення теплової інерції обладнання, що є в пропарювальних і сушильних камерах; зменшення втрат теплової енергії через огороження; рекуперації теплової енергії, яка викидається разом із відпрацьованим агентом сушіння. Завдяки цим заходам зросте ефективність використання теплової енергії (η_Q) від 66 %, яка є на сьогодні, до 80 %, що стане основою енергоощадної технології виготовлення букових пиломатеріалів і заготовок.

Література

1. Білей П.В. Теоретичні основи теплової оброблення і сушіння деревини : монографія. – Коломия : Вид-во "Вік", 2005. – 360 с.
2. Білей П.В. Сушіння та захист деревини : підручник / П.В. Білей, В.М. Павлюст. – Львів : Вид-во "Кольорове небо", 2008. – 312 с.
3. Безноско Ю.Л. Методика визначення витрат та втрат теплової енергії в процесах сушіння пиломатеріалів / Ю.Л. Безноско // Науковий Вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.3. – С. 109-113.

Билей П.В., Соколовский И.А., Кунинец Е.П. Основы энергосберегающей технологии производства буковых пиломатериалов и заготовок

Рассмотрены технология раскroу букового пиловочного сырья и методика определения эффективности использования тепловой энергии в процессах пропаривания и сушения пиломатериалов. Уменьшить полезные расходы тепловой энергии можно за счет уменьшения длительности процессов пропаривания, нагревания, сушения и вспомогательных технологических операций, которые являются возможными, при применении рациональных режимов тепловой обработки и сушения.

Biley P.V., Sokolovsky I.A., Kynunets E.P. Fundamentals of energy-saving technology of beech timber and blanks

Technology of beech sawn raw materials and methods of the efficiency of thermal energy determining in the process of steaming and drying of lumber have been considered. Decreasing the useful charges of thermal energy is possible due to diminishing of duration of processes of steaming-out, heating, drying and auxiliary technological operations which are possible, if to apply the rational modes of thermal treatment and drying.