

Як бачимо, зі збільшенням швидкості обертання інструмента-диска потужність зростає під час зміцнювання на всіх швидкостях подачі та у разі зміцнювання з різними силами тиску інструмента-диска за певної швидкості подачі.

Збільшення швидкості інструмента-диска безпосередньо впливає на потужність виходячи з формули потужності ($N=Pz \cdot v$). Швидкість подачі v_s незначно впливає на зростання потужності зі збільшенням швидкості обертання інструмента-диска. Це зростання спричиняється незначним збільшенням подачі на оберт інструмента-диска. На всіх робочих тисках P явно виражений їх вплив (див. рис. 1, б) на потужність зміцнювання зі збільшенням швидкості обертання інструмента-диска. Це можна пояснити тим, що сила P є нормальною складовою P_y , від значення якої та коефіцієнта тертя f залежить дотична складова P_z ($P_z=P_y \cdot f$), яка водночас безпосередньо впливає на потужність під час зміцнювання. Другим чинником, який значною мірою впливає на потужність під час зміцнювання, є сила нормального тиску P . Залежність потужності від сили тиску наведено на рис. 2.

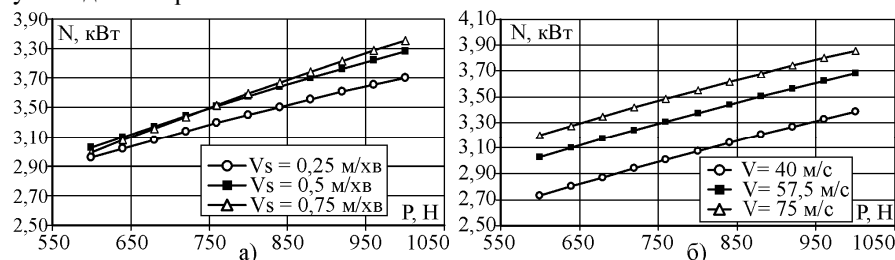


Рис. 2. Залежність потужності від навантаження в зоні контакту інструмента-диска і заготівки: а) швидкість обертання інструмента-диска $v=57,5$ м/с; б) швидкість подачі $P_s=0,5$ м/хв

На всіх швидкостях подачі та швидкостях обертання інструмента-диска збільшення P призводить до збільшення потужності. Це можна пояснити тим, що буде збільшуватись дотична складова P_z , яка безпосередньо впливає на потужність під час зміцнювання.

Висновки:

1. Установлено значення потужності під час зміцнювання конструкційної сталі, яке не перевищує $N=3,86$ кВт у разі зміцнювання з максимальним нормальним тиском зміцнювального інструмента-диска $P=1000$ Н та його швидкістю обертання $V=75$ м/с. Це добре узгоджується з дослідженнями [3], в яких під час зміцнювання нормалізованої сталі У8А установлено потужність $N=3,75$ кВт.
2. З метою зменшення потужності, яка затрачається під час зміцнювання сталі 45, доцільно зменшити силу нормального тиску P з 1000 Н до 800 Н. Це дасть змогу зменшити потужність на 300 Вт і забезпечити необхідний для зміцнювання температурно-силовий режим.
3. Швидкість подачі на потужність має незначний вплив і обирається такою, щоб забезпечити час перебігу фазових перетворень під час зміцнювання.

Література

1. Бабей Ю.И. Физические основы импульсного упрочнения стали и чугуна / Бабей Юлий Иванович. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1988. – 237 с.

2. Логунов И.И. Повышение качества цилиндрических и плоских стальных изделий высокоскоростным трением : дисс. ... канд. техн. наук: спец. 05.02.08 / Логунов Иван Иванович. – Новокузнецк, 1985. – 219 с.

3. Волошинский А.А. Повышение стойкости тонких фрезеных ножей из малолегированных инструментальных сталей : дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.21.05 / Волошинский Александр Александрович. – Львов, 1988. – 180 с.

4. Декл. пат. на кор. модель 45685 Україна, МПК В23В 17/00 В24В 39/00. Спосіб фрикційного зміцнення / М.Д. Кірик, А.С. Рудь; заявник та власник патенту НЛТУ України, № 20040403029; заяв. 05.05.2009; опубл. 25.11.2009. Бюл. № 22.

5. Кірик М.Д. Установка для поверхностного зміцнення сталевих деталей шляхом оброблення високошвидкісним тертям / М.Д. Кірик, А.С. Рудь // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.4. – С. 86-89.

Капраль Ю.Р. Влияние режимных факторов на мощность при упрочнении конструкционной стали 45

Приведена методика определения мощности при упрочнении конструкционной стали 45 высокоскоростным трением. Установлено влияние режимных факторов на мощность при упрочнении. Установлены оптимальные режимы упрочнения, обеспечивающие минимальные затраты электроэнергии, при которых можно получить работоспособный упрочненный слой требуемой толщины и микротвердости.

Kapral U.R. The influence of regime factors on the power during strengthening of structural steel 45

The methods of determining the power during the strengthening of structural steel 45 by high speed friction is made in the paper. Established the influence of regime factors on power during the strengthening. Established the optimum regimes of strengthening for minimum cost of electricity and required hardened layer.

УДК 684.4.04

Директор С.М. Кульман¹, канд. техн. наук;
доц. Л.М. Бойко², канд. техн. наук

КРИТЕРИЙ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ СТРУЖКОВИХ ПЛИТ НА ОСНОВІ ДЕРЕВИНИ

На основі досліджень температурно-силової залежності довговічності (тривалої міцності) композиційних матеріалів запропоновано інтегральний критерій для об'єктивної оцінки ефективності опору стружкових плит на основі деревини термомеханічним діям. Сформульовано та визначено інтегральний критерій життєвого циклу (КЖЦ) личкованих стружкових плит.

Ключові слова: композиційні матеріали, довговічність, життєвий цикл.

Завдання збільшення ресурсу довговічності виробів із композиційних матеріалів на основі деревини, а саме стружкових плит (СП), без глибокого вивчення кінетики механізму старіння та руйнування є важко вирішуваним. Відомо, що пружна енергія, що накопичується з часом у деформованому твердому тілі, релаксується тільки частково. Решта енергії зберігається у тілі аж до руйнування та поступово витрачається на його деструкцію [1].

Тіло, що знаходиться під дією постійного навантаження та температури, поступово витрачає свою внутрішню енергію на опір цьому навантаженню.

¹ Директор ПП "Компанія ІНТЕРДИЗАЙН";

² НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Тобто внутрішня енергія тіла визначає його сумарний енергетичний потенціал. Знаючи величину цього потенціалу, є можливість порівнювати довговічність та працездатність тих або інших матеріалів між собою або прогнозувати довговічність конструкцій. Внутрішня енергія складається із кінетичної енергії хаотичного руху молекул, потенціальної енергії взаємодії між молекулами та внутрішньомолекулярної енергії.

Внутрішня енергія є функцією стану системи. Коли система опиняється у певному стані, її внутрішня енергія приймає властиве цьому стану значення. Отже, зміна внутрішньої енергії системи під час переходу системи з одного стану в інший завжди дорівнює різниці значень внутрішньої енергії у цих станах, незалежно від процесу або сукупності процесів, що призводять до переходу системи з одного стану в інший [2].

Внутрішня енергія переважно може змінюватися за рахунок двох процесів: здійснення над тілом роботи A та передачі йому кількості теплоти Q . Прикладені до тіла зовнішні сили призводять над ним роботу, внаслідок чого міняється його об'єм. Робота зовнішньої сили R над тілом вважається за позитивну. Негативна робота $R < 0$, означає, що тіло само призводить роботу $|R|$, наприклад під час деформування тіла. Тіла, що знаходяться під дією постійного зовнішнього навантаження, окрім роботи, видають енергію шляхом безпосередньої передачі енергії до інших тіл, або термостату. Ця частина зміни енергії є кількість відданого тілом тепла Q .

Таким чином зміна енергії тіла за одиницю часу під час його деформування буде: $\frac{dE}{dt} = \frac{dR}{dt} + \frac{dQ}{dt} = T \frac{dS}{dt} - p \frac{dV}{dt}$. Причому, тут робота dR та кількість тепла dQ не є повними диференціалами. Тільки їх сума $dR + dQ = dE$, тобто зміна енергії є повним диференціалом.

Отже, можна говорити про енергію E у даному стані, але не можна говорити про кількість тепла Q , яким володіє тіло у даному стані. Тобто енергію тіла не можна ділити на теплову та механічну. Таке ділення можливе лише коли йдеться про зміну енергії.

У сучасних розрахунках на міцність, як правило, не бере участі такий важливий параметр, як час. Як відомо, кінетична теорія міцності твердих тіл є однією з небагатьох теорій, що враховує час як параметр, що визначає період існування тіла або системи тіл до моменту руйнування.

Відомо, що для полімерів та композиційних матеріалів на основі деревини, час до руйнування пов'язаний з температурою та напруженням у рівнянні професора С.М. Журкова, С.Б. Ратнера [3]:

$$\tau = \tau_m \exp \left[\frac{U_0 - \gamma \sigma}{R} (T^{-1} - T_m^{-1}) \right], \quad (1)$$

де: τ – час до руйнування (довговічність), с; τ_m – мінімальна довговічність (період коливання кінетичних одиниць – атомів, груп атомів, сегментів), с; U_0 – ефективна енергія активації руйнування, кДж/моль; γ – структурно-механічний параметр, кДж/(моль·МПа); R – універсальна газова стала, кДж/(моль·К); σ – напруження, МПа; T – температура, К; T_m – гранична температура існування твердого тіла (температура деструкції), К.

Рівняння має ясний фізичний зміст, – руйнування відбувається внаслідок накопичення розривів зв'язків; енергія активації U_0 під впливом механічного навантаження зменшується на величину $\gamma\sigma$.

На підставі отриманих температурно-часових залежностей, було визначено термоактиваційні параметри личкованих стружкових плит, значення яких наведено у роботі [4]. Оброблення експериментальних даних за допомогою регресійного аналізу надало змогу отримати додаткову, адекватну математичну модель процесу деформування та руйнування у вигляді лінійного полінома, що містить елемент нелінійної взаємодії двох факторів, що досліджувалися:

$$\lg \tau_{\text{кашСП}} = 15,223 - 0,743\sigma - 0,134T + 0,006\sigma T, \quad (2)$$

$$\lg \tau_{\text{ламСП}} = 14,172 - 0,676\sigma - 0,11T + 0,005\sigma T, \quad (3)$$

$$\lg \tau_{\text{дубСП}} = 17,768 - 0,807\sigma - 0,19T + 0,008\sigma T, \quad (4)$$

$$\lg \tau_{\text{вінСП}} = 17,243 - 0,773\sigma - 0,17T + 0,007\sigma T. \quad (5)$$

Таким чином виявилось, що обидві моделі, феноменологічна модель (1) та регресійні моделі (2-5) адекватно описують один і той же процес поступового руйнування личкованих СП під дією термомеханічного навантаження.

Тому можна припустити, що вони мають зв'язані між собою, тобто спільні параметри, що характеризують властивості матеріалів чинити опір руйнуванню. Таким чином, термоактиваційні параметри моделі (1) мають бути пов'язані з постійними коефіцієнтами у моделях (2-5).

Мета дослідження – розробити, обґрунтувати, сформулювати інтегральний критерій, що характеризує життєздатність личкованих стружкових плит (СП) на основі деревини для об'єктивної оцінки ефективності чинити опір термомеханічному діям. Запропонувати об'єктивний інтегральний критерій оцінки енергетичного ресурсу личкованих СП та конструкцій з використанням СП, щоб мати змогу встановити їх життєвий цикл, тобто період, протягом якого тіло або конструкція може виконувати свою функцію.

Методика дослідження – базується на єдиному кінетичному підході до процесу деформування та руйнування композиційних матеріалів на основі деревини, залежно від структури та властивостей низько- та високомолекулярних твердих тіл.

Результати дослідження. Як було показано у роботі [4], обидві моделі у просторі змінних факторів σ, T, lgt обмежують деяку поверхню граничного стану матеріалу, розглядати яку потрібно як граничний цикл у координатах змінних факторів σ, T, lgt .

Хоча обидві моделі: феноменологічна (1) та регресійні (2-5) адекватно описують довговічності личкованих СП, але структура моделей різна. Структура моделі (2-5) будується "від зворотного". Тут перший член є максимальна довговічність тіла за мінімальної термомеханічної дії. Тоді як феноменологічна модель (1) будується за прямим розрахунком довговічності залежно від зовнішніх термомеханічних умов.

Для визначення взаємозв'язку параметрів двох моделей між собою наведемо рівняння (2-5) у загальному вигляді:

$$lgt = lgt_{\text{max}} - a\sigma - bT + c\sigma T. \quad (6)$$

Враховуючи, що у моделі (1) $\sigma_m = U_0/\gamma$ – гранично допустиме напруження, знайдемо взаємозв'язок постійних коефіцієнтів моделей (1) та (6), тобто

$$\begin{cases} \tau_m = f_1(a, b, c) \\ \sigma_m = f_2(a, b, c) \\ T_m = f_3(a, b, c). \end{cases}$$

У роботі [4] наведено модель (1) та (6), що описують поверхню граничного стану матеріалу у вигляді поверхні другого порядку, гіперболічного параболоїда (повернуте сидло). Ця сидлова поверхня має тільки одну стаціонарну точку – полюс. Термоактиваційні параметри τ_m, T_m, U_0, γ однозначно визначають координати полюса у просторі координат поверхні $\sigma - T - \lg\tau$.

Під час дослідження цього явища розбили систему на дрібні складові та побудували фізичну модель. За такого підходу можна розглядати стружкові плити, що знаходяться під дією температурного та силового навантаження у вигляді нерівноважної дисипативної структури [6]. У цьому випадку, єдиним стаціонарним станом є момент руйнування. Година до руйнування (довговічність) визначить життєвий ресурс, або життєвий цикл личкованих СП.

Оскільки формула (1) та регресійні моделі (2-5) описують аналогічний процес у координатах $\sigma - T - \lg\tau$, тобто цілісний стан тіла, то можна припустити, що коефіцієнти при σ та T у моделях (2-5) повинні бути пов'язаними з термоактиваційними параметрами рівняння (1), а саме τ_m, T_m, U_0, γ .

Розглянемо стаціонарний стан личкованих СП, що відповідають умовам:

$$\frac{\partial(\lg \tau)}{\partial T} = -b + c\sigma = 0; \tag{7}$$

$$\frac{\partial(\lg \tau)}{\partial \sigma} = -\alpha + cT = 0. \tag{8}$$

Із формули (7, 8) отримуємо:

$$\sigma_m = \frac{U_0}{\gamma} = \frac{b}{c}, \tag{9}$$

$$T_m = \frac{a}{c}. \tag{10}$$

Підставивши отримані граничні значень у рівнянні (6) маємо:

$$\lg \tau_m = \lg \tau_{max} - a\sigma_m - bT_m + c\sigma_m T_m. \tag{11}$$

Рівняння (7-11) однозначно визначають взаємозалежності термоактиваційних параметрів (T_m, τ_m, U_0, γ) у феноменологічній моделі (1) та постійних коефіцієнтах a, b, c регресійної моделі (6). Це означає, що обидві моделі адекватно описують поведінку личкованих СП під час навантаження. У цьому випадку можна говорити про визначення деякого об'єктивного критерію життєвого циклу стружкових плит на основі деревини.

За такий критерій зручно прийняти величину внутрішньої енергії, або запас життєвої сили (величину життєвого циклу), що знаходиться між поверхнями граничного стану СП у координатах $\sigma - T - \lg\tau$.

На підставі термоактиваційних параметрів СП [4] та рівнянь (3), (4) побудовано позитивно визначені області поверхонь граничного стану личкованої СП шпоном дуба – 1 та ламінованої СП – 2 (рис.).

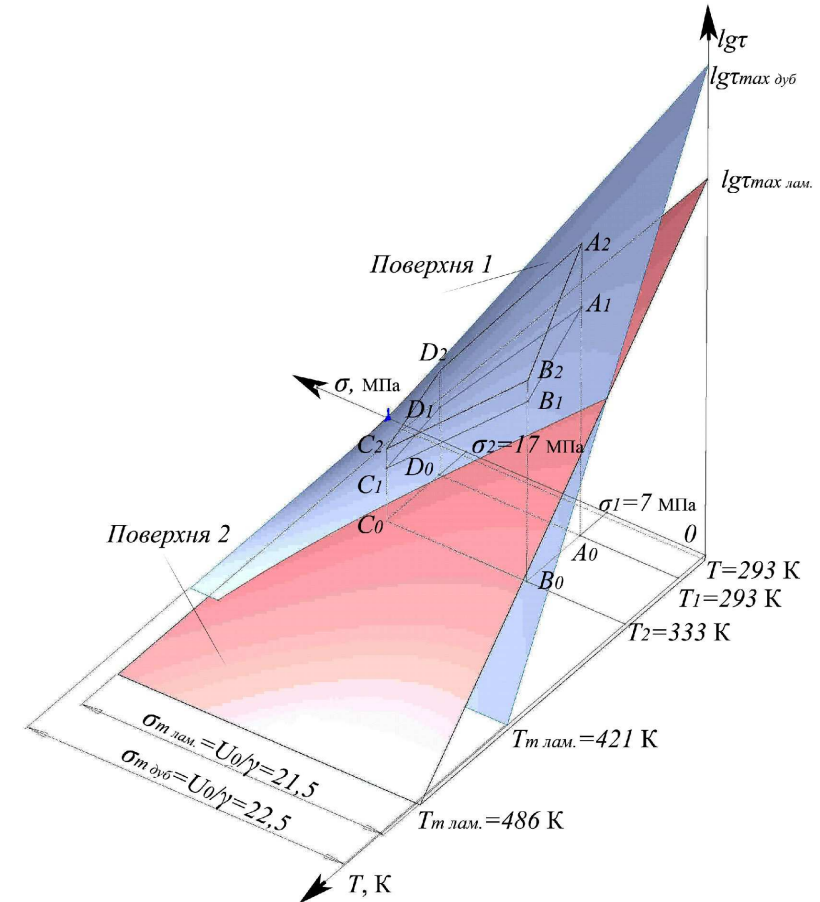


Рис. Величини критерію життєвих циклів (КЖЦ) у вигляді об'ємів, що знаходяться між поверхнями граничного стану та граничними умовами експлуатації личкованих СП. Об'єм $A_0B_0C_0D_0ABCD$ – для личкованої СП шпоном дуба, $A_0B_0C_0D_0A_1B_1C_1D_1$ – для ламінованої СП

Як видно з рис., величини критерію життєвого циклу (КЖЦ) для личкованої СП шпоном дуба та ламінованої СП обмежені об'ємами між поверхнями граничних станів та вірогідними граничними умовами експлуатації матеріалів: $\sigma \in (7...17 \text{ МПа})$; $T \in (273...333 \text{ К})$.

Величина критерію життєвого циклу (КЖЦ) визначиться таким чином:

$$V_E = \int_{T_1}^{T_2} dT \int_{\sigma_1}^{\sigma_2} \left\{ \lg \tau_{max} + \lg \tau_m - \left(\frac{U_0 - \gamma\sigma}{R} (T^{-1} - T_m^{-1}) \right) \right\} d\sigma, \tag{12}$$

де: V_E – критерій життєвого циклу (КЖЦ) механічної системи під час термомеханічного навантаження, кДж·К·с; τ_m – мінімальна довговічність (період коливання кінетичних одиниць – атомів, груп атомів, сегментів), с; U_0 – енергія активації руйнування, при $\sigma \rightarrow 0$, кДж·моль; $\gamma = \partial U / \partial \sigma$ – параметр, пов'язаний з коефіцієнтом перенапруження та активаційним об'ємом розриву зв'язків, кДж/(моль·МПа); T_m – гранична температура існування твердого тіла, К; σ_m – гранично допустиме напруження, МПа; R – універсальна газова стала, кДж/(моль·К); τ_{max} – час до руйнування при $\sigma = 0$ МПа, $T = 273$ К за формулою (1), с; σ_1 та σ_2 – нижня та верхня межа механічних навантажень під час експлуатації, МПа; T_1 та T_2 – нижня та верхня межа термонавантаження під час експлуатації, К; σ – напруження, МПа; T – температура, К.

Порівнюємо критерії життєвих циклів личкованих стружкових плит використовуючи формулу (10) за таких граничних умов ($\sigma_1 = 7$ МПа, $\sigma_2 = 17$ МПа, $T_1 = 293$ К, $T_2 = 333$ К). Результати розрахунків наведено у табл. та на рис.

Табл. Значення критеріїв життєвих циклів личкованих стружкових плит

№	Найменування матеріалу	Термоактиваційні параметри матеріалу [4]				Критерій життєвого циклу матеріалу V_E , кДж·К·с
		$lg(\tau_m)$, с	U_0 , кДж/моль	γ , кДж/(МПа·моль)	T_m , К	
1	СП личковане шпоном дуба	-0,33	257	11,4	421	10340
2	СП личковане шпоном вільхи	-1,3	231	9,6	457	10200
3	СП ламіноване	-0,7	196	9,1	486	7683
4	СП кашироване	-1,4	204	8,5	455	9023

Як впливає з табл., критерій життєвого циклу V_E дає змогу інтегрувати всі термоактиваційні параметри матеріалів в один параметр, значення якого визначає ефективність матеріалу чинити опір термомеханічній дії. Що важливо під час проектування нових та об'єктивної оцінки вже існуючих композиційних матеріалів на основі деревини, конструкцій.

Висновки:

1. Сформульовано та визначено інтегральний критерій життєвого циклу (КЖЦ) для личкованих стружкових плит на основі деревини.
2. Критерій життєвого циклу (КЖЦ) дає змогу об'єктивно оцінити ефективність личкованих стружкових плит чинити опір термомеханічній дії.

Література

1. Ландау Л.Д. Теоретическая физика : учебн. пособ. – Т. VII. Теория упругости / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – Изд. 5-ое, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Физматлит", 2007. – 264 с.
2. Ландау Л.Д. Теоретическая физика : учебн. пособ. – Т. V. Статистическая физика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – Изд. 5-ое, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Физматлит", 2007. – 567 с.
3. Регель В.Р. Кинетическая природа прочности твердых тел / В.Р. Регель, А.И. Слуцкер, Э.Е. Томашевский. – М. : Изд-во "Наука", 1979. – 560 с.
4. Бойко Л.М. Дослідження взаємозв'язку термоактиваційних параметрів личкованих стружкових плит при прогнозуванні довговічності / Л.М. Бойко, С.М. Кульман // Стан та перспективи розвитку деревообробки : зб. тез доп. Міжнар. наук. конф., 17-18 травня 2011 р. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 37.1. – С. 81-83.

5. Кульман С.Н. Нелінійні ефекти деформування і руйнування композиційних матеріалів на основі деревини / С.Н. Кульман // Науковий вісник НУБіП України : зб. наук. праць. – Сер.: Лісівництво та декоративно садівництво. – К. : Вид-во НУБіП України. – 2011. – Вип. 164, ч. 3. – С. 250-255.

6. Пригожин И.Р. От существующего к возникающему / И.Р. Пригожин. – М. : Изд-во "Мир", 1985. – 327 с.

Кульман С.Н., Бойко Л.М. Критерий жизненного цикла стружечных плит на основе древесины

На основе исследований температурно-силовой зависимости долговечности (длительной прочности) композиционных материалов на основе древесины предложен интегральный критерий, характеризующий жизнеспособность механических систем, например стружечных плит на основе древесины, для объективной оценки эффективности сопротивления материалов термомеханическому воздействию.

Ключевые слова: жизненный цикл, композиты, долговечность.

Kulman S.M., Boyko L.M. Criteria of life cycle particle board based on wood

Based on studies of temperature-force dependence of durability (long-term strength) of composite materials based on wood proposed integrated criterion characterizing the viability of mechanical systems, such as particle board based on wood, for objective evaluation of efficiency materials resistance thermo-mechanical stress.

Keywords: life cycle, composites, durability.

УДК 674.093.02

*Проф. В.М. Максимів, д-р техн. наук;
доц. Л.Н. Горбачова, канд. техн. наук;
аспір. Л.В. Хмарик – НЛТУ України, м. Львів*

АНАЛІЗ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТІН РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЙ У ДЕРЕВ'ЯНОМУ ДОМОБУДУВАННІ

Проблема енергозбереження належить до пріоритетних напрямів розвитку науки, технологій і техніки. Особливе місце у вирішенні цієї проблеми відводиться зовнішнім стінам житлових будинків, теплотехнічні характеристики яких на цей час не забезпечують необхідного рівня теплозахисту. У роботі розглянуто теплотехнічні показники стін дерев'яних будинків різного типу з метою удосконалення ефективних стінових конструкцій і технологій.

Ключові слова: теплотехнічні показники, дерев'яні будинки, масивна деревина, панельні будинки, каркасні будинки, оциліндрована колода, профільований брус, огорожувальні конструкції.

Проблему раціонального використання та економії паливно-енергетичних ресурсів вирішує світове співтовариство одночасно за кількома напрямками. Однією з найбільш енергоємних галузей економіки країни є житлове будівництво, тому резерви енерго-ресурсозбереження в цьому підрозділі достатньо великі. Особливу увагу в проблемних питаннях енергозбереження будинків, привертають конструкції зовнішніх огорожень, через які втрачається протягом опаловального періоду 20...40 % теплової енергії залежно від призначення, поверховості і конструктивної схеми споруди. У нашій країні і за кордоном проводять дослідження, спрямовані на вишукування легких і енергоекономічних огорожувальних конструкцій, що вирізняються малою трудомісткістю зведення, довговічністю і ремонтпридатністю. Відомо, що на огорожувальні