генератора, складність встановлення і обслуговування камер, які працюють за даним принципом. Ці недоліки компенсуються підвищенням якості сушіння і корисного виходу товстих пиломатеріалів важковисихаючих порід.

Враховуючи зазначені вище переваги і недоліки кожного із способів сушіння, на даний час для сушіння тонких пиломатеріалів оптимальніше буде використовувати конвективний спосіб сушіння. Використання конвеєрних конвективних сушильних установок для сушіння тонких пиломатеріалів є недоцільним, оскільки конвеєризація сушіння може бути реальною у виробничих умовах, де тривалість процесу менше 30 хв., в іншому випадку сушильний конвеєр буде дуже громіздким [4]. Дослідження показали, що у процесі сушіння тонких пиломатеріалів з деревини дуба і бука за температур, нижчих 100 °С, значно перевищують зазначений термін. Використання конвективних сушильних камер для сушіння тонких пиломатеріалів буде доцільним також з огляду на їх широке поширення на підприємствах України.

Висновок. Оскільки у найближчий час, впроваджуючи нові технології по виготовленню виробів з деревини (мозаїчного і щитового паркету, паркетних дощок, дверей, вікон тощо) з використанням пиломатеріалів товщиною від 4 до 15 мм на підприємствах України будуть використовуватись конвективні сушильні камери, виникає необхідність розробки технології сушіння тонких пиломатеріалів у конвективних сушильних камерах.

Література

1. **Бывших М.Д.** Сушка и сушильные устройства у производстве деревянной тары (Обзор). М., 1978, 35 с.
2. **Дерибере М.** Практические применения инфракрасных лучей. – М-Л.: Госэнергоиздат, 1959. – 440с.
3. **Серговский П.С., Расев А.И.** Гидротермическая обработка и консервирование древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 360с.
4. **Кречетов И.В.** Сушка древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 440 с.

УДК 622.24.056

Проф. І.В. Кузьо, д-р техн. наук;
доц. Б.В. Сологуб, канд. техн. наук. – НУ "Львівська політехніка";
проф. М.П. Мартинців, д-р техн. наук – УкрДЛТУ

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ТА РОЗРАХУНКУ СПЕЦІАЛЬНИХ КАНАТНИХ ВАНТАЖОПІДІЙМАЛЬНИХ СИСТЕМ

Запропоновано схеми канатних систем для піднімання великогабаритних конструкцій, рух яких обмежується направляючими жолобами. Розроблена математична модель роботи канатних механізмів приводу завіси і програми для їх розв'язку.

Prof. I.V. Kuzio; doc. B.V. Solohub – NU "Lvivska politehnica";
prof. M.P. Martynciv – USUFWT

Development and computation peculiarities of special funicular loadlifting systems

Offered the schemes of cable systems for lifting of large constructions, motion of which is limited by directing surface. Developed mathematical work model of cable curtain drive mechanisms and program for their accounting.

У практиці експлуатації підіймально-транспортних машин використовуються конструкції, коли на приводний барабан одночасно намотуються два або більше канатів. Такі конструкції застосовуються при підійманні надважких деталей у різних галузях промисловості, будівництва тощо. При цьому певні труднощі виникають при частому підніманні великогабаритних конструкцій, рух яких обмежується відповідними умовами (направляючими жолобами). Подібні явища можна спостерігати при підніманні засувок на греблях гідроелектростанцій, портах, шлюзах. Особливої уваги вимагають підіймальні механізми, які використовуються у видовищних закладах (театрах, кінотеатрах, філармоніях тощо), де з метою підвищення безпеки глядачів у надзвичайних випадках сцена "відокремлюється" від глядацького залу протипожежною завісою.

На рис. 1 подано розрахункову схему механізму підіймання такої завіси у Львівському оперному театрі. Така конструкція є типовою і стандартною для всіх видовищних установ.

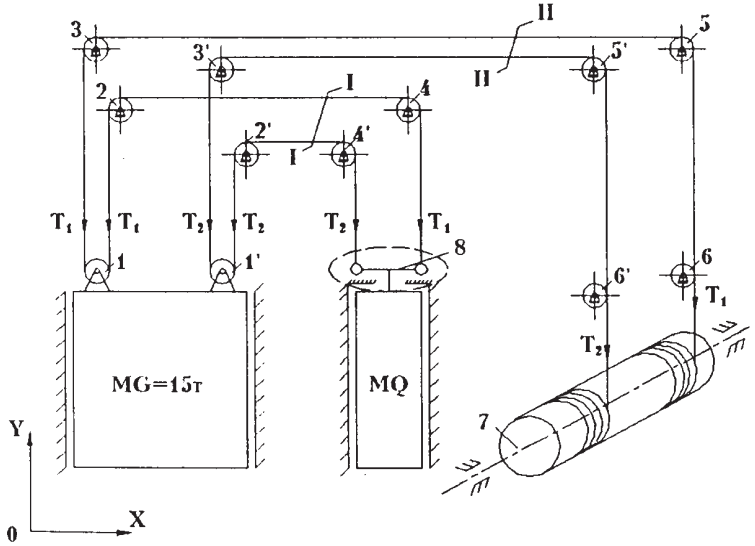

Рис. 1. Розрахункова схема піднімання завіси сцени: 1-6 – направляючі блоки; 7 – приводний барабан; 8 – противага

Великі габарити і маса завіси G та значна висота її піднімання, яка повинна перевищувати висоту сцени, можливі перекошування у направляючих, нерівномірність намотування канатів T_1 і T_2, що призводить до виникнення різних зусиль натягу на приводному барабані 7 та інші причини часто викликають перевантаження приводу лебідки. Застосування двох незамкнутих канатів у таких конструкціях є обов'язковим. Цього вимагають норми експлуатації та підвищення надійності конструкцій. Якщо припускати однакові умови роботи канатів, то зусилля T_1 і T_2 у них мають бути однаковими, тобто $T_1=T_2$. Зміна тертя в окремих блоках, а також можлива різниця у діаметрах намотування на приводний барабан канатів 1 і 2 викликають перекошування завіси у направляючих, що значно збільшує вказану різницю і сумарне зусилля T_1+T_2, а відповідно і крутний момент двигуна $M_{дв}$.

Очевидно, для уникнення цього явища, можна було б використати підвішування противаги. Замість траверси 8 дати конструкцію з блоками 8', а канати 1 і 2 "замкнути" навколо них (рис. 2).

Тоді зусилля намотування канатів T_1 і T_2 на барабан вирівнюються. Але цього не допускають технічні норми, які забороняють використання у даних випадках одного канату.

Противага Q у наведених двох випадках полегшує роботу приводу. Найбільш оптимальна маса його повинна дорівнювати половині маси завіси, тобто Q=0,5G. При меншій масі, під час піднімання завіси, противага буде впиратись у верхні упори своїх направляючих. Це вказує на те, що застосування у даній конструкції противаги не зменшує навантаження на приводний барабан. При рівних інших умовах $T_1=T_2=0{,}25G$. Полегшити роботу приводу, не знижуючи безпечних умов експлуатації, можна змінивши, а одночасно і спростивши, саму конструкцію механізму (рис. 2,б). Нерівномірність намотування канату на приводний барабан враховує маятниковий механізм 9. При цьому нерівномірність намотування канату на приводний барабан призводить до обертання маятника механізму навколо осі O_1, а зусилля T_1 і T_2 залишаються при цьому рівні між собою, тобто $T_1=T_2$. Встановлення такого маятника у підіймальному механізмі завіси без зміни конструкції у цілому підвищує надійність і довговічність приводу та дає можливість встановити двигуни меншої потужності.

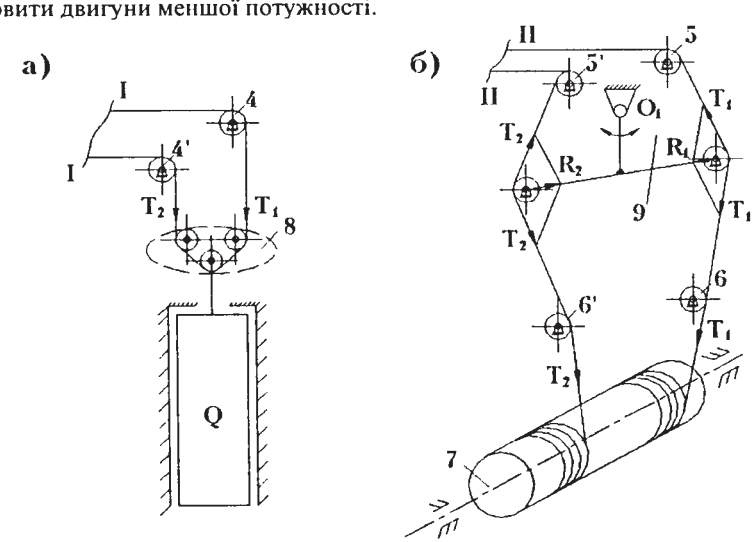

Рис. 2. Вдосконалена схема канатної вантажопідіймальної системи: а) противага з направляючими блоками; б) приводний барабан з направляючими блоками; 9 – маятниковий механізм, що забезпечує рівність зусиль у канатах $T_1=T_2$

На практиці можливі поєднання поданих трьох варіантів і в інших підіймально-транспортних машинах. Це ще більше сприятиме підвищенню надійності їх роботи.

Для вибору основних параметрів вантажопідіймальної системи необхідно розробити відповідну математичну модель і виконати її аналіз.

У наведеній на рис. 1 схемі ХОУ – система координат жорстко зав'язана із завісою. Введемо наступні позначення: n_i – кількість блоків у вантажопідіймальній системі; α_i – кути повороту блоків у цій системі; α_7 – кут повороту барабана вантажопідіймальної лебідки; m_G і m_Q – відповідно маси завіси і противаги; y_G і y_Q – переміщення завіси і противаги.

Для даного випадку рівняння руху канатної системи, що включає двигун, передачу, барабани, систему блоків, завісу, противагу і канатну оснастку, складено за схемою рівнянь Лагранжа другого роду, [1]:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j}\right)-\frac{\partial T}{\partial q_j}+\frac{\partial \Pi}{\partial q_j}+\frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_j}=Q_j\left(j=1,2,3,4\right), \qquad (1)$$

де: T, Π, Φ – кінетична, потенціальна енергії системи та дисипативна функція Релея; q_j – узагальнена координата; Q_j – узагальнена зовнішня сила. За узагальнені координати приймаємо: $\alpha_i\left(1;1'\le i\le 6;6'\right);\alpha_7;y_g;y_q$.

Рівняння руху елементів піднімальної канатної системи на основі залежності (1) можна представити у такому вигляді:

$$\left.\begin{aligned}
&J_7\frac{d^2\alpha_7}{dt^2}+J_i\cdot\frac{d^2\alpha_i}{dt^2}-\frac{\alpha_i}{2}\left(\frac{d\alpha_i}{dt}\right)^2-R_б\cdot C_k\cdot\delta\left(1-\frac{\delta}{2l_k}\right)-R_б\frac{dy_б}{dt}\cdot\xi=-M;\\
&1;1'\le i\le 6;6'.\\
&m_G\frac{d^2y_G}{dt^2}-2C_k\cdot\left(\delta+y_G\right)-2\xi\left(\upsilon_Q+\upsilon_G\right)=m_G\cdot g;\\
&m_Q\frac{d^2y_Q}{dt^2}-2C_K\cdot\left(\delta+y_Q\right)-2\xi\left(\upsilon_G+\upsilon_Q\right)=m_G\cdot g;\\
&\frac{d\gamma}{dt}=\frac{d\alpha_7}{dt};\frac{dy_Q}{dt^2}=\upsilon_Q;\frac{dy_g}{dt}=\upsilon_G.
\end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

де: J_7 – момент інерції барабану лебідки; J_i – моменти інерції направляючих блоків; $R_б$ – радіус намотування каната на барабан; $C_к$ – жорсткість каната; δ,ξ – абсолютна деформація і швидкість відносної деформації каната; l_k – довжина каната; $y_G;y_Q$ – координати руху відповідних мас; M – зовнішній момент, що діє на барабан лебідки; $v_K;v_G;v_Q$ – коефіцієнти, що характеризують розсіювання енергії при русі канату та у відповідних ланках і є силою лінійного опору деформування канату, що відповідає одиничній швидкості відносної деформації; g – прискорення вільного падіння.

Момент інерції барабану і довжину каната вважаємо лінійними функціями кута повороту барабану.

$$J_7=J_0-\alpha\cdot\alpha_7;l_K=l_{KO}+R_\delta\cdot\alpha_7, \qquad (3)$$

де: J_o – початкове значення моменту інерції; α – сталий коефіцієнт; l_{KO} – початкове значення довжини каната; E_K – модуль пружності каната; A_K – площа металевого перерізу каната;

$$\delta = -R_\delta \cdot \gamma - y_Q + y_G;$$

$$C_K = \frac{E_K \cdot A_K}{l_K}$$

Швидкість відносної деформації каната визначається залежністю:

$$\xi = \left(\eta \cdot l_K - R_\delta \cdot \delta \cdot \frac{d\alpha_7}{dt}\right) : l_K^2; z \qquad (4)$$

де η – швидкість абсолютної деформації.

$$\eta = -R_\delta \frac{d\alpha_7}{dt} - 2(v_K + v_Q + v_G) \qquad (5)$$

Рівняння руху ділянок завіси і противаги у поздовжньому напрямку можна записати у такому вигляді:

$$a_i^2 \frac{\partial^2 v_i}{\partial y_i^2} - 2b_i \frac{\partial v_i}{\partial t} - \frac{\partial^2 v_i}{\partial t^2} = -g_i; (i = 1,2...n), \qquad (6)$$

де: a_i – швидкість поширення хвилі пружних деформацій; b_i – коефіцієнти лінійного опору рухові завіси або противаги; g_i – функція, за якою вираховується загальне навантаження, враховуючи опір рухові (залежить від конструкції направляючих завіси і противаги).

Крайовими умовами інтегрування рівняння 6 будуть: якщо $y_G = 0$, відповідно:

$$y_G = v_i(O_i t);$$

$$v_G = \frac{\partial V_i(O_i t)}{\partial t}. \qquad (7)$$

Початкові умови, яким повинні задовольняти розв'язки рівнянь (2), (6) можна визначити з таких умов:

$$y_G(O) = \frac{m_G \cdot g + 2(N_i(O_i O) + m_Q g)}{C_K};$$

$$y_Q(O) = 2m_G \cdot g \cdot C_K + (N_i(O_i O) + m_Q g) \cdot 2\xi(v_G + v_Q);$$

$$\omega(O) = \omega_o; v_G(O) = v_{KO}; v_Q(O) = v_{QO};$$

$$V_i(y_i o) = \frac{N_i(O_i O)}{E_K \cdot A_K} \cdot y_i - \frac{g_i}{2a_i^2} \cdot y_i^2 + V_i(O,O);$$

$$\left(\frac{\partial V_i}{\partial t}\right)_{t=0} = v_O, (i = 1,2,...n) \qquad (8)$$

Момент асинхронного електричного двигуна в околі номінальної швидкості обертання ротора визначаємо з диференціального рівняння, [2].

$$\frac{dM}{dt} + \frac{1}{T_\partial} M + \frac{1}{v \cdot w_o T_\partial} \dot{\varphi} = \frac{1}{v \cdot T_\partial}, \qquad (9)$$

де: T_∂ – постійна часу, що враховує перехідні процеси у двигуні; v – коефіцієнт крутизни статичної характеристики; w_o – кутова швидкість ідеального холостого ходу.

Момент двигуна М на кожному кроці інтегрування рівнянь руху визначаємо за значеннями кінематичних характеристик механічної системи. У випадку застосування асинхронного двигуна його момент знаходимо на основі розв'язування рівнянь електромагнітного стану.

Диференціальні рівняння електромагнітного стану двигуна мають вигляд:

$$\left.\begin{aligned} \frac{di_S}{dt} &= A_S(U + \Omega_S \cdot \Psi_S - R_S \cdot i_S) + B_S(\Omega_R \cdot \Psi_R - R_R \cdot i_R), \\ \frac{di_R}{dt} &= A_S(U + \Omega_S \cdot \Psi_S - R_S \cdot i_S) + B_S(\Omega_R \cdot \Psi_R - R_R \cdot i_R); \end{aligned}\right\}, \qquad (10)$$

де: i_S, i_R, U_S – матриці-стовпці струмів і напруг; $A_S, B_s, A_R i B_R$ – матриці зв'язку; Ω_S, Ω_R – матриці частот обертання; Ψ_S, Ψ_R – матриці-стовпці потокозчеплень.

Індекс S вказує на належність величини обмотці статора, а R – ротора.

Використовуючи систему рівнянь (2), а також залежності (3,...10) для конкретних умов можна визначити певні параметри вантажопідіймальних канатних систем.

Система рівнянь (2) представляє математичну модель роботи канатних механізмів піднімання і опускання завіси [3]. Нелінійність диференціальних рівнянь ускладнює їх аналітичний розв'язок, тому були розроблені програми для їх розв'язку на комп'ютері [4].

Розроблена математична модель роботи канатних механізмів приводу завіси і програми для їх розв'язку дозволяють визначати кутові і лінійні швидкості і прискорення елементів механізмів, зусилля у канатах (екстремальні і середньо-інтегральні), дослідити весь робочий цикл роботи механізму.

Як приклади використання математичної моделі, показано дослідження залежності коефіцієнта динамічності – $к_д$ від передавального числа редуктора і від потужності двигуна (рис. 3).

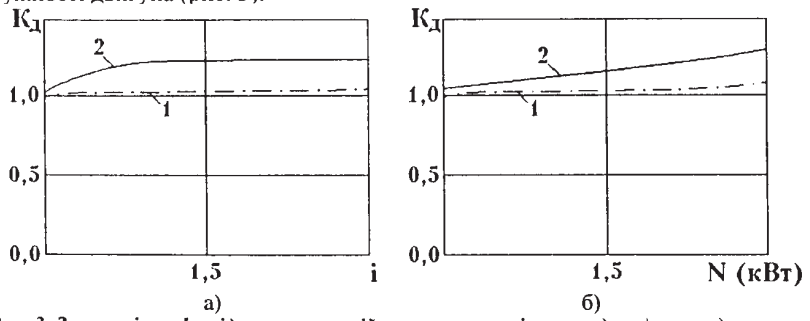

Рис. 3. Залежність $k_Д$ від експлуатаційних параметрів привода: а) – передавального числа редуктора – i (1-max, 2-min); б) – потужності двигуна – N (1-max, 2-min).

Література

1. **Яблонський А.А.** Курс теоретической механики. ч.2.М.: Высшая школа, 1977.

2. Вейц В.Л., Кочура А.Е., Мартиненко А.М. Динамические расчёты приводов машин. – Л.: Машиностроение, 1971. – 353с.

3. Сологуб Б.В., Лозовой И.С., Зинько Я.А. Уточненная модель движения грузовой тележки козлового крана. Львов, 1982, с.36. Рук.деп. в УкрНИИНТИ №400 Ук- Д82.

4. Лозовой И.С., Сологуб Б.В. Программа, автоматизирующая силовой расчёт грузовой тележки и канатных механизмов козловых кранов (КРАН-1). Львов, 1983, с.113. Рук.деп. в УкрФАП. №6145.

УДК 674.815

Д.І. Лелюк – АТ "Інтерплит", м. Надвірна

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЗМЕНШЕННЯ ВИДІЛЕННЯ ФОРМАЛЬДЕГІДУ ІЗ ДЕРЕВИНОСТРУЖКОВИХ ПЛИТ

Термічна обробка деревостружкових плит зменшує у них вміст токсичних речовин залежно від температури і тривалості процесу.

D.I. Leliuk – JSC "Interplyt", Nadvirna

Influence of technological factors on underestimation of formaldehyde apportionment from particleboard flags

Heat treatment particleboard of flags underestimates a contents of toxic matters in dependence on temperature and process duration.

Хімічні властивості деревостружкових плит мають пряму залежність від технології їх виготовлення. Розглянемо питання, як технологічні фактори впливають на процес виділення вільного формальдегіду з матеріалу деревостружкових плит.

Багато дослідників висунули цілий ряд міркувань щодо виділення вільного формальдегілу з матеріалу деревостружкових плит. Однією із таких думок є те, що у процесі твердіння сечовино-формальдегідних смол у деревостружковій плиті протікають складні хімічні реакції поліконденсації, у результаті чого створюється формальдегід. Слід зазначити, що значна частина формальдегіду виділяється разом з водяною парою у процесі пресування стружкового килиму у пресі. Особливо цей процес спостерігається у момент розмикання плит преса. Деяка частина формальдегіду внаслідок ущільнення стружкового килиму і взаємодії його з вологою залишається у вигляді поліоксіметиленгліколю та газу у матеріалі сформованої плити. Відзначимо, що затвердіння сечовино-формальдегідних смол під час пресування стружкового килиму повністю не закінчується, а продовжує затверджуватися у готовій плиті. Крім цього, у процесі пресування деревостружкового килиму, поряд з затвердінням сечовино-формальдегідних смол можлива часткова деструкція смоли у зв'язку з нерівномірним нагрівом стружкових пакетів, тому, що зовнішні шари стружкового килиму нагріваються значно швидше і до більш високої температури, ніж внутрішні.

Сьогоднішня технологія випуску ДСП передбачає застосування для зовнішніх шарів стружкових пакетів клеїв з меншою швидкістю затвердіння, а для внутрішніх шарів застосовуються клеї з більшою швидкістю затвердіння. Це до певної міри зменшує деструкцію, але повністю її не виключає.

Наявні у структурі затверділої смоли вільних метилольних груп і ефірних зв'язків за несприятливих температурних і вологісних умов легко розшаровуються, що створює додаткове потенційне джерело виділення формальдегіду із плит у довкілля. Таким чином, кількість формальдегіду, який виділяється під час затвердіння сечовино-формальдегідних смол, залежить як від властивості зв'язуючих, так і від технологічних умов пресування компонентів деревостружкового килиму, перетворюючи його у тверду форматну плиту.

Табл. 1. Результати термічної обробки деревинно-стружкових плит

Температура агента термообробки, °С	Тривалість термічної обробки взірців, год.	Залишок формальдегіду у плиті після пресу, мг/100г	Залишок вільного формальдегіду у матеріалі після обробки у камері, мг/100 г	Залежність $y_f=f(\tau)$
160	1 2 3	10.6	7.3 5.06 3.7	y_f=10.6-2.3τ
140	1 2 3	9.8	8.2 6.2 4.0	y_f=9.8-1.93τ
120	1 2 3	9.3	8.4 7.6 6.9	y_f=9.3-0.8τ

Виділення формальдегіду із деревостружкової плити, в основному, залежить від таких технологічних факторів: температури плит пресу, часу пресування стружкового килиму, витрат зв'язуючих речовин, кількісного вмісту вільного формальдегіду у початковій смолі, а також від кількісного складу затверджувача.

Як показує виробнича практика виготовлення деревостружкових плит, вміст вільного формальдегіду у матеріалі готової продукції часто перевищує допустимі Державним стандартом границі. Це призводить до виробничого браку готової продукції, що спричиняє значні непродуктивні витрати для підприємства. Тому виникла необхідність створити температурну обробку деревостружкових плит у спеціальних гартувальних камерах періодичної дії за режимами технології, які задаватимуться залежно від процентного вмісту вільного формальдегіду в їх матеріалі.

Тому було прийнято рішення провести комплекс лабораторних досліджень з метою конкретизувати технологію термічної обробки деревостружкових плит і знайти оптимальні режими обробки. Для цього була створена лабораторна база і проведені відповідні дослідження. Методика лабораторних досліджень будувалася за принципом термічної обробки взірців, виготовлених з плити щойно спресованого стружкового килиму. Температурна обробка взірців здійснювалась у лабораторній гартувальній камері, яка описана у статті [1]. Температурна обробка взірців здійснювалась окремими партіями при температурі агента термообробки 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160 і 170°С протягом часу 1,2,3, і 4 години для кожної партії. Через кожну годину одна партія взірців виймалася із камери, з якої вирізалися заготовки у вигляді кубиків, розміром 20×20×20 мм. Виготовлені кубики запаковувалися у поліетиленові мішечки і передавалися у заводську хімічну лабораторію для аналізу у них залишку вільного формальдегіду.

У табл. занесені дані експерименту при деяких номінальних значеннях температури агента термообробки. За даними таблиці складена залежність зміни вільного формальдегіду у плиті залежно від температури термічної обробки і часу