

**Національний університет біоресурсів і
природокористування України**

Факультет конструювання та дизайну



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
78-Ї ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
СТУДЕНТСЬКОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ «НАУКОВІ ЗДОБУТКИ
СТУДЕНТІВ У ДОСЛІДЖЕННЯХ ТЕХНІЧНИХ ТА
БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ:
КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙН»**

(17-18 квітня 2025 року)

Київ-2025

УДК 631.17+62-52-631.3
ББК40.7

Збірник тез доповідей 78-ї всеукраїнської науково-практичної студентської конференції «Наукові здобутки студентів у дослідженнях технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн» (17–18 квітня 2025 року) / Факультет конструювання та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2025. – 106 с.

Збірник тез рекомендовано до друку рішенням вченої ради факультету конструювання та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України від 18.03.2025 р., протокол № 7.

В збірнику представлені тези доповідей студентів, що працюють над магістерськими і бакалаврськими кваліфікаційними роботами на кафедрах факультетів конструювання та дизайну і механіко-технологічного НУБіП України та інших провідних закладів вищої освіти, в яких розглядаються завершені етапи розробок у галузях машин і обладнання сільськогосподарського виробництва, промислового і цивільного будівництва, механізації сільського господарства, транспортних технологій і засобів у АПК, будівництва сільських територій, конструювання і надійності машин для сільського, лісового і водного господарств.

Редакційна колегія: Ружи́ло З.В. – голова, к.т.н., доц.; Афтанді́лянц Є.Г., д.т.н., проф.; Баку́лін А.Є., к.т.н., доц.; Булгаков В.М., д.т.н., проф.; Лове́йкін В.С., д.т.н., проф.; Лопатько К.Г., д.т.н., проф.; Несвідо́мін А.В., к.т.н., доц.; Несвідо́мін В.М., д.т.н., проф.; Нови́цький А.В., к.т.н., доц.; Пили́пака С.Ф., д.т.н., проф.; Роговський І.Л., д.т.н., проф.; Чаусов М.Г., д.т.н., проф.; Яковенко І.А., д.т.н., проф.; Ромасевич Ю.О. – секретар, д.т.н., проф.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РУХУ РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА З ДВОМА ОБЕРТАЛЬНИМИ І ОДНІЄЮ ПОСТУПАЛЬНОЮ ЛАНКАМИ

Сябрук М.С. – студентка

Науковий керівник – Ловейкін В.С., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Залежно від призначення та задач, що розв'язуються, роботи розподіляються на два класи: виробничі та пошукові. Виробничі роботи призначені для виконання фізичної роботи і поділяються на: промислові, транспортні, будівельні, сільськогосподарські, побутові тощо. Пошукові роботи призначені для пошуку, збирання, переробки та передачі інформації про досліджувані об'єкти. Найбільше поширення отримали промислові роботи, які являють собою автоматичну стаціонарну чи рухому машину, що складається з виконавчого пристрою у вигляді маніпулятора, який має декілька ступенів рухомості, та перепрограмованого пристрою програмного керування для виконання у виробничому процесі рухомих функцій. Задачею маніпулятора є виконання рушійних функцій і реалізація технологічного призначення промислового робота. Ця система являє собою просторовий механізм з розімкненим кінематичним ланцюгом.

В процесі руху маніпулятора в його елементах виникають динамічні навантаження коливального характеру, які приводять до зниження продуктивності, надійності та точності позиціювання. Для покращення вказаних характеристик робота-маніпулятора запропоновано провести оптимізацію його режиму руху. В якості прикладу розглянуто робот-маніпулятор, що складається з двох обертальних і однієї поступальної ланки, схема якого показана на рис.1. Наведений маніпулятор має три ступені вільності. За узагальнені координати обрані кутові координати повороту маніпулятора φ_{10} та напрямної φ_{21} , а також лінійна координата видовження «руки» маніпулятора S_{32} . Метою роботи робота-маніпулятора є переміщення в просторі захватного пристрою з вантажем з положення 0, що характеризується координатами (x_0, y_0, z_0) в положення 1 з координатами (x_1, y_1, z_1) . Розглянуто переміщення захватного пристрою з точки 0 в точку 1 без наявності перешкод в просторі переміщення захвату. Оскільки найкоротшою відстанню між двома точками в просторі буде відстань по

прямій лінії, тому за траєкторією руху захватного пристрою використано пряму лінію вздовж осі ξ .

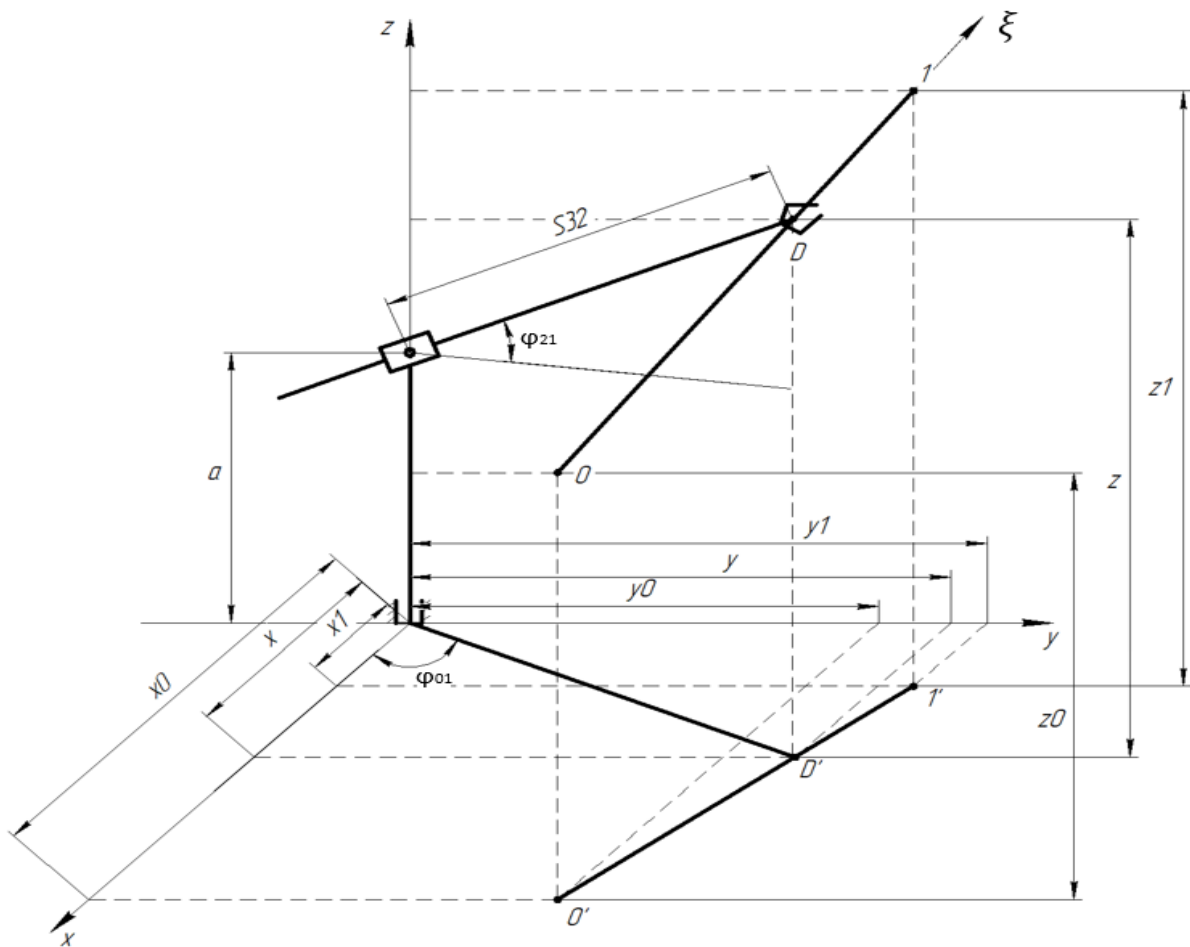


Рисунок 1 – Схема маніпулятора

Визначимо оптимальний режим руху захватного пристрою, який забезпечує плавність переміщення вантажу на обраній прямолінійній траєкторії з точки 0 в точку 1 в природній системі координат. В цьому випадку за показник якості режиму руху захватного пристрою з вантажем використаємо критерій оптимізації, який мінімізує середнє значення енергії ривків захватного пристрою з вантажем робота-маніпулятора

$$W_{cp} = \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} W dt \rightarrow \min, W = \frac{1}{2} m \ddot{\xi}^2. \quad (1)$$

тут W - енергія ривків захватного пристрою з вантажем робота-маніпулятора, m - маса вантажу з захватним пристроєм, а $\ddot{\xi}$ – його функція ривку, яка визначається як третя похідна за часом від координати ξ . В результаті мінімізації критерію (1) знайдено оптимальний закон руху захватного пристрою (рис. 2).

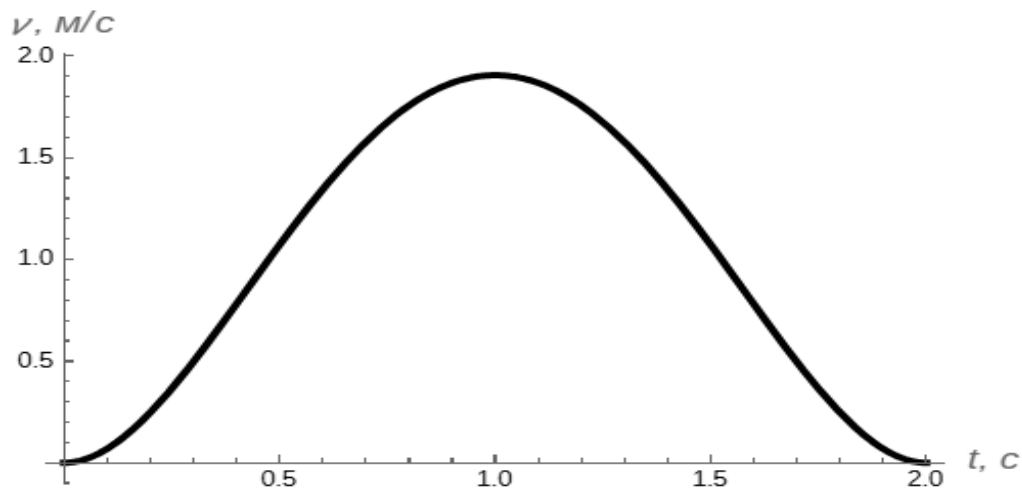


Рисунок 2 – Графік оптимальної швидкості захвату маніпулятора

Для визначення законів руху узагальнених координат маніпулятора, що забезпечують оптимальний режим руху захвату, розв'язано зворотню задачу кінематики, яка передбачає послідовне визначення оптимального режиму руху захвату в декартовій нерухомій системі координат та законів зміни узагальнених координат. В результаті чого отримали такі характеристики переміщення та швидкості видовження «руки» захвату маніпулятора (рис.3).

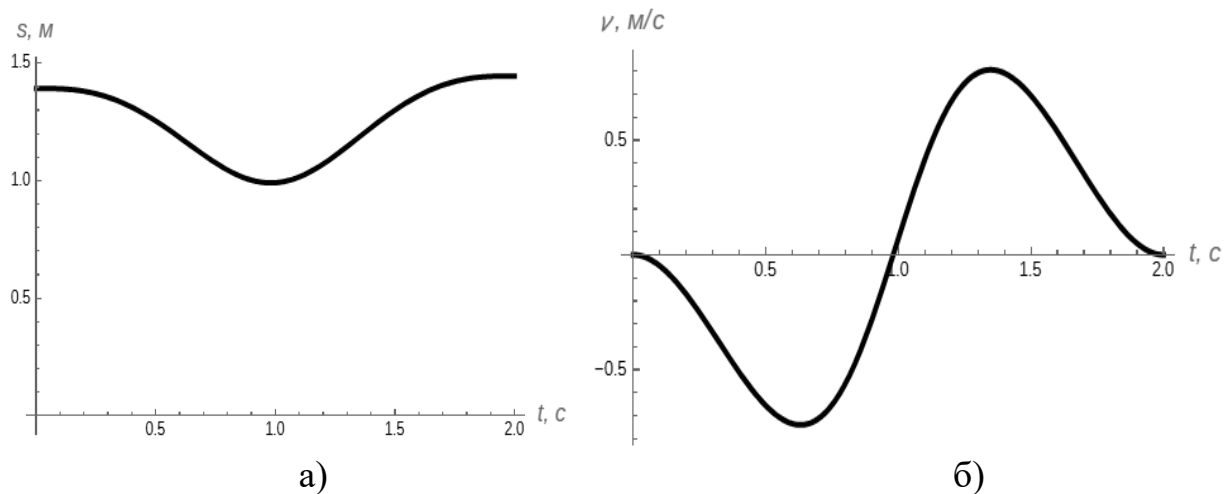


Рисунок 3 – Графіки переміщення (а) та швидкості (б) видовження «руки» захвату

З отриманих кінематичних характеристик видно, що графік узагальненої швидкості висування «руки» маніпулятора принципово відрізняється від графіка оптимального режиму руху захвату. Аналогічним чином визначені кінематичні характеристики узагальнених координат повороту маніпулятора та прямої «руки» захвату. На основі отриманих кінематичних характеристик узагальнених координат здійснюється проектування та розрахунки приводних механізмів.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РУХУ РОБОТА МАНІПУЛЯТОРА З ДВОМА ПОСТУПАЛЬНИМИ І ОДНІЄЮ ОБЕРТАЛЬНОЮ ЛАНКАМИ

Піка А.Р. – студент

Науковий керівник – Ловейкін В.С., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Робототехніка стає однією з найбільш актуальних галузей сучасної інженерії. Вона пов'язана з розробкою та виробництвом різноманітних роботів, які можуть виконувати різні завдання у багатьох галузях виробництва. Найбільш поширеними та важливими із усіх типів роботів є роботи-маніпулятори. Роботи-маніпулятори є механічними системами з багатьма ступенями вільності, які здійснюють складні рухи з достатньою точністю і швидкістю виконання транспортних та технологічних операцій. Одним із основних завдань у робототехніці є планування траєкторії руху робота-маніпулятора, тобто обґрунтування та розрахунок траєкторії руху його робочого органу з урахуванням обмежень на положення, швидкості та прискорення. Це дозволяє досягти потрібної точності та швидкодії роботи робота-маніпулятора, забезпечити безпеку протягом його роботи та ефективно виконання поставленого завдання.

У запропонованій науковій роботі досліджуються питання планування траєкторії руху робота-маніпулятора та оптимізації режиму його руху. Розглядаються різні методи та алгоритми для планування траєкторії руху робота-маніпулятора, а також розв'язано задачі, пов'язані з оптимізацією руху захватного пристрою з урахуванням обмежень на швидкості, прискорення та інші фактори. Наведені дослідження у цій роботі, можуть бути використані для розробки більш ефективних та точних роботів- маніпуляторів , що виконують транспортні та технологічні операції з обмеженнями на енергетичні та динамічні характеристики.

Для дослідження режиму руху ланок маніпулятора використано маніпулятор з двома поступальними та однією обертальною ланками, схема якого наведена на рис. 1. Представлений маніпулятор складається з нерухомого стояка – 0, обертальної ланки – 1, що обертається навколо нерухомого стояка, ланки – 2, що здійснює вертикальний поступальний рух відносно ланки -1 та ланки -3, яка поступально висувається в горизонтальній площині по напрямних ланки -2. Маніпулятор має три ступені вільності. За

узагальнені координати обрані такі координати: θ_1 – кутова координата повороту ланки -1; S_2 – лінійна координата вертикального переміщення ланки - 2; S_3 – лінійна координата горизонтального висування ланки – 3.

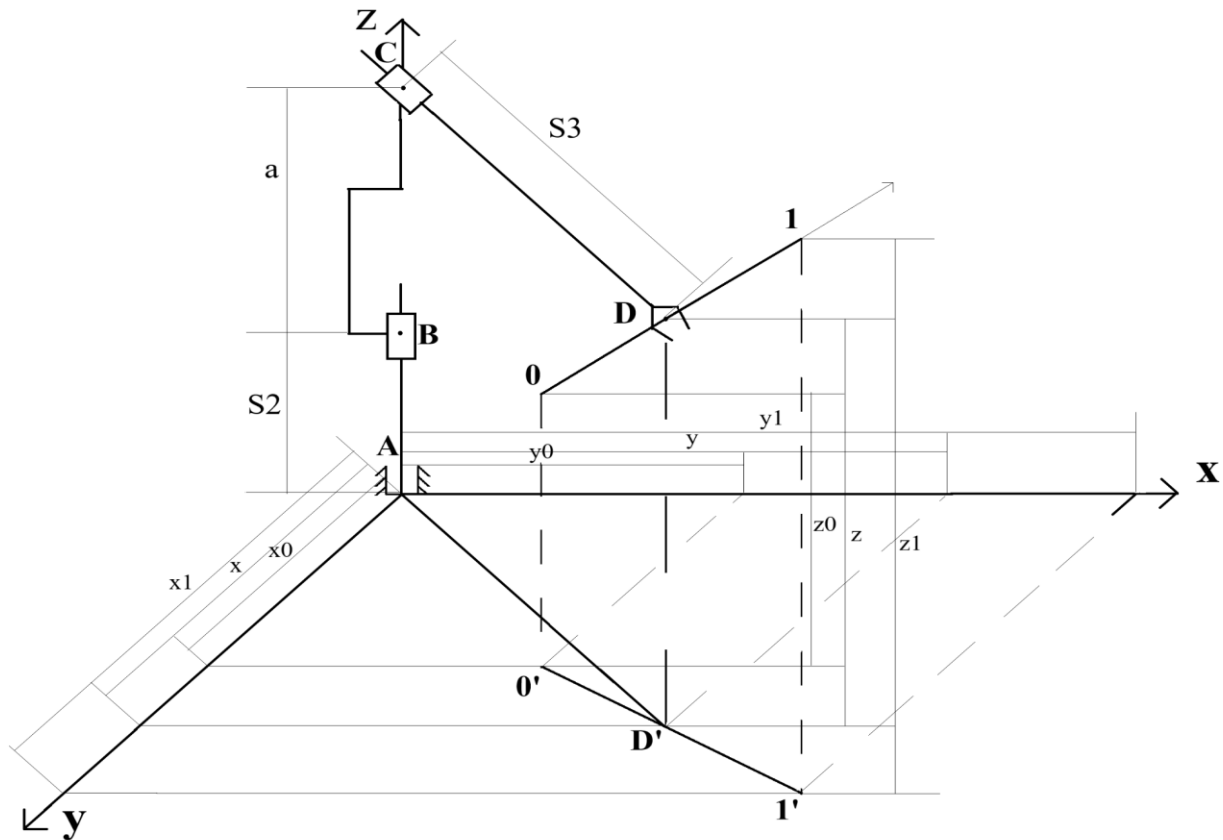


Рисунок 1 – Схема руху маніпулятора

Метою роботи маніпулятора є переміщення захватного пристрою з точки 0 з координатами x_0, y_0, z_0 в точку 1 з координатами x_1, y_1, z_1 при мінімальній потужності приводних механізмів. Вибрано траєкторію руху захвату маніпулятора у вигляді прямої між точками 0 і 1. За координату руху захватного пристрою маніпулятора вздовж обраної траєкторії вибрано координату ξ .

Визначено оптимальний режим руху захвату, який мінімізує динамічну складову потужності приводних механізмів маніпулятора, що витрачається на рух захватного пристрою з вантажем та ланок самого маніпулятора. За критерій оптимізації руху захвату вибрано середнє значення динамічної складової потужності, що витрачається на рух захвату з вантажем

$$P_{cp} = \int_0^{t_1} V dt \rightarrow \min, \quad V = \frac{1}{2} m \dot{\xi}^2. \quad (1)$$

тут V - енергія прискорення захвату з вантажем, m — маса вантажу з захватним пристроєм. Критерій (1) необхідно мінімізувати. В результаті проведеної оптимізації визначено оптимальний режим руху захвату, який представлено у вигляді графічних залежностей його переміщення та швидкості (рис.2).

Отримані графічні залежності переміщення та швидкості захвату з вантажем отримані при переміщенні з точки 0 з координатами ($x_0 = 0,1\text{м}, y_0 = 0,1\text{м}, z_0 = 0,2\text{м}$) в точку 1 з координатами ($x_1 = 0,8\text{м}, y_1 = 1,1\text{м}, z_1 = 1,5\text{м}$) за час руху $t_1 = 3,0\text{с}$ при $a=0,1\text{м}$.

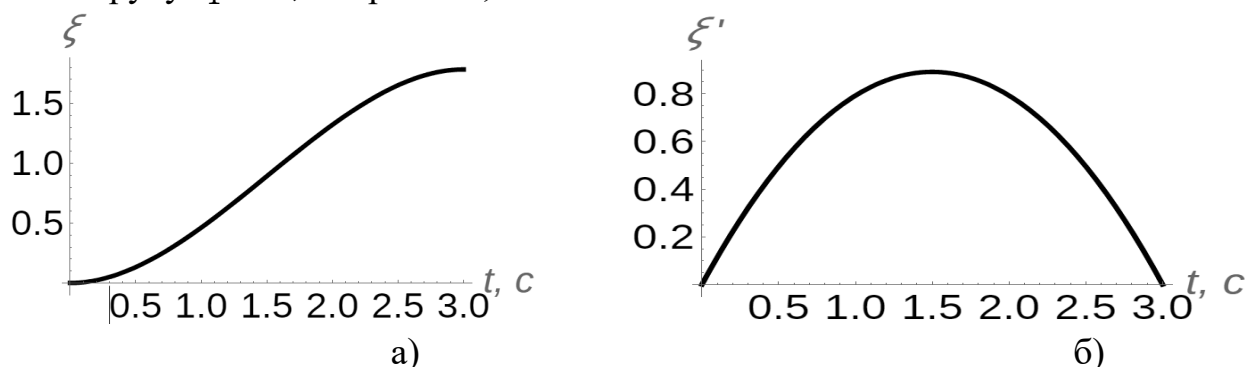


Рисунок 2 – Графіки переміщення та швидкості при оптимальному русі захвату

З отриманих залежностей можна бачити, що переміщення та швидкість захвату змінюються достатньо плавно. Для визначення законів зміни узагальнених координат робота-маніпулятора при оптимальному режимі руху захвату з вантажем розв'язано зворотню задачу кінематики. В цій задачі оптимальний закон руху захвату в природній системі координат вздовж осі ξ представлено в нерухомій декартовій системі координат X, Y, Z . На основі отриманого оптимального закону руху захвату визначено закони руху узагальнених координат робота-маніпулятора, які представлено на рис. 3.

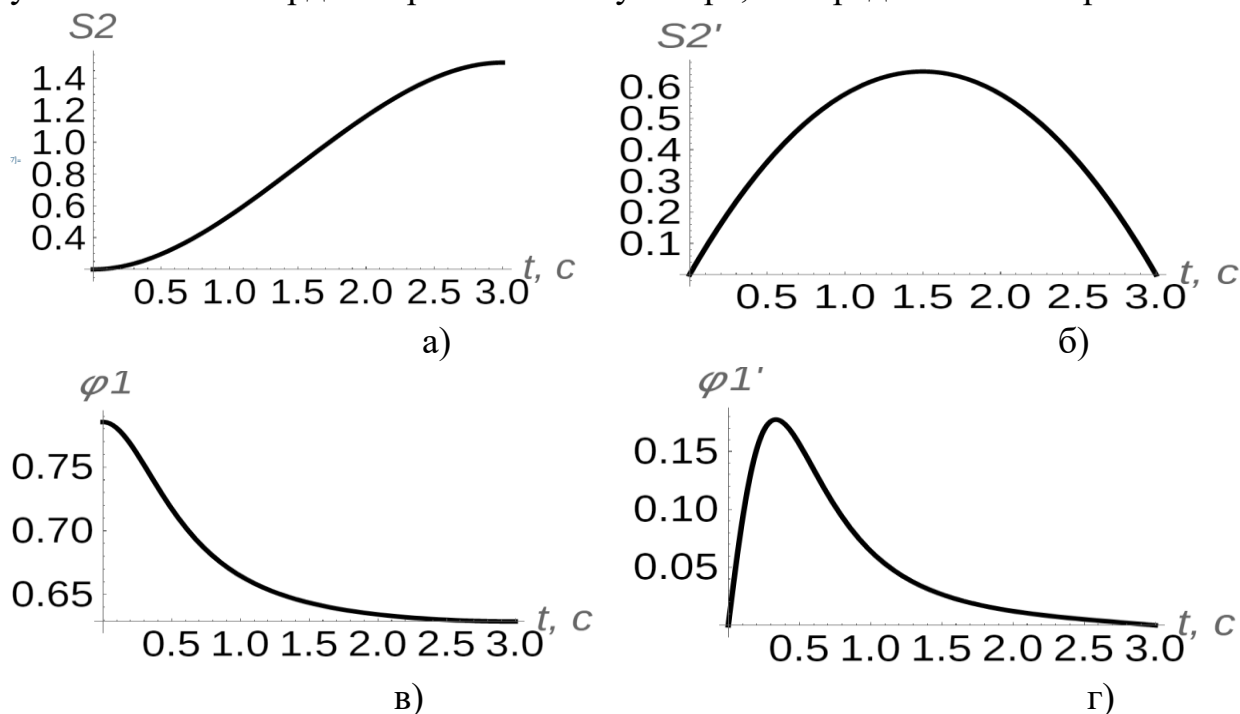


Рисунок 3 – Графіки узагальнених координат та швидкостей висування руки захвату (а, б) та повороту маніпулятора (в,г)

З отриманих графіків видно, закон руху висування руки захвату досить близький по формі до оптимального режиму руху захвату, чого не можна сказати про закон зміни узагальненої координати повороту маніпулятора. Саме на законах наведених на рис.3 здійснюються розрахунки та проектування приводів.

УДК 621.87

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РУХУ РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА З ВАЖІЛЬНИМ ЗАХВАТОМ

Стефанишин В.В. – студент

Науковий керівник – Ловейкін В.С., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

На сьогоднішній день значна кількість промислових підприємств використовують роботи-маніпулятори при виконанні різних технологічних та транспортних операцій. Ці промислові роботи складаються з електромеханічних взаємопов'язаних ланок, які приводяться в рух за допомогою синхронно керованих електродвигунів.

Для досягнення правильного керування при виконанні конкретної технологічної операції ці роботи обладнані спеціальними системами керування. Завдяки цим системам людина-оператор може взаємодіяти з роботом для автоматизації технологічного процесу.

Крім того, існує значна різноманітність робочих органів для промислових робіт, призначених для виконання різних видів технологічних операцій. Кожний робот-маніпулятор вимагає унікального регулятора для ефективного використання цифрової системи керування промисловим роботом.

Для підвищення позиціонування робочого органу робота-маніпулятора при виконанні технологічних і транспортних операцій необхідно здійснювати оптимізацію режиму його руху. Для цього розглянемо робот-маніпулятор, який показаний на рис.1. Він складається зі стояка – 0, поворотної ланки – 1, підйомної ланки – 2 та руки захвату- 3.

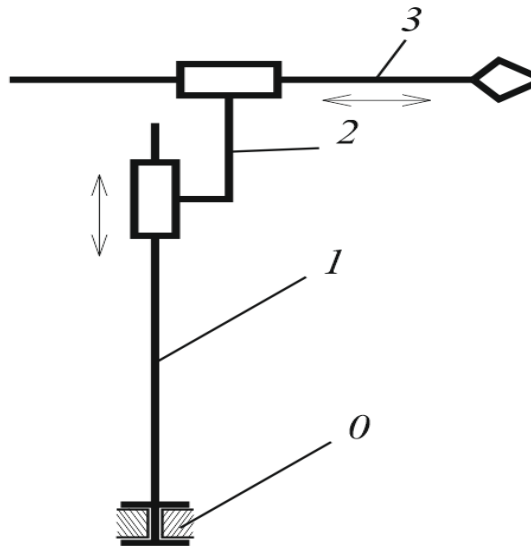


Рисунок 1 – Схема робота-маніпулятора

Розглянемо висування руки захвату, рух якої описується наступним рівнянням

$$m\ddot{s} + b_2\dot{s} = F. \quad (1)$$

За критерій оптимізації візьмемо середньоквадратичне значення рушійної сили

$$F_{ck} = \left[\frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} F^2 dt \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (2)$$

тут m – маса руки захвату з вантажем, b_2 – коефіцієнт в'язкого опору переміщення руки захвату, F – рушійне зусилля приводу, t – час, t_1 – тривалість руху захвату.

В результаті мінімізації критерію (2) з урахуванням виразу (1) отримано оптимальний режим руху руки захвату (рис. 2), який мінімізує дію динамічних навантажень, що дає можливість підвищити позиціонування робочого органу (захвату з вантажем).

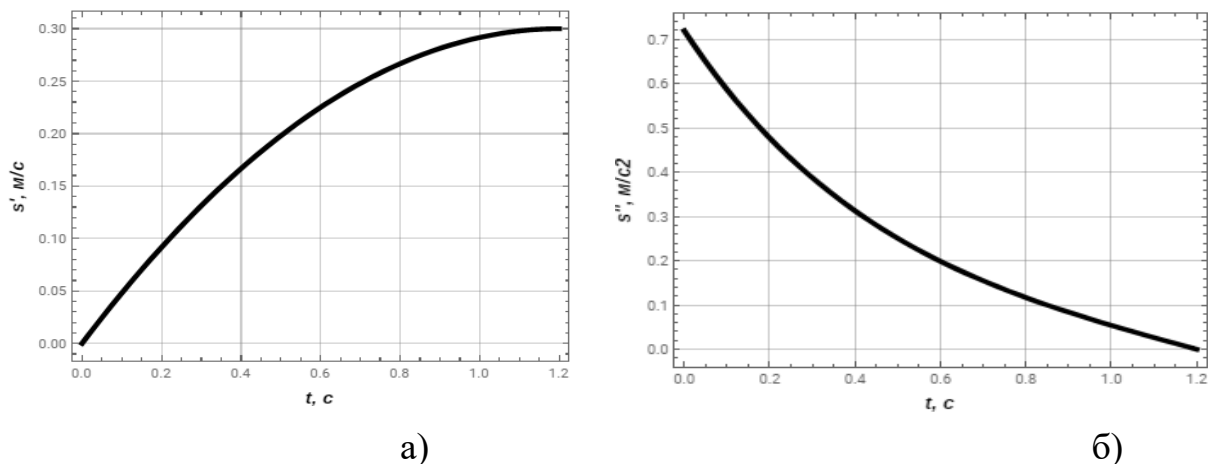


Рисунок 2 – Графіки зміни швидкості (а) та прискорення (б) руки захвату

З отриманих графіків видно, що швидкість поступово зростає до усталеного значення за законом близьким до параболічного, а прискорення спадає від максимального до мінімального значення також за законом близьким до параболічного.

Для реалізації оптимального режиму руху захвату розроблена структурна схема керування, яка представлена на рис. 3.

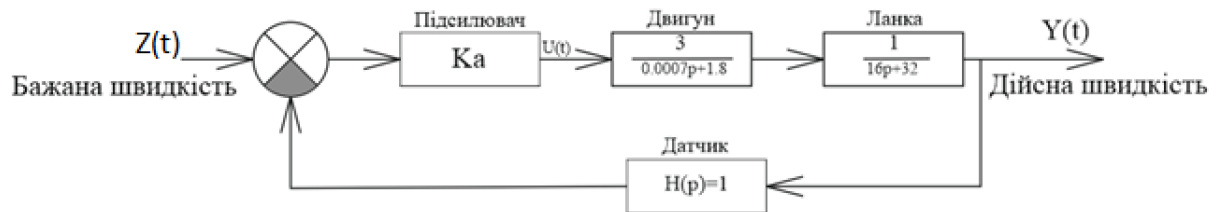


Рисунок 3 – Структурна схема керування рухом руки захвату

При керуванні швидкістю руху рукою захвату робота-маніпулятора законом керування є швидкість руху ланки. В якості регулятора в цій схемі може бути використаний пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) регулятор.

УДК 621.87

ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПЕРЕМІЩЕННЯ МОБІЛЬНОГО ПОШУКОВОГО РЯТУВАЛЬНОГО РОБОТА

Стопнюк Б.С. – студент

Наукові керівники – Ловейкін В.С., д.т.н., проф.; Ляшко А.П., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Під час руху мобільного пошукового рятувального робота можливі підвищення динамічних навантажень та поява коливань в елементах приводу та конструкції.

Для виявлення цих явищ було проведено динамічний аналіз руху мобільного пошукового робота. При цьому механізм переміщення робота представлено двомасовою динамічною моделлю, яка представлена на рис. 1.

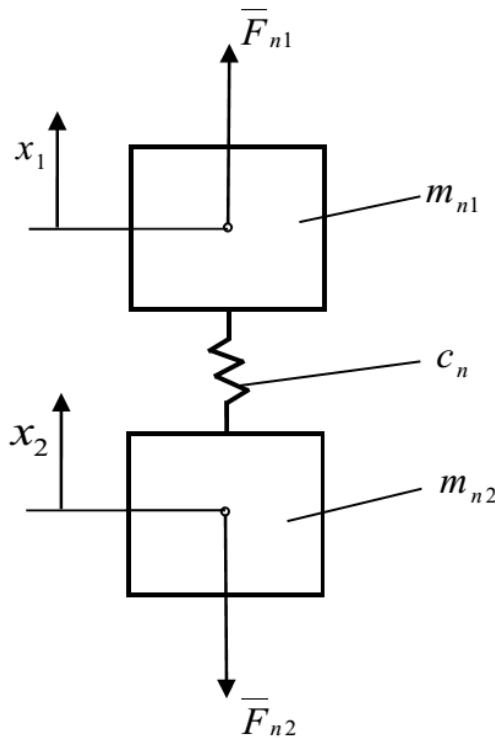


Рисунок 1 – Динамічна модель системи

Тут: m_{n1} , m_{n2} – відповідно зведені маси першої та другої частин механізму переміщення робота; F_{n1} , F_{n2} – зведені сили першої та другої частин механізму переміщення; c_n – коефіцієнт жорсткості пружного елемента, що з'єднує зведені маси механізму; x_1 , x_2 – узагальнені координати відповідно першої та другої зведених мас.

Динамічна модель механізму переміщення мобільного рятувального робота описується наступною системою диференціальних рівнянь.

$$\begin{cases} m_{n1} \cdot \ddot{x}_1 = F_{n1} - c_n (x_1 - x_2); \\ m_{n2} \cdot \ddot{x}_2 = -F_{n2} + c_n (x_1 - x_2). \end{cases} \quad (1)$$

Оскільки представлена система диференціальних рівнянь руху є нелінійною за рахунок нелінійності механічної характеристики приводного двигуна, то для їхнього розв'язування доцільно використати чисельні методи з використанням комп'ютерної техніки. Наприклад, програма «Mathematica».

На рис. 2 представлені графічні залежності швидкості першої та другої зведених мас динамічної моделі мобільного робота. З рис. 2 видно, швидкості першої та другої зведених мас динамічної моделі робота змінюються в коливальному режимі, але протягом 3 с руху ці коливання затухають і подальший рух здійснюється в усталеному режимі з постійною швидкістю.

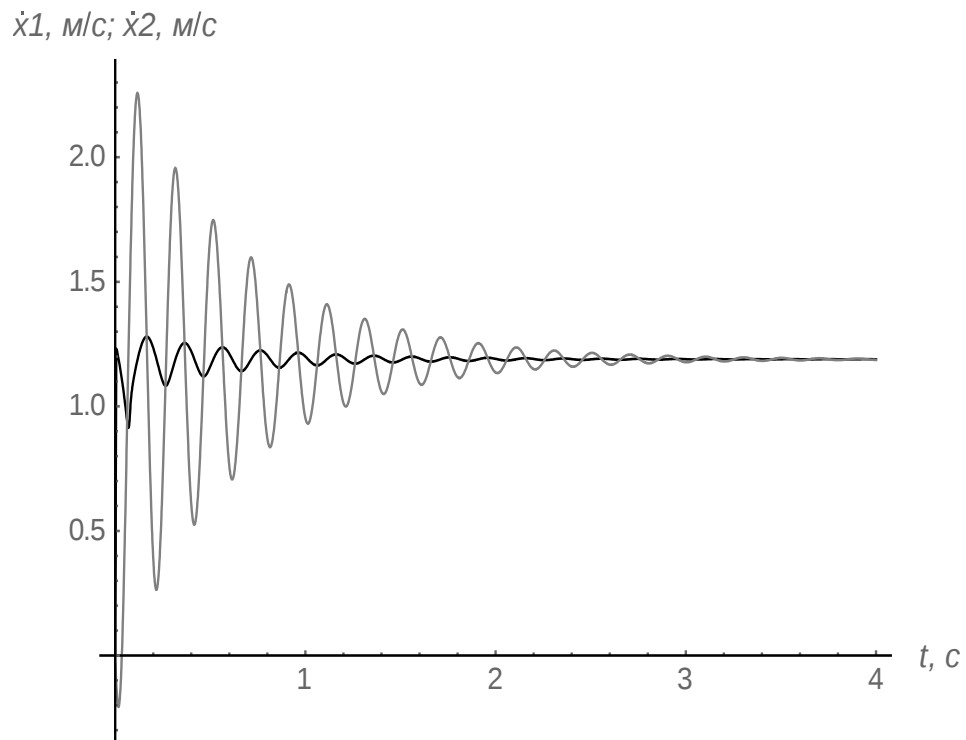


Рисунок 2 – Графіки швидкості зведених мас системи

На рис.3 представлено графік зміни пружного зусилля в елементі , що з'єднує зведені маси мобільного пошуково рятувального робота.

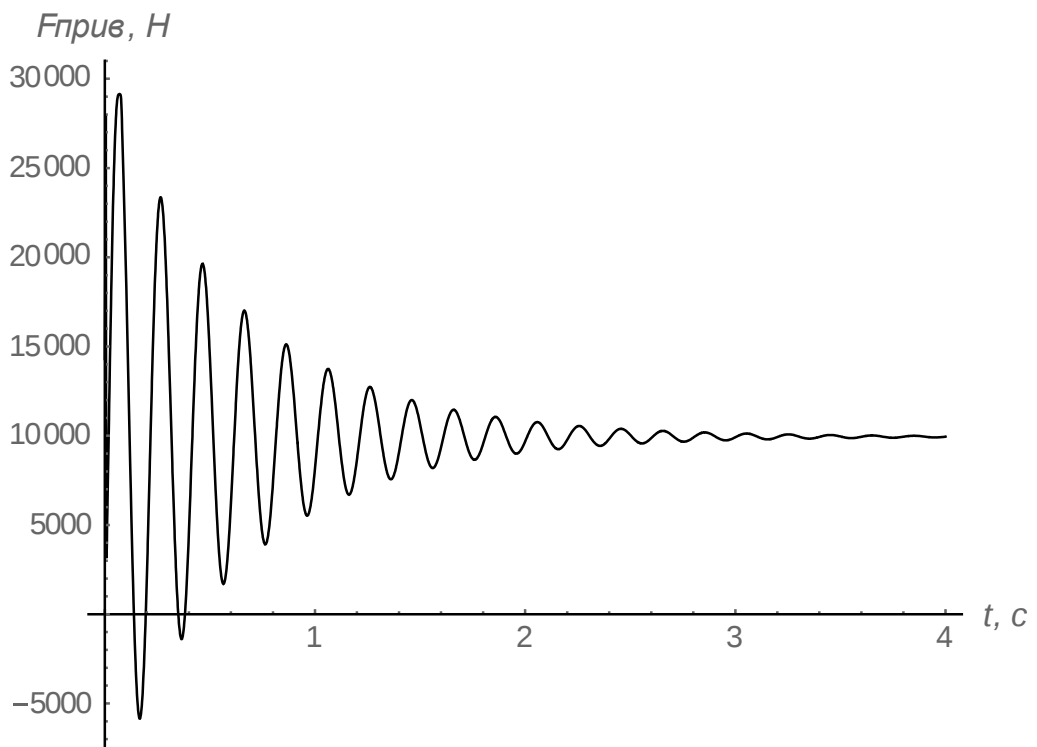


Рисунок 3 – Графік приводного зусилля

З рис. 3 також можна бачити, що зусилля в пружному елементі приводу робота також змінюється в коливальному режимі. При цьому максимальне

значення зусилля в пружному елементі втричі перевищує усталене значення, що необхідно враховувати при конструюванні приводного механізму і пропонувати систему плавного пуску механізму переміщення мобільного пошукового рятувального робота.

УДК 621.87

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ПУСКУ ПРЯМОЛІНІЙНОГО РОБОТА З МАНІПУЛЯТОРОМ

Боровик Є.В. – студент

Наукові керівники – Ловейкін В.С., д.т.н., проф.; Кадикало І.О., к.т.н., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сучасна робототехніка є однією з найперспективніших галузей, що активно розвивається та знаходить широке застосування у промисловості, медицині, логістиці та інших сферах. Різноманітні види роботів, залежно від їх кінематичної структури та функціональних можливостей, дозволяють автоматизувати складні виробничі процеси, покращуючи їхню ефективність, точність і швидкість виконання завдань. Розглянуто переміщення прямолінійного робота з маніпулятором (рис. 1). Прямолінійні роботи мають просту та зрозумілу конструкцію, яка включає три поступальні осі, що переміщаються по осях X, Y, і Z, утворюючи прямокутну робочу зону. Ця особливість робить їх дуже ефективними для завдань, які потребують високої точності та стабільності.

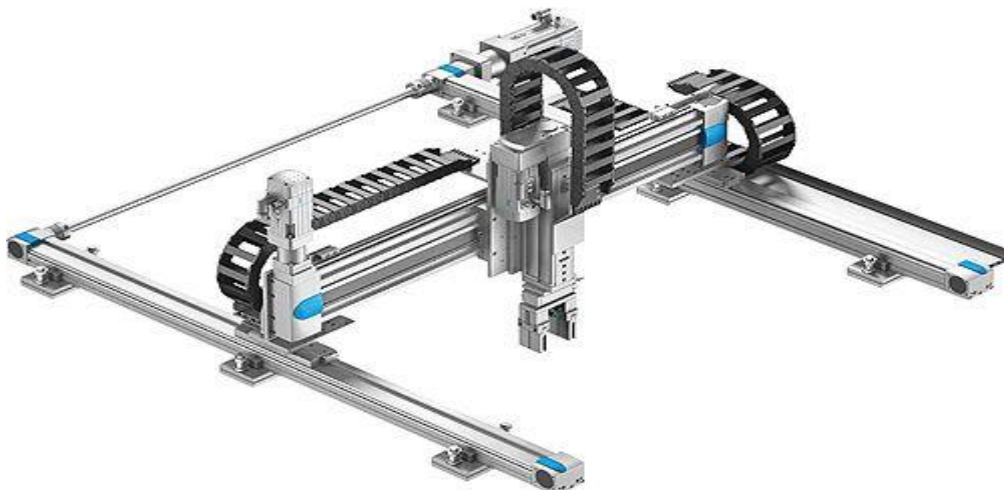


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд робота

Оптимізуємо режим пуску механізму переміщення прямолінійного робота. Рух прямолінійного робота описується наступним рівнянням

$$m\ddot{s} + n_2\dot{s} = F,$$

де m, n_2 – маса робота та коефіцієнт опору його переміщення; F – рушійне зусилля механізму переміщення

За критерій оптимізації візьмемо середньоквадратичне значення рушійної сили приводного механізму переміщення робота

$$F_{ck} = \left[\frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} F^2 dt \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (1)$$

В результаті мінімізації критерію (1) отримано оптимальний режим пуску механізму переміщення, який представлено у вигляді закону зміни швидкості

$$\dot{s} = \frac{v}{(2e^{kt_1} - e^{2kt_1} - 1)} [e^{kt} + e^{2kt_1}(1 + e^{-kt}) + 1]. \quad (2)$$

тут v – усталена швидкість переміщення робота, t_1 – тривалість процесу пуску робота, k – частота власних коливань робота.

Отриманий оптимальний режим пуску робота представлений у вигляді графічної залежності (2), представленої на рис. 2.

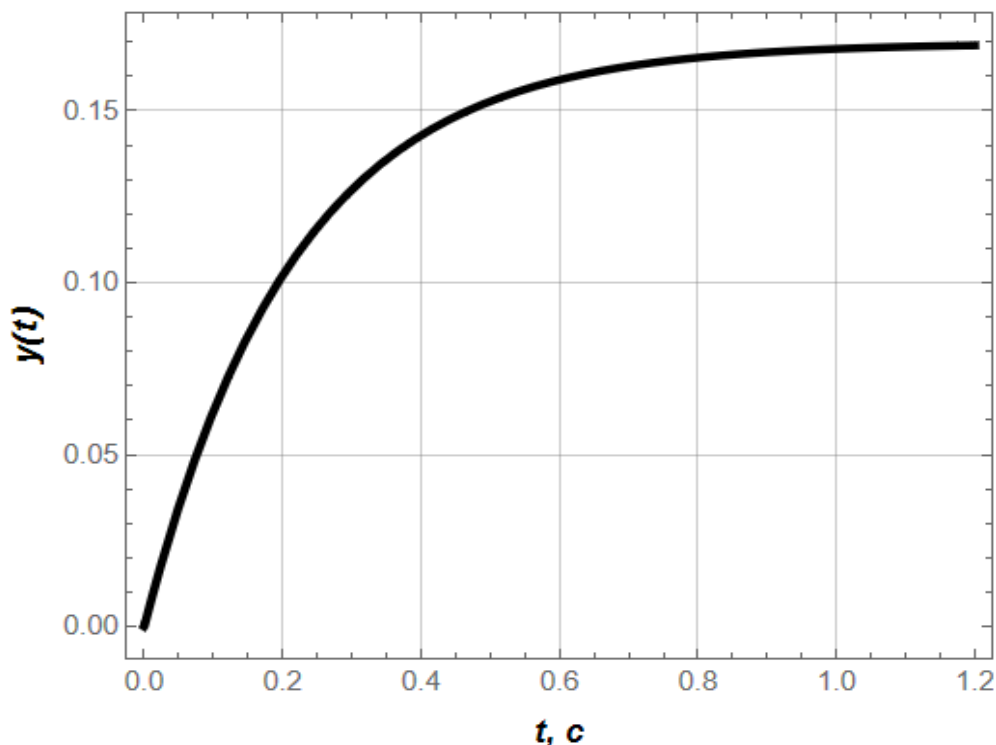


Рисунок 2 – Графік функції швидкості руху ланки робота

З отриманої графічної залежності видно, що швидкість робота зростає плавно і в кінці пуску набуває усталеного значення. Такий режим пуску дає можливість усунути коливання в системі та до мінімуму звести динамічну складову потужності приводу.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РУХУ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА

Стельмах Н.С. – студент

Науковий керівник – Ляшко А.П., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В процесі руху гвинтового конвеєра на ділянках перехідних процесів (пуск або гальмування) в елементах конструкції та приводного механізму виникають коливання, які підвищують динамічні навантаження в приводному механізмі та робочому органі (гвинті). В робочому органі має місце нерівномірний рух, який викликаний конструктивними особливостями приводного механізму. Динамічні навантаження негативно впливають на елементи конструкції гвинтового конвеєра і призводять до передчасного руйнування його елементів, підвищення енергетичних витрат погіршення умов роботи. Для усунення коливань в елементах конструкції конвеєра та зменшення динамічних навантажень запропоновано здійснити оптимізацію його режиму руху на ділянці пуску.

Оскільки високочастотні коливання елементів конструкції гвинтового конвеєра в значній мірі залежать від швидкості зміни рушійного моменту, то саме цей параметр з метою зменшення коливальних процесів доцільно обрати в якості параметра керування. Так як є потреба в оптимізації режиму руху конвеєра протягом всього процесу пуску, то параметр керування повинен носити інтегральний характер. В результаті проведеного дослідження приходимо до висновку, що за критерій оптимізації режиму руху гвинтового конвеєра бажано обрати середньоквадратичне значення швидкості зміни в часі рушійного моменту приводу за час пуску, яке визначається наступною залежністю

$$\dot{M}_n = \left(\frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} \dot{M}_n^2 dt \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

де t – час; t_1 – тривалість перехідного процесу пуску гвинтового конвеєра з вантажем (зерном); $\dot{M}_n$ – швидкість зміни пружного моменту в пружній муфті гвинтового конвеєра. Для проведення оптимізації режиму пуску гвинтового конвеєра використано двомасову динамічну модель. Цій моделі однозначно відповідає система двох диференціальних рівнянь другого порядку, яка є математичною моделлю динаміки руху гвинтового конвеєра. Ця математична

модель отримана на основі використання принципу динамічної рівноваги Даламбера і представляється системою двох диференціальних рівнянь. З отриманої системи диференціальних рівнянь визначено вираз швидкості зміни пружного моменту в пружній муфті, який підставлено в підінтегральний вираз критерію (1). Оскільки цей критерій відображає діючі навантаження, то його необхідно мінімізувати. В результаті проведеної мінімізації такого критерію визначений оптимальний режим пуску приводного механізму гвинтового конвеєра. На основі отриманого оптимального режиму пуску конвеєра визначені його кінематичні, динамічні та енергетичні характеристики.

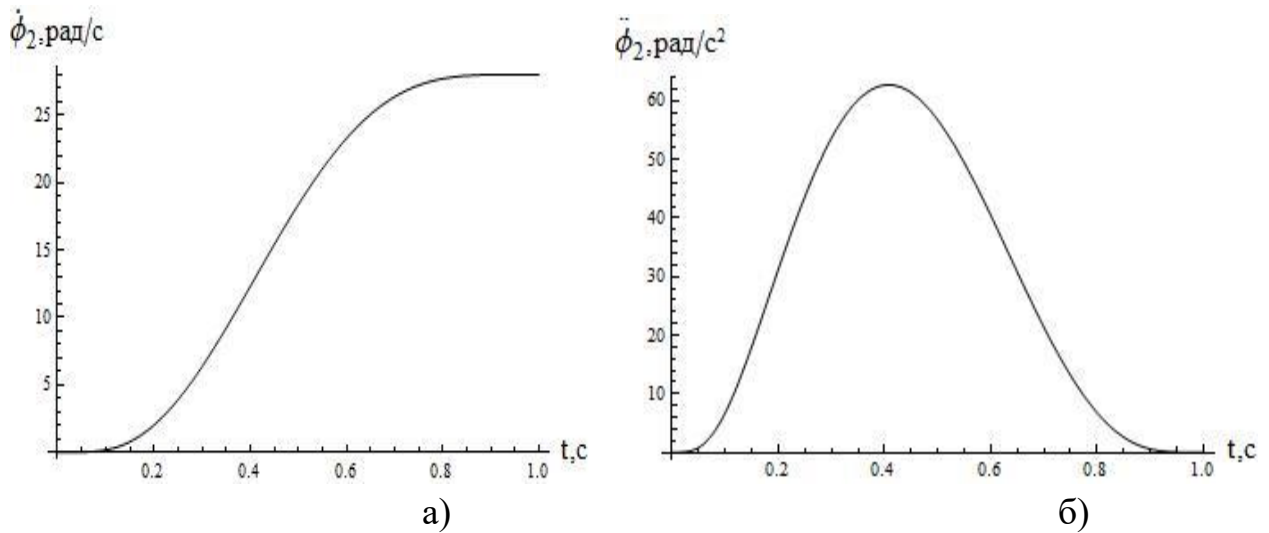


Рисунок 1 – Графіки кутової швидкості та прискорення шнека гвинтового конвеєра при оптимальному режимі пуску

З наведених графіків видно, що в системі конвеєра усуваються високочастотні коливання і рух робочого органу (шнека) є достатньо плавним.

Також визначено момент в пружній муфті при оптимальному режимі пуску конвеєра (рис. 2).

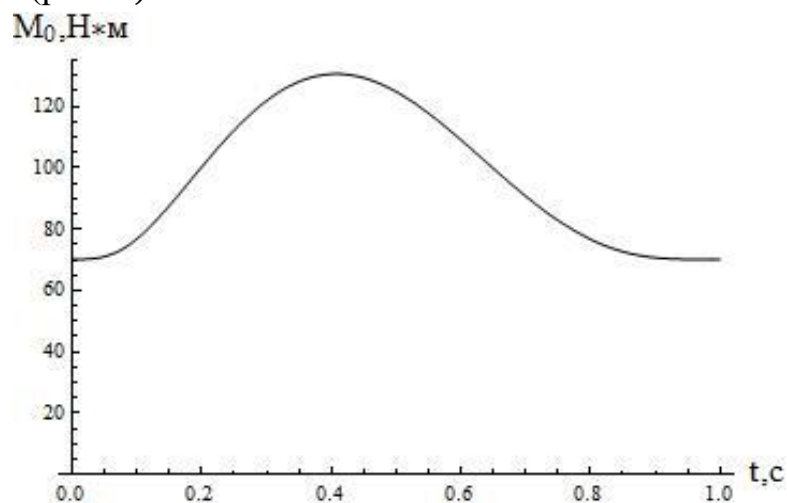


Рисунок 2 – Графік зміни моменту в пружній муфті при оптимальному режимі пуску

З отриманого графіка на рис. 2 можна зробити висновок, що момент в пружній муфті в процесі пуску змінюється плавно без будь-яких коливань.

УДК 621.86

ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЖИМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ МОБІЛЬНОГО ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНОГО РОБОТА

Стопнюк Б.С. – студент

Наукові керівники – Ловейкін В.С., д.т.н., проф.; Ляшко А.П., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В сучасних умовах виконання технологічних, транспортних, військових та інших операцій значне поширення отримали роботи та маніпулятори. Одним із важливих напрямків є використання мобільних роботів для пошуково-рятувальних робіт. Робота таких роботів пов'язана зі значними переважаннями, тому виникає потреба дослідження динамічних процесів в під час переміщення мобільного пошуково-рятувального робота. При розгляді переміщення мобільної платформи робота враховано основний рух приводного механізму та пружну деформацію елементів передавального механізму. Рушійний момент приводного електродвигуна визначається з механічної характеристики і зведений до приводного колеса платформи M_{n1} , на яку також діє сила опору переміщенню F_{n2} . Пружні властивості передавального механізму характеризуються коефіцієнтом жорсткості c_n , який зведено до переміщення платформи. Інерційні властивості приводу характеризуються масою m_{n1} , яка зведена до мобільної платформи, що характеризується масою m_{n2} . Виходячи з наведеного, переміщення мобільної платформи робота можна представити у вигляді двомасової динамічної моделі з поступальним рухом мас з двома ступенями вільності. За узагальнені координати виберемо лінійні координати центрів мас моделі x_1 і x_2 . На базі динамічної моделі з використанням принципу Даламбера побудовано математичну модель, яка має вигляд:

$$\begin{cases} m_{\Pi 1} * \ddot{x}_1 = M_{\Pi 1}/r - c_{\Pi} * (x_1 - x_2); \\ m_{\Pi 2} * \ddot{x}_2 = -F_{\Pi 2} + c_{\Pi} * (x_1 - x_2). \end{cases} \quad (1)$$

тут r – радіус приводного колеса мобільної платформи робота. В результаті розв'язування рівнянь (1) побудовані графіки кінематичних характеристик

(рис.1). З фазового портрету (рис.1) видно, що процес пуску мобільної платформи робота здійснюється в коливальному режимі із затуханням.

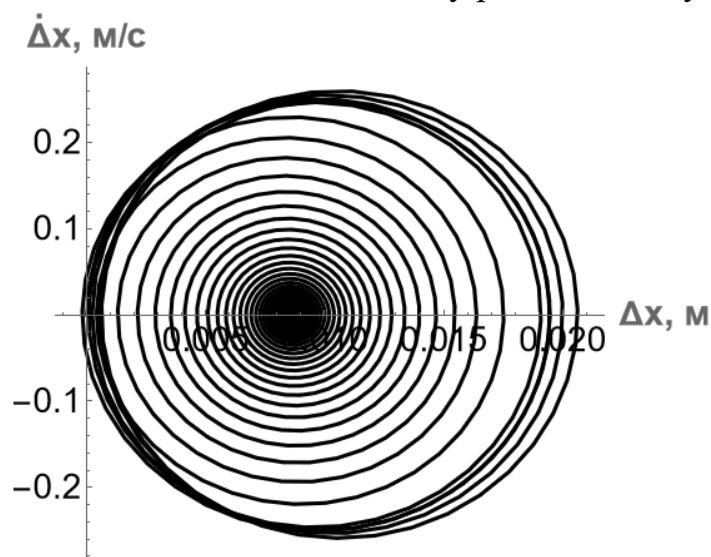


Рисунок 1 – Фазовий портрет коливань приводу мобільної платформи робота

УДК 621.87

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРУТКОВОГО КОНВЕЄРА З КАНАТНИМ ТЯГОВИМ ЛАНЦЮГОМ

Гончар В.О. – студент

Науковий керівник – Коробко М.М., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Виконання найбільш трудомісткого процесу виробництва цукрового і кормового буряку – збирання, здійснюється бурякозбиральними машинами, невід’ємною складовою яких є комплекс сепаруючих конвеєрів. Конвеєри-сепаратори відносяться до основних робочих органів коренезбиральних машин. Від якості виконання технологічного процесу очистки коренеплодів від ґрунту залежить продуктивність, повнота та своєчасність збирання врожаю, можливість його подальшого зберігання та раціонального використання, механічна ерозія ґрунту, кількість транспорту для перевезення зібраної з поля маси продукції, тощо.

Найбільш ефективними для транспортування коренеплодів і додаткового доочищення матеріалу є пруткові конвеєри. Перевагами пруткових конвеєрів є їх простота і дешевизна конструкції, висока

транспортувальна здатність, здатність переміщення вороху на великі відстані та висоту, простота в ремонті та обслуговуванні, незначний опір руху, невелика питома вага частин, що рухаються, а також менші, у порівнянні з іншими конвеєрами, витрати енергії. Пруткові конвеєри мінімально пошкоджують продукцію, найменш чутливі до зміщень маси вороху при русі машини тощо.

Всі наведені фактори призвели до того, що прутковим конвеєрам надається перевага у комплектації на більшості вітчизняних і закордонних машинах для збирання коренебульбоплодів, де він залишається основним транспортувально-сепаруючим робочим органом.

Конструктивно прутковий конвеєр – це два нескінчені, паралельні тягові органи (ланцюги, паси), з'єднані між собою поперечними прутками. Доочищення вороху коренеплодів відбувається внаслідок просіювання ґрунту між прутками, при транспортуванні вороху верхньою поверхнею полотна.

Недоліком відомих аналогів таких конвеєрів є низька надійність тягових ланцюгів, що пов'язана з великою кількістю шарнірів, які відносно швидко спрацьовуються у парах тертя, що призводить до граничного видовження ланцюга та подальшого його вибракування. Крім того, кінематика руху ланцюгових контурів пов'язана з нерівномірністю лінійного руху ланцюгів, що викликає в його контурі динамічні навантаження циклічного характеру, які також негативно впливають на роботу ланцюгових тягових органів.

Конструкцією ставиться задача усунути недоліки тягових ланцюгів конвеєрів, забезпечити просте, швидке і надійне складання тягового ланцюга, підвищити його експлуатаційний ресурс, створити конструкцію тягового органу, що не містить шарнірних з'єднань деталей та забезпечити здатність тягового органу згладжувати динамічні навантаження, що виникають в його контурі.

Поставлена задача вирішується тим, що в ланцюзі, який складається з послідовно змонтованих ланок зачеплення, згідно з винаходом, ланка зачеплення ланцюга змонтована з необхідним кроком на сталених канатах за допомогою пари пластинчастих затискачів, дзеркально розташованих відносно повздовжньої осі ланцюга, які фіксують ланку шляхом огинання канатів навколо двох виступів осей з кожного боку ланки зачеплення та затискання канатів між пластинами за допомогою гайок з кожного боку осі, а кріплення вантажозахватних пристроїв до тягового канатного ланцюга здійснено за рахунок різі на виступах осі ланки зачеплення.

На рис. 1 подано загальний вигляд шарніра зачеплення запропонованого тягового канатного ланцюга. Канатний ланцюг складається з двох безкінечних паралельних тягових канатів та ланок зачеплення ланцюга з тяговими

зірочками, які змонтовані на канатах з відповідним кроком. Ланку зачеплення створено за допомогою пари дзеркально змонтованих пластинчастих затискачів на двох осях 1, кожний з яких складається з внутрішньої пластини 2 та зовнішньої пластини 3. Внутрішня пластина 2 виконана з двома напівциліндричними розширеннями на її кінцях, з отвором по центру кожного з розширень для проходження виступів осей 1 з нарізаною різьбою, при цьому пластина має односторонні відгини з прорізами в них для пропускання канату.

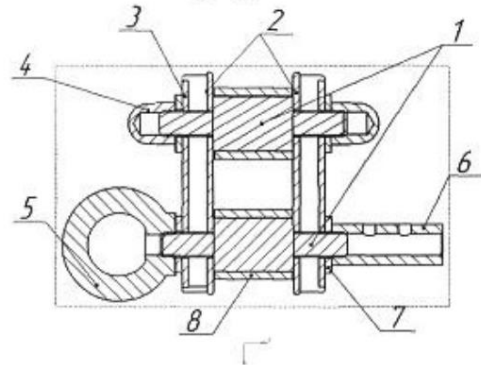
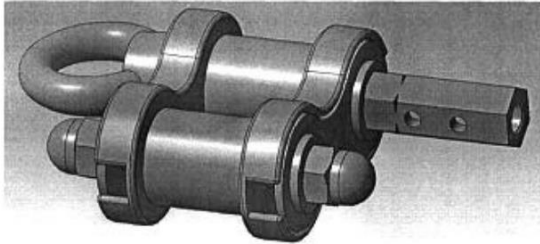


Рисунок 1 – Шарнір зачеплення канатного ланцюга

Фіксація ланки зачеплення на канатах здійснюється за рахунок затискання канатів між поверхнями пластин 2 і 3 за допомогою різьбового загвинчування гайок 4, шестигранних трубок 6 з внутрішньою різьбою чи рим-гайок на осях 1. Для оптимального зачеплення ланки з тяговою зірочкою та рівномірного її спрацювання, на вісь 1 ланки встановлено ролик 8, який вільно обертається.

Зуби тягової зірочки послідовно захоплюють ланки, сформовані на паралельних тягових канатах, та забезпечують передачу тягового зусилля замкненому ланцюговому контуру конвеєра. Тяговий ланцюг вантажозахватами утримує вантажі та переміщує їх вздовж свого контуру до зони розвантаження. Технічне рішення дозволяє отримати безшарнірний тяговий канатний ланцюг, що має в своїй конструкції тяговий канат, який здатний демпфувати небажані динамічні навантаження.

Зменшення кількості ланок зачеплення на загальному контурі тягового органу істотно вплине на металоємкість конструкції. Проста конструкція ланцюга дозволяє взаємодіяти з типовими тяговими зірочками, не ускладнюючи конструкцію приводу та дозволяє відносно легко закріпити вантажозахватні органи до тягового органу. Така конструкція тягового ланцюга не потребує спеціального обладнання для монтажу, містить велику кількість стандартизованих деталей, що дозволить підвищити загальну ремонтпридатність та надійність конструкції.

ДИСКРЕТНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ РУХУ ЛАНЦЮГОВОГО КОНВЕЄРА

Помаз М.С. – студент

Науковий керівник – Коробко М.М., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У машинобудуванні та багатьох інших галузях промисловості з масовим та великосерійним виробництвом широко застосовуються ланцюгові конвеєри. Відповідальність даного типу машин обумовлює високі вимоги до надійності та економічності при експлуатації пов'язані з конструктивними особливостями машин, методами міцності та втомного розрахунку, а головне, з достовірним визначенням діючих навантажень.

Збільшення інтенсивності вантажопереробки вимагає підвищення продуктивності транспортуючих машин, що забезпечується збільшенням кількості вантажу на одиницю довжини траси або швидкості транспортування.

У більшості випадків цю проблему вирішують підвищенням продуктивності що пов'язано зі значним зростанням навантаження на конвеєр, високою металоємністю ходової та опорної частин, а також зі зростанням зведених витрат на транспортування вантажу.

Разом з тим важливим завданням є достовірне визначення навантажень на вузли та механізми конвеєрів, що призведе до зниження металомісткості конвеєрів та дозволяє досягти сприятливих режимів роботи.

Швидкості транспортування в ланцюгових конвеєрах зазвичай пов'язані з технологічним процесом, умовами завантаження та розвантаження, характеристиками вантажів і не перевищує одного-двох метрів на секунду. Збільшення швидкості неминує веде до підвищення динамічних навантажень різної природи. Під час перехідних процесів в елементах приводу і тягового робочого органу виникають значні динамічні навантаження, які призводять до передчасного руйнування елементів з'єднання, тягових органів і зношення суміжного обладнання. Тому виникає необхідність вибору найбільш доцільних режимів руху приводу механізмів конвеєра.

Необхідність більш точного визначення динамічних зусиль при врахуванні впливу динамічних процесів та створення більш точного алгоритму їх визначення викликали потребу у розробці нової узагальненої моделі (рис. 1).

Запропоновано оптимізувати режим руху приводного механізму конвеєра, за критеріями мінімізації середньоквадратичних значень динамічних навантажень і інтенсивності їх зміни в часі. Ці критерії являють собою інтегральні функціонали, умовою мінімуму яких є рівняння Ейлера-Пуассона. За узагальнені координати запропонованої динамічної моделі прийнято: $q_1=\varphi_1$, $q_2=\varphi_2$, $q_3=\varphi_3$ і $q_7=\varphi_7$ - обертальні координати відповідно ротора приводного двигуна, зведеної маси редуктора, ведучого вала та направляючих роликів конвеєра; $q_4=x_4$, $q_5=x_5$, $q_6=x_6$ і $q_8=x_8$ - поступальні координати відповідних мас m_4 , m_5 , m_6 і m_8 на які розчленовано гілки робочої та холостої частини полотна.

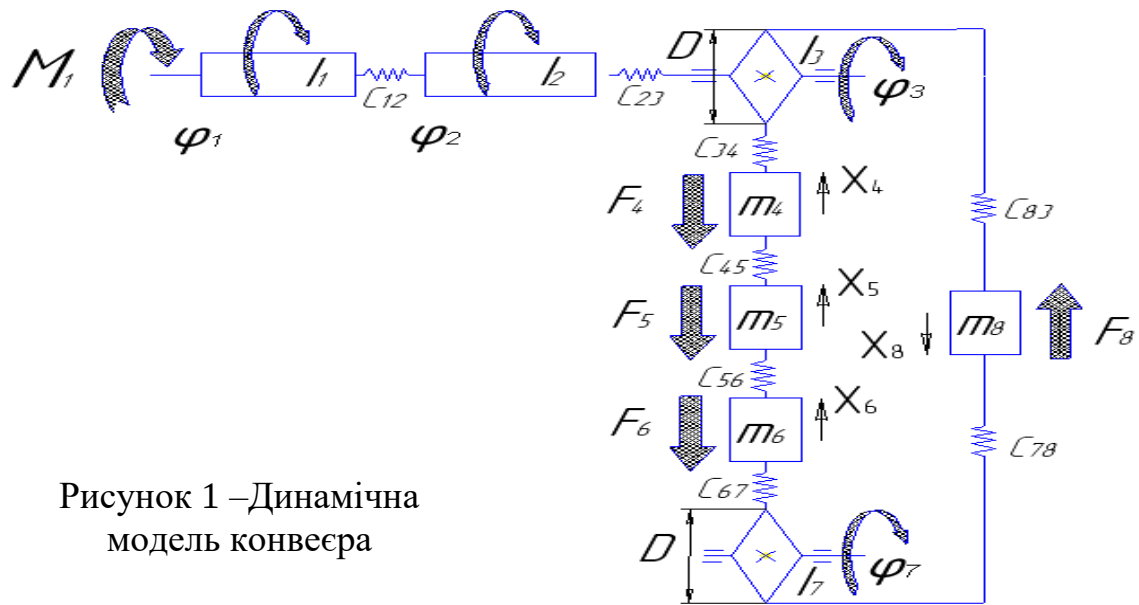


Рисунок 1 –Динамічна модель конвеєра

Для складання диференціальних рівнянь руху конвеєра використано рівняння Лагранжа другого роду

$$\frac{d}{dt} \frac{dL}{d\dot{q}_k} - \frac{\partial L}{\partial q_k} = Q_k, \quad k=1,2,\dots,n; \quad (1)$$

де t - час; $L=T-\Pi$ – функція Лагранжа; T , Π – кінетична і потенціальна енергія конвеєра; q_k – ($k=1,2,\dots,8$) узагальнена координата системи; Q_k –узагальнена сила. Кінетична енергія системи представлена як сума обертальних $T_{об}$ та поступальних $T_{пост}$ мас

$$T = T_{об} + T_{пост} = \frac{1}{2} I_1 \dot{\varphi}_1 + \frac{1}{2} I_2 \dot{\varphi}_2 + \frac{1}{2} I_3 \dot{\varphi}_3 + \frac{1}{2} I_7 \dot{\varphi}_7 + \frac{1}{2} m_4 \dot{x}_4 + \frac{1}{2} m_5 \dot{x}_5 + \frac{1}{2} m_6 \dot{x}_6 + \frac{1}{2} m_8 \dot{x}_8. \quad (2)$$

Потенціальна енергія визначена як енергія деформації пружних ланок конвеєра

$$\begin{aligned} \Pi = & \frac{1}{2} C_{12} (\varphi_1 - \varphi_2)^2 + \frac{1}{2} C_{23} (\varphi_2 - \varphi_3)^2 + \frac{1}{2} C_{34} \left(\frac{D}{2} \varphi_3 - x_4 \right)^2 + \frac{1}{2} C_{45} (x_4 - x_5)^2 + \\ & + \frac{1}{2} C_{56} (x_5 - x_6)^2 + \frac{1}{2} C_{67} \left(x_6 - \frac{D}{2} \varphi_7 \right)^2 + \frac{1}{2} C_{78} \left(\frac{D}{2} \varphi_7 - x_8 \right)^2 + \frac{1}{2} C_{83} \left(x_8 - \frac{D}{2} \varphi_3 \right)^2 \end{aligned} \quad (3)$$

де M_1 – рушійний момент приводу двигуна, зведений до осі приводного валу; F_4, F_5, F_6, F_8 – сили опору переміщенню відповідно мас m_4, m_5, m_6 і m_8 ; D – діаметр зірочки. Після підстановки кінетичної (2) та потенціальної енергії (3) конвеєра і узагальнених сил в рівняння (1) отримаємо систему диференціальних рівнянь руху конвеєра:

$$\begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 &= M_1 - C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2); \quad I_2 \ddot{\varphi}_2 = C_{12}(\varphi_1 - \varphi_2) - C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3); \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 &= C_{23}(\varphi_2 - \varphi_3) - C_{34}\left(\frac{D}{2}\varphi_3 - x_4\right)\frac{D}{2} + C_{83}\left(x_8 - \frac{D}{2}\varphi_3\right)\frac{D}{2}; \\ m_4 \ddot{x}_4 &= -F_4 + C_{34}\left(\frac{D}{2}\varphi_3 - x_4\right)\frac{D}{2} - C_{45}(x_4 - x_5); \\ m_5 \ddot{x}_5 &= -F_5 + C_{45}(x_4 - x_5) - C_{56}(x_5 - x_6); \\ m_6 \ddot{x}_6 &= -F_6 + C_{56}(x_5 - x_6) - C_{67}\left(x_6 - \frac{D}{2}\varphi_7\right)\frac{D}{2}; \\ I_7 \ddot{\varphi}_7 &= C_{67}\left(x_6 - \frac{D}{2}\varphi_7\right)\frac{D}{2} - C_{78}\left(\frac{D}{2}\varphi_7 - x_8\right)\frac{D}{2}; \\ m_8 \ddot{x}_8 &= -F_8 + C_{78}\left(\frac{D}{2}\varphi_7 - x_8\right)\frac{D}{2} - C_{83}\left(x_8 - \frac{D}{2}\varphi_3\right)\frac{D}{2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Розв'язання складеної системи рівнянь вимагає застосування спеціального програмного забезпечення, але дозволяє розраховувати вузли та механізми машин з урахуванням більш точних даних про їх дійсне навантаження, а також оцінити можливості зниження навантажень та металомісткості шляхом зміни конструктивних та експлуатаційних параметрів машини.

УДК 629.7

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ ОБЕРНЕНОГО МАЯТНИКА З РУХОМОЮ ТОЧКОЮ ПІДВІСУ

Назаров М.В. – студент

Науковий керівник – Ромасевич Ю.О., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Обернений маятник є класичним прикладом нестійкої нелінійної системи з широким застосуванням у робототехніці, мехатроніці, стабілізації платформ та розробці керуючих алгоритмів. Завдяки своїй складності він активно використовується як тестовий об'єкт для вивчення динаміки та методів стабілізації. Вивчення такої моделі дозволяє глибше зрозуміти

поведінку реальних технічних систем, що перебувають під впливом збурень, і розробити методи їх ефективного керування.

Метою дипломної роботи є побудова математичної моделі руху оберненого маятника, її аналітичний і чисельний аналіз, а також моделювання поведінки системи за різних умов. Особлива увага приділяється виведенню рівнянь руху за методом Ейлера–Лагранжа, аналізу стійкості рівноважних станів, а також візуалізації результатів у вигляді графіків та фазових портретів.

У роботі розглядається система з двома ступенями вільності — маятник на візку. На основі фізичної моделі побудовано рівняння руху, які враховують енергії елементів системи. Одержану систему диференціальних рівнянь досліджено чисельно з використанням Python або MATLAB. Проведено моделювання динаміки маятника, побудовано графіки змін кутів, швидкостей і положення, а також фазові портрети. Визначено рівноважні стани й умови їхньої стійкості на основі аналізу власних значень лінеаризованої системи.

Результати мають як освітнє, так і практичне значення, зокрема для подальших досліджень та розробки систем керування нестійкими об'єктами.

УДК. 631.58

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ PRECISION PLANTING ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ ПІД ЧАС СІВБИ

Агєєв М.О. – студент

Науковий керівник – Крушельницький В.В., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Для розвитку будь-якої рослини необхідне сонячне світло, повітря, волога, ґрунт та поживні елементи. Чим краще розвинуте коріння рослини, тим більше поживних елементів може отримати рослина, в результаті чого можна отримати більше врожаю.

Розвиток корінної системи рослини залежить від структури ґрунту, який має складатися з мінеральної складової, повітря та вологи. При традиційному використанні сільськогосподарської техніки, кожен проїзд по полю призводить до порушення структури ґрунту, що призводить до переущільнення. Також видавлюється необхідне для рослини повітря та волога. Переущільнення ґрунту призводить до неповноцінного розвитку

коріння та втрати потенціалу врожайності. Ущільнення ґрунту створюють трактори та знаряддя, сівалки оприскувачі тощо.

Під час посіву культури висівна секція давить на ґрунт, щоб відкрити борозну, покласти насіння та якісно її закрити. Тому при роботі сівалки необхідно мати датчики, які вимірюють поточне ущільнення ґрунту та робочі органи, які виконують притискання з регульованим тиском. Сівалка повинна створити оптимальні умови у полі для кожної рослини.

Системи контролю притискного зусилля DeltaForce [1] та FurrowForce [2] від Precision Planting дозволяє контролювати притискне зусилля. Для її роботи кожна висівна секція сівалки оснащується тензометричними датчиками для вимірювання притискного зусилля на опорних колесах та датчиками на системі закриття борозни. Датчики SmartFirmer [3] повідомляють про поточну вологість ґрунту та температуру. Основний модуль оброблює отриману інформацію та дає команду гідравлічному циліндру відповідно збільшувати або зменшувати тиск створюючи оптимальні умови посіву.

Рівномірність проростання дуже залежить від правильно налаштованого притискного зусилля, яке одержуються шляхом вимірювання тиску на обмежувач максимальної глибини. Якщо не правильно налаштувати притискне зусилля, тоді може бути переущільнення або висівний ряд буде втрачати контакт з ґрунтом, що призведе до втрати глибини. Контакт із ґрунтом це відсоток часу, протягом якого в систему надходить сигнал про притискання копіювальних коліс до обмежувача глибини, що в цілому вказує на те, що рядковий блок здійснює висів на задану глибину. Він розраховується як відсоток часу, протягом якого тензодатчик подає сигнал про зусилля.

Отже, технології точного землеробства, зокрема системи Precision Planting, такі як DeltaForce, FurrowForce та SmartFirmer, мають вирішальне значення для зменшення ущільнення ґрунту під час сівби та для забезпечення оптимальних умов росту рослин. Завдяки точному налаштуванню притискного зусилля, яке дозволяє в цих системах автоматично регулювати тиск залежно від умов ґрунту, зменшується ризик надмірного ущільнення або втрати контакту насіння з ґрунтом, що забезпечує рівномірне проростання та максимізує врожайність. Інтеграція датчиків SmartFirmer дозволяє в режимі реального часу контролювати вологість та температуру ґрунту, що додатково покращує якість сівби.

Невірні налаштування можуть призвести до зниження ефективності сівби та втрат врожайності [4], тому точне налаштування цих технологій є критично важливим для забезпечення стабільного росту рослин. Системи Precision Planting дозволяють адаптувати робочі параметри техніки до змінних

умов ґрунту, підвищуючи загальну ефективність сільськогосподарських процесів і сприяючи сталому розвитку аграрного виробництва.

Список використаних джерел:

1. Precision Planting. (n.d.). *DeltaForce*. Precision Planting. Retrieved April 7, 2025, from <https://www.precisionplanting.com/products/planters/deltaforce>
2. Precision Planting. (n.d.). *FurrowForce*. Precision Planting. Retrieved April 7, 2025, from <https://www.precisionplanting.com/products/planters/furrowforce>
3. Precision Planting. (n.d.). *SmartFirmer*. Precision Planting. Retrieved April 7, 2025, from <https://www.precisionplanting.com/products/planters/smartfirmer>
4. Precision Planting. (n.d.). *DeltaForce operator's guide for Gen 3 20|20 displays* [PDF]. Precision Planting. Retrieved May 7, 2025, from [https://s3.amazonaws.com/pp3-products/file-1616621984/DeltaForce%20Operators%20Guide%20-%20Gen3%20\(955702\).pdf](https://s3.amazonaws.com/pp3-products/file-1616621984/DeltaForce%20Operators%20Guide%20-%20Gen3%20(955702).pdf)

УДК 621.988:534.1

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ НАГРІВАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ 3D ПРИНТЕРА

Домбровський М.В. – студент

Науковий керівник – Крушельницький В.В., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Якість друку на 3D-принтерах істотно залежить від стабільності руху нагрівальної платформи. Коливання, що виникають під час роботи принтера, можуть призводити до дефектів шарів, зниження точності та структурної нестабільності виробів. Особливо це актуально для друку високоточних деталей, де навіть мікровібрації впливають на якість поверхні [1, 2]. Тому експериментальне дослідження характеру коливань нагрівальної платформи під час друку тестового зразка є необхідним для подальшого пошуку способу їх зменшення.

Для проведення експерименту використовувався модуль руху MPU9250. Він кріпився до рами, на якій монтується нагрівальна платформа 3D принтера. Реєстрація прискорень відбувалася у трьох осях (X, Y, Z).



Рисунок 1 – Встановлений акселерометр

Для дослідження коливань нагрівальної платформи 3D-принтера було розроблено систему збору даних. Сигнали з акселерометра надходив по інтерфейсу I²C до плати Arduino UNO. Далі передача даних здійснювалась через послідовний інтерфейс до комп'ютера. Мовою програмування Python був написаний скрипт, який зчитував потік даних в реальному часі та зберігав їх значення у текстовий файл формату *.txt. Кожен рядок файлу містив виміряні значення у форматі a_x , a_y , a_z , де a_x – отримані прискорення по вісі x, a_y – отримані прискорення по вісі y та a_z – отримані прискорення по вісі z. Експеримент тривав протягом 300 секунд під час друку тестового зразка, а саме калібрувального куба.

Подальші дослідження мають бути направлені на аналіз отриманих даних з попередньою фільтрацією для пошуку конструкторських або програмних рішень, які зможуть зменшити коливальні процеси під час 3D друку.

Список використаних джерел

1. Białas, K., Dymarek, A., & Dzitkowski, T. (2023). Impact of 3D printer vibration reduction on the quality of its printout. *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 15(2), 79–90. <https://doi.org/10.54684/ijmmt.2023.15.2.79>
2. Agarwal, V. (2021). Vibrational analysis of 3D printed components. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 4(6), 593–598. https://www.researchgate.net/publication/356786981_Vibrational_Analysis_of_3D_Printed_Components.

ГАЛЬМІВНІ СИСТЕМИ МЕЗ: ХАРАКТЕРНІ ВІДМОВИ, ДІАГНОСТИКА, ОБСЛУГОВУВАННЯ, РЕМОНТ

Сьомако В.М. – студент

Науковий керівник – Новицький А.В., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Однією з важливих підсистем мобільних енергетичних засобів (МЕЗ) є гальмівна система [1]. Саме гальмівна система МЕЗ, включаючи автомобілі є однією з ключових систем безпеки, впливає на показники надійності, а її відмови можуть мати критичні наслідки. Характерні відмови гальмівних систем розподіляються за причинами в залежності від їх типу (механічні, гідравлічні, пневматичні, електронні) та за елементами підсистеми [2-4]. Розглянемо основні відмови механічних та гідравлічних гальм, рекомендації щодо обслуговування та ремонту.

До характерних відмов механічних елементів відносяться наступні: знос гальмівних колодок або дисків; заклинювання супорта; руйнування пружин барабанних гальм. Розглянемо більш детально зазначені відмови. Знос гальмівних колодок або дисків призводить до зниження ефективності гальмування та збільшення гальмівного шляху. Заклинювання супорта призводить до того, що він не повертається у вихідне положення, викликаючи перегрівання, підвищений знос або ж постійний опір руху. Руйнування пружин барабанних гальм призводить до порушення повернення гальмівних колодок у вихідне положення, часткове або повне блокування колеса.

Діагностика механічних елементів включає візуальний огляд товщини колодок та стану дисків; вимірювання люфтів супорта та елементів кріплення; тест-драйв з оцінкою гальмівного зусилля та вібрацій. Профілактичні роботи механічних елементів включають: періодичне технічне обслуговування кожні 10–20 тис. км.; заміну гальмівних колодок при залишковій товщині <3 мм; застосування мастила для обслуговування напрямних супортів.

До основних причин відмов гальмівних системах з гідроприводом відносяться наступні: витікання або ж підтікання гальмівної рідини; попадання повітря в систему; зношування головного гальмівного циліндра. Витікання гальмівної рідини відбувається через пошкодження шлангів, з'єднань або циліндрів та призводить до втрати тиску в системі. Попадання повітря в систему призводить до «втрати жорсткості» педалі і суттєвого

зниження ефективності гальмування. Зношування головного гальмівного циліндра викликає втрату тиску, необхідного для приводу в дію колісних гальмівних циліндрів.

Діагностика гідравлічних елементів включає: перевірку рівня та кольору гальмівної рідини; перевірку стану педалі при натисканні; огляд місць з'єднання за наявності підтікання; перевірку на герметичність за допомогою манометра. Профілактичні роботи гідравлічних елементів включають: заміну гальмівної рідини кожні 2 роки або 40–60 тис. км.; використання сертифікованої рідини відповідного класу; регулярне прокачування системи після ремонту.

Загальними ознаками відмов гальмівних систем МЕЗ є наступні: збільшення гальмівного шляху; скрипіння, вібрації або деренчання при гальмуванні; порушення ходу педалі гальма або її «холостого» ходу; перекіс гальмування; попереджувальні індикатори на панелі приладів (ABS, ESP, гальмівна рідина тощо). Порушення періодичності діагностування та технічного обслуговування призводять до значних витрат на ремонтування [5].

Список використаних джерел:

1. Ружи́ло З. В., Нови́цький А. В. (2016). Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Харків. 2016, Вип. 2. С. 223–231.
2. García-León R.A., Afanador-García N., Gómez-Camperos J.A. Numerical Study of Heat Transfer and Speed Air Flow on Performance of an AutoVentilated Disc Brake. *Fluids* 2021, 6, 160. <https://doi.org/10.3390/fluids6040160>
3. Nagwa Elzayady, Ramadan Elsoeudy Microstructure and wear mechanisms investigation on the brake pad, *Journal of Materials Research and Technology*, Volume 11, 2021, 2314-2335.
4. Загурський А. О. Основні дефекти гальмівних дисків (2024). Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура» (18–20 квітня 2024 року). НУБіП України. Київ. С. 165-167.
5. Novytskyi A. V., Bannyi O. O. Statistical analysis of functioning of repair service of Ukraine. (2021). *Machinery and Energetics*, 12 (2), pp. 39–47. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85179946633&origin=resultslist>

ЕКОЛОГІЧНІ МАТЕРІАЛИ В БУДІВНИЦТВІ

Музичко М.В. – студентка

Науковий керівник – Бакуліна В.М., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сучасні будівельні технології дедалі більше орієнтуються на екологічність, енергоефективність та зменшення негативного впливу на довкілля. У зв'язку з цим, використання екологічних матеріалів стає важливим напрямом розвитку будівельної галузі. Екологічні матеріали сприяють не лише збереженню природних ресурсів, а й створенню комфортного та здорового середовища для людини.

Екологічні будівельні матеріали – це матеріали, які мають мінімальний вплив на довкілля протягом усього життєвого циклу: від видобутку сировини до утилізації.



Рисунок 1 – Ековата
(целюлозний утеплювач)



Рисунок 2 – Оздоблення стін з
рулонної пробки



Рисунок 3 – Костра конопель в пресованій упаковці

Вони повинні відповідати таким критеріям:

- безпека для здоров'я людини (відсутність токсичних випарів, алергенів та шкідливих речовин);
- відновлюваність або можливість переробки;
- енергоефективність у процесі виробництва та експлуатації;
- мінімальний вуглецевий слід;
- довговічність і здатність до біологічного розкладу.

До екологічних матеріалів відносяться дерево, природний камінь, глина, солома, технічна конопля, корок, вапно, а також матеріали, виготовлені з переробленої сировини, такі як ековата, спресований папір, вторинне скло та перероблений пластик.

Використання екологічних будівельних матеріалів має низку переваг:

Зменшення впливу на довкілля. Матеріали, що виготовляються з природних компонентів або вторинної сировини, сприяють скороченню відходів та збереженню природних ресурсів.

Покращення мікроклімату приміщень. Природні матеріали здатні регулювати рівень вологості та забезпечувати оптимальну циркуляцію повітря, що позитивно впливає на здоров'я мешканців.

Енергоефективність. Багато екологічних матеріалів, такі як деревина, солом'яні панелі чи утеплювачі на основі льону, мають відмінні теплоізоляційні властивості, що сприяє зменшенню витрат на опалення та кондиціювання.

Безпека та довговічність. Натуральні матеріали, за умови правильного використання, можуть слугувати десятиліттями без втрати експлуатаційних характеристик.

Естетична привабливість. Використання природних матеріалів надає будівлям гармонійного вигляду та сприяє їхньому інтегруванню в природне середовище.

Використання екологічних матеріалів у будівництві

Екологічні матеріали можуть застосовуватися в різних аспектах будівництва:

- **каркасні та монолітні конструкції.** Дерево, глинобитні блоки, саман використовуються як основні конструкційні матеріали.
- **утеплення та звукоізоляція.** Ековата, коркові панелі, солома, льоноволокнисті мати є відмінними теплоізоляторами.
- **оздоблення та декор.** Натуральне вапно, глиняні штукатурки, дерев'яні панелі, бамбук та пробка використовуються для облицювання стін і підлог.

Висновки. Використання екологічних матеріалів у будівництві є важливим кроком до створення сталого майбутнього. Вони не лише зменшують негативний вплив на навколишнє середовище та сприяють покращенню якості життя людей. Завдяки розвитку технологій та популяризації екологічних стандартів, застосування таких матеріалів стає все більш поширеним і доступним. Перехід на екологічне будівництво – це інвестиція у здоров'я, комфорт та збереження природних ресурсів та зменшує викиди в повітря.

УДК 725

РОЖЕВА ТУЛУЗА: АРХІТЕКТУРА МІСТА В КОНТЕКСТІ ЕПОХ

Новікова В.А. – студентка

Науковий керівник – Бакулін Є.А., к.т.н, доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тулуза — місто з неповторним архітектурним обличчям, що впродовж століть формувалося під впливом історичних, культурних та економічних подій. Її часто називають "*рожевим містом*" — La Ville Rose — через характерний теплий відтінок будівель, збудованих із місцевої цегли. Такий колір став візуальним символом Тулузи й важливою частиною її архітектурної ідентичності. Цегла, яку використовували для зведення будівель, є унікальною для регіону. Її називають ярмарковою цеглою — зазвичай розміром $42 \times 28 \times 5$ см, її почали активно використовувати ще за часів Римської імперії. Римляни не тільки привезли цю технологію, але й сприяли створенню цегельних заводів

у Тулузі, використовуючи багаті поклади глини в регіоні. Саме з цього моменту починається активна цегляна забудова, яка згодом і створила знайому рожеву палітру міста.



Рисунок 1 – Вулиця Rue du Taur у Тулузі. Архітектура в рожевих тонах

Проте Тулуза не завжди була "рожевою". У XVIII столітті з міркувань громадського здоров'я й естетики фасади будівель примусово білили свинцевими білилами, щоб вони нагадували камінь. Таким чином, місто на певний час набуло білого вигляду. Лише після Другої світової війни муніципальна влада вирішила повернути історичний вигляд цегляних фасадів, і знову розкрилася тепла кольорова гама Тулузи, яка стала її візитівкою. До сьогодні можна побачити сліди білої фарби на будівлях, зокрема на Троїцькій площі — як нагадування про цей період історії.

Таким чином, архітектурний образ Тулузи — це не лише візуальна особливість, а відображення багатовікових змін, що торкнулися матеріалів, стилів, і навіть міського самовідчуття.

Однією з найвеличніших архітектурних пам'яток Тулузи є базиліка Сен-Сернен, що по праву вважається найбільшою романською церквою, яка досі збереглася в Європі. Її зведення тривало кілька століть — з 1070 до XVI століття.

Архітектура базиліки відносить її до типу "паломницьких церков", які будувалися на шляху до Сантьяго-де-Компостела.



Рисунок 2 – Базилика Сен-Сернен у Тулузі



Рисунок 3 – Романські склепіння

Розміри вражають: 115 метрів у довжину та 64 — у ширину (включно з трансептом).

Особливу увагу привертає восьмикутна дзвіниця, яка демонструє дві основні архітектурні стадії:

- романську, яку можна впізнати за трьома рівнями з напівциркульними арками.
- готичну, що представлена двома рівнями з так званими "мітреними арками", завершених шпилем із хрестом, висотою 65 метрів.



Рисунок 4 – Якобінський монастир в м. Тулузі та пальмовою колоною

Збережений вхід "Porte des Comtes" (Портал графів) на південній стороні веде до гробниць тулузьких графів, а портал М'єжевіль з'єднує базилику з колишнім монастирським двором. Західний фасад має подвійний портал, п'ять арок і велику розетку, яка мала б бути завершена готичною різьбою, якби цю частину встигли добудувати.

Справжньою перлиною середньовічної архітектури Тулузи є Якобінський монастир — цегляний гігант, який вважається зразком південної

готики. Заснований у XIII столітті домініканським орденом, він слугував не лише релігійним, а й освітнім центром, адже саме в його стінах викладали богослов'я і філософію. До сьогодні він залишається місцем паломництва, адже під головним вівтарем зберігаються мощі святого Томи Аквінського, одного з найвідоміших теологів Середньовіччя.

Зовні церква виглядає суворо та стримано, що типово для архітектури домініканців. Проте всередині вона вражає легкістю та висотою склепінь, а також унікальною подвійною навою, що завершується одним із найефектніших архітектурних елементів монастиря — "пальмовим деревом". Це потужна колона, від якої віялом розходяться 22 ребра, створюючи враження кам'яної пальми, яка ніби підтримує весь небесний простір храму.

Особливу увагу привертає внутрішнє оздоблення: стіни розписані в техніці троплей, яка імітує дорогий мармур, створюючи ілюзію розкоші в матеріалі, який насправді є звичайною цеглою. Цей прийом підкреслює аскетизм зовнішнього вигляду та багатство внутрішнього духовного змісту.

Монастирський комплекс включає також сад, який є справжнім оазисом спокою серед міського шуму, стару трапезну, каплицю Богородиці, каплицю святого Антоніна та затишні внутрішні дворики. Сьогодні ці простори використовуються для виставок, концертів, лекцій та екскурсій, відкриваючи відвідувачам не лише архітектуру, а й дух середньовічної Тулузи. У XVI столітті, в епоху Ренесансу, Тулуза трансформується – з провінційного міста вона поступово перетворюється на елегантну урбаністичну сцену, де заможні купці, натхнені італійськими зразками, прагнуть виразити свою соціальну вагу через архітектуру. Головним джерелом збагачення стає торгівля пастелем – синім барвником, який експортують по всій Європі.



Рисунок 5 – Hôtel d'Assézat у Тулузі – ренесансна міська архітектура XVI століття

Найвизначніший приклад цього архітектурного явища – Hôtel d'Assézat, зведений для купця П'єра д'Ассезата за проектом архітектора Ніколя Башельє. Споруда репрезентує класичний ренесансний підхід до композиції: внутрішній двір, оточений гармонійно організованими корпусами, оформлений багаторівневими аркадами та ордерною системою. Ліпнина, пілястри, карнизи, фризіві пояси утворюють архітектурну мову, що говорить про престиж, витонченість і наближення до гуманістичних ідеалів Ренесансу.

Це економічне підґрунтя відкриває шлях до появи нової типології житлової забудови – *hôtels particuliers*, приватних міських особняків, розташованих у центрі, інтегрованих у щільну міську тканину.

Матеріал споруди — традиційна тулузька цегла у поєднанні з кам'яними елементами — надає композиції теплоти й легкості. Готель д'Ассезат стає символом нової буржуазної культури.

Тут можна зустріти фрагменти готичних конструкцій поруч із ренесансними фасадами, класицистичними доповненнями та навіть елементами XVIII–XIX століть. Проте спільною рисою є використання місцевих матеріалів — насамперед характерної рожевої цегли, яка створює теплу, майже театральну атмосферу, особливо в м'якому сонячному світлі Південної Франції.



Рисунок 6 – Типова вулиця історичного центру Тулузи

Важливу роль у формуванні міського простору відіграють аркади – пішохідні галереї, що з'єднують фасади будинків та формують напіввідкриті публічні зони. Таким чином, Тулуза подібна до археологічного шару, кожна епоха залишила тут свій архітектурний відбиток. Місто функціонує як живий музей просто неба, де кожен фрагмент – це артефакт, кожен карниз і балкон – візуальний документ епохи, а маршрути перехожих – невпинна екскурсія в історію, матеріалізовану у камені та цеглі.

КЛАСИФІКАЦІЯ, ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ТА РОЗМІРИ ЦЕГЛИ В УКРАЇНІ

Затишна В.В. – студентка

Науковий керівник – Бакуліна В.М., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Згідно з ДСТУ Б В. 2. 7-80:2008 «Цегла та камені силікатні» класифікують за призначенням, за міцністю, за середньою густиною, за ефективною сумарною питомою активністю природних радіонуклідів.

За призначенням вироби з цегли поділяють на:

- рядові (Р), для кладки зовнішніх та внутрішніх стін будинків і споруд;
- лицьові (Л), для кладки та облицювання зовнішніх та внутрішніх стін будинків і споруд.

Цегла може бути повнотілою або порожнистою, камені тільки порожнистими. Лицьові вироби можуть виготовлятися незабарвленими та кольоровими, з декоративним покриттям. Лицьова може виготовлятися з однією або двома сколотими гранями.

За міцністю при стиску вироби поділяють на марки 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300. Лицьові вироби при стиску повинні мати марку : цегла – не менше 125, камені – не менше 100.

За морозостійкістю цеглу поділяють на F 15, F 25, F 35, F 50. Лицьові вироби повинні мати марку не менше F 25.

За середньою густиною вироби у висушеному до постійної маси поділяють на:

- легкі – з середньою густиною до 1450 кг/м³;
- полегшені – з середньою густиною понад 1451 кг/м³ до 1650 кг/м³ ;
- важкі – з середньою густиною понад 1650 кг/м³.

Розміри виробів повинні відповідати стандартам наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Розміри виробів цегли та каменю

Вид виробу	Довжина , мм	Ширина, мм	Висота, мм
Цегла одинарна	250	120	65
Цегла потовщена	250	120	88
Сколота цегла одинарна:			

– зі сколотою поперечною гранню	не менше 250	120	65
– зі сколотою ложковою гранню	250	не менше 120	65
– зі сколотими поперечною та ложковою гранями	не менше 250	не менше 120	65
Камінь	250	120; 240	138; 249

За погодженням із споживачем допускаються випускати вироби з іншими розмірами але обов’язкового дотримання стандартів.

За ефективною сумарною питомою активністю природних радіонуклідів вироби поділяють на класи згідно з ДБН В. 1.4-1.01:

1-й клас (Аеф 370 Бк кг⁻¹); 2-й клас (Аеф 740 Бк кг⁻¹).

Вироби повинні відповідати вимогам ДБН В. 1. 1-7 за показниками вогнестійкості залежно від ступеня вогнестійкості будівель і споруд.



Рисунок 1 – Зразки цегли та керамічних каменів

Висновок. Цегла — це не лише міцний і довговічний будівельний матеріал, а й екологічно безпечний варіант для зведення житла. Завдяки своїм природним властивостям вона сприяє створенню комфортного мікроклімату в будинку, а її енергоефективність допомагає зменшити витрати на опалення. У поєднанні з сучасними технологіями будівництва цегла залишається одним із найкращих матеріалів для індивідуального житлового будівництва.

ПЕРЕВАГИ ЕКОЛОГІЧНИХ ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ ФАРБ

Козарук В.А. – студентка

Науковий керівник – Бакуліна В.М., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Екологічні фарби – безпечний вибір для здоров'я та довкілля. Та мають переваги:

- не містять токсичних речовин, таких як свинець і формальдегіди, що знижує ризик алергічних реакцій і захворювань;

- натуральні складники – основа якісних екологічних фарб. До складу входять рослинні олії, водорості, глина, казеїн та мінеральні пігменти;

- екологічні фарби зменшують викиди летких органічних сполук (ЛОС). Звичайні фарби містять ЛОС, що спричиняють забруднення повітря та погіршують якість життя;

- біорозкладність і мінімальний вплив на природу;

- довговічність і міцність – екологічні фарби не поступаються традиційним. Вони забезпечують стійке покриття, яке не вигорає і не тріскається;

- енергозбереження завдяки правильному вибору фарби. Деякі екологічні фарби можуть відбивати тепло, допомагаючи підтримувати комфортну температуру в приміщеннях;

- широкий вибір кольорів без синтетичних добавок;

- вода як основний розчинник – без різкого запаху та шкідливих випарів.

Це робить екологічні фарби безпечними для внутрішніх приміщень та дитячих кімнат;

- відсутність важких металів у складі. На відміну від звичайних фарб, екологічні фарби не містять свинцю, кадмію та ртуті, що робить їх безпечнішими для людей і природи;

- гіпоалергенність і безпека для дітей. Позитивний вплив на якість повітря у приміщенні. Оскільки такі фарби не виділяють токсичних випарів, вони сприяють створенню здорового мікроклімату в будинку;

- менший вуглецевий слід у процесі виробництва. Виробництво екологічних фарб вимагає менше енергії та спричиняє менше викидів CO₂ у порівнянні зі звичайними фарбами;

- можливість нанесення без спеціальних засобів захисту. Завдяки безпечному складу такі фарби не потребують використання респіраторів чи спеціального захисту під час роботи;
- відсутність шкідливого запаху;
- висока паропроникність. Це допомагає стінам "дихати", запобігаючи появі грибка та цвілі, що особливо важливо для вологих приміщень;
- екологічні фарби підходять для різних поверхонь. Вони можуть використовуватися для дерева, гіпсокартону, цегли та інших будівельних матеріалів;
- можливість самостійного виготовлення. Деякі види екологічних фарб можна зробити власноруч із натуральних компонентів, таких як вапно, крейда чи молочний білок (казеїн);
- відповідність міжнародним стандартам екологічності. Багато екологічних фарб сертифіковані згідно з європейськими та світовими стандартами безпеки для довкілля та здоров'я;
- стійкість до ультрафіолету. Деякі натуральні пігменти захищають поверхню від вигорання, зберігаючи яскравість кольору на тривалий час.



Рисунок 1 – Приклад еко-фарб

Використання екологічних фарб сприяє розвитку зеленої економіки, зменшуючи негативний вплив будівельної галузі на довкілля.

УДК 711

STRATEGY AND URBAN DEVELOPMENT OF TOULOUSE CITY IN FRANCE

Shpachenko A. – Student

Supervisor – Bakulin Ye., Candidate of Techn. Sc., Ass. Prof.

Toulouse is one of the largest cities in the southwest of France and serves as the administrative center of the Occitanie region. The city is best known as one of

the country's leading hubs for scientific, industrial, and urban development. Toulouse has become an example of a city where the industrial factor directly shapes the urban environment and determines its organization at both local and regional levels.

In 2016, the Toulouse authorities launched the Toulouse Urban Project to manage urban development amid rapid urbanization. This initiative outlines the territorial development of the city with a long-term perspective extending to the year 2040. Following the 2018 Manifesto, which presents the city's urban vision, and the 2019 City Master Plan, specific area master plans released in 2023 detail how the general vision is applied at a neighborhood level.



Figure 1– The main street of Toulouse

The Toulouse Urban Project is based on a comprehensive approach that encompasses three complementary scales: city-wide, sectoral, and local. At the city level, the project focuses on integrating key infrastructures, developing transportation, and enhancing the attractiveness of the city center. The local scale concentrates on the everyday needs of residents, particularly the preservation of the unique identity of neighborhoods and the city's heritage.

The Toulouse Urban Project defines various actions to promote nature within the city—ranging from the development of large parks to the greening of private plots. Green spaces in the city offer practical solutions to major environmental challenges: they help combat urban overheating through natural cooling zones, preserve biodiversity (both flora and fauna), and serve as natural filters against certain types of air pollution. For this reason, the development of urban nature is a central priority of the Toulouse Urban Project.

Urban agriculture is also a key tool for promoting short supply chains and creating a stronger bond between residents and nature. It enables citizens to engage directly with their environment. The urban development project supports the concept of a territorial food project initiated by the Toulouse Metropolis, which responds to the growing demands of the city's residents. Urban agriculture also plays an ecological role by creating natural cooling zones in the city. Hedges, living boundaries, and small wooded areas that accompany crops are essential for biodiversity and the support of local flora and fauna.

The Toulouse Urban Development Project places strong emphasis on the creation of transversal green lines that connect the city's natural spaces. Since the primary ecological connections in Toulouse run from north to south—through green corridors and waterways—the project aims to introduce east–west connections that will link these natural areas more effectively. These transversal corridors are to be integrated into the urban fabric through the redesign of streets, boulevards, and open spaces, providing comfortable routes for pedestrians and cyclists.

Tree planting and the development of green areas along these corridors will help strengthen the city's ecological network, enhance landscape quality, reduce the urban heat island effect, and ultimately improve residents' quality of life.

L'accompagnement des voiries d'arbres de haute tige et d'un réseau piéton cycle confortable doit permettre de renforcer le maillage écologique, la qualité paysagère et le cadre de vie.



Figure 2 – A photo of the street before and after greening

A high-quality urban environment must ensure convenient access for all residents to services, transportation, commerce, and recreational areas. This is achieved through a network of centers of various scales, such as the hypercenter, neighborhood hubs, and new metropolitan points. The “Cœurs de quartier” initiative, launched by the Toulouse City Hall in 2016, aims to develop these centers so they interact and complement each other, meeting citizens' needs at different times of the day.

The Toulouse Urban Project emphasizes the quality of public spaces as a key condition for the city's sustainable development.

Toulouse is a large, expansive city that has historically been oriented toward automobile traffic. However, with the increasing volume of travel, there emerged a need to modernize the transport infrastructure and introduce sustainable alternatives. The urban project is based on the “Mobility Project” extending to 2040, implemented by Tisséo, which focuses on intermodality — combining different modes of transport depending on the urban zone for convenient mobility.

Through partnerships with companies like Airbus, Hyperloop, Siemens, CNRS, and the Paul Sabatier University, Toulouse is building an innovative mobility ecosystem aimed at improving urban transportation while preserving its historical tradition of infrastructure development. The Toulouse Urban Development Project is designed to meet the needs of all types of movement through integration with the “Mobility Project 2020/2025/2030,” which envisions the comprehensive development of public transportation.

The main directions include the improvement of road infrastructure, the development of public transportation (in particular the metro, buses, and the Téléo urban cable car), as well as the creation of intermodal hubs to facilitate smooth transfers between different modes of transport.

Special attention is given to strengthening the role of cyclists and pedestrians through the expansion of cycling infrastructure and pedestrian zones, which significantly enhance residents' comfort and overall quality of life.



Figure 3 – Téléo – the longest urban cable car ever built in France, spanning 3 kilometers, was inaugurated in Toulouse in 2022

Toulouse is modernizing its road network to improve traffic distribution and reduce congestion in the city center.

CONFIGURATION 3

Mettre certaines radiales en sens unique (refonte du plan de circulation) pour dégager de l'espace pour les autres fonctions (piétons, transports en commun, cycles)

**CONFIGURATION 4**

Élargir la voie quand la configuration bâtie le permet, pour intégrer plus d'usages



Figure 4 – Examples of street organisation

To solve this issue, the project proposes several options. The first: Remove parking spaces to allocate space for vehicle traffic. The second: Allocate bike lanes, even at the expense of bus lanes. The third: Change the direction of certain streets to one-way to free up space for pedestrians, public transport, and bicycles. The fourth: Expand roads where the development allows, to integrate more modes of transportation.

Key steps include expanding the ring road to three lanes, constructing new interchanges, relocating parking areas to the outskirts, and adapting the infrastructure of the western districts to accommodate rapid growth.

Public transport in Toulouse is actively developing around structural lines – metro, tram, cable car, and innovative bus routes such as Linéo, which offer high frequency, comfort, and priority lanes.

Toulouse is characterized by narrow streets, which requires making compromise decisions, considering space limitations, and setting priorities: ensuring the efficiency of public transport, creating continuous bike routes, guaranteeing pedestrian comfort, greening the streets, and maintaining good accessibility to district centers.

The Toulouse Urban Project offers a comprehensive approach to city development, aimed at preserving its historical and cultural heritage while simultaneously developing infrastructure and improving the quality of life for residents.

The Toulouse project stands out for its balanced approach to spatial organization, where each modification or new construction is carefully integrated

into the existing urban landscape. Emphasizing ecology, energy efficiency, and housing diversity, this project represents the ideal plan for the metropolis, capable of adapting to future climate changes and the evolving needs of the community.

УДК 515.2

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ, ЩО БАЗУЄТЬСЯ НА КОНЦЕПЦІЇ ПАСИВНОГО БУДИНКУ

Яковенко О.Ю. – студент

Науковий керівник – Усенко М.В., к.т.н., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Систематизовані кроки, які дозволяють збільшити енергоефективність житлових будівель та суттєво можуть підвищити енергосвідомість населення України (рис. 1). До основних заходів належать наступні:

1. Обов'язковий облік – встановлення лічильників на газ (економія до 70%), воду (економія до 70%), електричну енергію. "Неможливо управляти тим, що не можна виміряти". Так Ви оплачуватимете споживання по будинку не "за нормативами", а за фактично спожитий ресурс. Більшість родин споживають менше ресурсів, ніж вони оплачують за квитанціями. Слідкуйте за споживанням. Якщо помітите, що споживання різко зросло в порівнянні з минулим періодом, – шукайте можливі несправності в системі, причини перевитрат. Для досягнення більшої економії рекомендується також встановлювати регулятор тепла чи автоматичний погодний регулятор у квартирі або приватному будинку. Такі пристрої дозволяють коригувати кількість поданого тепла залежно від погодних умов та сплачувати менше. Можливе також встановлення багатозонного лічильника електроенергії, коли це доцільно (споживач платить на 30% менше за електроенергію, спожиту вночі, при двозонному обліку та на 60% менше – при тризонному.).

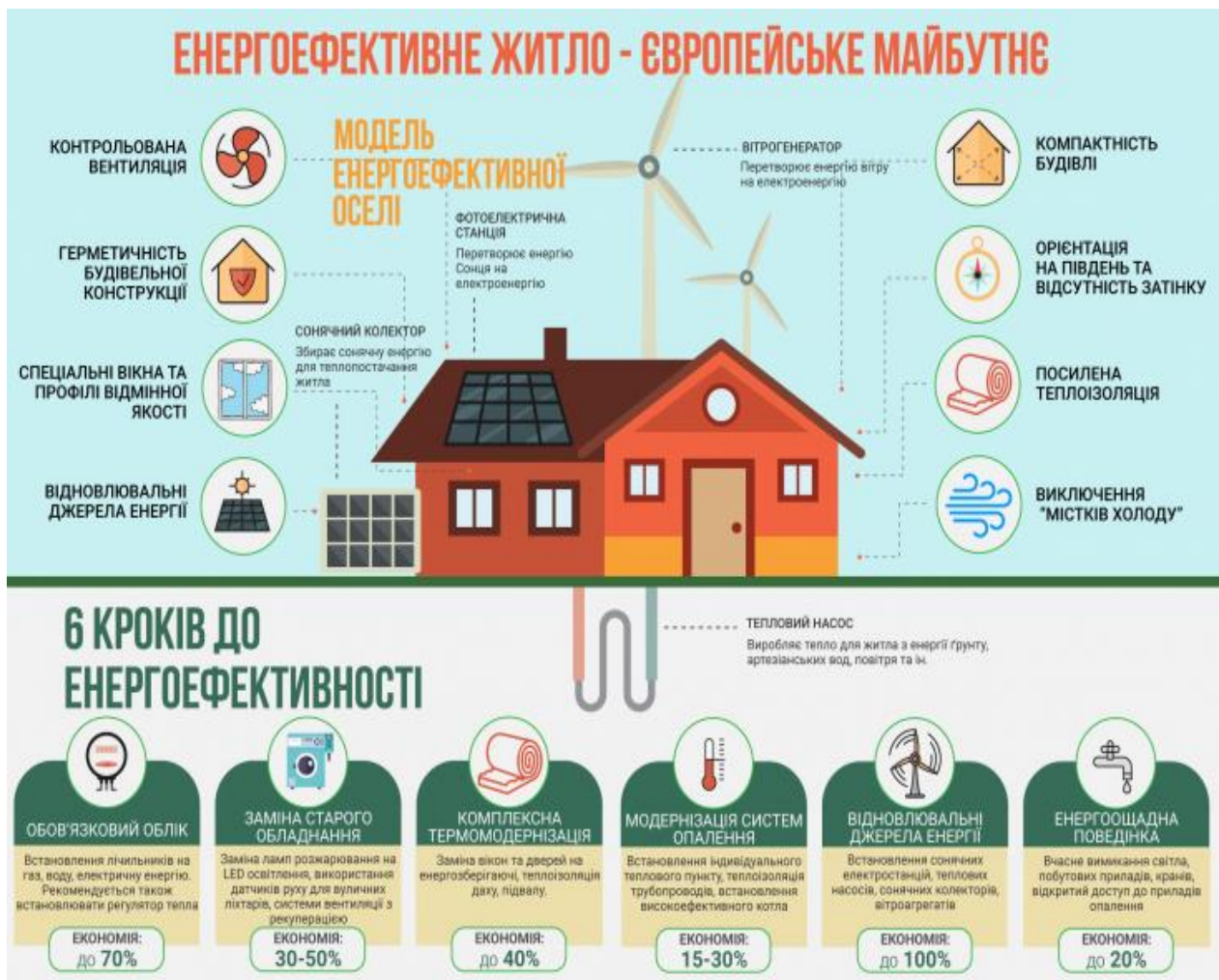


Рисунок 1 – Кроки до енергоефективності українського суспільства

2. Заміна старого та низькоефективного обладнання на сучасне та економічне: заміна ламп розжарювання на LED освітлення (термін безперервної роботи світлодіода не менше 50 000 годин, що еквівалентно 11 рокам експлуатації при 12-годинній роботі в день – це на два порядки перевищує термін служби звичайних ламп розжарювання), використання датчиків руху для вуличних ліхтарів або світильників у під'їздах, використання системи вентиляції з рекуперацією, встановлення побутової техніки з низьким рівнем енергоспоживання (мають маркування "А" чи "А+"). Прилади такого класу мають ККД більше 90% та споживають на 30-50% менше електроенергії, ніж пристрої класу "В". Термін окупності більш дорогої енергоощадної техніки складає в середньому 2-3 роки.

3. Комплексна термомодернізація – заміна вікон та дверей на енергозберігаючі (з двокамерним енергозберігаючим склопакетом та опором теплопередачі більше нормативного 0,6; це дозволить скоротити наднормові втрати тепла до 40% та підвищити температуру в квартирах більш ніж на 2°C, термін окупності 3-7 років), теплоізоляція даху (окупність близько 7 років,

зниження витрат до 30%, зовнішніх стін і цоколя (економія до 40%, термін окупності до 10 років), підвалу (якщо підвал не опалюється, утеплення дозволить підтримувати плюсову температуру 5-10°C). Важливо: утеплення фасаду потрібно здійснювати лише повністю! Клаптикове (поквартирне) утеплення (стосується багатоквартирних будинків) руйнує цілісність конструкції будинку. Таким чином зменшується строк його експлуатації. Комплексна термомодернізація забезпечить економію енергоресурсів майже вдвічі.

4. Модернізація систем опалення – встановлення індивідуального теплового пункту (ІТП, термін окупності 1-3 роки), теплоізоляція трубопроводів (окупність близько 1 року), за необхідності промивка системи опалення (накип навіть товщиною до 1 мм приблизно на 15% знижує рівень тепловіддачі), встановлення вискоєфективного котла (ККД більше 85%), використання терморегуляторів.

5. Використання відновлюваних джерел енергії – встановлення сонячних панелей та електростанцій, теплових насосів, сонячних колекторів (вакуумні та плоскі), встановлення вітроагрегатів (більше для приватних будівель). Такі системи потребують великих інвестицій спочатку, але дають можливість використовувати природні та екологічно чисті джерела для отримання енергії. Великим попитом користуються на територіях, віддалених від загальних мереж та комунікацій. Додатковим бонусом від держави є можливість підключення до "зеленого тарифу" за умови, що споживання буде менше генерації. Зелений тариф – спеціальний тариф, за яким держава закуповує електроенергію у приватних осіб, згенеровану сонячними та вітровими електростанціями. Максимальна потужність приватної електростанції не повинна перевищувати 30 кВт.

6. Енергоощадна поведінка – найдоступніший метод економії: вчасне вимикання світла, побутових приладів, кранів, не закривати прилади опалення шторами та сторонніми предметами, провітрювати приміщення, використовувати світлі та теплі кольори в інтер'єрі, приймати душ замість ванної, встановити тепловідбиваючий екран позаду радіатора (збільшить температуру в приміщенні на 2-3 градуси) використовувати аераторні насадки на крани.

ОСОБЛИВОСТІ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ ПРИ ДИНАМІЧНИХ ВПЛИВАХ

Бобровник Н.Ю. – студент

Науковий керівник – Дмитренко Є.А., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Надійність залізобетонних конструкцій значною мірою залежить від ефективності взаємодії між арматурою і бетоном, тобто зчеплення. За умов статичних навантажень механізм зчеплення є добре вивченим, проте при динамічних впливах – зокрема вибухах, ударах, сейсмічних навантаженнях – поведінка контактної поверхні змінюється доволі істотно. Динамічне навантаження може спричинити втрату зчеплення, утворення мікротріщин, локальні відшарування та зниження несучої здатності конструкції.

Часті ураження житлової та громадської інфраструктури на території України через удари засобів повітряного нападу російської федерації створюють необхідність оцінювати надійність захисних споруд у умовах дії динамічних навантажень.

Однією із критичних стадій руйнування железобетонних елементів є втрата зчеплення між арматурою та бетоном. Тому дослідження особливостей цього процесу є актуальним і практично значущим.

Зчеплення арматури з бетоном забезпечує сумісну роботу двох різнорідних матеріалів у зоні контакту. Механізм зчеплення включає кілька складових:

- *Адгезійна взаємодія*, що забезпечується хімічним прилипанням;
- *Механічне зчеплення*, що досягається за рахунок нерівностей профілю арматури;
- *Тертя*, яке виникає під час переміщення арматурного стержня відносно поверхні бетону.

При динамічних впливах характер зміни цих складових механізму зчеплення в залежності від рівня навантаження значно ускладнюється у порівнянні із статичним навантаженням, особливо при короткочасних імпульсах великої інтенсивності (наприклад, вибух). Так, імпульсне навантаження може викликати крихке руйнування шару бетону навколо арматури, зменшуючи ефективність механічного зачеплення. Часто

відбувається локалізація пошкоджень в анкерній зоні, що призводить до швидкої втрати несучої здатності.

Основні особливості механізму зчеплення при динамічних впливах:

1. **Інерційні ефекти** – маса елементів конструкції впливає на розподіл навантаження, що викликає напруження в зонах, де в статичному режимі вони відсутні.

2. **Утворення мікротріщин і розшарування** – в результаті швидких змін навантаження бетон втрачає цілісність біля арматурних стержнів.

3. **Зниження коефіцієнта тертя** – під дією імпульсу може виникнути ковзання, що веде до втрати зчеплення.

4. **Зменшення адгезії** – повторювані динамічні навантаження призводять до деградації адгезійної складової.

Експериментальні дослідження, проведені в різних країнах, показали, що динамічне навантаження зменшує зусилля вириву арматури на 20–50% порівняно зі статичним випадком. Значний вплив має тривалість імпульсу, форма хвилі навантаження та клас бетону.

На основі аналізу можна виділити кілька важливих практичних рекомендацій:

- для конструкцій, що можуть зазнавати динамічного впливу, необхідно передбачати підвищене анкерування арматури;

- варто використовувати арматуру зі зміненим профілем, яка забезпечує краще механічне зачеплення;

- у зонах з підвищеним ризиком руйнування слід застосовувати високоміцний бетон та композитні матеріали для зміцнення.

- доцільно проводити моделювання динамічних процесів за допомогою методу скінченних елементів та верифікувати його на основі експериментів.

Висновки. Зчеплення арматури з бетоном під впливом динамічних навантажень є складним процесом, що залежить від багатьох чинників, таких як тип арматури, клас бетону, форма імпульсу та режим навантаження. Порівняно зі статичними умовами, ефективність зчеплення знижується, що потребує додаткових інженерних рішень. Розуміння цих особливостей дозволяє підвищити надійність конструкцій в умовах дії короткочасних інтенсивних навантажень.

ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ ПРИ ДИНАМІЧНИХ ВПЛИВАХ

Цицюра М.О. – студентка

Науковий керівник – Дмитренко Є.А., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В умовах зростання загроз, пов'язаних із вибуховими впливами на будівельні конструкції в Україні, особливо під час бойових дій, проблема забезпечення надійного зчеплення арматури з бетоном у залізобетонних конструкціях стає критично важливою. Захисні споруди, елементи укриттів та інші стратегічні об'єкти потребують точних розрахунків міцності в умовах динамічного впливу. Контакт арматури з бетоном втрачає міцність при дії динамічних навантажень, що є критичним для елементів захисних споруд. Надійність зчеплення визначає здатність конструкції працювати як єдине ціле при аварійних впливах.

Метою цієї роботи є аналіз змін параметрів зчеплення арматури з бетоном при динамічних навантаженнях із використанням аналітичних моделей та чисельного моделювання.

У роботі використано два основні підходи:

Аналітичні моделі зчеплення – на основі напружено-деформованого стану в зоні контакту арматури з бетоном, з урахуванням швидкості дії динамічного навантаження.

Чисельне моделювання методом скінченних елементів (МСЕ) – моделювання об'єму бетону та арматури в динамічному аналізі із застосуванням моделей контактної взаємодії та динамічних властивостей матеріалів.

В аналітичній моделі зчеплення арматури з бетоном визначається як комбінація адгезії, тертя та механічного замикання (за рахунок виступів арматури).

У статичних умовах граничне зусилля зчеплення можна оцінити за емпіричною формулою (1):

$$\tau_b = \alpha \cdot f_{ct}, \quad (1)$$

де f_{ct} – розрахункове опір бетону на розтяг;

α – коефіцієнт, що залежить від типу арматури (рифлена/гладка) і бетону.

Під час динамічного навантаження враховується зменшення зчеплення через зниження ефективного контакту між матеріалами. Коефіцієнт зниження дорівнює:

$$\tau_{b,dyn} = \tau_b \cdot \psi_{(v)}, \quad (2)$$

де:

$\psi_{(v)} < 1$ — функція швидкості навантаження V ;

типова експериментальна форма:

$$\psi_{(v)} = 1 - k \cdot \log\left(1 + \frac{V}{V_0}\right), \quad (3)$$

де $k \approx 0.1$; V_0 — базова швидкість (~ 1 м/с).

Таким чином, зусилля вириву арматури:

$$F_{bond,dyn} = \tau_{b,dyn} \cdot \pi \cdot d \cdot l_b, \quad (4)$$

де:

d — діаметр арматури;

l_b — довжина анкерування.

Для чисельного аналізу була побудована 2D модель бетонного зразка з анкерованою арматурою у програмному середовищі типу ABAQUS / ANSYS, із задаванням імпульсного навантаження у вигляді швидкості на вільному кінці арматури.

Основні параметри моделі:

- бетон — модель бетону Damaged Plasticity (CDP);
- арматура — лінійно-пружна модель;
- контакт — Coulomb friction + cohesive behavior.

Отримані залежності показують, що при зростанні швидкості навантаження від 0,01 с до 0,001 с спостерігається зменшення граничного зусилля вириву арматури на 15–30%. У чисельному моделюванні спостерігається локалізація руйнування у бетоні навколо арматури раніше, ніж у статичних випадках. Аналітичні моделі, адаптовані під динамічні впливи, показують хорошу відповідність із чисельними експериментами.

Висновки. Отримані результати дозволяють:

- враховувати зниження зчеплення при проектуванні захисних споруд, що піддаються впливу вибухів або ударів;
- використовувати чисельне моделювання як ефективний інструмент для аналізу таких ситуацій.
- аналітична модель з логарифмічним зменшенням добре узгоджується із результатами чисельних досліджень.
- необхідно враховувати зменшення ефективної довжини анкерування при проектуванні конструкцій, що підлягають вибуховим або ударним впливам.

КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ «НАДБУДОВИ», ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У ПРОЦЕСІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

Обіход С.П. – студентка

Науковий керівник – Яковенко І.А., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У стислій історично сформованій забудові міста при необхідності збільшення корисної площі та обсягу будівель використовують один з найпоширеніших прийомів реконструкції – «**надбудова**». Таке архітектурно-конструктивне рішення реконструкції є ефективним, оскільки можна збільшити будівельний об'єм будівлі та корисну її площу будівлі без розширення площі забудови.

Це дає змогу збільшити ефективне використання міських земель за рахунок підвищення щільності житлового фонду, причому навіть на густо забудованій території, що важливо при реконструкції центральних забудованих історичних районів будь-якого сучасного міста.

До загальних переваг «надбудови» будівель можна віднести:

→ збільшення об'ємно-композиційного рішення будівлі та корисної площі будівлі без збільшення площі забудови;

→ збільшення ефективного використання міських земель за рахунок підвищення щільності житлового фонду, причому навіть на щільнозбудованій території, що є важливим при реконструкції центральних забудованих історичних районів.

Надбудова призводить веде до покращення містобудівної ситуації, зміни силуету архітектурної композиції, покращення фонового стилістичного міського середовища.

«Надбудова» не вимагає влаштування додаткових інженерних комунікацій і дозволяє делікатно контекстуально вписуватися в навколишню забудову. Рішення про підвищення висоти будівель приймають, як правило, за бажанням забудовників та містобудівним вимогам та нормам.

Висота «**надбудови**» визначається:

→ за заданою поверховістю існуючої містобудівної ситуації;

→ щодо забезпечення нормативних розривів між суміжними будинками;

→ за щільністю житлового фонду та населення на території.

Шляхом «надбудови» деяких будівель або їхніх частин може бути вирівняно поверховість району забудови.

Якщо перекриття суміжних будівель розташовані у різних рівнях, вертикальне зміщення віконних отворів доводиться маскувати горизонтальними членуваннями фасаду, декоративними плямами або іншими архітектурними прийомами.

Якщо перекриття в суміжних корпусах розташовані в одному рівні, то рішення щодо здійснення надбудови спрощується, тому що не порушується загальне тло фасаду будівлі.

Архітектурно-конструктивні прийоми надбудованих об'єктів здійснюються у конструктивних рішеннях, представлених у табл. 1.

Таблиця 1

Конструктивно-будівельні рішення надбудованих об'єктів

	Опори та балки із залізобетонних конструкцій – виконуються огорожувальні навісні фасадні системи надбудованого каркасу, виконаному по периметру неіснуючих стін із улаштуванням суцільного монолітного обв'язувального залізобетонного поясу
	Каркасна система дерев'яних стійок або бруса, промандрівна стійкість забезпечується системою продольних прогонів і стійок, стіни полегшені багатошаровий ні з негорючих матеріалів, вентилявані, захист дедерев'яних конструкцій антипіренами;
	Комбіновані варіанти – можливі варіанти каркасно-стінової системи, поперечно-стінова конструктивна система, вертикальні несучі стіни і навісні стіни нові панелі.
	Застосування комбінованої каркасної технології – металодерев'яна каркасна система із зовнішніми стінами із полегшеної кладки блоків пористого бетону або утеплінні навісні стінові панелі типу сендвіч

	Стіни з кам'яної кладки – суцільна кладка із зовнішнім утепленням за конструктивно-технологічною системою «мокрого» фасаду, з штукатуркою по утеплювачу
	Система скління, атріумні об'єми та панорамне скління, вітражі та система навісних фасадів, скло композитні та архітектурні склопакети, покращують архітектурний вигляд реконструйованої будівлі, скорочують і усувають сонячні відблиски, захищають від перегріву атріуми і відбивають денне світло не порушуючи освітленість приміщень.

Об'ємно-композиційні прийоми побудови об'ємів, які надбудовуються, виконуються за декількома видами архітектурно-конструктивних рішень. Наприклад, суцільна «надбудова» – один з основних видів «надбудов», при якому об'єм повного поверху, який надбудовується є співмірним із композиційним об'ємом існуючої будівлі, не виходить за периметр і спирається на несучі стіни існуючої будівлі. Об'єм, який надбудовується та виходить за межі зовнішнього контуру будівлі – один з видів надбудов, при якому новий надбудований об'єм виходить за межі периметра існуючої будівлі. Такий вид надбудови може спиратися на окремі самостійні опори та фундаменти, що закладаються із зовнішнього боку незалежно від існуючих конструкцій будівлі, або виступає у вигляді консольного об'єму.

Часткова надбудова – один із видів надбудов у вигляді частини поверху будівлі, при якому окремий об'єм, який надбудовується, влаштовується над частиною існуючої будівлі і не виходить за її периметр, спирається на несучі конструкції існуючої будівлі.

Локальна надбудова – один із видів надбудов, при якому надбудований будівельний об'єм представляє самостійне архітектурно-композиційне рішення і влаштовується локально, а саме у певному місці існуючої будівлі та є об'ємним акцентом існуючої будівлі, яка спирається на несучі конструкції існуючої будівлі.

Надбудова аттикового поверху – надбудова, при якому надбудований об'єм збігається з архітектурно-композиційним рішенням існуючої будівлі і розташований над карнизом будівлі, висота такого поверху, що надбудовується менше висоти існуючого стандартного поверху будівлі

«Надбудова» мансардного поверху – це будівельний об'єм, який надбудовується в один-три поверхи, які розміщуються у горищному просторі. Слід зауважити, що фасад у такого поверху є повністю або частково утвореним поверхнею похилого, ламаного або криволінійного даху.

Висновки. При виконанні надбудов у результаті попередніх досліджень встановлено, що у більшості випадків допускається надбудова у два поверхи без спеціального посилення несучих конструкцій будівлі. При надбудовах як масової так і історичної забудови необхідно по периметру несучих стін поверху, що надбудовується, влаштовувати суцільний монолітний обв'язувальний залізобетонний пояс. У будівлях, що реконструюються, додаткові об'ємно-планувальні можливості дає конструктивна система малого кроку несучих стін, що представляє можливість у надбудованих поверхах виконувати використовувати конструктивний потенціал поздовжніх несучих стін і у результаті перейти на поздовжньо-стінову конструктивну систему. Надбудови з великим числом поверхів вимагають посилення основ і фундаментів, несучих стін та наземних конструкцій або влаштування додаткових нових несучих конструкцій.

УДК 621.314: 621.374: 621.9.048.4

ОТРИМАННЯ КОЛОЇДНОЇ ФОРМИ ЗАЛІЗА ТА ЦИНКУ ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ РІДКИХ ВУГЛЕВОДІВ

Мручок М.Ю. – студент

Науковий керівник – Лопатько К.Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Застосування наночастинок металів у вуглеводневих паливах є перспективним напрямком для покращення експлуатаційних та екологічних характеристик палива. Додавання таких наноматеріалів може позитивно впливати на процеси згоряння, знижуючи токсичність викидів та підвищуючи ефективність роботи двигунів. Проведення модифікації твердих або рідких речовин передбачає не тільки малі кількості модифікуючої компоненти, а й високу дисперсність модифікатору. Таким вимогам відповідають спеціально синтезовані неорганічні сполуки, зокрема наночастинки металів та їх сплавів. Ефективність застосування наночастинок металів обумовлена не тільки розмірним фактором, але й більш інтенсивною взаємодією частинок з будь

яким оточуючим середовищем, особливо при умові спільного утворення систем, наприклад колоїдної системи: дисперсна фаза – дисперсійне середовище. Для отримання колоїдних систем із задовільною стабільністю розглядається метод електроіскрового руйнування, в основу якого покладено фізичне явище іскрового розряду у дисперсійному середовищі. Переваги методу електроіскрового руйнування:

- Висока дисперсність. Однією з основних переваг методу є здатність досягти дуже високої дисперсії частинок, що дозволяє створювати стійкі колоїдні системи.

- Інтенсивна взаємодія частинок. Завдяки малій розмірності наночастинок збільшується їх реакційна поверхня, що підвищує ефективність взаємодії з оточуючим середовищем.

- Стабільність суспензій. Використання тиристорних генераторів розрядних імпульсів дозволяє контролювати енергію імпульсів, що важливо для досягнення необхідної стабільності суспензії металевих частинок у органічних розчинах. Так, методом об'ємного електроіскрового руйнування металевих гранул нами отримано суспензії субмікронних частинок металу у органічних розчинах. Дослідження проводились з використанням тиристорних генераторів розрядних імпульсів з конденсаторними накопичувачами енергії. Основні електрофізичні параметрами процесу та параметри розрядного контуру наведені у таблиці.

Таблиця 1 – Параметри розрядного контуру

Індуктивність ланцюга, мкГн	Напруга зарядки конденсатора, В	Емність конденсатора, мкФ	Опір камери, Ω	Тривалість імпульсу, мкСек
~ 1	50...100	25...100	0,15...1,5	10...100

УДК 621.314: 621.374: 621.9.048.4

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Соснов В.С. – студент

Науковий керівник – Лопатько К.Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Дослідження, проведені в Україні і провідних країнах світу протягом останніх двадцяти років, показали високу ефективність застосування

колоїдних розчинів нанорозмірних (до 100 нм) частинок біологічно активних металів у медицині, біології та мікробіології [1-4].

Дослідження авторів та аналіз літературних джерел показали, що ефективність біогенної та біоцидної дій колоїдної форми препаратів на основі наночастинок металів підвищується, якщо розмір твердої фази відповідає у діапазоні 20 – 100 нм, частинки однорідні за розмірами, формою, хімічним складом і структурно-фазовим складом. Такі розчини будуть мати високу агрегативну та седиментаційну стійкість, що відповідає достатньому значенню електрокінетичного потенціалу системи, малій їх масі і високій однорідності та є непрямым показником їх якості. Досягнення вказаних параметрів забезпечує метод об'ємного електроіскрового диспергування, який зарекомендував себе як один з найефективніших і технологічних при виробництві нанорозмірних об'єктів [5-7]. Спільні дослідження вчених Інституту електродинаміки НАН України та Національного університету природокористування та біоресурсів України за останні роки дозволили розвинути даний метод у напрямку підвищення кількості наноструктурних частинок в кінцевій продукції до 80% за рахунок використання нового електрофізичного підходу - примусової механічної активації шару вихідних гранул металу безпосередньо у процесі їх об'ємного електроіскрового диспергування.

Метою досліджень було вивчення впливу параметрів розрядних імпульсів і технологічних умов отримання наноструктурних частинок біологічно активних металів методом об'ємного електроіскрового диспергування у воді на їх розміри та седиментаційну стійкість, а також розробка на цій основі нових підходів створення розрядно-імпульсних систем.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- аналіз значимості чинників, що підвищують дисперсність і однорідність іскроерозійних частинок у процесі їх отримання;
- розробка та дослідження ефективності способів забезпечення оптимальних значень факторів, що підвищують дисперсність і однорідність іскроерозійних частинок;
- визначення впливу параметрів іскроерозійних частинок металів і дисперсійного середовища на седиментаційну стійкість колоїдних систем;
- розробка та створення розрядно-імпульсної системи виробництва нанокколоїдних розчинів біологічно активних металів методом об'ємного електроіскрового диспергування;
- дослідження структури та властивостей отриманих іскроерозійних частинок біологічно активних металів та їх колоїдних систем.

Аналіз факторів підвищення дисперсності іскроерозійних частинок при об'ємному електроіскровому диспергуванні. Як відомо, підвищення дисперсності іскроерозійних частинок сприяє: збільшенню швидкості міграції іскрових каналів по поверхні гранул, наростання, спаду струму в іскровому каналі і напруги на ньому, зниженню тривалості розрядних імпульсів, енергії одиночного іскріння і швидкості поширення температури вглиб гранул [4,8]. Слід зазначити, що зниження енергії одиночного іскрового розряду не може відбуватися до безмежно малої величини. Енергії розряду має бути достатньо для випаровування або хоча б розплавлення мінімальної порції металу гранул, достатньої для утворення однієї іскроерозійної частки з урахуванням втрат на розігрівання приконтантної області гранул.

У роботі проведено аналіз факторів, що підвищують дисперсність і однорідність іскроерозійних частинок металів, одержуваних методом об'ємного електроіскрового диспергування на стадіях розплавлення і випаровування частини металу з приконтантної зони гранули, перехід частини металу у парогазову фазу та конденсація парів металу з утворенням нанофракції. Серед двох методів підвищення дисперсності іскроерозійних частинок (перший - збільшення швидкості наростання потужності в одиночному іскровому контакті; другий - зниження тривалості імпульсу струму в ньому і швидкості поширення тепла у зони іскріння) виділимо другий, як найбільш дієвий.

Збільшення швидкостей наростання напруги та струму, як правило, призводить до зростання їх амплітудних значень, а, отже, і енергії розряду. Це, у свою чергу, сприяє збільшенню обсягу порції металу, що плавиться і, як наслідок, розміру іскроерозійних частинок. Попередня іскроерозійна обробка поверхні гранул з метою зниження її температуропровідності приносить помітний ефект лише на початковій стадії процесу диспергування, прискорюючи вихід параметрів на сталий режим.

Список використаних джерел:

1. Veklich, A., Lopatko, K. *et al.* (2020). Regulation of Biological Processes with Complexions of Metals Produced by Underwater Spark Discharge. In: Fesenko, O., Yatsenko, L. (eds) *Nanooptics and Photonics, Nanochemistry and Nanobiotechnology, and Their Applications*. // Springer. *Proceedings in Physics*, vol. 247. Pp. 283-306. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52268-1_23
2. N. Poyedinok, *et al.* (2020). Effect of Colloidal Metal Nanoparticles on Biomass, Polysaccharides, Flavonoids, and Melanin Accumulation in Medicinal Mushroom *Inonotus obliquus*. // Springer. *Appl Biochemiotechnol* 191, 1315–1325 (2020). DOI: 10.1007/s12010-020-03281-2

3. Zakharchenko S.M., Shydlovska N.A., Perekos A.O., Lopatko K.G., Savluk O.S. Features of obtaining of plasma-erosion nanodispersed silver hydrosols and their bactericidal and fungicidal properties // *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii* 42(6), 2020. Pp. 829-851. DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.42.06.0829>

4. Application of volumetric spark-electron dispersion for obtaining sedimentation-stable hydrosols of biologically active metals / *А.А.Щерба, С.Н.Захарченко, К.Г.Лопатько, Е.Г.Афтандилянц* // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАНУ. – 2009. – №22. – С. 74–79.

5. Development of systems for producing ultrafine spark-erosion powders: the influence of vibration on the parameters of discharge pulses and product characteristics / *А.А.Щерба, С.Н.Захарченко, С.А.Яцюк, К.Г.Лопатько, Е.Г.Афтандилянц [та ін.]* // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск Проблеми сучасної електротехніки. – 2008. – Ч. 4. – С. 107 – 112.

6. Shcherba A.A., Zakharchenko S.N., Shevchenko N.I., Suprunovskaya N.I. Thyristor Discharge Pulse Generator with Controllable Parameters for Thechnological System for Volumetric Electric Spark Dispersion of Metal Granules // Техн. електродинаміка. Тематичний випуск Силова електроніка та енерго-ефективність, – 2005.– Ч.1. – С.57 – 60.

7. Shcherba A.A., Zakharchenko S.N., Suprunovskaya N.I., Shevchenko N.I. The influence of repetition rate of discharge pulses on electrical resistance of current-conducting granular layer during its electric-spark treatment // Технічна електродинаміка.– 2006.– №2.– С. 10 – 14.

УДК 621.746.04:669.296

ОСОБЛИВОСТІ МІЖФАЗНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ЖАРОМІЦНОГО СПЛАВУ І КЕРАМІЧНОЇ ФОРМИ

Гарбовський К.С. – студент

Науковий керівник – Квасницька К.Г., асист.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Міжфазна взаємодія жароміцного сплаву з керамічною формою є критичним фактором, що визначає якість поверхні виливків, структурні характеристики та експлуатаційні властивості кінцевого виробу. Вона відбувається в умовах високих температур і складної термохімічної взаємодії, що обумовлює низку особливостей цього процесу. При контакті

розплавленого сплаву з керамічною формою виникають фізико-хімічні процеси, серед яких основними є змочування, дифузія, хімічне реагування та механічне проникнення металу в пори форми. Активність цих процесів залежить від складу сплаву, типу керамічного матеріалу, температурного режиму заливки та тривалості контакту.

Фактори, що впливають на взаємодію:

- Температура заливки: підвищення температури посилює змочування форми сплавом і прискорює дифузійні процеси.
- Склад сплаву: наявність активних елементів (наприклад, Ti, Al, Nb) може спричиняти реакції з компонентами форми.
- Склад керамічної форми: різні оксиди (SiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2) мають різну стійкість до розплавленого металу. Важливо підбирати матеріали з високою хімічною інертністю до конкретного сплаву.
- Структура форми: пористість, товщина шару суспензії та щільність поверхні суттєво впливають на глибину взаємопроникнення фаз.

Механізми міжфазної взаємодії:

- Дифузійна взаємодія: атоми металу і кераміки можуть взаємно проникати через контактну поверхню, утворюючи перехідний шар.
- Хімічне реагування: у зоні контакту можливе утворення нових фаз, наприклад карбідів, нітридів або оксидів, які змінюють склад і властивості поверхні виливка.
- Механічне проникнення: розплавлений метал може проникати в мікропори кераміки, що призводить до формування механічного зчеплення або дефектів типу «металевих язиків».

Надмірна взаємодія може призвести до утворення неметалевих включень у виливку, дефектів поверхні (шерехатість, тріщини), погіршення механічних властивостей сплаву, ускладнення процесів видалення кераміки після заливки.

Шляхи мінімізації негативного впливу:

- Використання спеціальних покривних шарів, які знижують змочування і реакційну здатність (наприклад, шари на основі стабілізованого ZrO_2).
- Оптимізація складу суспензії: вибір більш інертних наповнювачів і зв'язуючих.
- Контроль температурних режимів заливки для запобігання надмірному перегріву металу.
- Використання модифікованих керамічних форм із зниженою пористістю і контрольованою мікроструктурою.

Міжфазна взаємодія між жароміцним сплавом і керамічною формою є складним багатофакторним процесом, що вимагає детального вивчення для кожної конкретної системи "сплав–форма". Глибоке розуміння механізмів цієї взаємодії дає можливість удосконалювати технології лиття, підвищувати якість виливків та забезпечувати стабільні експлуатаційні характеристики виробів.

УДК 621.746.04:666.762.6

ОГЛЯД МОДЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТОЧНОГО ЛИТТЯ

Токаренко П.В. – студент

Науковий керівник – Квасницька К.Г., асист.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Модельні матеріали відіграють важливу роль у технології точного лиття за виплавлюваними моделями, оскільки їхні властивості безпосередньо впливають на якість отримуваних керамічних оболонок та кінцевих виливків. При виборі матеріалів для виготовлення моделей необхідно враховувати такі характеристики, як температурна стабільність, текучість, усадка, здатність до легкого видалення з форми, а також екологічність та економічність.

Найпоширенішими модельними матеріалами є воскові композиції, що складаються з суміші натуральних і синтетичних восків, смол, парафінів та пластифікаторів. Воскові матеріали забезпечують високу точність відтворення дрібних деталей моделі, мають добру текучість при литті у форми, невелику усадку та легкість виплавлення при помірних температурах. Їх недоліками є порівняно невисока механічна міцність при зберіганні моделей, а також чутливість до температурних коливань. Окрім традиційних воскових композицій, у сучасних технологіях застосовуються також полімерні модельні матеріали. Наприклад, полістирол або поліуретанові склади використовуються для виготовлення моделей складних геометричних форм або великих розмірів. Полістирол легко випалюється без залишків, однак має вищу температуру плавлення, що висуває додаткові вимоги до термостійкості керамічних форм. Поліуретанові моделі відзначаються високою міцністю і стабільністю розмірів, але можуть залишати продукти розкладу, що впливають на якість оболонок.

Іншим перспективним напрямом є застосування водорозчинних модельних матеріалів. Такі матеріали на основі поліетиленгліколю дозволяють видаляти модель з оболонки не термічно, а шляхом розчинення у воді. Це знижує ризик пошкодження крихкої керамічної оболонки та дозволяє працювати з дуже тонкостінними або складними структурами. Проте водорозчинні моделі потребують спеціальних умов зберігання для запобігання передчасному поглинанню вологи.

Таким чином, вибір модельного матеріалу для точного лиття залежить від ряду факторів: розмірів і складності виробу, технологічних особливостей процесу виготовлення оболонки, вимог до точності та чистоти поверхні вилівка. Воскові композиції залишаються універсальним рішенням для широкого спектра завдань завдяки простоті використання і доступності. Полімерні та водорозчинні матеріали розширюють можливості технології точного лиття, дозволяючи створювати складніші й тонші конструкції, однак потребують ретельнішого технологічного контролю. Удосконалення властивостей модельних матеріалів, зниження їх токсичності та оптимізація процесів видалення моделей з керамічних форм залишаються важливими напрямками розвитку технології точного лиття на сучасному етапі.

УДК 621.746.04:669.296

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗВ'ЯЗУВАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ КЕРАМІЧНИХ ОБОЛОНКОВИХ ФОРМ

Ніщук А.О. – студентка

Науковий керівник – Квасницька К.Г., асист.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Керамічні оболонкові форми є ключовим елементом у технології прецизійного лиття, а властивості зв'язувальних компонентів значною мірою визначають якість і надійність готових виробів. Основними типами зв'язуючих речовин, що застосовуються для виготовлення керамічних оболонок, є кремнезоль, ремасоли та етилсилікат. Кожен із них має свої особливості, переваги та обмеження. Кремнезоль являє собою водну дисперсію колоїдного діоксиду кремнію. Він забезпечує високу термостійкість та інертність керамічної оболонки. Однією з його основних переваг є екологічність та зручність використання завдяки низькій в'язкості.

Проте кремнезоль чутливий до змін рН і температури, а також має обмежений термін зберігання у вигляді суспензії, що вимагає ретельного контролю умов виробництва. Ремасоли є модифікованими кремнезольми із покращеними технологічними властивостями. Вони демонструють підвищену стабільність при зберіганні, забезпечують швидше висихання шарів та рівномірне змочування наповнювачів. Застосування ремасолів дозволяє отримати оболонки з гладкою поверхнею і підвищеною міцністю, що особливо важливо при виготовленні тонкостінних форм для лиття відповідальних деталей. Етилсилікат, у свою чергу, утворює особливо міцні та термостійкі керамічні оболонки за рахунок процесу гідролізу з подальшим утворенням кремнезему. Його перевагою є висока механічна міцність навіть при незначній товщині стінок оболонки. Однак використання етилсилікату пов'язане із застосуванням токсичних розчинників, таких як етанол, що створює додаткові вимоги до безпеки праці. Крім того, процес гідролізу потребує точного контролю, а вартість матеріалу є вищою порівняно з іншими варіантами. Порівнюючи ці три типи зв'язуючих, можна зробити висновок, що кремнезоль і ремасол є більш придатними для екологічно орієнтованого виробництва, а також для виготовлення оболонкових форм середньої складності. Ремасоли мають певні технологічні переваги завдяки стабільності суспензій та підвищеній швидкості висихання. Етилсилікат рекомендується застосовувати у випадках, коли потрібна особливо висока міцність і термостійкість керамічної оболонки, незважаючи на складність роботи з ним та необхідність додаткових заходів безпеки. Вибір зв'язувального компонента має базуватися на балансі між вимогами до властивостей оболонки, особливостями технологічного процесу та економічними міркуваннями виробництва.

УДК 621.74.046

ВЛАСТИВОСТІ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ

Бондаренко А.І. – студент

Науковий керівник – Похиленко Г.М., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Експлуатаційні властивості залізовуглецевих сплавів визначаються поєднанням значень таких їх характеристик, як міцність, пластичність, втомна міцність, хладостійкість, в'язкість руйнування, зносостійкість і ряду інших.

Найменш сприятливе поєднання зазначених властивостей у вуглецевої сталі, так як підвищення міцності при збільшенні вмісту вуглецю супроводжується закономірним зниженням пластичності, в'язкості руйнування при кімнатній і низьких температурах.

Формування необхідного поєднання значень тих чи інших характеристик експлуатаційних властивостей досягається легуванням і модифікуванням елементами, що забезпечують зменшення структурної неоднорідності сталі, підвищення міцності властивостей твердого розчину і ступеня дисперсійного зміцнення металу.

За ефективністю зміцнення твердого розчину і ступеня зниження пластичності фериту легуючі елементи розташовуються в наступній послідовності: Cr, Mo, Mn, Ni, Si. Пластичні властивості сталі визначаються тим впливом, яке легуючі елементи і модифікатори надають на розвиток фізичної, хімічної та структурної неоднорідності металу. Зменшення легуючими елементами тих неоднорідностей, наприклад розміру зерен і субзерен, забезпечує підвищення міцності сталі без зниження або навіть з одночасним підвищенням її пластичності. Найбільш ефективно це досягається при комплексному легуванні сталі. За своїм впливом в сприятливе поєднання міцності і пластичних властивостей конструкційних сталей легуючі елементи розташовуються приблизно в такій послідовності: Si, Cr, Mn, V, Ni, Mo.

Ударна в'язкість сталі при різних температурах залежить від впливу легуючих елементів на параметри структури. Вплив легуючих елементів і модифікаторів на ударну в'язкість поліпшеному стані визначається впливом елементів не тільки на зазначені характеристики структури, а й значною мірою на види і розподіл неметалевих включень, зокрема сульфідних, і розвиток прикордонної сегрегації домішок, наприклад фосфору.

Легування такими елементами, як C, Si, V і N сприяє зниженню, а Mn, Cr і Mo, навпаки, підвищення ударної в'язкості сталі. Однак, на поріг хладоломкості сталей позитивний вплив робить вже не тільки легування Mn, Cr, Mo, але і Ni і V. Поріг хладоломкості, який визначається за змістом в зламі не менше 50% в'язкої складової, по температурі найбільш високий у Mn - Si і Cr - Mn - Si сталей, причому він істотно підвищується в міру підвищення вмісту Si. Поріг хладоломкості знижується при комплексному легуванні в наступній послідовності: Cr - Ni-, Cr - Mo-, Cr - Ni - Mo- і Cr - Ni - Mo - V-стали.

Підвищення вмісту вуглецю підвищує межу міцності. У той же час підвищення втомної міцності зі збільшенням вмісту вуглецю спостерігається тільки для низько- і середньолегованих сталей. У високовуглецевих сталей зі збільшенням вмісту вуглецю втомна міцність знижується.

Закономірність впливу легуючих елементів і модифікаторів на міцність від втоми не постійна. У багатьох випадках легування і модифікування, що приводить до збільшення меж міцності, плинності, а також пластичності, збільшує міцність від втоми. Це відзначається при легуванні низько- і середньовуглецевих сталей марганцем, хромом, нікелем, молібденом, ванадієм. Однак в інших випадках кореляція в зміні характеристик міцності, пластичних властивостей і втомної міцності відсутня.

Така відмінність пояснюється високою чутливістю втомної міцності до локальних концентраторів напружень, якими є неметалеві включення, карбіди і інші вторинні фази, а також до розміру зерна. Тільки при одночасному позитивному впливі легування і модифікування як на властивості міцності, так і на структурну неоднорідність досягається підвищення втомної міцності.

З наведеного вище короткого аналізу літературних даних про вплив різних елементів на експлуатаційні властивості конструкційних матеріалів випливає, що тільки при легуванні Mn, Cr, Ni і Mo відзначається сприятливе поєднання зміни характеристик міцності, пластичних властивостей, ударної в'язкості, морозостійкості, а також втомної міцності і зносостійкості при умови зменшення структурної неоднорідності металу. Ефективність легування в комплексному підвищенні властивостей зростає в послідовності Mn - Si-, Cr - Mn - Si-, Cr - Ni-, Cr - Mo-, Cr - Ni - Mo-, Cr - Ni - Mo - V-стали.

УДК 621.74.046

ВПЛИВ ФАКТОРІВ НА ТОЧНІСТЬ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗАГОТОВОК

Поліщук М.С. – студент

Науковий керівник – Похиленко Г.М., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

При виготовленні деталі неможливо досягнути абсолютно точних номінальних розмірів. В зв'язку з цим при складанні робочих креслень призначаються допустимі відхилення від номінального розміру. Ці відхилення повинні відповідати вимогам точності при виготовленні деталей.

Точність деталі характеризується :

- допустимими відхиленнями її розмірів від номінальних;

- допустимими відхиленнями від геометричної форми деталі і її окремих елементів (овальність, конусоподібність, бочкоподібність, не площинність, непрямолінійність та ін.);

- допустимі відхилення поверхонь та осей деталі від їх взаємного розташування відносно базової (відхилення між осью відстані двох отворів, непаралельність площин, осей, неспіввісність, відхилення базового торця відносно вісі отвору). Під точністю виготовлення деталі розуміють відповідність її всім вимогам робочого креслення, технічним умовам і стандартом. Чим більша ця відповідність, тим більша точність виготовлення деталі. Дійсні відхилення параметрів реальної деталі від заданих номінальних їх значень називають похибкою виготовлення.

До основних факторів, які впливають на точність оброблення належать:

1. Неточність верстатів в не навантаженому стані залежить головним чином від точності виготовлення їх основних деталей і вузлів та їх складання. В першу чергу це великі зазори в підшипниках або направляючих, зносу поверхонь, овальності шийок шпинделя, порушення взаємного розташування, неточності направляючих, ходових гвинтів. Норми точності верстатів регламентовані стандартами.

2. Точність виготовлення ріжучого і допоміжного інструментів та їх зношення. Інструмент, як і будь який виріб неможливо виготовити по абсолютним розмірам. В залежності від інструменту такі похибки часто переносяться в деякій мірі на обробляему заготовку. Неточність виготовлення інструменту також регламентується стандартами.

Суттєво впливає на точність обробки знос ріжучого інструменту. Ріжучий інструмент зношується по передній і задній поверхнях. Розміри деталі також змінюються при затупленні інструменту, що збільшує радіальну складову сили різання внаслідок чого збільшується деформація системи ВПД (верстат-пристосування-інструмент-деталь).

3. Неточність встановлення інструменту і налагодження верстату на розмір.

4. Похибка базування і встановлення деталі на верстаті або пристосуванні.

5. Деформації деталей верстата, деталі і інструмента під час роботи. Практично кожна система ВПД являє собою пружну систему, деформації елементів якої під час оброблення призводять до виникнення похибок форми та розмірів оброблених поверхонь. Для оцінки здатності технологічної системи створювати опір зовнішнім навантаженням використовують поняття «жорсткість» та «піддатливість». Жорсткість системи ВПД не є постійною величиною у процесі роботи. Як правило, збільшення сили, що діє на систему,

не викликає прямо пропорційного збільшення її переміщення. Величина пружних переміщень поступово зменшується при зростанні сили і може навіть перейти у пластичні або руйнівні деформації.

6. Теплові деформації деталі, верстата і ріжучого інструменту в процесі обробки. В процесі механічного оброблення заготовок виділяється значна кількість теплової енергії, основними джерелами якої у системі є: зона різання, агрегати, пари тертя, навколишнє середовище. В зоні різання тепло виділяється внаслідок пластичних деформацій, що супроводжують процес різання. Для більшості способів обробки (за різними літературними даними) тепло розподіляють таким чином: 10-15% - в інструмент; до 10% - у заготовку (при свердлінні до 50%); до 5% - у навколишнє середовище; 50-80% - у стружку. Під навколишнім середовищем треба розуміти наявність джерел тепла, що не належать системі, наприклад, сонячна енергія, що проникає через вікна, системи опалення приміщень тощо. До агрегатів, що виділяють теплову енергію у систему, відносять електродвигуни, насоси, масляні резервуари та ін. Найбільше виділення тепла у парах тертя викликають пари тертя ковзання, а також швидкохідні елементи: шпинделі, коробки швидкостей та подач.

7. Якість поверхні деталі після оброблення, яка може дати невірні показники при вимірюванні.

8. Помилка вимірювання внаслідок неточності вимірювального інструменту, неправильного використання, температури і т.п.

9. Помилка робітника.

УДК 621.74.046

ВПЛИВ ВАНАДІЮ НА МІКРОСТРУКТУРУ ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СПЛАВІВ

Гневик В.В. – студент

Науковий керівник – Похиленко Г.М., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Завдяки швидкості технологічного прогресу постійно потрібні нові матеріали з унікальними механічними, магнітними та хімічними властивостями, повинні мати значний потенціал для промислового застосування. Інструментальна сталь є одним із найважливіших матеріалів, оскільки основний елемент цієї сталі – залізо, є більш дешевим і

розповсюдженим елементом, а його властивості значно змінюються шляхом легування та відпалу. Інструментальна сталь має високу міцність, твердість, зносостійкість тощо. Надвисокоміцна сталь (UHSS) і швидкорізальна сталь (HSS) є типовими комерційними сталями. Вони мають подібний склад, зносостійкість і твердість, але перший демонструє значно вищу міцність на стиск. Таким чином, Сталь UHSS привернула значну увагу своїми механічними властивостями. Для подальшого розвитку сталі UHSS з високою міцністю та гарними характеристиками для виконання технологічних процесів ці інструментальні сталі містять різні карбідоутворюючі елементи, такі як Mo, V та W, окрім великого вмісту C та Cr. Утворення великої кількості карбідів пов'язана з механічними властивостями інструментальних сталей і їх кількість змінюється залежно від різних умов термічної обробки. Тому виробництво UHSS вимагає спеціальних процесів лиття і термічної обробки для отримання необхідних властивостей. Наприклад сплав FeCrMoVC, що демонструє граничну міцність на стиск майже 5500 МПа, який необхідно отримувати в атмосфері аргону. Крім того, варто зазначити, що ці виробничі процеси можуть спричинити такі проблеми, як сегрегація під час лиття та неоднорідна внутрішня мікроструктура через неоднорідне зародження та ріст зерна під час термомеханічних процесів. Сплави Fe-Cr-Mo-CV мають надзвичайно високу міцність на стиск майже 4500 МПа. Однак їх низька межа текучості обмежує їх подальше комерційне застосування. Правильне введення V може регулювати межу текучості та пластичність інструментальних сплавів, надвисоку міцність на розрив 4900 МПа для сплаву з додаванням вільного V та високу межу текучості 3200 МПа (4 % V).

УДК 621.74.046

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ НА ТОЧНІСТЬ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

Гончарук М.П. – студент

Науковий керівник – Похиленко Г.М., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В процесі експлуатації технологічна система піддається впливу теплової енергії. В процесі оброблення деталей різанням механічна робота в значній

частині перетворюється в теплову енергію, внаслідок чого відбувається нагрівання технологічної системи. Це тепло розподіляється поміж стружкою, заготовкою (деталлю), інструментом, поглинається масою верстата, в результаті чого виникає змінна систематична похибка обробки заготовок.

Похибка загальних теплових деформацій складається із трьох складових:

- а) теплових деформацій верстата;
- б) теплових деформацій заготовки;
- в) теплових деформацій інструменту.

Виникнення теплових деформацій обумовлено перетворенням механічної роботи в тепло, що виділяється в процесі різання, утворюється в результаті тертя рухомих частин верстата (підшипниках, зубчастих передачах), гідравлічних та електричних системах верстата, вбудованих електродвигунах, а також внаслідок теплопередачі від охолоджуючої рідини, яка відводить тепло із зони різання та надходження тепла з навколишнього середовища, повітря, розташованих поряд інших верстатів та нагрівальних приладів, фундаменту.

Значна кількість тепла, що утворюється в зоні різання виводиться із системи із стружкою (до 85%). Частина тепла переходить в інструмент (до 10%), змінюючи таким чином його температуру, що впливає на розмір інструменту та відносне положення. Частина тепла видаляється в навколишнє середовище через заготовку, яка обробляється на верстаті, нагріваючись та деформуючись при цьому. Тепло, що утворилося від роботи тертя в верстаті, змінює відносний рух та взаємне розміщення його деталей при роботі. Рівномірна зміна температури будь-якої вільної деталі призводить до збільшення або зменшення її розмірів. Нерівномірна зміна температури призводить до викривлення форми. Більшість деталей в системі ВПД (верстат-пристосування-інструмент-деталь) пов'язані одні з іншими, то нерівномірне збільшення або зменшення температури кожної з них викликає не тільки зміну їх форми та розмірів, а й їх відносне положення, що й призводить до утворення похибок деталей, які обробляються. Таким чином, похибка обробки внаслідок експлуатаційного нагрівання технологічної системи ΔT складається з похибки обробки при нагріванні інструменту ξ , похибки обробки при нагріванні деталі, яка оброблюється ΔT_d та похибки обробки при нагріванні верстата ΔT_v . Теплові деформації суттєво впливають на точність обробки і можуть досягати величин, що виходять за границі квалітетів 8, 9.

Тепловий стан системи може бути стаціонарним та нестаціонарним. В першому випадку система працює в умовах теплової рівноваги, коли кількість

тепла, що надходить від будь-якого джерела відповідає теплу, яке відводиться. Температура технологічної системи при тепловій рівновазі практично не змінюється. До умов стаціонарного теплового стану наближаються процеси обробки невеликих заготовок на верстатах, що пройшли період попереднього нагрівання. Нестационарний тепловий стан спостерігається в період запуску верстата після його довготривалої зупинки. Будь-який процес можна вважати нестационарним, якщо тепло, що виділяється при різанні, помітно нагріває заготовку.

УДК 621.74

ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Король Р.Р. – студент

Науковий керівник – Похиленко Г.М., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Найважливішим напрямком в рішенні задач удосконалення конструкції машин, зниження їх металомісткості при одночасному збільшенні надійності і довговічності є підвищення якості металу. Тому на сучасному етапі розвитку вітчизняного машинобудування особливо гостро постало питання підвищення економічних показників технологічних процесів виготовлення деталей і вузлів машин.

Прогнози вказують, що не дивлячись на тенденцію до скорочення частки сплавів на основі заліза в загальному об'ємі конструкційних матеріалів, в найближчому майбутньому світове виробництво сталі збережеться на рівні декількох сотень мільйонів тон. Будуть значно підвищуватися вимоги до якості сталей всіх типів. Збільшиться частка легованих сталей і тому загостриться проблема раціонального використання легуючих елементів.

Інтенсифікація умов роботи зубчастих передач, застосування нових технологічних процесів виготовлення і зміцнення деталей, накладають все більш високі вимоги до експлуатаційних і технологічних характеристик низьковуглецевих сталей, які підлягають зміцненню ХТО.

Можливість використання різних марок сталі обумовлена технологічними можливостями обладнання і пристосувань яке використовується. Придбання нового обладнання та розвиток нових

технологічних можливостей у машинобудуванні пов'язані зі значними матеріальними витратами і не завжди має економічну доцільність.

Різні види умов навантаження, геометричних параметрів деталей, технологічних можливостей існуючого обладнання і технологій, обумовило розробку великої кількості легованих сталей. При цьому слід зазначити, що нові конструкційні рішення, як правило, вимагають і розробку нового матеріалу.

Як приклад сталь 18ХГНМТА, була спеціально розроблена, для потреб виробництва. При цьому враховувалися експлуатаційні, технологічні і економічні фактори.

Необхідність розробки нового матеріалу для виготовлення деталей машин, що працюють в умовах знакозмінних навантажень викликана високим рівнем короблення деталей із існуючих сталей в процесі хіміко-термічної обробки, що значно знижує економічні показники виробництва, збільшує кількість браку продукції, що випускається.

УДК 621.74

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗМІЦНЕННЯ КУЛАЧКОВОГО МЕХАНІЗМУ

Пугач А.В. – студент

Науковий керівник – Семеновський О.М., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Основною проблемою при виборі технологічного процесу зміцнення деталі є оптимальне поєднання експлуатаційних та технологічних властивостей матеріалу. Від умов роботи залежить вид зношування, а також масштабні фактори деталей машин.

При виборі технології перш за все визначають характер динаміки навантаження і крутні моменти, напруження розтягу, а також зусилля тиску на контактній поверхні деталі.

Кулачкові механізми працюють в умовах абразивного зношування, тобто відкриті механізми, повинні мати максимальну твердість поверхні. Деталі що працюють при наявності згинаючих моментів із високим рівнем навантажень в зоні контакту, повинні мати високий рівень в'язкості серцевини з одночасною твердістю поверхні щоб забезпечити достатній рівень

контактної втомної міцності. Вид зношування таких деталей називається пітингом - осподібне викришування поверхні.

Пітинг – це характерний вид зношування для підшипників кочення, шестерень, ексцентрикових валів і тому подібне. Для деталей, що працюють в умовах контактної втомної міцності застосовується матеріали, що мають високий рівень ударної в'язкості і твердості поверхні після відповідної хіміко-термічної обробки.

Причиною втомних пошкоджень є змінні напруги стиснення та зсуву в поверхневих прошарках кулачкових механізмів в умовах тертя кочення з просковзуванням, що породжують тріщини, які поширюються хаотично під різними кутами до поверхні. Перекочування тіл кочення по тріщинах призводить до сколювання частинок матеріалу та їх викришування. Цей процес постійно посилюється під впливом появи динамічних навантажень, що виникають внаслідок появи нерівностей на поверхнях тіл перекочування.

Процес втомного викришування поверхонь деталей, що розвивається при нормальних умовах порівняно повільно (без наявності ударних навантажень), але в кулачкових механізмах з появою динамічних факторів супроводжується появою вібрації, що призводить до інтенсивного руйнування.

Тому для забезпечення максимальної роботоздатності кулачкових механізмів в роботі заплановано оптимізація технології хіміко-термічної обробки.

УДК 621.78

ЗМІНА ТВЕРДОСТІ СТАЛЕВОГО ПРОКАТУ ПІСЛЯ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ТА РЕКРИСТАЛІЗАЦІЇ

Маслов Є.А. – студент

Наукові керівники – Лопатько К.Г., д.т.н., проф., Похиленко Г.М., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

При виготовленні заготовок із сталі майбутні вироби деформуються під впливом різних сил, що виникають із боку виробничого та природного факторів. Деформація в залежності від сили, що додається, діє на метал зовні і зсередини. Такі процеси призводять до того, що сталь стискається, розтягується, згинається або скручується. Щоб під час виробництва

унеможливити деформаційні зміни, виробники аналізують причини виникнення руйнування металу та пропонують способи, як виключити небажані процеси. Сталева заготовка змінює форму та розміри. Щоб це сталося, виріб згинають, розтягують, скручують, стискають за допомогою спеціальних механічних або ручних інструментів, верстатів, обладнання. Однак домогтися змін можна не лише фізичним, а й температурним впливом. Навіть незначні зусилля призводить до змін у структурі металу. Виникає явище наклепу, або зміцнення металу за рахунок збільшення дефектності структури та субструктури металу. При цьому вихідна твердість металу не має значення. Перевищення граничних навантажень та втрата запасу пластичності металу завжди буде призводити до певного результату, зокрема викликати руйнування металу.

На прокатному стані було проведено експериментальну обробку середньо вуглецевої Сталі 60С2А. Вибір марки сталі обумовлено можливістю використання даної марки для виготовлення пружних елементів, зокрема ресор. Проводили холодну та гарячу обробку металевих зразків. Ступень деформації змінювали технологічним зазором між циліндричними валками (Рис.1). Критичною ступеню деформації вважали таку, коли відбувалось помітне руйнування зразків при холодній деформації.



Рисунок 1 – Прокатний стан

Попередня термічна обробка, як то відпал або нормалізація не проводилась. Контрольні вимірювання твердості проводили на не деформованому зразку Сталі 60С2А у стані поставки, який має холоднокатану текстуровану будову середньо вуглецевої сталі із вихідною твердістю 230-

240 НВ. Ступень пластичної деформації зразків визначали у відсотках, як різницю товщини до деформації та після, віднесеною до початкової товщини.

Температуру рекристалізації приймали 750 °С, що відповідає умові 0,5 $T_{пл}$. Температуру плавлення середньо вуглецевої сталі приймали 1500 °С. Зразки нагрівали перед прокаткою та деформували в нагрітому стані. Фактично реалізовували режим низькотемпературної термомеханічної обробки. При цьому, розривів кромek зразків не спостерігалось. На відміну від режимів холодної пластичної деформації, вже при ступені деформації 20% спостерігалось утворення зубців на кромці зразків (табл. 1).

Таблиця. 1 Результати пластичної деформації та рекристалізації

Режим обробки	Ступень деформації, %	Початкова твердість, НВ	Температура нагрівання, °С	Кінцева твердість, НВ	Ознаки руйнування
Контроль	-	235	-	235	-
1	40	235	-	320	наявні
2	40	235	750	270	немає

ВИСНОВКИ

1. Середньо вуглецева низьколегована сталь не може бути деформована на великі ступені деформації в режимі холодної деформації. Після кожного проходу із деформацією більше 10% необхідно проводити рекристалізаційний відпал при температурі не менше 0,5 температури плавлення даного сплаву.

2. Для отримання максимально ефективного комплексу фізико-механічних властивостей матеріалу після режимів пластичної деформації, коли форма та розміри майбутньої деталі формуються прокаткою, рекомендується використовувати режими низькотемпературної термомеханічної обробки. Температура нагрівання, час та ступень деформації, режими кінцевої термічної обробки (гартування та відпуск), необхідно визначати експериментальним шляхом, виходячи із умов роботи конкретної деталі.

Список використаних джерел:

1. Афтандіянц Є.Г., Зазимко О.В., Лопатько К.Г. Підручник «Матеріалознавство». Херсон: ОЛДІ – ПЛЮС, 2012 р. – 612с.
2. Котречко О.О., Афтандіянц Є.Г., Зазимко О.В., Лопатько К.Г., Гнилокурченко С. В. Навчальний посібник «Практикум з матеріалознавства». Херсон: ОЛДІ – ПЛЮС, 2013 р., 500 с.
3. N. Hansen, C.Y. Barlow. 17 - Plastic Deformation of Metals and Alloys. *Physical Metallurgy*. 2014, Pages 1681-1764. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53770-6.00017-4>

4. Mateusz Sitko and Lukasz Madej. The role of the cellular automata cell size and time step length in the microstructure evolution model - The static recrystallization case study. *Journal of Computational Science*. Vol. 54, September 2021, Page 101437. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2021.101437>

УДК 621.7

ЛЕГКІ СПЛАВИ В КОНСТРУКЦІЯХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Брижко Я.А. – студент

Науковий керівник – Винарчук К.В., асист.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сучасна агроінженерія все частіше звертається до легких сплавів, як альтернативи традиційним матеріалам, що обумовлено потребою зменшення маси техніки при збереженні її міцності та довговічності. Використання алюмінієвих, магнієвих та титанових сплавів відкриває нові можливості для підвищення ефективності сільгоспмашин, зокрема за рахунок зниження витрат палива на 10-15% та зменшення навантаження на ґрунт, що особливо важливо для прецизійного землеробства.

Дослідження показують, що алюмінієві сплави серій 6xxx та 7xxx демонструють оптимальне поєднання міцності та легкості, дозволяючи зменшити масу конструкцій на 20-30% порівняно зі сталевими аналогами. Для ненавантажених елементів (кришки, корпуси) особливо ефективними виявилися магнієві сплави AZ та AM серій, які забезпечують додаткове зниження ваги на 15-20% та підвищену корозійну стійкість. У випадку критично навантажених деталей (валки, осі) незамінними є титанові сплави, що відзначаються високою питомою міцністю та стійкістю до ударних навантажень.

Незважаючи на очевидні переваги, широке впровадження легких сплавів стикається з певними обмеженнями, зокрема з їх відносно високою вартістю порівняно з традиційними матеріалами та необхідністю спеціальних технологій обробки. Перспективи подальшого розвитку пов'язані з розробкою нових композитних матеріалів на основі легких сплавів та оптимізацією виробничих процесів для зниження собівартості.

Проведене дослідження доводить, що легкі сплави відкривають нові можливості для модернізації сільськогосподарської техніки, поєднуючи в собі низьку масу, високу міцність і корозійну стійкість, роблячи їх перспективним матеріалом для майбутніх розробок у галузі агроінженерії.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на подолання існуючих обмежень та розширення сфери застосування цих матеріалів у сільськогосподарському машинобудуванні.

Список використаних джерел:

1. Johnson, M. (2023). Lightweight Alloys in Agricultural Machinery: A Comprehensive Review. *Journal of Agricultural Engineering*.
2. Garcia, R. et al. (2024). Advanced Aluminum Alloys for Sustainable Farming Equipment. Springer.
3. Європейський стандарт EN 17089:2024 "Використання легких сплавів у сільськогосподарській техніці"

УДК 621.7

НОВІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ С/Г МАШИН

Павлішин О.О. – студент

Науковий керівник – Винарчук К. В. асист.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Підвищення зносостійкості деталей сільськогосподарських машин є критично важливим завданням, оскільки безпосередньо впливає на їх довговічність та економічну ефективність експлуатації.

Сучасні досягнення в галузі матеріалознавства та інженерії пропонують інноваційні рішення для боротьби з абразивним зносом, корозією та ударними навантаженнями, які особливо актуальні в агресивних умовах роботи сільгосптехніки.

Дослідження зосереджено на визначенні найефективніших сучасних матеріалів для ключових вузлів машин, класифікації технологій підвищення зносостійкості за принципом дії та ефективністю, а також обґрунтуванні їх економічних переваг порівняно з традиційними методами.

Отримані результати демонструють, що нанокompозитні покриття на основі карбідів (WC, TiC) та нітридів (TiN, CrN) здатні збільшити

зносостійкість робочих органів (лемехів, дисків) у 3-5 разів порівняно зі звичайними сталевими сплавами.

Особливу увагу заслуговують металокерамічні матеріали (на основі Al_2O_3 або ZrO_2), які довели свою високу ефективність для деталей, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зносу, таких як ґрунтозачеми. Технології термічного та плазмового наплавлення (РТА, HVOF) продемонстрували здатність підвищувати зносостійкість критичних деталей (валки, шестерні) на 50-70%, суттєво збільшуючи їх термін служби. Для деталей, які зазнають динамічних навантажень (підшипники, втулки), особливо перспективними виявилися полімерні композити з вуглецевими або скляними волокнами.

Незважаючи на очевидні переваги, впровадження цих технологій стикається з певними обмеженнями, зокрема з високою вартістю деяких рішень (наприклад, нанопокриттів), що потребує подальшої оптимізації виробничих процесів для масового застосування.

Перспективними напрямками розвитку галузі є розробка біологічно розкладних композитів та гібридних матеріалів, які поєднують високу зносостійкість з екологічною безпекою для застосування в агроінженерії.

Таким чином, сучасні матеріали та технології відкривають нові можливості для підвищення експлуатаційних характеристик сільськогосподарської техніки, забезпечуючи значне збільшення ресурсу роботи вузлів при збереженні економічної доцільності їх застосування.

Список використаних джерел:

1. Kumar, R. et al. (2023). Advanced Wear-Resistant Materials for Agricultural Machinery. Elsevier.
2. Smith, J. (2024). Thermal Spray Coatings in Agri-Engineering: Recent Advances. Springer.
3. DIN EN ISO 16124:2024 – Standard for Wear-Resistant Materials in Agricultural Equipment

ПЕРЕВАГИ ШВИДКОГО ПРОТОТИПУВАННЯ В ДИЗАЙНІ МАШИН

Басараб Д.П. – студент

Науковий керівник – Винарчук К. В. асист.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Швидке прототипування (Rapid Prototyping, RP) стало ключовою технологією в машинобудуванні, дозволяючи зменшити час та витрати на розробку нових конструкцій. Використання 3D-друку, CAD-моделювання та інших інструментів RP дає змогу оперативно тестувати ідеї, підвищуючи якість кінцевого продукту.

Метою роботи є системний аналіз переваг швидкого прототипування в дизайні машин, зокрема його впливу на скорочення циклу розробки, зниження собівартості та підвищення інноваційності.

Швидке прототипування в дизайні машин суттєво прискорює процес розробки завдяки ітеративному підходу, що дозволяє оперативно вносити зміни та скорочує цикл створення продукту на 30-50%. Ця технологія не лише економить кошти, мінімізуючи витрати на матеріали та виробництво на ранніх етапах, але й надає небувалу гнучкість дизайну, дозволяючи реалізовувати складні геометрії, недоступні традиційними методами. Раннє виявлення помилок через тестування функціональності прототипів допомагає уникнути дорогих переробок під час масового виробництва, покращуючи комунікацію між усіма учасниками процесу завдяки наочності макетів. Крім того, швидке прототипування знижує ризики при запуску виробництва, дозволяючи перевірити технологічність деталей до інвестування в дороге обладнання, та сприяє персоналізації та малосерійному виробництву за рахунок легкої адаптації конструкції під індивідуальні вимоги. Використання різноманітних матеріалів, від пластиків до металів, розширює сферу застосування, а екологічна ефективність, що виражається у зменшенні відходів, робить процес більш сталим. Інтеграція з цифровими технологіями, такими як VR/AR та CFD-симуляції, дозволяє проводити віртуальні тестування, ще більше прискорюючи виведення продукту на ринок і покращуючи його ергономіку та функціональність. Завдяки можливості швидкого ітеративного вдосконалення на основі зворотного зв'язку, зменшенню залежності від зовнішніх постачальників та підтримці розподіленого виробництва, швидке прототипування стає ключовим інструментом для інновацій, дозволяючи

експериментувати з новими концепціями без значних фінансових ризиків і забезпечуючи плавний перехід до серійного виробництва через автоматизацію проектування.

Швидке прототипування трансформує традиційний підхід до машинобудування, поєднуючи економічність, гнучкість і інноваційність. Його інтеграція в цикл розробки стає ключовим фактором для створення конкурентоспроможної продукції в умовах швидкозмінливого ринку.

Список літератури

1. Gibson, I., Rosen, D., Stucker, B. (2015). Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. Springer.
2. Ulrich, K. T., Eppinger, S. D. (2016). Product Design and Development. McGraw-Hill Education.
3. Chua, C. K., Leong, K. F. (2014). 3D Printing and Additive Manufacturing: Principles and Applications. World Scientific.
4. Wohlers, T. (2023). Wohlers Report 2023: 3D Printing and Additive Manufacturing Global State of the Industry. Wohlers Associates.
5. Redwood, B., Schöffner, F., Garret, B. (2017). The 3D Printing Handbook: Technologies, Design and Applications. 3D Hubs.

УДК 614.8

ТЕРМОСТІЙКІ ПОКРИТТЯ ТА СПЛАВИ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТЕХНІЦІ

Мархонос Р.Е. – студент

Науковий керівник – Винарчук К.В., асист.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сучасна сільськогосподарська техніка експлуатується в умовах екстремальних температурних навантажень, що обумовлює актуальність дослідження термостійких матеріалів для підвищення її експлуатаційних характеристик. Метою роботи є комплексний аналіз сучасних термостійких сплавів і покриттів, зокрема їх властивостей, методів нанесення та ефективності застосування у критичних вузлах сільгоспмашин. Дослідження базується на методиці порівняльного аналізу фізико-механічних властивостей матеріалів, гіпотезі про оптимізацію термостійкості через композитні рішення

та теоретичних основах сучасного матеріалознавства, що дозволило систематизувати дані щодо ефективності різних типів покриттів і сплавів для конкретних умов експлуатації.

В ході роботи було визначено сучасні термостійкі матеріали, зокрема жаротривкі нікелеві сплави, термічні бар'єрні покриття (ТВС) на основі цирконію (ZrO_2) та алюмінієві сплави з керамічними добавками (Al-SiC), які були класифіковані за механічними властивостями та стійкістю до високих температур.

Отримані результати підтвердили, що нікелеві сплави забезпечують роботу при температурах до $1200^{\circ}C$, що робить їх ідеальними для вихлопних систем і турбін, тоді як термічні бар'єрні покриття знижують теплове навантаження на металеву основу на 30-50%, значно подовжуючи ресурс деталей. Крім того, алюмінієві сплави з керамічними добавками демонструють оптимальне поєднання легкості та термостійкості (до $400-500^{\circ}C$), що робить їх перспективними для корпусних деталей, а плазмові покриття підвищують зносостійкість циліндрів і поршнів у 2-3 рази.

Проте, виявлено й обмеження, такі як висока вартість жаротривких сплавів та необхідність спеціального обладнання для нанесення покриттів. Перспективи розвитку пов'язані з використанням нанокompозитних покриттів для підвищення термостійкості та оптимізацією складів сплавів для зниження собівартості.

Таким чином, застосування термостійких матеріалів є ключовим фактором підвищення продуктивності та довговічності сільськогосподарської техніки, що відкриває нові можливості для інновацій у галузі матеріалознавства та машинобудування.

Список використаних джерел:

1. Davis, J.R. (2023). Heat-Resistant Materials in Agricultural Machinery. ASM International.
2. Schulz, U. et al. (2024). Thermal Barrier Coatings for Engine Components. Springer.
3. ASTM E2283-24 - Standard for Thermal Stability Testing.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВІДВАЛА БУЛЬДОЗЕРА ПУЛЬСУЮЧИМИ РОЗПУШНИКАМИ

Кривченко П.О. – студент

Науковий керівник – Міщук Д.А., к.т.н., доц.

Київський національний університет будівництва і архітектури

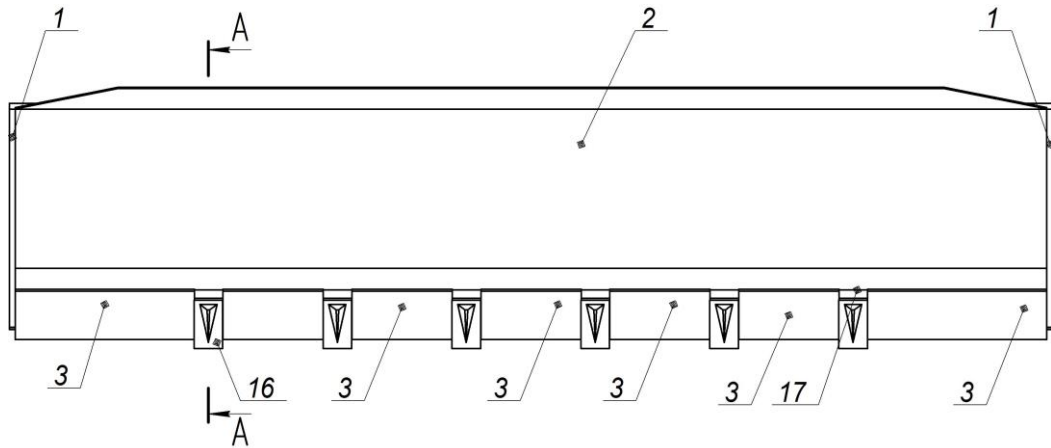
Аналіз досліджень щодо напрямку ефективного використання бульдозера в земляних роботах показав, що одним із способів вдосконалення його технічних характеристик є конструктивна модернізація схеми відвала, яка об'єднає традиційний бульдозерний відвал та зуб розпушувача [1]. Удосконалення конструкції відвалу бульдозера можливе за рахунок розширення технологічних можливостей шляхом створення активних коливань встановленими додатково розпушувальних зубів, які виконують попереднє руйнування міцного мерзлого шару ґрунту.

Запропоновано конструкцію відвала бульдозера, який складається (рис. 1) з бічних стінок 1, відвального щита 2, різального ножа 3, задньої стінки 4, напрямних 5, висувних балок 6, привідних гідроциліндрів 7, кронштейнів для штовхальної рами 8 та гідророзкосів 9, а також кріплення механізмів заглиблення 10. Для надання повздовжньої жорсткості відвалу в його нижній частині, в місці різальних ножів встановлено штовхальний брус 11, а у верхній – поперечну балку 12. Поперечна жорсткість відвалу забезпечена поперечними ребрами жорсткості 13. В нижній частині кожної із висувних балок 6 виконано консольну шестигранну пустотілу напрямну 14 по якій рухається корпус 15 шестигранного перерізу з коронкою 16 розпушувального зуба, яка з'єднана з корпусом штифтом 17. В середині кожної пустотілої шестигранної напрямної 14 та рухомого корпусу 15 розпушувального зуба встановлено гідравлічний плунжер, шток 18 якого через шарнірний стопорний палець 19 з'єднано з посадковим отвором рухомого корпусу 15, а циліндр 20 через вісь 21 приєднано до пустотілої напрямної 14. На рухомій частині плунжера 18, яка знаходиться всередині циліндра 20 є обмежувальна шайба 22, яка обмежує хід плунжера. Подача рідини під тиском до циліндра 20 здійснюється через штуцер 23, що встановлений в отвір задньої кришки гідроциліндра 20.

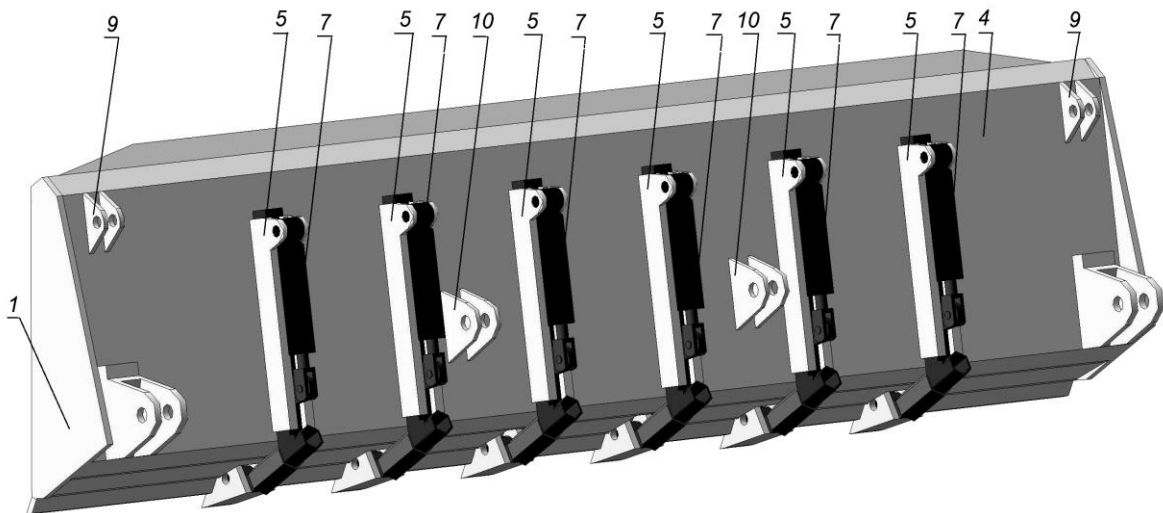
Відвал опускається з транспортного положення в робоче та при робочому русі машини вперед починає заглиблюватися в ґрунт. Коронки 14

розпушників знаходяться в піднятому положенні і разом з різальними ножами 3 відвалу створюють різальний контур. Гребні 15 на розпушниках створюють додаткове сколювання ґрунту.

Внаслідок того, що машина рухається вперед, на передніх гранях коронки 16 розпушувальних зубців відвалу бульдозера виникає сила опору ґрунту різання, яка в місці з'єднання з висувною балкою 6 притискатиме рухомий корпус 15 до шестигранної напрямної 14. Одночасно з цим процесом в напірну порожнину гідроциліндра 20 через штуцер 23 імпульсно подається робочі рідина з тиском більшим за питомий тиск різання міцного ґрунту, що через шток 18 передаватиметься на рухомий корпус 15 та ріжучу кромку коронки 16. Внаслідок цього ріжуча кромка коронки 16 пульсуючи різко ударяється в масив ґрунту створюючи в ньому тріщини чим зменшуватиме міцність розроблюваного масиву ґрунту.



a



б

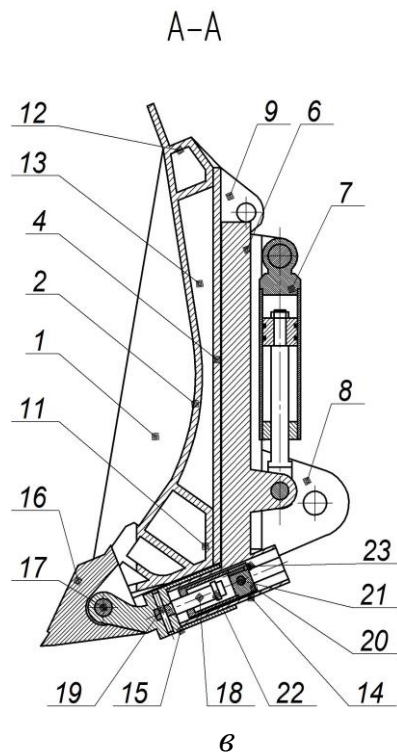


Рисунок 1 – Відвал бульдозера з пульсуючими розпушувальними зубцями: *а* – вид спереду; *б* – вид ззаду; *в* – поперечний розріз; 1 – бічні стінки; 2 – відвальний щит; 3 – різальний ніж; 4 – задня стінка; 5 – напрямні; 6 – висувні балки; 7 – приводні гідравлічні циліндри; 8 – кронштейн штовхальної рами; 9 – гідророзкоси; 10 – кріплення механізму заглиблення; 11 – штовхальник брус; 12 – поперечна балка; 13 – ребро жорсткості; 14 – пустотіла шестигранна напрямна; 15 – корпус шестигранного перерізу; 16 – коронка розпушувального зубця; 17 – штифт; 18 – шток; 19 – стопорний палець; 20 – циліндр; 21 – вісь; 22 – обмежувальна шайба; 23 – штуцер

У разі коли при руйнуванні міцного ґрунту не вистачатиме потужності базового тягача або відбуватиметься його буксування, необхідно за допомогою гідроциліндрів 7 здійснити висування вниз балок 6 розпушників, що призведе до висування коронок 14 та їхнього безпосереднього контакту з ґрунтом, при цьому різальна частина відвалу бульдозера не виконуватиме розробку ґрунту тим самим дозволяючи реалізовувати повну потужність базового тягача на розробку міцного ґрунту лише розпушувальними зубами.

Запропоноване технічне рішення дозволяє виконувати додаткове ударне руйнування ґрунту розпушниками відвала, внаслідок чого знижуватиметься опір руйнування ґрунту та підвищуватиметься продуктивність виконання земляних робіт. Це розширює технологічні можливості бульдозерів щодо розпушування мерзлих і твердих ґрунтів без притягнення додаткових машин або спеціалізованого робочого обладнання для попереднього виконання цих робіт.

Сила опору руху бульдозера в робочому режимі риття ґрунту складається з опору руху базової машини (W_1), опору різання ґрунту (W_2), опору зсуву призми землі (W_3) і опору переміщення ґрунту по відвалу (W_4) [2]:

$$R_H = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$$

Сила опору динамічного руйнування ґрунту визначається формулою [3]:

$$W_{2p} = \frac{U(\rho v^2 + m_b \varepsilon) n_3 b h}{2 v k_\alpha},$$

де k_α – коефіцієнт загострення різального елемента; b – ширина розпушувального зуба; n_3 – кількість розпушувальних зубів; v – швидкість впровадження робочого органа в ґрунт, м/с; U – швидкість розповсюдження поздовжніх хвиль деформацій; ε – відносна динамічна деформація; m_b – питомий опір ґрунту різання, Па; h – товщина шару ґрунту, що зрізається, м; ρ – щільність ґрунту, кг/м³.

Список використаних джерел:

1. Міщук Д. О., Волянчук В. О. (2019). Відвал бульдозера з пульсуючими розпушувальними зубами. Патент України №133944.
2. Костенюк А., Фомін А., Тетерятник А., Боковня Г. (2017). Розподіл енергії в робочу зону під час різання ґрунтів. Гірничі, будівельні дорожні та меліоративні машини, № 89, 73-80.
3. Баладінський В., Гаркавенко А., Кравець С., Русан І., Фомін А. (2000). Машини для земляних робіт, Рівне, РДТУ, 288.

УДК 681.6

ПОЛІМЕРИ З МОЖЛИВІСТЮ САМОВІДНОВЛЮВАННЯМ

Краснощок І.Р. – студент

Наукові керівники – Шаленко В.О. к.т.н., доц., Корнійчук Б.В., к.т.н., доц.,

Маслюк А.А. асист.

Київський національний університет будівництва і архітектури

На сьогодні існує велика кількість різноманітних видів полімерів, які мають різноманітні властивості. На сьогодні існують деякі полімери, які здатні до самовідновлювання після розриву або пошкодження. Це такі матеріали, що можуть відновлювати свою структуру та властивості без зовнішнього

втручання або з мінімальним втручанням (наприклад, нагріванням або впливом світла).

До основних, на сьогодні, можна віднести такі види самовідновлювальних полімерів:

1. Реверсивні хімічні зв'язки – такі полімери містять динамічні ковалентні або нековалентні зв'язки (наприклад, водневі, π – π взаємодії, Diels-Alder реакції). При розриві зв'язки можуть знову сформуватись на певних умовах (температура, волога тощо).

2. Капсульовані реагенти – це матеріал у який вбудовують мікрокапсули з реагентами. При розриві яких капсули ламаються, і вивільнений реагент реагує з полімером, що призводить до склеювання пошкодженої частини.

3. Іонні або водневі взаємодії – такі полімери можуть самі зшиватись за допомогою слабких міжмолекулярних зв'язків.

Останні дослідження вказують на те, що найбільш інтригуючі результати отримані на системах, які поєднують різні типи динамічних зв'язків. Ці матеріали демонструють високу міцність разом із відносно швидкою швидкістю самовідновлення. Існує чіткий компроміс між швидкістю самовідновлення та механічним модулем матеріалів, ведуться розробки такого дизайну полімерів, які перевернуть такий компроміс.

Такі самовідновлювальні матеріали відкривають нові перспективи для більш стійких технологій із покращеними характеристиками матеріалів і довговічністю пристроїв. У майбутньому практичне застосування таких матеріалів буде у:

- покриттях (антикорозійні, декоративні);
- біомедичних імплантах;
- гнучкій електроніці;
- автомобільній та авіаційній промисловості.

Список використаних джерел:

1. Шаленко В.О., Маслюк А.А. Використання вторинного пластику для 3D друку. // Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» 23-24 лютого 2023 р. – Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2023. – С. 493-495. – Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/1RroWpQAqCfFEFjiewbSxTdPMUEy6YTWo/view>.

2. Шаленко В.О., Корнійчук Б.В., Маслюк А.А., Попроцька О.Д. Новий матеріал для 3D друку основі PLA- та ABSпластику. // LXXVII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. Тези

доповідей. – К.: Національний транспортний університет, 2021. – С. 34, 35. – Режим доступу: <http://vstup.ntu.edu.ua/konf-77.pdf>.

3. Шаленко В.О., Маслюк А.А., Якименко С.Л. Складний 3D друк моделей з пластику. // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної онлайн конференції «Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України», присвяченої 20-й річниці з дня створення факультету конструювання та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К.: НУБіП України, 2021. – С. 65.– Режим доступу: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u232/zbyrnik_tez.pdf.

4. Bingrui Li, Peng-Fei Cao, Tomonori Saito, and Alexei P. Sokolov. Intrinsically Self-Healing Polymers: From Mechanistic Insight to Current Challenges. Chemical Reviews 2023, 123, 2, 701-735. Режим доступу: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemrev.2c00575>

УДК 629.038

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗАГОТІВЛІ ДЕРЕВИНИ МИКОЛАЇВСЬКОГО ДОЧІРНЬОГО ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА ОКС ЛГП “ГАЛСІЛЬЛІС” НА ОСНОВІ ЗАПОБІГАННЯ НЕГАТИВНОМУ АНТРОПОГЕННОМУ ВПЛИВУ

Гексель Р.І. – студент

Науковий керівник – Магура Б.О., к.т.н., доц.

Національний лісотехнічний університет України

Лісова екосистема – це природний комплекс, який виконує важливі функції з регулювання клімату, захисту довкілля та забезпечення умов для відпочинку. Водночас ліс є основним джерелом деревини та інших корисних продуктів, що отримуються в процесі побічного користування. Однак людська діяльність негативно впливає на навколишнє середовище, порушуючи баланс природних лісових екосистем. Це спричиняє зменшення їхньої водоохоронної та захисної ролі, посилює ерозійні процеси та знижує біологічну стійкість лісів.

Під час ознайомлення з виробничою діяльністю Миколаївського дочірнього лісогосподарського підприємства (ДЛГП) “Галсільліс” було з’ясовано, що підприємство здійснює лише дві фази лісозаготівельних робіт:

лісосічні роботи та транспортування деревини безпосередньо споживачам. Заготівля проводиться переважно в рамках рубок формування й оздоровлення лісів (РФОЛ), а також під час вибірових рубок головного користування (РГК).

На операції трелювання деревини використовуються багатофункціональні колісні трактори для промисловості та сільського господарства МТЗ та ЮМЗ (без спеціального технологічного навісного обладнання), які негативно впливають на навколишнє середовище та лісову екосистему, зокрема на ґрунтовий покрив, стан підросту та підліску.

Оскільки підприємство заготовляє відносно не великі обсяги деревної сировини, нами запропоновано на операції трелювання деревини при виконанні РФОЛ та вибірових РГК замість тракторів МТЗ та ЮМЗ (різних модифікацій) використовувати колісну трелювальну машину (скідер) розроблену на базі багатофункціонального трактора загального призначення ЮМЗ-6АК. Така машина оснащується спеціальним технологічним обладнанням (тягово-трелювальною лебідкою і кліщовим захоплювачем). На базі вищезгаданої машини запропоновано і обґрунтовано технологічний процес лісосічних робіт Миколаївського ДЛГП ОКС ЛГП “Галсільліс” з метою зменшення і запобігання негативному антропогенному впливу.

Проведено розрахунок основних зусиль і навантажень у конструкції трелювальної машини на основі трактора ЮМЗ-6АК, зокрема перевіровий розрахунок елементів конструкції: осі кріплення проміжної рами, вух кріплення трелювального устаткування та елементів кріплення лебідки до рами трактора. Всі проведені розрахунки елементів конструкції підтвердили правильність вибору конструктивних параметрів устаткування, що дає змогу стверджувати про забезпечення його надійної роботи.

Використання конструкції запропонованої нами трелювальної машини і розробленого на її базі технологічного процесу лісосічних робіт дасть змогу значно зменшити негативний вплив лісозаготівлі на лісову екосистему та підвищити рівень механізації лісосічних робіт.

Список використаних джерел:

1. Гриб В. М., Грушанський О. А., Магура Б. О., Сендонін С. Є. Основи лісоексплуатації : навчальний посібник (частина II). Київ : Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2021. – 288 с.

2. Кий В.В. Технологія і машини лісосічних робіт. Матеріали до технологічних розрахунків. Львів, 1999 р. –38с.

3. Сабадир А.І., Зібцев С.В. Першочергові кроки в напрямку екологізації технологій лісового господарства України// Наук. вісник НАУ: Лісівництво. – Київ : НАУ. – 2000, вип. 46. – С. 196-204.

4. Трактор ЮМЗ – 6. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://traktorbook.com/traktor-yumz-6/>.

5. Деталі машин : Навчальний посібник / Г. М. Борозенець, В. М. Павлов., І. В. Семак. – Київ : Видавничий дім “Кондор”, 2021. – 220 с.

УДК 621.941:531.16

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ РІЖУЧОГО ЗУБЦЯ КРУГЛОЇ ПИЛКИ КРЯЖУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТУ МАЯТНИКОВОГО ТИПУ

Плескач Р. В. – студент

Науковий керівник – Гобела В. М., ст. викл.

Національний лісотехнічний університет України

Під час роботи кряжувальних верстатів робочий інструмент виконує складний обертовий рух. Безпосередньо, знімання стружки, під час пиляння, виконується зубцями пилки.

У момент вряжування круглих лісоматеріалів круглопилковими верстатами маятникового або балансиного типу, ріжучі зубці, які розміщені на периферії круглої пилки (диску), рухаються по складній траєкторії і виконують перерізання деревини.

На рисунку 1 приведено розрахункову схему для визначення траєкторії руху ріжучих зубців круглих пилок, на якій показано положення, в якійсь момент часу, довільно вибраного ріжучого зубця M і наступного M_1 .

Подача пилки на колоду проходить під час обертання маятника (O, O_1) з кутовою швидкістю ω навколо нерухомого шарніру O по коловій орбіті. Для забезпечення різання диск пилки повинен обертається відносно рухомого шарніру O_1 з кутовою швидкістю ω_1 . Приймаємо довжину маятника рівною l , а радіус верхівок зубців пилки – R . Прийняту систему координат XOY розмістимо таким чином, щоб початок координат O співпадав з точкою повертання маятника. При цьому будемо вважати, що в початковий момент часу маятник (O, O_1) і радіус (O_1, M) зубця M пилки знаходяться на осі OX , а обертання маятника і пилки відбувається проти годинникової стрілки.

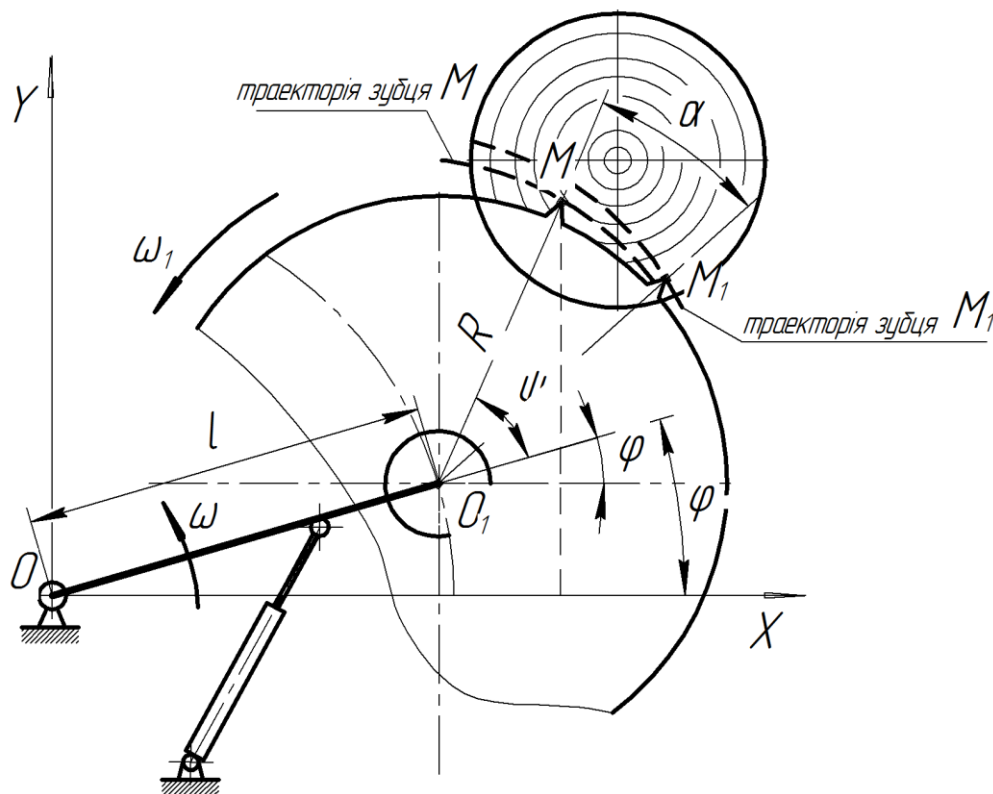


Рисунок 1 – Схема для розрахунку траєкторії руху ріжучих зубців круглих пилок кряжувальних верстатів маятникового типу

Тоді координати довільно вибраного зубця M визначимо за формулами:

$$X = l \cdot \cos \phi + R \cdot (\phi + \psi) \quad (1)$$

$$Y = l \cdot \sin \phi + R \cdot \sin(\phi + \psi) \quad (2)$$

Враховуючи, що процес різання відбувається під час обертання пилки і її подачі на колоду (повертанні маятника) існує залежність між кутом повороту маятника ϕ і кутом повороту пилки ψ , яку можна представити у вигляді:

$$\psi = k \cdot \phi, \text{ град} \quad (3)$$

де k – коефіцієнт який враховує залежність між кутом ψ і ϕ .

Врахувавши вираз (3) рівняння (1) і (2) запишемо у вигляді:

$$X = l \cdot \cos \phi + R \cdot \cos[(1 + k) \cdot \phi] \quad (4)$$

$$Y = l \cdot \sin \phi + R \cdot \sin[(1 + k) \cdot \phi] \quad (5)$$

Сутність процесу пиляння полягає в тому, що в процесі приймають участь одночасно декілька зубців. Параметричні рівняння траєкторії руху вершини наступного зубця M_1 запишемо у вигляді наступної формули:

$$X = l \cdot \cos \phi + R \cdot \cos[(1 + k) - \alpha] \quad (6)$$

$$Y = l \cdot \sin \phi + R \cdot \sin[(1 + k) - \alpha] \quad (7)$$

де α – кут між радіусами сусідніх зубців.

Для графічної побудови траєкторії руху зубців круглої пилки задамося вихідними умовами взятими з технічної характеристики найбільш

розповсюдженого крязувального верстату маятникового типу АЦ-3С: $l = 1.1$, м; $R = 0,75$, м.; $n = 950$ об/хв.; $m = 120$, шт.; $V_H = 0,7-0,8$, м/с.

Враховуючи можливість накладання кривих доцільно в розрахунки замість кута α приймати кут α_0 , якій визначають за формулою

$$\alpha_0 = i \cdot \alpha \quad (8)$$

де i – порядковий номер наступного i -го зуба для якого вираховують траєкторію руху.

Для розрахунків приймаємо градацію ψ через 5° . Графік траєкторії руху ріжучого зубця представлено на рисунку 2.

В результаті здійсненого дослідження встановлено, що зубці круглої пилки крязувального верстату маятникового типу під час роботи рухаються по складній траєкторії, представлений на рис. Кожний наступний зубець пилки повторює рух попереднього, але його траєкторія зміщується по відношенню до попередньої на величину повороту маятника, за час протягом, якого пилка повернеться на кут α .

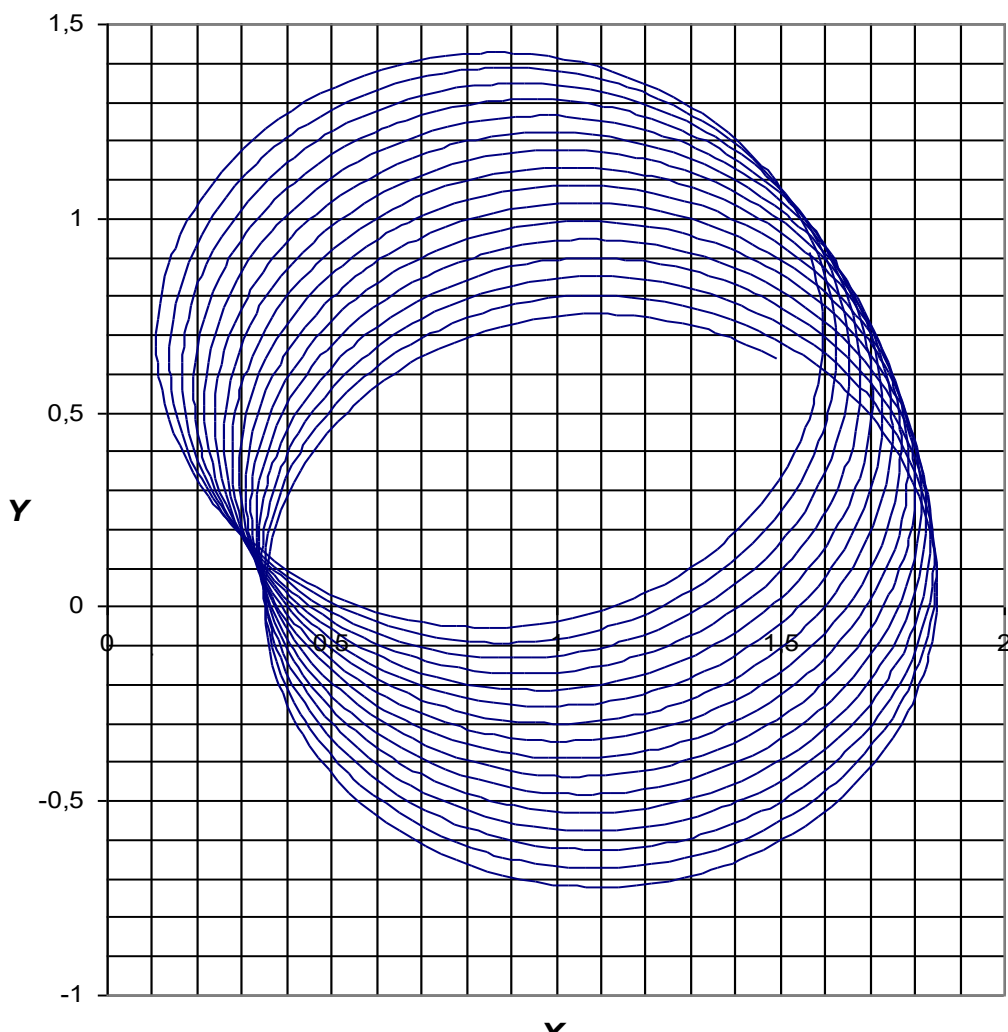


Рисунок 2 – Графік траєкторії руху ріжучого зубця круглої пилки крязувального верстату маятникового типу

Запропоновано рівняння для розрахунку траєкторії руху зубців круглих пилок, що доцільно застосовувати для будь-яких геометричних параметрів та для різних умов роботи кряжувальних верстатів маятникового типу.

Список використаних джерел:

1. Кірик М. Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів [Текст] / М. Д. Кірик. – Львів : КН, 2006. – 412 с.
2. Шкіря Т. М. Машина і обладнання лісосічних та лісоскладських робіт: підручник [Текст] / Т. М. Шкіря. – Львів : “Тріада плюс”, 2005. – 436 с.

УДК 629.1:621.882

РОЗРАБЛЯННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АВТОМОБІЛЯ-ЕВАКУАТОРА

Ярчак І.І. – студент

Науковий керівник – Гобела В.М., ст. викл.

Національний лісотехнічний університет України

Часто бувають ситуації коли транспортні засоби не можуть переміщатися своїм ходом. Такі ситуації виникають після дорожньо-транспортних пригод, поломок автомобіля, потребою безпечного переміщення автомобіля на інше місце стоянки або роботи, переміщення транспортних засобів із стоянок, транспортування нових авто на місце продажі та інше. Для виконання таких робіт використовують автомобілі-евакуатори оснащені відповідним технологічним устаткуванням.

Зробивши аналіз різних видів технологічного обладнання евакуаторів які призначені для евакуації вантажних автомобілів пропонуємо конструктивну схему устаткування яке може встановлюватися на вантажні автомобілі відповідної вантажопідємності вітчизняного та зарубіжного виробництва.

Запропонована конструктивна схема навісного устаткування приведена на рисунку 1. Ця конструктивна схема передбачає оснащення евакуатора устаткуванням для часткового завантаження автотранспорту який евакуюють. Такі евакуатори можна застосовувати для евакуації автобусів та вантажівок любых типів, дорожньої і будівельної техніки та інше.

Запропонована схема устаткування для автомобіля-евакуатора приведена на рисунку 1.

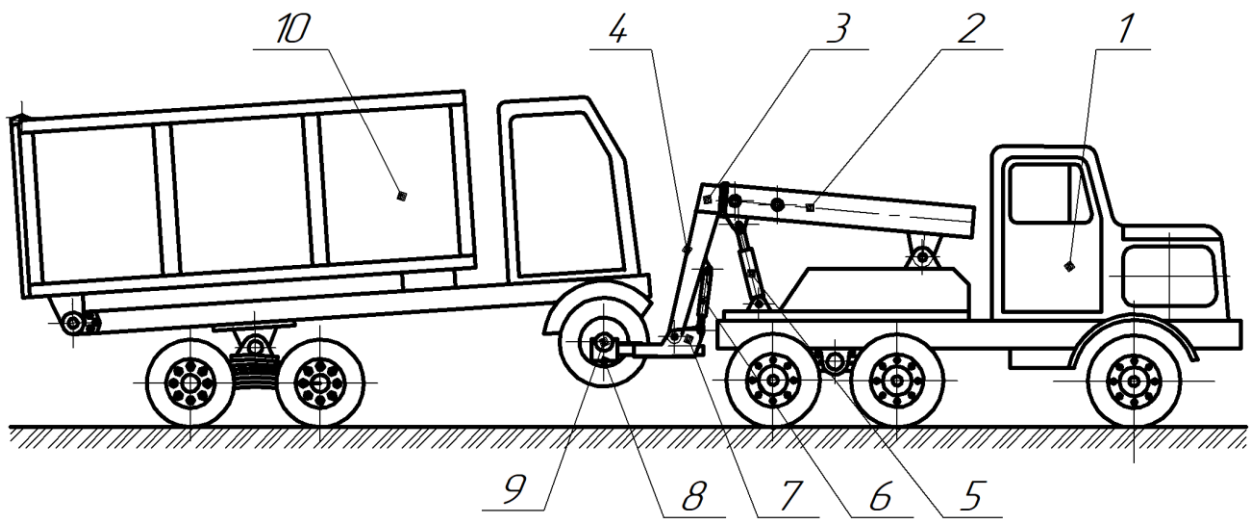


Рисунок 1 – Запропонована схема устаткування: 1 – евакуатор; 2 – стріла; 3 – руків'я; 4 – кронштейн; 5, 6 – гідроциліндри; 7 -поворотна консоль; 8 – зчіпне пристосування; 9 – передня вісь автомобіля, який евакуюють

Запропонована конструктивна схема поворотної консолі приведена на рисунку 2.

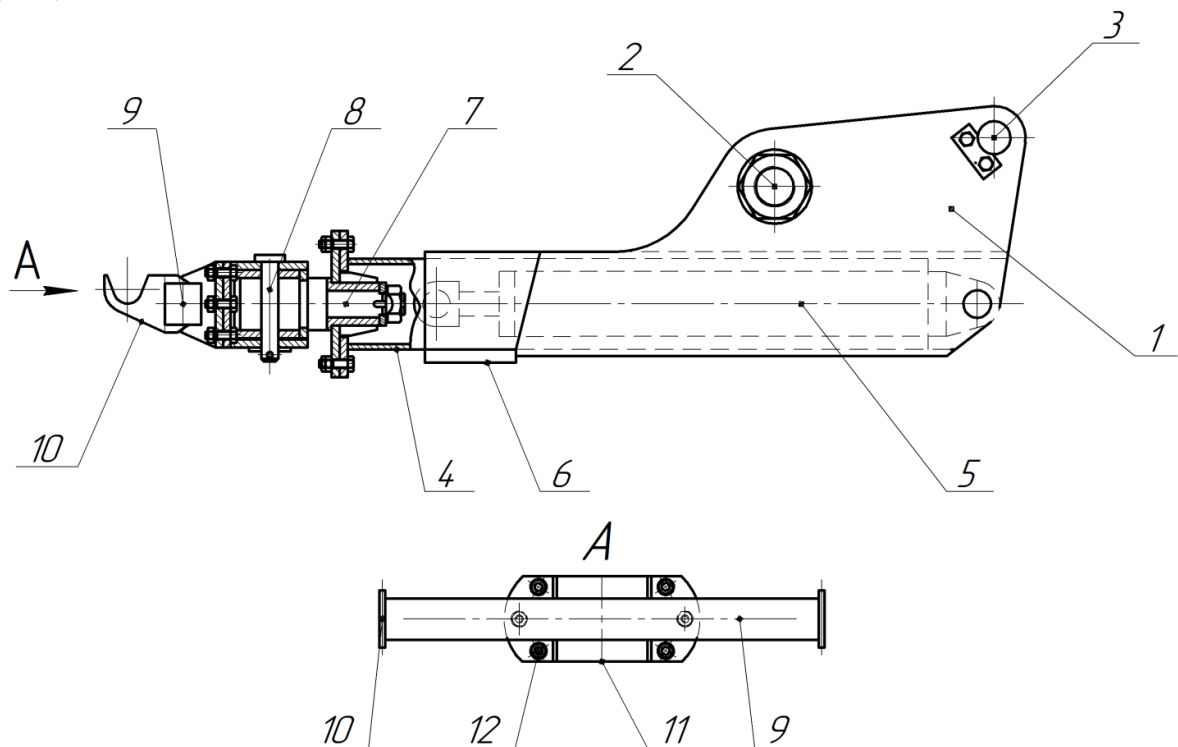


Рисунок 2 – Конструктивна схема поворотної консолі телескопічного типу: 1 – рама; 2 – палець поворотного шарніра; 3 – палець; 4 – рама висувної консолі; 5 – гідроциліндр; 6 – підсилююча пластина; 7 – поворотний шарнір;

8 з'єднувальний, поворотний шарнір пальцевого типу; 9 – балка; 10 – зчіпне пристосування; 11 – пластина; 12 – кріплення

Поворотна консоль, телескопічного типу, складається із рами 1, яка має коробчасту форму і зварена із листової сталі. Рама висувної консолі 4 переміщається у рамі 1 поворотної консолі з допомогою гідроциліндра 5.

Для запобігання зношування нижньої пластини рами 1, її край, з боку висувної консолі, підсилений підсилюючою пластиною 6. Балка 9 на якій закріплено зчіпні пристосування 10 повертається у вертикальній площині, під дією передньої осі автомобіля під час його евакуації через шарнір 7. В горизонтальній площині, зчіпне пристосування повертається через шарнір, пальцевого типу 8. Балка 9, через конструкцію, яка складається із двох косинок приварена до пластини 11, яка болтовим з'єднанням прикріплюється до пластини висувної рами 4.

Запропонована конструктивна схема поворотної консолі передбачає заміну балки 9 із зчіпними пристосуваннями 10 на причіпне пристосування гакового типу або пристосування із сідлом для евакуації півпричепів.

Запропоноване устаткування дозволить без особливих затруднень переобладнувати вантажні автомобілі, відповідної вантажопідємності, під автомобілі-евакуатори, суттєво спростити процес причіпання і евакуації вантажних автомобілів, зменшити собівартість та в повній мірі забезпечити автотранспортні служби евакуаторами.

УДК 658.52.7:621.773

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПРОФНАСТИЛУ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ГНУЧКОЇ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ ТА САМОХІДНОГО РЕЙКОВОГО ВІЗКА- РУЛОНОВОЗА

Каратник Р.І. – студент

Науковий керівник – Бакай Б.Я., к.т.н., доц.

Національний лісотехнічний університет України

Вступ. Машинобудування є ключовою галуззю економіки України та відіграє важливу роль у формуванні техніко-технологічного потенціалу всіх галузей виробництва. Нагальною потребою є технічна модернізація

металообробних виробництв, особливо малих і середніх підприємств, які відчують брак сучасного технічного забезпечення. Ринок спеціальної транспортно-навантажувальної техніки для таких виробництв переважно представлений імпортним устаткуванням. На основі проведеного аналізу, з'ясовано що це устаткування лише частково задовольняє потреби виробництва та автоматизації праці. У зв'язку з цим, актуальним є пошук шляхів удосконалення технологічних процесів металооброблення на основі застосування спеціалізованого устаткування, здатного забезпечити формування гнучких виробничих систем. Одним із підприємств, що відчуває потребу в такому удосконаленні, є ТОВ "АВ Метал Груп" (м. Львів), яке займається виробництвом профнастилу. Таким чином, необхідність модернізування технологічного процесу з виробництва профнастилу та забезпечення його автономними спеціалізованими транспортно-навантажувальними засобами є актуальним для підприємства.

Основна частина. На виробничих потужностях ТОВ "АВ Метал Груп" у м. Львові здійснюється виготовлення профнастилу з рулонної сталі. Технологічний процес передбачає підготовлення сировини, розмотування рулонів, профілювання металу на автоматизованих прокатних лініях та подальшу обробку. Транспортування рулонів сталі зі складу тимчасового зберігання до розмотувальних агрегатів здійснюється мостовими цеховими кранами з використанням спеціальних вантажних траверс. Процес завантаження рулонів на розмотувальні верстати є трудомістким і включає ручне встановлення шпуль.

Враховуючи зростання частки мало- та дрібносерійного виробництва профнастилу, ефективність існуючого технологічного процесу потребує покращення. Одним із перспективних напрямків є впровадження гнучкої виробничої системи (ГВС), що складається з гнучких технологічних модулів (ГТМ). Для ефективного функціонування таких модулів, особливо на ділянці обслуговування розмотувально-прокатних ліній, пропонується використовувати автономні рейкові маніпуляторні візки-рулоновози.

Розроблено функціональну схему самохідного рейкового візка-рулоновоза з телескопічним гідроманіпулятором, призначеного для механізованого завантаження, розвантаження та транспортування рулонів листового металу між складами та розмотувальними лініями. Візок оснащений вантажними платформами та телескопічним гідроманіпулятором з торцевим рулонозачепом. Функції візка передбачають переміщення рулонів зі складу на вантажні платформи, їх транспортування до розмотувачів, завантаження рулонів на консолі розмотувачів, розвантаження порожніх шпуль та їх транспортування.

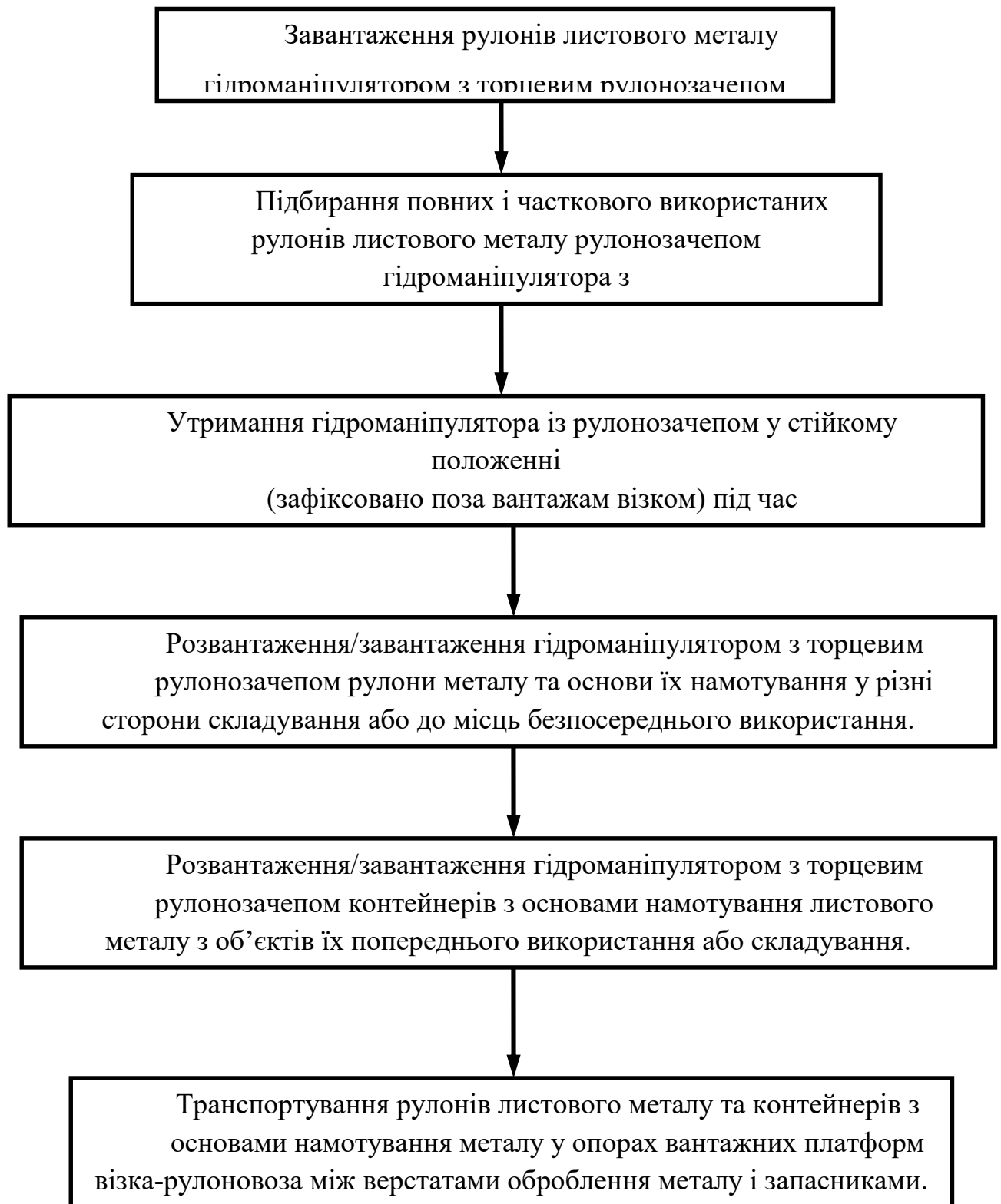


Рисунок 1 – Структурна схема роботи візка-рулоновоза з рулонами листового металу та з тарою на технологічному модулі

Обґрунтовано конструкцію навантажувального маніпулятора, для якого запропоновано низку техніко-технологічних рішень з метою спрощення його будови та експлуатування у виробничих умовах. З використанням програмного комплексу SolidWorks виконано моделювання конструкції стріли

маніпулятора для визначення її напружено-деформівного стану під дією робочих навантажень. Визначено основні технологічні навантаження та параметри гідроциліндра стріли маніпулятора, що забезпечує його працездатність.

Особливу увагу приділено аспектам безпеки праці при впровадженні запропонованих удосконалень. Розглянуто вимоги безпеки до технологічного устаткування, виробничо-технологічних процесів та виконання окремих операцій. Впровадження механізованих та автоматизованих транспортно-навантажувальних засобів сприятиме покращенню умов праці та підвищенню безпеки виробничого процесу.

Висновки. Результати проведеного дослідження підтверджують доцільність удосконалення технологічного процесу виробництва профнастилу на підприємстві ТОВ “АВ Метал Груп” шляхом впровадження елементів гнучкої виробничої системи та використання самохідного рейкового візка-рулоновоза з телескопічним гідроманіпулятором. Запропонована концепція устаткування дозволить оптимізувати міжопераційні переміщення рулонної сталі, скоротити тривалість часу на виконання підготовчо-заклучних робіт, підвищити гнучкість виробництва для виготовлення малих і середніх серій продукції та покращити умови праці на виробництві. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на детальне проєктування та економічне обґрунтування впровадження розроблених технічних рішень.

УДК 630*375:[514.85+629.3.012]

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТРЕЛЮВАЛЬНОГО ЗАСОБУ

Фещак В.В. – студент

Науковий керівник – Цимбалюк Ю.І., к.т.н., доц.

Національний лісотехнічний університет України

Актуальність. Під час трелювання деревної сировини, зокрема, під час виконання рубок формування та оздоровлення лісових насаджень, широко використовуються причіпні трелювальні засоби, що агрегатуються з різними тяговими одиницями. Це сприяє розширенню переліку самохідної техніки, яка може використовуватися на даній операції. Першочергово це стосується міні техніки, до прикладу квадроциклів, що відрізняються невеликими розмірами, високою маневровістю та досить високою прохідністю. Така і подібна техніки,

найбільше відповідає умовам трелювання деревини під наметом лісового насадження, однак її технічні дані не дозволяють використовувати навісне спеціальне обладнання, тому його доцільно замінити причіпними засобами трелювання.

Зазначені, причіпні трелювальні засоби, які можуть агрегатуватися з міні технікою чи гужовим транспортом, часто відрізняються спрощеною конструкцією, що вимагає застосування значної фізичної сили, зокрема під час завантаження деревини. Саме полегшення процесу завантаження деревини на трелювальний засіб, було головною метою даної роботи. За основу, було взято трелювальний засіб на санних полозах для трелювання деревини в напівзавантаженому стані.

Основний матеріал. В наукових публікаціях на дану тематику, розглядаються та пропонуються різні підходи, стосовно застосування на операції трелювання міні техніки з причіпними трелювальними засобами. Зокрема, виконується обґрунтування різноманітних типів трелювальних систем з використанням причіпних трелювальних засобів [1]. Пропонуються конструкторські рішення, реалізація яких сприятиме більш повній механізації процесу та його екологічності.

В нашій роботі, виходимо з того, що найбільш важкою фазою операції трелювання деревини з використанням міні техніки з причіпними трелювальними засобами є завантаження деревини. При цьому зважаємо на те, що трелювання такими засобами виконується переважно у вигляді одиничних лісоматеріалів або не більше кількох, зважаючи на їх середній об'єм. При цьому слід прагнути до того, щоб не сильно ускладнювалася загальна конструкція трелювального засобу.

На рисунку 1, подано загальний вигляд удосконаленої конструкції причіпного трелювального засобу, який може рекомендуватися для агрегатування з міні тяговою технікою. За основу прийнято трелювальний засіб на санних полозах, тобто, для трелювання деревини в зимову пору року. Він розрахований для трелювання одиничних лісоматеріалів.

До основних частин трелювального засобу відноситься П-подібна опорно-просторова вантажна рама 1 (рис. 1), два санні полози 2, поворотна рамки 3 із тяговим ланцюгом 4 та піднімально-ув'язуючий ланцюг 5.

Під час завантаження лісоматеріалу для трелювання його в напівзавантаженому стані, даний трелювальний засіб має розміщуватися так щоб лісоматеріал розміщувався між полозами 2. Для цього необхідно попередньо поворотну рамку 3 встановити в положення II (рис. 1), а для трелювання лісоматеріалу – перевести в положення I.

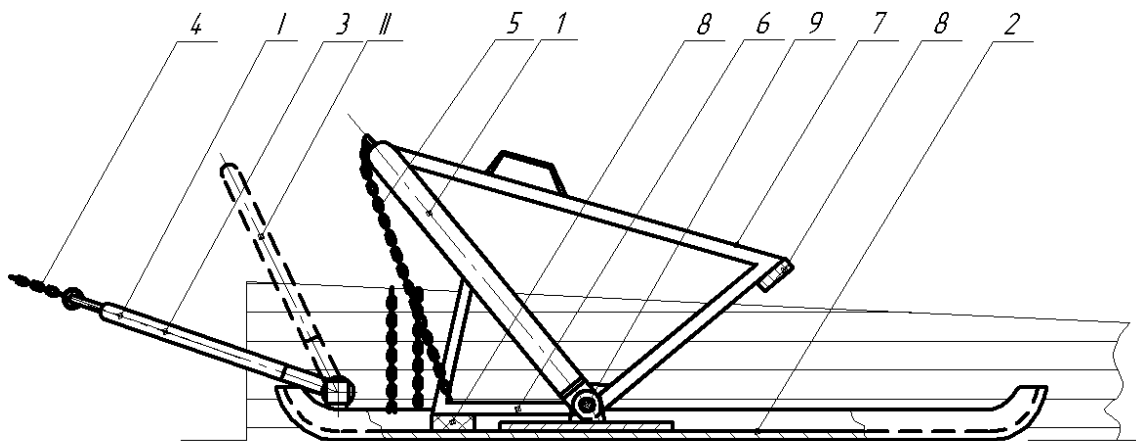


Рисунок 1 – Загальний вигляд причіпного трелювального засобу

Щоб підняти та завантажити лісоматеріал, слугує піднімально-ув'язуючий ланцюг 5, за допомогою якого охоплюється верхня частина лісоматеріалу, а також П-подібна опорно-просторова вантажна рама 1. Під час цього процесу, зазначена П-подібна опорно-просторова вантажна рама 1 вручну встановлюється в переднє положення до упору обмежувачів 6 її повороту у полози 2 трелювального засобу. Закріпивши піднімально-ув'язуючий ланцюг 5 на поперечині П-подібної опорно-просторової вантажної рами 1, рухом тягача “вперед” відбувається поворот П-подібної опорно-просторової вантажної рами 1 у вертикальне положення з одночасним підніманням лісоматеріалу. Трелювання лісоматеріалу виконується в напівзавантаженому стані.

Висновки: 1. Широке використання малогабаритної техніки для трелювання деревини суттєво зменшує негативний вплив на ліс.

2. Причіпні трелювальні засоби, дозволяють використовувати для трелювання деревини широкий спектр міні техніки.

3. Міні техніка є незамінною, зокрема під час виконання рубок формування та оздоровлення лісових насаджень.

Список використаних джерел:

1. Small to medium scale self-loading timber trailers: a guide to safe use. Forest Research. *Technical Development* TD JR177. The Research Agency of the Forestry Commission. Apr-2019. 74 p.

2. Патент на корисну модель №158283, кл. B62D63/00, 2025р.

ВПРОВАДЖЕННЯ МАЛОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ТРЕЛЮВАННЯ ДЕРЕВИНИ

Криницький В.М. – студент

Науковий керівник – Цимбалюк Ю.І., к.т.н., доц.

Національний лісотехнічний університет України

Актуальність. Особливості виконання певних видів рубок, потребують застосування малогабаритних трелювальних систем, які можуть переміщуватися в лісовому насадженні між деревами, що залишаються на площі. Першочергово це стосується рубок формування та оздоровлення лісових насаджень, зокрема рубок догляду. Через певні проблеми, що існують в лісовому господарстві, трелювання деревини на зазначених рубках виконується із широким застосуванням гужового трелювання з найбільш простими трелювальними засобами. Однак на сьогодні існує велика кількість механізованих засобів, які можуть використовуватися у лісі не зважаючи на їх інше призначення. Для адаптації їх до трелювання деревини, використовуються причіпні трелювальні засоби різної конструкції. Разом з тим, виробниками спеціалізованої техніки, пропонуються великий перелік зразків міні-трелювальної техніки, яка відповідає умовам її застосування на рубках догляду. Саме тому, дана робота стосується огляду певних зразків техніки та причіпних трелювальних засобів, які відносяться до малої механізації операції трелювання деревини.

Основний матеріал. В багатьох європейських країнах на лісосіках із малими об'ємами рубок та необхідністю трелювання деревини в лісовому насадженні, знайшли застосування лісогосподарські агрегати, створені на базі мотоусюдиходів (квадроциклів (ATV)). Для адаптації зазначеної техніки до роботи в лісі підходять зокрема причіпні трелювальні візки із об'ємним завантаженням деревини до 2 м³. Квадроцикли з базовою шириною в межах одного метра та масою, яка коливається біля 200...300 кг, розроблялися в якості транспортних засобів для бездоріжжя, але знайшли широке застосування в лісовому господарстві завдяки своїй універсальності та відносно не великій їх вартості. Ці транспортні засоби з метою їх успішного застосування під час виконання лісозаготівельних робіт, повинні мати двигун об'ємом не менше 300 см³ і відповідно, чотири ведучих колеса. Бажано при цьому використовувати моделі, що мають в наявності додаткові треки або

тягові ланцюги, противаги на передній частині транспортного засобу, додатковий захист двигуна від механічних пошкоджень та лебідку. Технічні дані квадроциклів, що використовуються на трелювальних роботах, варіюються в залежності від лісоексплуатаційних умов їх застосування. На світовому ринку такої техніки домінують такі виробники як Vimek, Polaris, Honda, Yamaha, Kawasaki, Suzuki, John Deere та ін. Для удосконалення процесу трелювання цією технікою, використовуються відповідні аксесуари (рис. 1)



Рисунок 1 – Трелювальні аксесуари до квадроциклів: *а* – трелювальна арка; *б* – трелювальний конус

У якості спеціалізованої міні-трелювальної техніки, відомими виробниками пропонуються до прикладу, міні-форвардери. Зокрема таким є високопрохідний Minimaster 630 (4WD) фірми Vimek (рис.2), що складається з мотовсюдиходу із двигуном 480 см³ і чотириколісного причепа з маніпулятором із загальною вантажопідйомністю до 4000 кг.



Рисунок 2 – Міні-форвардер фірми Vimek, Minimaster 630 (сайт виробника)

Застосування міні-техніки під час трелювання деревини в лісовому насадженні, має також суттєві відмінності в технології її використання в

порівнянні із великогабаритною трелювальною технікою. Зокрема, головною особливістю не відсутність необхідності будування мережі трелювальних шляхів, що включають пасічні та магістральні трелювальні волоки та немає необхідності в концентрації значних об'ємів деревини в одному місці. Натомість, доцільно використовувати малі проміжні склади.

Висновки: – мала механізація трелювальних робіт має перспективи розвитку першочергово в рівнинних умовах на рубках догляду;

– застосування міні-техніки підчас освоєння лісосік, потребує удосконалення технології її застосування для підвищення ефективності всього комплексу лісосічних робіт.

ЗМІСТ

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РУХУ РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА З ДВОМА ОБЕРТАЛЬНИМИ І ОДНІЄЮ ПОСТУПАЛЬНОЮ ЛАНКАМИ.....	3
ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РУХУ РОБОТА МАНІПУЛЯТОРА З ДВОМА ПОСТУПАЛЬНИМИ І ОДНІЄЮ ОБЕРТАЛЬНОЮ ЛАНКАМИ.....	6
ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РУХУ РОБОТА-МАНІПУЛЯТОРА З ВАЖІЛЬНИМ ЗАХВАТОМ.....	9
ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПЕРЕМІЩЕННЯ МОБІЛЬНОГО ПОШУКОВОГО РЯТУВАЛЬНОГО РОБОТА.....	11
ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ПУСКУ ПРЯМОЛІНІЙНОГО РОБОТА З МАНІПУЛЯТОРОМ.....	14
ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РУХУ ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА.....	16
ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЖИМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ МОБІЛЬНОГО ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНОГО РОБОТА.....	18
ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРУТКОВОГО КОНВЕЄРА З КАНАТНИМ ТЯГОВИМ ЛАНЦЮГОМ.....	19
ДИСКРЕТНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ РУХУ ЛАНЦЮГОВОГО КОНВЕЄРА.....	22
СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ ОБЕРНЕНОГО МАЯТНИКА З РУХОМОЮ ТОЧКОЮ ПІДВІСУ.....	24
ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ PRECISION PLANTING ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ ПІД ЧАС СІВБИ.....	25
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ НАГРІВАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ 3D ПРИНТЕРА.....	27
ГАЛЬМІВНІ СИСТЕМИ МЕЗ: ХАРАКТЕРНІ ВІДМОВИ, ДІАГНОСТИКА, ОБСЛУГОВУВАННЯ, РЕМОНТ.....	29
ЕКОЛОГІЧНІ МАТЕРІАЛИ В БУДІВНИЦТВІ.....	31
РОЖЕВА ТУЛУЗА: АРХІТЕКТУРА МІСТА В КОНТЕКСТІ ЕПОХ..	33
КЛАСИФІКАЦІЯ, ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ТА РОЗМІРИ ЦЕГЛИ В УКРАЇНІ.....	38
ПЕРЕВАГИ ЕКОЛОГІЧНИХ ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ ФАРБ.....	40
STRATEGY AND URBAN DEVELOPMENT OF TOULOUSE CITY IN FRANCE.....	41

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ, ЩО БАЗУЄТЬСЯ НА КОНЦЕПЦІЇ ПАСИВНОГО БУДИНКУ.....	46
ОСОБЛИВОСТІ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ ПРИ ДИНАМІЧНИХ ВПЛИВАХ.....	49
ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ ПРИ ДИНАМІЧНИХ ВПЛИВАХ.....	51
КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ «НАДБУДОВИ», ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У ПРОЦЕСІ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ.....	53
ОТРИМАННЯ КОЛОЇДНОЇ ФОРМИ ЗАЛІЗА ТА ЦИНКУ ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ РІДКИХ ВУГЛЕВОДІВ.....	56
СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	57
ОСОБЛИВОСТІ МІЖФАЗНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ЖАРОМІЦНОГО СПЛАВУ І КЕРАМІЧНОЇ ФОРМИ.....	60
ОГЛЯД МОДЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТОЧНОГО ЛИТТЯ.....	62
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗВ'ЯЗУВАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ КЕРАМІЧНИХ ОБОЛОНКОВИХ ФОРМ.....	63
ВЛАСТИВОСТІ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ.....	64
ВПЛИВ ФАКТОРІВ НА ТОЧНІСТЬ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗАГОТОВОК.....	66
ВПЛИВ ВАНАДІЮ НА МІКРОСТРУКТУРУ ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СПЛАВІВ.....	68
ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ НА ТОЧНІСТЬ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ.....	69
ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	71
ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗМІЦНЕННЯ КУЛАЧКОВОГО МЕХАНІЗМУ.....	72
ЗМІНА ТВЕРДОСТІ СТАЛЕВОГО ПРОКАТУ ПІСЛЯ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ТА РЕКРИСТАЛІЗАЦІЇ.....	73
ЛЕГКІ СПЛАВИ В КОНСТРУКЦІЯХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН.....	76
НОВІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ С/Г МАШИН.....	77
ПЕРЕВАГИ ШВИДКОГО ПРОТОТИПУВАННЯ В ДИЗАЙНІ МАШИН.....	79

ТЕРМОСТІЙКІ ПОКРИТТЯ ТА СПЛАВИ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТЕХНІЦІ.....	80
МОДЕРНІЗАЦІЯ ВІДВАЛА БУЛЬДОЗЕРА ПУЛЬСУЮЧИМИ РОЗПУШНИКАМИ.....	82
ПОЛІМЕРИ З МОЖЛИВІСТЮ САМОВІДНОВЛЮВАННЯМ.....	85
ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗАГОТІВЛІ ДЕРЕВИНИ МИКОЛАЇВСЬКОГО ДОЧІРНЬОГО ЛІСОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА ОКС ЛГП “ТАЛСІЛЬЛІС” НА ОСНОВІ ЗАПОБІГАННЯ НЕГАТИВНОМУ АНТРОПОГЕННОМУ ВПЛИВУ.....	87
ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ РІЗУЧОГО ЗУБЦЯ КРУГЛОЇ ПИЛКИ КРЯЖУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТУ МАЯТНИКОВОГО ТИПУ.....	89
РОЗРАБЛЯННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АВТОМОБІЛЯ-ЕВАКУАТОРА.....	92
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПРОФНАСТИЛУ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ГНУЧКОЇ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ ТА САМОХІДНОГО РЕЙКОВОГО ВІЗКА-РУЛОНОВОЗА.....	94
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТРЕЛЮВАЛЬНОГО ЗАСОБУ. ВПРОВАДЖЕННЯ МАЛОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ТРЕЛЮВАННЯ ДЕРЕВИНИ.....	97
	100

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
78-Ї ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
СТУДЕНТСЬКОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ «НАУКОВІ ЗДОБУТКИ
СТУДЕНТІВ У ДОСЛІДЖЕННЯХ ТЕХНІЧНИХ ТА
БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ: КОНСТРУЮВАННЯ ТА
ДИЗАЙН»**

(17-18 квітня 2025 року)

Відповідальний за випуск:

Ю.О. Ромасевич – професор кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України.

Верстка – кафедра конструювання машин і обладнання НУБіП України.

Адреса редколегії – 03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12^в, НУБіП України.

Матеріали тез друкуються у авторській редакції.

Тираж виготовлено з оригінал-макету замовника.

Підписано до друку 18.03.2025. Формат 60х84 1/16.

Ум. друк. арк. 6,625.

© НУБіП України, 2025