

**Національний університет біоресурсів і
природокористування України**

Факультет конструювання та дизайну



ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
XXIII МІЖНАРОДНОЇ ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ НАУКОВО-
ПЕДАГОГІЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ, НАУКОВИХ СПІВРОБІТНИКІВ
ТА АСПІРАНТІВ
«ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ ТА
БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ:
КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙН»

(11-12 квітня 2024 року)

Київ-2024

УДК 631.17+62-52-631.3
ББК40.7

Збірник тез доповідей ХХІІІ Міжнародної онлайн-конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн». – К., 2024. – 148 с.

Збірник рекомендовано до друку рішенням вченої ради факультету конструювання та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України від 26.03.2024 р., протокол № 7.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів факультету конструювання та дизайну НУБіП України, провідних закладів вищої освіти, в яких розглядаються завершені етапи розробок з машин і обладнання сільськогосподарського виробництва, промислового і цивільного будівництва, робототехніки, механізації сільського господарства, будівництва сільських територій, конструювання і надійності машин для сільського і лісового господарств, удосконалення та нових розробок біотехнологічних процесів і технічних засобів.

Редакційна колегія: Ружи́ло З.В. – голова, к.т.н., доц.; Афтандія́нц Є.Г., д.т.н., проф.; Баку́лін А.Є., к.т.н., доц.; Булгако́в В.М., д.т.н., проф.; Лове́йкін В.С., д.т.н., проф.; Лопатько́ К.Г., д.т.н., проф.; Несвідо́мін А.В., к.т.н., доц.; Несвідо́мін В.М., д.т.н., проф.; Новицький А.В., к.т.н., доц.; Пилипа́ка С.Ф., д.т.н., проф.; Роговський І.Л., д.т.н., проф.; Чаусо́в М.Г., д.т.н., проф.; Яковенко І.А., д.т.н., проф.; Ромасевич Ю.О. – секретар, д.т.н., проф.

ДЕФЕКТИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ І МЕТОДИ ЇХ УСУНЕННЯ

Афтанділянц Є. Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Дефекти термічної обробки інструментальних сталей можуть виникати протягом відпалу, гартування та відпуску.

До дефектів термічної обробки інструментальних сталей, що утворюються при відпалі або нормалізації відносяться:

1. *Чорний злам* – ознака графітизації, внаслідок якої утворюється структурно вільний вуглець.

2. *Карбідна неоднорідність*. Карбідна неоднорідність інструментальних сталей може бути зменшена застосуванням гомогенізації. Температури нагрівання до 1160-1180 °С, витримка 2-3 хв/мм перерізу, повільне охолодження і повторний відпал. При цьому карбідна неоднорідність зменшується з 8-9 до 6-7 балів, а в'язкість зростає на 30-50% без помітної зміни міцності. Вихід годного металу зростає на 4—5%.

3. *Структура пластинчастого перліту* утворюється після кування або внаслідок неправильно виконаного відпалу. Для отримання структури зернистого перліту необхідно сталь відпустити при 670-700 °С або виконати нормальний відпал.

4. *Оплавлення поверхні інструменту* спостерігається у таких випадках:

4.1. *Перегрів сталі;*

4.2. *Застосування графітового тигля замість шамотного*, коли поверхня металу навуглероджується, а температура його плавлення знижується;

4.3. *Нагрівання інструменту проводиться у ванні на незначній відстані від електродів*. В цьому випадку електричний струм проходить не через сіль, а через інструмент, що призводить до додаткового нагрівання інструменту. Тому при остаточному нагріванні інструменту доцільно вимикати струм у ванні.

4.4. *Перепап та перегрів*. *Перепап* характеризується окисненням меж зерен у поверхневому шарі (рис. 1, а). Цей вид дефекту є остаточним і викликаний значним перегрівом при гартуванні. *Перегрів* із утворенням ледебуритної евтектики за межами зерен (рис. 1, б) відбувається при меншому перевищенні температури нагрівання. Цей вид дефекту також є остаточним.

1. *Недогрів при відпустці 150-200 °С.* Ознакою, що вказує на недогрів при відпустці є інтенсивніше травлення мікрошліфа і потемніння кристалів мартенситу.

2. *Недостатня твердість після відпуску* може бути викликана недостатнім нагріванням при гартуванні та утворенням недостатньо легованого мартенситу або низькою температурою нагрівання при відпустку (300-400 °С).

Для визначення, яка з наведених причин викликала зниження твердості, виконують додаткову відпустку при 560° С; підвищення твердості є ознакою недостатнього відпуску. Такий інструмент підходить для експлуатації. У той же час зниження твердості або збереження її на колишньому рівні вказує на неправильне виконання гартування або на надмірно високе нагрівання при відпуску, що передувало. Подібні інструменти треба відпалити, а потім нормально загартувати та відпустити.

Причину недостатньо високої твердості швидкорізальної сталі після загартування та відпуску встановлюють шляхом вимірювання твердості після проведення додаткового відпуску. Зниження твердості є ознакою недостатнього нагріву при гартуванні або надмірно високого нагріву при перших відпусках, а підвищення твердості - ознакою надмірно високого нагріву при гартуванні або недостатнього відпуску. У першому випадку необхідно провести додатковий відпал, повторне гартування та відпустку, а в другому – повторні відпуски для досягнення необхідної твердості.

3. Відпускна крихкість I роду (незворотна відпускна крихкість) проявляється при відпуску близько 300 °С у всіх сталей, незалежно від їх складу та швидкості охолодження після відпуску. Розвиток відпускнуої крихкості викликається нерівномірністю розпаду пересиченого твердого розчину вуглецю в альфа-залізі (у відпущеному мартенситі). Розпад відбувається, в основному, по межах зерен, внаслідок чого з'являється різниця між міцністю в обсязі та на межах зерен. Крихке руйнування відбувається на менш міцних межах зерен. При збільшенні тривалості або при підвищенні температури відпуску ступінь розпаду альфа-розчину в об'ємі та на межах зерен вирівнюється і в'язкість сталі відновлюється.

4. Відпускна крихкість II роду (зворотня відпускна крихкість) виявляється у процесі відпуску сталі легової Mn, Cr, Ni, при вмісті фосфору більше 0,001%. Відпускна крихкість II роду відсутня у вуглецевих сталей. Якщо марганець і фосфор посилюють цю чутливість, то молібден і меншою мірою вольфрам зменшують її. Якщо леговану сталь, швидко охолоджену після відпуску при 650 °С, знову піддати тривалому нагріванню при 500 - 520 ° С,

то незалежно від швидкості подальшого охолодження в сталі розвивається крихкість.

УДК 669.14.018.25:620.18:539.374

ФОРМУВАННЯ НАФТАЛІНІСТОГО ЗЛАМУ В ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЯХ

Афтанділянц Є. Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Одним із суттєвих дефектів інструментальних сталей є нафталіністий злам, який характеризується своєрідними блискітками і тому званий нафталіністим (рис. 1). У сталі з нафталіністим зломом немає зниження твердості і теплостійкості, проте в'язкість сталі і стійкість інструментів зменшуються в 2-4 рази.

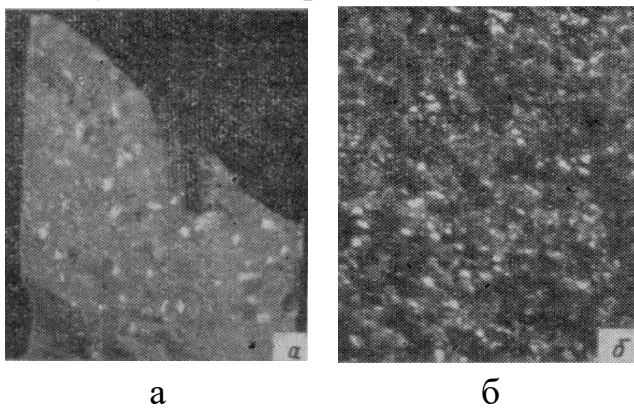


Рис. 1. Нафталіністий злам сталі Р18 (а) и штампової стали 3Х3В5М3 (б).

а - натуральна величина;
б – збільшення в 6 разів

Збільшення розміру зерна сталі сприяють утворенню нафталіністого зламу (рис. 2).

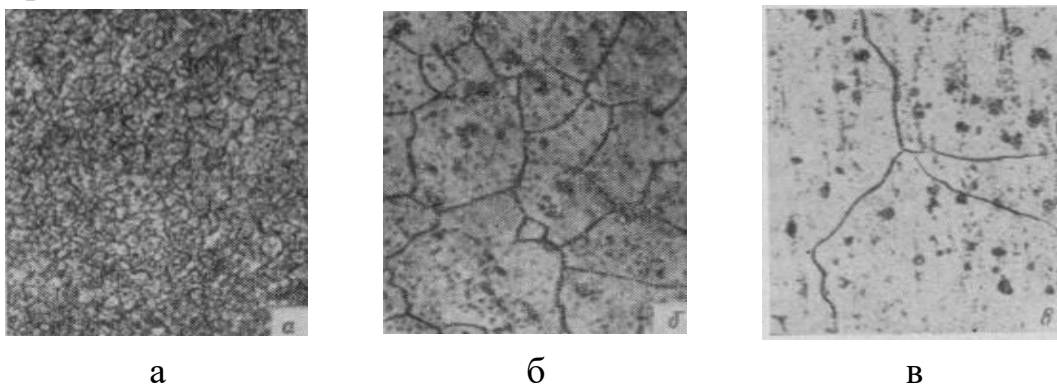


Рис. 2. Зерно сталі Р18, загартованої при 1270 ° С. х 100:

а — сталь з нормальним зломом (одне гартування з витримкою 3 хв);
б і в - сталь з нафталіністим зломом (подвійне гартування)

Нафталіністий злам утворюється у наступних випадках:

1) У сталях з карбідом M_6C , у ґратках якого основна кількість місць належить вольфраму;

2) Цей вид зламу набуває лише та вольфрамова сталь, в якій вторинний карбід M_6C ще не утворився, тобто сталь після відпуску, а також після гартування, у якої при вторинному нагріванні в інтервалі 600-900 °С встигає виділитися лише карбід M_2C ;

3) Нафталіністий злам утворюється при знижених температурах вторинного гартування (на 50-100 град) через більш раннього розчинення карбіду M_2C ;

4) Додаткове зростання зерен відсутнє при третьому, четвертому та наступних гартуваннях, оскільки температури розчинення карбіду M_2C не змінюються, і сталь набуває зерно, властиве їй при даній температурі за відсутності затримуючого впливу вторинних карбідів.

Умови виробництва за яких виникає нафталіністий злам наступні:

1) Закінчення гарячої механічної обробки при високій температурі (1050-1100 °С) при ступенях деформації при останньому обтисканні менше 40% (Якщо деформація перевищує 40%, то нафталіністий злам не утворюється, навіть у разі закінчення обробки при підвищеній температурі) і якщо наступний відпал був виконаний недостатньо повно та не забезпечив необхідного зниження твердості (нижче НВ 260-280);

2) Виконання вторинного гартування без проміжного відпалу. При цьому температура першого гартування повинна бути високою, а другого гартування — такою ж або нижче на 50—100 град. Виконання третього, четвертого або більшої кількості гартування не викликає додаткового зростання зерна та подальшого погіршення в'язкості і не змінює вид зламу порівняно з отриманим після другого гартування.

3) Якщо температура першого гартування та наступного відпуску була низькою (950 - 1000 °С і 600 °С, відповідно) і сталь має твердість HRC 30-38, то нафталіністий злам при другому гартуванні не утворюється, тоді як в сталі, попередньо загартованої з високої температури (> 1100-1200 °С) і відпущеної на таку ж твердість, він виникає. Ступінь легування твердого розчину обох випадках однакова. Відмінність у тому, що у першому випадку протягом нагрівання при знижених температурах основний карбід M_6C перетворюється на розчин, а при нагріванні до високих температур він розчиняється. Твердість (при величині ~ HRC 30) не визначає чутливості до нафталіністого зламу, проте при більш низькій твердості (< НВ 260-280), що отримується після відпалу, можна прогнозувати мінімальну ймовірність утворення нафталіністого зламу.

Негативний вплив вторинного гартування сталі, чутливої до нафталіністого зламу, спостерігається в залежності від швидкості нагріву. Нафталіністий злам утворюється при порівняно швидкому нагріванні: у розплавленій солі або печі. Уповільнене нагрівання не створює нафталіністого зламу, проте повільніше нагрівання вище 1000-1050 °С і тривала витримка при високих температурах можуть викликати утворення нафталіністого зламу (рис. 3).

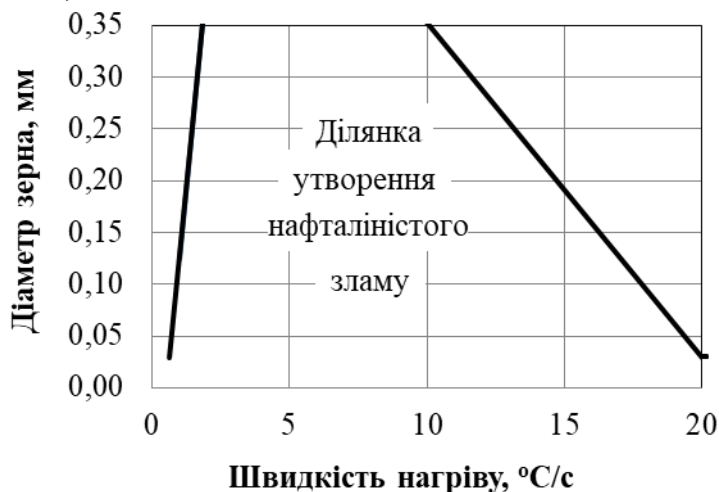


Рис. 3. Вплив швидкості вторинного нагрівання загартованої сталі Р18 на розмір зерна

Карбід M_2C перешкоджає зростанню зерна лише при знижених температурах і на відміну від карбиду M_6C не затримує його зростання при прийнятих температурах гартування.

Чутливість до нафталіністого зламу більша у вольфрамових сталей, в карбіді M_6C яких немає молібдену і значно менше у вольфрамомолібденових сталей з 3-5% Мо і майже не спостерігається у молібденових сталей.

Для усунення нафталіністого зламу та відновлення в'язкості стали необхідно подрібнити зерно, перевести карбід M_2C в карбід M_6C та усунути рядкові виділення карбідів.

Це досягається куванням із значною деформацією та багаторазовим тривалим відпалом або ще більш тривалим відпуском. Оскільки тривалий відпал може викликати зменшення теплостійкості, доцільніше застосувати кілька відпусків при 730-750 °С, а потім один відпал. Охолодження при відпалі в інтервалі 850 - 600 °С повинно бути повільним (20 град/год) для кращої коагуляції карбідів.

Витримка при 850-880 °С протягом 10-30 с загартованої сталі, що вдруге нагрівається для гартування, попереджає утворення нафталіністого зламу. Через прискорене перетворення карбиду M_2C з утворенням карбиду M_6C затримується зростання зерна при підвищених температурах.

Нафталіністий злам не виникає при гарячій обробці з деформацією на 40-50%, яка прискорює розпад аустеніту в перлітній області з утворенням карбиду

M_6C і швидкому (індукційному) нагріванні сталі з вихідною мартенситною структурою, тобто в умовах, коли зерно не встигає вирости, а також при повільному нагріванні у разі утворення карбїду M_6C .

Нафталїнистий злам не виникає при гартуванні відпаленої сталі з твердістю не вище НВ 260-280 або після попереднього гартування з міжкритичного інтервалу температур з твердістю HRC 35-38, а також у сталях високої теплостійкості (наприклад, 2X6B8M2K8).

УДК 669.14.018.25:620.18:539.374

ТРІЩИНИ В ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЯХ

Афтанділянц Є. Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тріщини утворюються у разі, коли напруги, що розтягують, що виникають в результаті мартенситного перетворення, перевищують опір сталі руйнуванню. Тріщини в основному формуються при низьких температурах. Схильність до утворення тріщин зростає із збільшенням вмісту в сталі вуглецю, підвищення температури гартування та збільшення швидкості охолодження у температурному інтервалі мартенситного перетворення.

Наявність у деталях концентраторів напруг (різка зміна перерізу виробу або місцевої вирізки, поглиблення) сприяє утворенню тріщин.

Вміст вуглецю та співвідношення між мартенситом та аустенітом – основні фактори, що впливають на об'ємні зміни після загартування. Підвищення температури гартування призводить до збільшення вмісту вуглецю в твердому розчині та питомого обсягу мартенситу, а також кількості залишкового аустеніту, які впливають на процес утворення та зростання тріщин протилежно. Кількість залишкового аустеніту, що необхідна для релаксації обсягу мартенситу визначається вмістом вуглецю і легуючих елементів у твердому розчині. Для вуглецевих сталей оптимальна кількість залишкового аустеніту становить 10-25%, а для високо хромистих - близько 50%.

У процесі відпуску після гартування відбувається розпад мартенситу та зменшення його обсягу та перетворення залишкового аустеніту на мартенсит.

Формування рядкових виділень карбїдів істотно впливає на зміну розмірів виробу, що пов'язано з різним тепловим розширенням карбїдів та

матриці при нагріванні та виникненням пластичної деформації у напрямку рядків. Це проявляється у вигляді анізотропії пластичної деформації у сталях з карбідною неоднорідністю, яка відбувається у напрямку рядків.

Підвищення рівномірності розподілу карбідів в інструментальних сталях може бути досягнуто тільки при всебічному кування заготовок, тому при виготовленні інструмента підвищеної точності проведення кування є обов'язковою операцією.

Деформація та короблення інструменту є наслідком внутрішніх напруг. Повільне охолодження при гартуванні в області мартенситного перетворення є ефективним способом зменшення напруги та деформації.

Для попередження деформації кінцевих інструментів (свердлів, розгортки, мітчиків, зенкерів) щодо їх осі необхідно нагрівання під гартування та охолодження проводити у вертикальному положенні, що забезпечується конструкцією гартувальних пристроїв. Викривленню кінцевих інструментів сприяє навіть невеликий перегрів. При гартуванні кінцевих інструментів із швидкорізальної сталі їх після вилучення з ванни нагрівання і перед зануренням у ванну ступінчастого охолодження необхідно охолодити на повітрі у вертикальному положенні до 1000-1100 °С, що сприяє зменшенню викривлення.

Імовірність появи тріщин підвищується при збільшенні швидкості нагріву для гартування (без підігріву) інструментів складної форми та охолодження в області мартенситного перетворення, зокрема охолодження великих інструментів в маслі при 20-50 °С. При цьому перегрів при гартуванні сталі з великою карбідною неоднорідністю має бути мінімальний.

Тріщини при гартуванні можуть виникати у разі передачі інструменту на остаточне високе нагрівання (у хлор барієвій ванні або печі) без попереднього підігріву або у разі інтенсивного охолодження при гартуванні. Сталі зі знизеним температурним інтервалом мартенситного перетворення схильні до утворення тріщин. Для попередження цього виду дефекту необхідно інструмент складної форми охолоджувати в селітрі або свинці, а не в маслі.

Тріщини або сітка тріщин на поверхні, що утворюються при шліфуванні, виникають в результаті шліфування без охолодження, неправильно підбраного каменю або високої швидкості, що викликає значне місцеве нагрівання («перепал») з появою кольорів мінливості. Твердість таких ділянок знижується до 56—60 HRC.

Крім того, причинами, що збільшують схильність до утворення шліфувальних тріщин, є наявність у сталі значних залишкових напруг, наявність місцевих забруднень, неметалевих включень і скупчення карбідів. Для попередження утворення тріщин або сіток тріщин на поверхні при

шліфуванні необхідно проводити шліфування з охолодженням в емульсії. Сталь, що пройшла відпуск, що знімає залишкові напруги, менш схильна до утворення шліфувальних тріщин, ніж загартована і не відпущена.

Схильність швидкорізальної сталі до утворення шліфувальних тріщин зменшується після двох-триразового або тривалого, протягом 4-5 год. одноразового відпуску. Сталь із рівномірним розподілом карбідів менш схильна до утворення шліфувальних тріщин, ніж сталь із значною карбідною неоднорідністю. Тому кування, що диспергує карбідну полосчастість і покращує розподіл карбідів, зменшує ймовірність утворення поверхневих тріщин при подальшому шліфуванні інструменту.

Для запобігання утворенню тріщин при конструюванні виробів необхідно уникати різких виступів, загострених кутів, різких переходів від товстих перерізів до тонких.

Сталі з великою карбідною неоднорідністю необхідно нагрівати з мінімальним перегрівом.

Для зниження вірогідності утворення тріщин при гартуванні зварних інструментів необхідно мінімізувати час між гартуванням та відпуском, що реалізується при ступінчастому гартуванні. В результаті звичайного ступінчастого гартування зварних інструментів зі ступенем охолодження при 400-550 °С в десятки разів зменшується кількість тріщин по зварному шву в порівнянні з гартуванням в оливі.

Сталі типу Х12, Х6ВФ, ХВСГ та ін, тобто сталі з середнім і високим вмістом вуглецю, що мають у своєму складі значну кількість хрому, дуже чутливі до утворення гартівних тріщин при охолодженні внаслідок їх здатності гартуватися на повітрі, тому загальними особливостями технології цієї групи сталей є:

- 1) Застосування ізотермічного відпалу злитків та заготовок;
- 2) Повільне охолодження в колодязях готового сорту особливо дрібних перерізів;
- 3) Негайний відпал після видачі сталі з охолоджувального пристрою;
- 4) Травлення та зачистка поверхневих дефектів (включаючи і наждачне чищення) тільки у відпаленому стані.
- 5) Якісна підготовка поверхні перед гартуванням (усунення слідів розміток, токарних рисок, підрізів, забезпечення плавних переходів та сполучення);

Для зниження небезпеки утворення тріщин у структурі загартованого інструменту бажано присутність 10-30% залишкового аустеніту та збереження дрібного зерна.

Імовірність утворення тріщин зменшується у разі застосування для масивного (при товщині стінки або перерізі більше 20-25 мм) або складного за формою штампового інструменту попереднього підігріву та м'яких гартованих середовищ (розплавлені солі та луги, підігріте масло, спокійне повітря). При цьому слід враховувати, що для забезпечення суцільної прогартованості краще провести заміну марки сталі, ніж збільшувати швидкість охолодження.

Доцільно максимально скорочувати проміжки часу між гартуванням та відпуском або проводити після гартування відразу низький відпуск (100—150 °С).

Гартування деталей повинно проводитися з більш низьких температур для деталей, що прогартовуються повністю, а повільне охолодження в мартенситному інтервалі температур досягається ступінчастим гартуванням. Після гартування деталей повинно відразу проводитися ізотермічне гартування.

УДК 669.14.018.25:620.18:539.374

ОСОБЛИВОСТІ ПОПЕРЕДНІЙ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ

Афтанділянц Є. Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Маршрутна технологія отримання виробів із інструментальних сталей включає наступні операції:

1. Приготування розплаву та лиття зливків або виливків;
2. Гарячу деформацію зливків (прокатка чи кування);
3. Різання в міру та виготовлення заготовок (попереднє формоутворення) з застосуванням зварювання, гарячої та холодної пластичної деформації;
4. Попередню пом'якшувальну термічну обробку для поліпшення оброблюваності сталі та підготовки структури для остаточної термічної обробки;
5. Механічну обробку (остаточне формоутворення) на металорізальних верстатах або методом холодної деформації (насічка та ін.);
6. Остаточна термічна обробка, що забезпечує необхідні властивості;
7. Шліфування, заточування інструменту, додаткову термічну обробку для поліпшення поверхневого шару;

8. Контроль якості.

Попередня термічна обробка полягає у проведенні відпалу заготовок інструменту. Призначення відпалу - перекристалізація сталі для подрібнення зерна та зниження твердості, формування структури зернистого та сорбіт подібного перліту, підвищення оброблюваності сталі різанням та запобігання утворення нафталіністого зламу.

Відпал повинен забезпечити отримання структури зернистого або сорбіт подібного перліту з рівномірним розподілом карбідів легуючих елементів. При цьому твердість вуглецевих сталей повинна бути не більше НВ 207-217, легованих – НВ 241-255, швидкорізальних – НВ 255-285.

З метою забезпечення рівномірного нагрівання і зменшення термічної напруги, швидкість нагрівання великогабаритних заготовок і великих садок повинна бути ≤ 100 °С/год для вуглецевих і легованих сталей і ≤ 50 °С/год для швидкорізальних сталей. Час витримки від 2 до 3 годин.

Режим охолодження повинен забезпечити завершення розпаду переохолодженого аустеніту в інтервалі температур 550-600 °С з отриманням дисперсної феррито - карбідної суміші. При використанні, як попередньої термічної обробки ізотермічного відпалу, зазвичай садка охолоджується у вимкненій печі при закритих заслінках.

З метою економії теплової енергії доцільно виконувати відпал із використанням тепла попередніх операцій гарячої обробки (паяння, зварювання, гаряча деформація). Якщо потрібно виправити перегріту структуру, обов'язково проведення прискореного охолодження заготовок до температур 600-700 °С. Це забезпечує розпад аустеніту з отриманням більш дисперсних структур, ніж при повільному охолодженні. Після чого виконується відпал з фазовою перекристалізацією. Якщо нагрівання при гарячій деформації чи зварюванні не призвело до зростання зерна аустеніту, повторна перекристалізація не проводиться.

Найбільш оптимальним видом попередньої термічної обробки є ізотермічний відпал з повільним охолодженням до температур трохи нижче температури t_{ac1} і витримкою при цих температурах для отримання зернистого перліту.

Швидкість охолодження від температури відпалу до температури ізотермічної витримки становить 50 град/год для вуглецевих та середньолегованих та 25-35 град/год для високолегованих сталей.

Температури відпалу повинні бути лише трохи вищими за t_{ac1} , щоб зберегти нерозчиненими більшу частину надлишкових карбідів і отримати структуру зернистого перліту (740—780 °С для евтектоїдних сталей і 860—880 °С для сталей з високим вмістом хрому (типу Х12, Х6ВФ та ін.)).

Тривалість витримки після прогріву до температури відпалу має бути не менше двох годин (визначається масою металу). Для запобігання утворенню карбідної сітки рекомендується витримка сталі при граничній температурі відпалу, що забезпечує найбільшу коагуляцію залишків карбідної сітки.

Переваги ізотермічного відпалу: скорочення тривалості обробки, і навіть отримання однорідної структури. Більш повільне охолодження збільшує коагуляцію карбідів, що виділяються, і дещо знижує твердість

Циклічний відпал з числом циклів 3-8 проводиться для отримання високої чистоти поверхні заготовок при обробці різанням, коли необхідно мати дрібно- або середньозернистий перліт. Нагрівання заготовок під аустенітизацію виконують до 750 °С для вуглецевих і легованих сталей і до 850 °С для швидкорізальних. Нижня температура циклу повинна бути в інтервалі 680-710 °С. Час витримки при кожному циклі нагрівання та охолодження становить 0,5-1,0 год для вуглецевих і 0,2-0,5 год для швидкорізальних сталей.

В якості попередньої термічної обробки можна проводити *високий відпуск*, її виконують для інструменту з швидкорізальних сталей, щоб забезпечити виправлення інструменту (заготовки), отриманого гарячою деформацією. Параметри відпуску 760-780 °С протягом 15-30 хв з охолодженням на повітря. Для відпуску застосовують швидкісний нагрів у соляних ваннах або індукційних печах. Після відпуску твердість приблизно дорівнює НВ 300, що ускладнює механічну обробку.

Рекристалізаційний відпал при попередньої термічної обробки застосовують для усунення наклепу, зниження твердості та зняття внутрішніх напруг після обробки. Основна мета - зменшення короблення та деформації при подальшому гартуванні. Параметри відпалу наступні: повільне нагрівання до 600-700 °С, витримка 1-2 год та охолодження в печі.

Нормалізацію та покращення застосовують у тому випадку, коли в структурі потрібно усунути цементитну сітку або ділянки з пластинчастим перлітом. Температура нормалізації складає 880-900 °С для вуглецевих та 860-880 °С для легованих сталей. При високій твердості заготовок після нормалізації проводиться високий відпуск при 600-650 °С.

Поліпшення дозволяє повніше усунути цементитну сітку і знизити деформованість інструменту при остаточній термічній обробці. Параметри операцій покращення визначаються маркою сталі. Нормалізацію та поліпшення як операції попередньої термічної обробки проводять після чорнової механічної обробки для заготовок з вуглецевих та легованих сталей, що використовуються для виробництва інструменту складної форми, а також мітчиків і плашок.

Карбідний відпуск застосовують як вид попередньої термічної обробки для швидкорізальних сталей з метою покращення їх оброблюваності, пластичною деформацією та усунення розтріскування при холодній вирубці тонких заготовок (дискові фрези). Протягом відпуску сталь нагрівають до 720-760 °С і витримують 1,0 - 1,5 год. При цьому частина дрібних карбідів розчиняється. Подальше швидке охолодження (масло, вода) фіксує цей стан, що підвищує пластичність сталі та дещо знижує межу текучості.

При відпалюванні високо вуглецевих інструментальних сталей, схильних до зневуглецювання, рекомендується застосовувати захисні атмосфери або вести нагрівання в контейнерах із засипкою сумішами. Захисним середовищем може бути відпрацьований карбюризатор або суміш вугілля 85-90% і кальцинованої соди 10-15%. Для відпалу швидкорізальних сталей застосовується чавунна стружка у складі: 50% свіжа і 50% відпрацьована. Без застосування захисного середовища відпалюються заготовки, які мають значні припуски на подальшу механічну обробку.

Час нагріву при посадці в попередньо нагріті печі може орієнтовно визначено з розрахунку: для вуглецевих сталей 1 хв/мм товщини шару заготовок, що нагрівається, для легованих 1,5 хв/мм, для швидкорізальних 2 хв/мм. Загальна тривалість процесу відпалу заготовок з вуглецевих і легованих сталей досягає 14-18 год, швидкорізальних 18-24 год. Застосування циклічного відпалу скорочує час до 2-6 год.

УДК 669.14.018.25:620.18:539.374

ОПТИМІЗАЦІЯ КІНЦЕВОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ

Афтанділянц Є. Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Остаточна термічна обробка інструментальних сталей полягає в їх гартуванні та відпуску, з метою одержання дрібно голчастого мартенситу з рівномірно розподіленими надлишковими карбідами та мінімальною кількістю залишкового аустеніту.

Гартування інструменту. Температура нагрівання під загартування визначається маркою сталі і повинна забезпечувати аустенітизацію з

ефективним розчиненням вуглецю та легуючих елементів і збереженням дисперсного зерна аустеніту (10-11 бал).

Нагрів необхідно проводити швидко в захисних атмосферах. Найбільш поширений нагрів у добре розкислених соляних ваннах. Висока швидкість нагріву в соляних ваннах може спричинити значну внутрішню напругу, деформацію та утворення тріщин. Тому рекомендується застосовувати ступінчасте нагрівання під гартування для великогабаритного інструменту складної форми особливо з легованих і швидкорізальних сталей, що мають знижену теплопровідність порівняно з вуглецевими сталями. Час витримки при нагріванні повинен забезпечувати наскрізне нагрівання інструменту до заданої температури та повне завершення фазових перетворень.

Температуру та кількість нагрівання визначають, виходячи зі складу сталі, розмірів та конфігурації інструменту, а також з урахуванням технологічних міркувань. Рекомендується призначати підвищені температури підігріву (при одному підігріві) на 100-150 °С нижче температури нагрівання під загартування. Це дозволяє зменшити витримку при остаточному нагріванні, що у свою чергу знижує розмір зерна аустеніту та знеуглерожування. Режим нагрівання з одним підігрівом в основному використовується для вуглецевих та легованих сталей.

Для інструменту зі швидкорізальних сталей нагрівання ведеться з двома або трьома нагріваннями. Перший підігрів поєднується з сушінням і виконується для інструменту, що обробляється в соляних ваннах. Це пов'язано з тим, що завантаження вологих деталей веде до викиду розплаву з печі - ванни. Цей підігрів виконується при температурі 200-500 °С і ведеться в електричних або газових печах. Температура другого підігріву вибирається рівною 600-650 °С. Його призначення - зниження термічних напруг при нагріванні інструменту з розрахунковою товщиною більше 20 мм. Третій підігрів виконується при температурах 800-850 °С, він обов'язковий для інструменту всіх розмірів, оскільки забезпечує зниження термічних, і фазових напруг у виробках. Потім проводиться остаточне нагрівання до високих температур. Для інструментів із вуглецевих сталей норми витримки на 15-20% менше.

Охолодження при гартуванні має бути досить швидким, щоб запобігти розпаду аустеніту дифузійним шляхом і отримати мартенситну структуру при мінімальній деформації інструментів та відсутності тріщин.

Способи охолодження.

1. Інструмент з вуглецевих сталей з товщиною до 8 мм охолоджують у розплаві солей при 160-180 °С, при товщині більше 8 мм охолоджують до 150-200 °С в 5% водному розчині кухонної солі, а потім занурюють в оливу. При

цьому витримку в гарячому середовищі приймають рівною витримкою при нагріванні під гартування.

2. Для великого складного за формою інструменту використовують переривчасте гартування у двох середовищах: у воді до температури M_n з перенесенням в оливу або гарячий розплав з температурою 160-200 °С, далі на повітрі.

3. Для інструменту з легованих сталей охолодження проводиться при товщині до 20 мм у розплаві солей з температурою 160-240 °С протягом часу, що дорівнює витримці при остаточному нагріванні, далі на повітрі. При діаметрі (товщині) інструмента понад 20 мм охолодження виконується в оливі.

4. Швидкорізальні сталі гартують ступінчасто в гарячих середовищах, рідше в оливі. Довгий стрижневий інструмент охолоджують в олії до 200-250 °С і передають на виправлення з подальшим охолодженням на повітрі. Решта інструменту рекомендується охолоджувати ступінчасто до 400-550 °С у соляній ванні, далі на повітрі. Інструмент із товщиною понад 20 мм охолоджують на повітрі до 300-400 °С, потім передають на відпуск. При всіх способах ступінчастого гартування час витримки в гарячих середовищах приймають рівним часу остаточного нагрівання інструменту під гартування.

Оптимальна структура швидкорізальних сталей після гартування складається з 60-65% мартенситу, 5-20% карбідів і 13-30% залишкового аустеніту. Значна кількість залишкового аустеніту пов'язана з тим, що при кімнатній температурі мартенситне перетворення не закінчується. Зменшити кількість залишкового аустеніту до 5-8% можна обробкою холодом з охолодженням до мінус 70 °С, але це супроводжується підвищенням рівня залишкових напружень та небезпекою виникнення тріщин. Тому обробку холодом застосовують обмежено лише для інструменту високої точності (вимірвальний).

Відпуск інструменту проводиться після видалення з поверхні залишків солей чи олії. Рекомендується очищення проводити у два етапи: перший - промивання в гарячому (70-80 °С) водному розчині 10-15% каустичної соди з додаванням рідкого скла (0,15 % NaSiO_3); другий - пасивування (Пасивування - хімічна обробка в розчині, при якій на поверхні інструменту утворюється штучна плівка, що оберігає від атмосферної корозії) у водному розчині NaNO_2 (2 - 3%) і Na_2CO_3 (0,3%) обробка ведеться протягом 3-5 хв за 70-80 °С.

Інструменти з вуглецевих і легованих сталей відпускають при температурах 140-200 °С (частіше при 150-180 °С) з подальшим охолодженням на повітрі. Витримка при відпуску інструментів визначається його температурою і становить при температурі до 140 °С від 8 до 12 год; 140

- 150 °С від 2 до 4 год; 160 - 170 °С від 1,5 до 2,5 год; 180-200 °С від 1 до 2 год; вище 220 °С від 0,7 до 1,0 год:

Для збереження високої твердості (\geq HRC 60) використовують відпуск при 140-180 °С. Відпуск при 180-200 °С знижує твердість до HRC 58, тому його застосовують рідко.

Швидкорізальний інструмент піддають триразовому відпуску при 560-580 °С з витримкою по 1 год та обов'язковим охолодженням після кожного відпуску на повітрі до 20 °С, інакше в структурі залишається невідпущений мартенсит. Призначення триразового відпуску, це зниження кількості залишкового аустеніту до 2-3%, зменшення напруги, підвищення в'язкості та міцності.

Структура відпущеної швидкорізальної сталі є мартенсит відпуску і карбіди без видимих ділянок залишкового аустеніту, а межі зерен практично не спостерігаються.

Відпуск слід проводити відразу після гартування для зменшення ймовірності утворення та стабілізації залишкового аустеніту при витримці більше 3-5 годин при кімнатній температурі, внаслідок чого перетворення залишкового аустеніту при відпуску і сповільнюється. Загальна тривалість трьох відпусків може досягати 15-24 год. На практиці застосовують короточасний відпуск при вищих температурах 580-600 °С з витримкою 10-20 хв.

Стійкість інструменту з швидкорізальних сталей можна підвищити *обробкою парю*. В результаті такої обробки на поверхні утворюється пористий оксид, що утримує мастило під час експлуатації. Інструмент поміщають у герметичний муфель шахтної печі нагрівають до 550-600 °С, витримують 30-60 хв в атмосфері перегрітої пари і охолоджують до 300-350 °С, після чого припиняють подачу пари і охолоджують інструмент на повітрі з подальшою миттєвою промивкою в гарячій оліві. .

Відпуск для зняття шліфувальних напруг є обов'язковим для всіх сталей, якщо інструменти після шліфування не ціанують або не оксидують. Для деталей високої точності (вимірювальний інструмент) рекомендується відпуск при 350-400 °С (витримка 30-60 хв) і 150-160 °С (витримка 2-3 год).

ЗНЕВУГЛЕЦЬОВАНИЙ ШАР В ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЯХ

Афтанділянц Є. Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Зневуглицювання поверхні інструментальної сталі знижує стійкість інструментів і збільшує вірогідність утворення тріщин внаслідок різниці об'ємних змін, що відбуваються при загартуванні в поверхневому зневуглицьованому та незневуглицьованому нижчому шарі. Для зменшення витримки за високих температур, за яких сильніше розвивається зневуглицювання, доцільний підігрів до 1050—1100 °С.

Невелике зневуглицювання усувається відпалом у чавунній стружці. Зневуглицювання з утворенням феритної структури виправити не можна (можливе лише зняття шару шліфуванням або різанням).

Ефективним способом захисту сталей X12, X12M, 3XB8, 4XBC, 4XC, 35XGC та 30XGC від зневуглицювання є завантаження заготовок у піч у залізних ящиках із засипкою чавунною стружкою або відпрацьованим карбюризатором. Якщо відпал проводиться при температурах вище 820-830 °С, то застосовують чавунну стружку, а при відпалі нижче 800-820 °С - відпрацьований карбюризатор (тобто карбюризатор, що вже застосовувався двічі при цементації).

Чавунну стружку або відпрацьований карбюризатор засипають на дно ящика шаром 12-25 мм, а потім засипають заготовки, що встановлюються в ящику. Після цього ящик закривають кришкою та замазують глиною.

Не можна застосовувати свіжу стружку для виключення науглицювання сталі, що відпалюється, або іржаву стружку - для виключення зневуглицювання. Стружку перед вживанням перевіряють на відсутність іржі, просіюють для видалення графіту та вугілля, а потім змішують з рівною кількістю відпрацьованої стружки, що застосовувалася для відпалу.

Свіжу чавунну стружку треба застосовувати при вторинному відпалі зневуглицьованого інструменту для підвищення вмісту вуглецю в поверхневому шарі.

Для марок сталі, відпал яких проводиться в інтервалі температур 750-800 °С, застосовують суміш, що складається з вугілля деревини (85%) та соди

(15%). При температурах вище 800 °С можлива цементація (науглецювання) поверхні сталі, що відпалюється.

Підігрів інструменту доцільно проводити у свинцевій ванні, а остаточне нагрівання - у печах з контрольованою атмосферою або в спеціальних ваннах з розплавленою сіллю хлористого барію. Недостатнє або несвоєчасне розкислення ванн призводить до утворення на поверхні інструменту, його ріжучій кромці, тонкого знеуглецюваного шару, твердість якого може знизитися після відпуску до 58-60 HRC. Труднощі вимірювання твердості такого тонкого шару часто призводить до того, що знеуглерожування не виявляється при контролі, і в експлуатацію надходить незадовільний за якістю інструмент. Наявність такого шару особливо небезпечна в інструменті, що не проходить шліфування після термічної обробки і заточується на одній грані (фрези і т. п.).

Найкращий захист від знеуглецювання дає розкислення хлор барієвої ванни введенням у неї меленого феросиліцію в кількості 0,5-1% від ваги солі або бури (зневодненої) у кількості 2-3% від ваги солі.

Після введення феросиліцію або бури необхідно залізним стрижнем швидко переміщати ванну, а потім видалити опади заліза, що випадають на дні ванни, для того щоб вони не замкнули електродів ванни і зняти піну, що утворюється на її поверхні, для того щоб частинки шлаку і феросиліцію, що не розчинилися, не прилипали до інструменту. Таке розкислення при інтенсивній роботі ванни треба проводити не рідше, ніж кожні 4 години.

Оскільки феросиліцій є хорошим розкислювачем і застосування його ефективно захищає метал від знеуглецювання, доцільно мати в цеху запасну ванну для періодичної зміни ванн, що виходять з ладу і передаються на ремонт, і розкислювати ванну феросиліцієм. Останнім часом ефективно застосовується суміш, що складається з 90% хлористого барію та 10% бури.

При нагріванні інструменту в полум'яної печі для запобігання окислення треба попередньо підігрітий інструмент покрити захисним шаром бури. Це виконується обкаткою інструменту в зневодненій бурі при температурі інструменту 800-850 °С або зануренням підігрітого (до 100-200 °С) інструменту на 1 - 2 хв. у пересичений водний розчин бури. Тонкий шар бури, що утворюється, при нагріванні розплавляється і захищає поверхню інструменту у вигляді рідкої тонкої плівки.

При нагріванні печі доцільно поміщати інструмент у залізну коробку.

Розкисленість хлор барієвої ванни зручно перевіряти вимірюванням твердості загартованих і тричі відпущених при 560 °С зразків на приладі Віккерса, для чого шліфовані зразки стали РФ1 (C = 0,7 - 0,8%; Cr = 3,8-4,6%; W = 17,5 - 19,0%; V = 1,0 - 1,4%) витримують у ванні при 1290-1300 °С

протягом 3 хв., охолоджують в маслі, відпускають і зачищають на сукні для зняти слідів олії. Якщо показання по Віккерсу при навантаженні 5 або 10 кг будуть давати значення твердості, нижчі за виміри по Віккерсу при навантаженні 50 кг і чим виміри по Роквеллу (на 3 - 5 одиниць HRC, то це служить показником знеуглецювання сталі і недостатнього розкислення ванни. Застосування цього способу засноване на тому, що поверхневий шар сталі РФ1, збіднений вуглецем, дає після загартування та відпуску меншу твердість, ніж нижчий шар, що замірюється по Роквеллу або по Віккейсу при великому навантаженні.

Інший спосіб полягає у наступному. Зразок сталі шліфують для зняття знеуглецьованого та окисленого шару, а потім:

- а) нагрівають у хлор барієвої ванні при 1300 °С протягом 2-3 хв.;
- б) переміщують з хлор барієвої в масляну ванну з температурою 180-200 °С і витримують протягом 5-10 хв.;
- в) після закінчення витримки в масляній ванні зразок переміщують у свинцеву ванну з температурою 580-600 °С, витримують 10 хв., а потім охолоджують на повітрі.

Після охолодження виготовляють поперечний мікрошліф. Якщо в процесі нагрівання в хлор барієвій ванні станеться знеуглецювання сталі, то мікроаналіз виявить в знеуглецьованому шарі темні голки мартенситу.

Цей метод ґрунтується на тому, що температура початку мартенситного перетворення при охолодженні (t_{ar2}) залежить від складу аустеніту, що утворюється при нагріванні. У ділянках, збіднених домішками та вуглецем, температура t_{ar2} вища, ніж основи. Тому температура масляної ванни повинна бути нижчою за t_{ar2} для знеуглецьованих ділянок і вище для основи, в якій при цій витримці процес мартенситного перетворення не проходить. Температура масляної ванни має бути близько 180-200 °С для сталі РФ1. Для мало легованих інструментальних сталей рекомендуються такі режими обробки (табл. 1).

Таблиця 1. Режими обробки зразків сталей марок ЕІ184 для визначення товщини знеуглецьованого шару

Марк и сталі	Температур а початкового нагріву, °С	Режим нагріву у масляній ванні		Режим нагріву у свинцевій ванні	
		Температура , °С	Витримка , мин	Температура , °С	Витримка , мин
ЕІ 184	1200	80- 90	10	600	10
ЕІ 260	1230	190- 200	10	600	10
ЕІ 290	1190	80- 90	10	600	10

У таблиці 1 наведено чисельні дані для наступних параметрів: (C = 0,8 - 1,0%; Cr = 7,8 - 9%; W = 3,5 - 5,0%; V = 1,1 - 1,8 %; Si = 0,5-0,8%), EI260 (C = 1,0%; Cr = 4,5-6%; W = 3,5 - 4,0%; V = 2,0 - 2,5%; Mo=3,0-4,0%) та EI290 (C=2,0%; Si=0,5%; Mn=0,3%; Cr = 3,8%; Mo=2,5%, W = 14,3%, V = 5,1; Mo = 2,5%; Co=11,0 %).

УДК 621.878.2

ОБҐРУНТУВАННЯ ФАКТОРІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ САМОХІДНИХ СКРЕПЕРІВ

Балака М.М., к.т.н., доц.

Мищук Д.О., к.т.н., доц.

Гох В.В., студ.

Кібаленко В.С., студ.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Самохідні скрепери найбільш повно поєднують властивості тягових та транспортних машин, які дозволяють досягти високих техніко-економічних показників виконання земляних робіт. Рекомендована гранична дальність транспортування ґрунту скреперами залежно від місткості ковша становить: 8 м³ – 1 500 м; 10 м³ – 2 000 м; 15 м³ – 3 000 м; 25 м³ – 5 000 м [1]. При цьому ефективність роботи самохідних скреперів може бути забезпечена шляхом збільшення їх годинної технічної продуктивності та підвищення ресурсу конструктивних елементів, зокрема пневматичних шин ходового обладнання.

Збільшення годинної технічної продуктивності земляних робіт може бути досягнуто лише шляхом зменшення тривалості робочого циклу, внаслідок підвищення швидкостей руху скрепера при транспортуванні ґрунту у земляну споруду та зворотного холостого ходу до місця забою [2]. Обмежувальним фактором підтримання можливих швидкостей руху скрепера є величина припустимих значень прискорень тіла людини, яка, при заданому ступені віброзахисту оператора скрепера, визначається нерівностями поздовжнього профілю тимчасових ґрунтових скреперних доріг [3–5].

При розрахунку основних параметрів самохідних скреперів потужність силової установки визначається за режимом транспортування ґрунту, коли повністю завантажений скрепер рухається з максимальною транспортною швидкістю по дорозі з сумарним дорожнім опором 0,025...0,035. Водночас

численними експериментальними дослідженнями встановлено, що під час руху реальними опорними поверхнями швидкість руху самохідного скрепера знижується оператором через неприпустимий за комфортними відчуттями рівень коливань, що виникають на його робочому місці [3]. Для підтримання максимально можливих для скрепера ДЗ-13Б швидкостей транспортування та зворотного холостого ходу раз на дві зміни роботи скреперного загону у кількості восьми машин слід профілювати скреперну дорогу автогрейдером класу 160, наприклад, ДЗ-98А або ДЗ-140. Годинна технічна продуктивність при цьому зростає приблизно на 18 % за дальності транспортування ґрунту 700 м, капітальні витрати на скреперний агрегат збільшуються на 8,5 % [2, 5] внаслідок відволікання автогрейдера ДЗ-98А від виконання його основних робіт з профілювання земляної споруди, що зводиться.

Варто підкреслити, що найважливішою властивістю самохідної машини та її елементів є надійність, тобто властивість зберігати в часі у встановлених межах значення параметрів, що характеризують здатність виконувати функції в установлених режимах експлуатації, технічного обслуговування і ремонту, зберігання та транспортування. Так, довговічність шин визначається терміном служби до неприпустимого зносу протектора або до виходу з ладу внаслідок відшарування протектора чи корда, динамічного розриву тощо.

Збільшення терміну служби пневматичних шин, за інших рівних умов, досягається застосуванням «щадного» режиму роботи колісного рушія самохідного скрепера при зрізанні ґрунту та наповненні ним ковша шляхом використання у скреперному агрегаті трактора-штовхача важчого тягового класу. Відповідно до рівняння тягового балансу скреперного агрегату потік потужності ведучих коліс скрепера розривається, а величина коефіцієнта нерівномірності сили тяги скреперного агрегату прямує до одиниці.

При цьому розрахунки терміну служби пневматичних шин відповідно до умов експлуатації показали, що для шини розміром 27.00-33 мод. В-71 та вихідних даних, ресурс збільшується на 9,3 % [5]. Водночас слід очікувати збільшення капітальних витрат на скреперний агрегат через необхідність застосування, приміром, трактора-штовхача бульдозера ДЗ-118А типорозміру БГН-250 замість бульдозера ДЗ-35С типорозміру БГН-150.

Надалі можна виконати економічну оцінку впровадження у практику експлуатації самохідних скреперів заходів стосовно зниження зношування пневматичних шин – застосування «щадного» режиму роботи ходового обладнання скрепера, а також підвищення його продуктивності шляхом реалізації принципу «будувати дороги для машин, які будують дороги».

Список використаних джерел:

1. Балака М. М., Кім А. О., Міщук Д. О., Ходневич М. М. Особливості робочого циклу і організації скреперних робіт. *Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України: тези доповідей Міжнар. наук.-практ. онлайн конф. (23–24 верес. 2021 р., м. Київ)*. К.: НУБіП України, 2021. С. 16–18.
2. Балака М. М. Дослідження часового фактору зносу протектора шин самохідного скрепера. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. Харків, 2021. Вип. 92, т. 2. С. 116–121. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2021.92.2.116>.
3. Balaka M., Gorbatyuk Ie., Mishchuk D., Prystailo M. (2021). Characteristic properties of support surfaces for self-propelled scrapers motion. *Fundamental and applied research in the modern world: Abstracts of the 6th International scientific and practical conference (January 20–22, 2021)*. Boston, USA. 53–58.
4. Балака М. Н., Антонков М. А. Проявление различных видов износа при эксплуатации пневматических шин. *Нефть и газ Западной Сибири: материалы Междунар. науч.-техн. конф. (17–18 октября 2013 г., Тюмень)*. Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. Т. 4. С. 14–16.
5. Балака М. М. Вплив умов експлуатації на довговічність великогабаритних шин. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. Харків, 2014. Вип. 65–66. С. 79–86.

УДК 621.9.0255

ВПЛИВ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ НА КОНСТРУКЦІЮ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АБРАЗІВНО АРМОВАНИХ КРУГІВ

Почка К.І., д.т.н., проф.
Абрашкевич Ю.Д., д.т.н., проф.
Пристайло М.О., к.т.н., доц.
Поліщук А.Г., к.т.н.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Абразивні армовані круги в поєднанні з ручними, переносними і стаціонарними верстатами широко використовуються для виконання операцій

різання і зачистки в різних галузях народного господарства [1-4]. У зв'язку з цим актуальними є питання, пов'язані з підвищенням ефективності їх використання [1, 4].

Відомо, що зносостійкість кругів, визначення їх раціональних робочих параметрів багато в чому залежить від теплових процесів, що відбуваються при взаємодії абразивного круга з об'єктом обробки [2]. У процесі теоретичних [3] і експлуатаційних [4-6] досліджень було враховано, що ділянки ріжучої кромки круга піддаються термічним тепловим навантаженням, оскільки після виходу із зони контакту, де відбувається їх нагрівання, вони інтенсивно охолоджуються за рахунок передачі тепла навколишньому середовищу. Тому теоретично визначено не миттєву, а середню температуру зв'язки круга. За рахунок незначної висоти ріжучого круга в порівнянні з радіусом була вирішена тривимірна задача з урахуванням впливу процесів, що протікають на його бічних поверхнях [2]. В ході експлуатаційних досліджень [4-6] було визначено, що тепло при різанні поширюється в зв'язці круга на глибину не більше 20 мм. Виходячи з цього, задача зводилася до визначення температури в прямокутній нескінченній пластині шириною, рівній висоті круга, з одного боку плоского джерела тепла з робочою швидкістю круга.

В результаті розв'язку рівняння теплопровідності методом функції Гріна з відповідними граничними умовами [2], при яких враховувалися тепловиділення в зоні контакту, проникнення тепла в середину круга, відведення тепла стружкою матеріалу, що розрізається, і передача тепла навколишньому середовищу, було отримано громіздку аналітичну залежність від режимів роботи і теплофізичних характеристик круга. Зокрема, встановлено, що:

$$T = \frac{1}{c \cdot \rho} \exp(-Pe), \quad (1)$$

де T – температура у зв'язці круга; $Pe = \frac{R \cdot v_p}{a} = \frac{R \cdot v_p \cdot c \cdot \rho}{\lambda}$ – критерій Пекле; c , ρ , a , λ – теплоємність, щільність, теплопровідність матеріалу та зв'язки відповідно; R – радіус круга v_p – робоча швидкість.

Таким чином, контролюючи коефіцієнт теплопровідності зв'язки круга a , можна оптимізувати термічні процеси в зоні різання і, таким чином, зносостійкість абразивного круга. Встановлено, що введення до складу зв'язки активних наповнювачів з метою підвищення її теплопровідності є одним з найпростіших і ефективних способів підвищення зносостійкості абразивних кругів.

Теоретично встановлено, що температура у зв'язці круга залежить від коефіцієнта Біо:

$$Bi = \frac{\alpha \cdot R}{\lambda}, \quad (2)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі.

Цей коефіцієнт характеризує відношення швидкості передачі тепла від поверхні до швидкості його подачі на неї. Збільшення числа Біо призводить до інтенсифікації тепловіддачі в навколишнє середовище, зниження температури в зв'язці і, як наслідок, підвищення зносостійкості абразивного інструменту. Величину коефіцієнта Біо можна збільшити використовуючи в процесі різання охолоджуючі рідини, а також змінюючи конфігурацію бічних поверхонь круга. Встановлено, що такі круги виготовляються в прес-формах, на робочих пластинах яких жорстко закріплені прокладки з поліуретану або іншого еластичного матеріалу [4, 5]. В процесі різання кругами з шорсткими бічними поверхнями ламінарний повітряний підшар, безпосередньо прилеглий до бічних поверхонь, турбулентний, що призводить до збільшення коефіцієнта теплопередачі, α , а значить і до збільшення коефіцієнта Біо в 1,5-2 рази.

Зносостійкість кругів з шорсткими бічними поверхнями збільшується в середньому на 25% в порівнянні з гладкими поверхнями (рис. 1). Ще одна істотна перевага таких кругів пов'язана з характером взаємодії бічних поверхонь з матеріалом в пропилі [3, 4, 6].

У випадку з кругами, що виготовлені з гладкими бічними поверхнями матеріал деформується абразивними зернами і виділяється значна кількість тепла, що викликає опіки. При роботі з кругами з шорсткими бічними поверхнями виступаючі

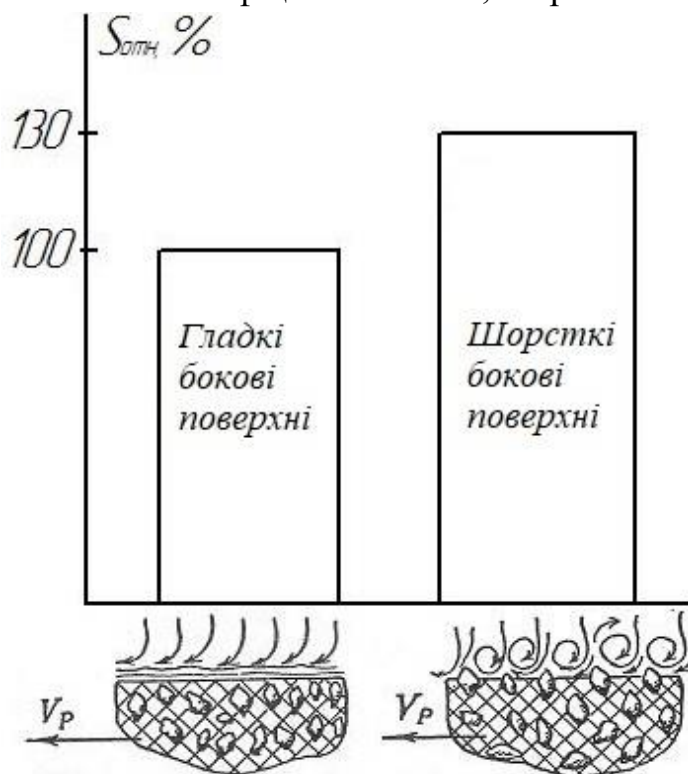


Рис. 1. Залежність відносної зносостійкості S від конфігурації бічних поверхонь

абразивні зерна здійснюють мікрорізання, а стружку видаляють матеріал, який піддавався впливу високих температур. При цьому зріз виходить чистим, без підгоряння. Граничні умови теплових потоків можна записати наступним

виразом:

$$q = \lambda_{\partial} \cdot \left. \frac{\partial T_{\partial}}{\partial \rho} \right|_{\rho=R_p} + \lambda \cdot \left. \frac{\partial T}{\partial \rho} \right|_{\rho=R_0} + q_{cmp}, \quad (3)$$

де q – миттєве виділення тепла в точці; λ , λ_{∂} – теплопровідність круга і оброблюваного матеріалу відповідно; T_{∂} – температура оброблюваного матеріалу; q_{cmp} – тепло, що відводиться стружкою.

Крім того, за рахунок розширення пропилу виключається заклинювання кругів з шорсткими бічними поверхнями, тобто підвищується їх безпека в експлуатації, що особливо важливо при роботі з ручними інструментами.

В ході досліджень було визначено вплив режимів роботи на температуру зв'язки круга та його зносостійкість [3]. Зі збільшенням швидкості подачі зносостійкість круга знижується, що випливає з залежності:

$$S_p = \frac{1}{v_n \cdot Pe}, \quad (4)$$

де v_n – швидкість подачі.

Експериментально встановлено, що при роботі з швидкістю подачі, $v_n = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ якість ріжучої поверхні незадовільна, спостерігаються прогари і задирки.

Робоча швидкість впливає на зносостійкість абразивного круга за кількома параметрами. З одного боку, він збільшує число Пекле, що призводить до стиснення термічного шару біля ріжучої кромки і негативно позначається на зносостійкості, а з іншого боку, зі збільшенням робочої швидкості збільшується тепловіддача, тобто збільшується число Віо. Зі збільшенням швидкості обертання абразивне зерно і зв'язка, яка утримує його в контакті, менше часу знаходяться в зоні контакту під впливом високих температур, в результаті чого підвищується зносостійкість круга.

Зносостійкість круга залежить від довжини контактної дуги, розрахунковий вираз для її максимального значення, при якому зв'язка круга інтенсивно руйнується, може бути отримано з залежності:

$$l_k = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \frac{T}{T_r}, \quad (5)$$

де l_k – довжина дуги контакту; R – радіус круга; T – температура руйнування бакелітової зв'язки; T_r – температура в зоні контакту.

При цьому зв'язка круга, навіть перебуваючи поза зоною контакту, не встигає охолонути і його температура постійно перевищує температуру руйнування бакелітової зв'язки. Таким чином, в процесі різання довжина дуги

контакту повинна бути якомога коротшою (рис. 2). При цьому ріжуча кромка круга охолоджується інтенсивніше, тобто рідше зв'язка круга піддається руйнуванню і підвищується зносостійкість абразивного круга.

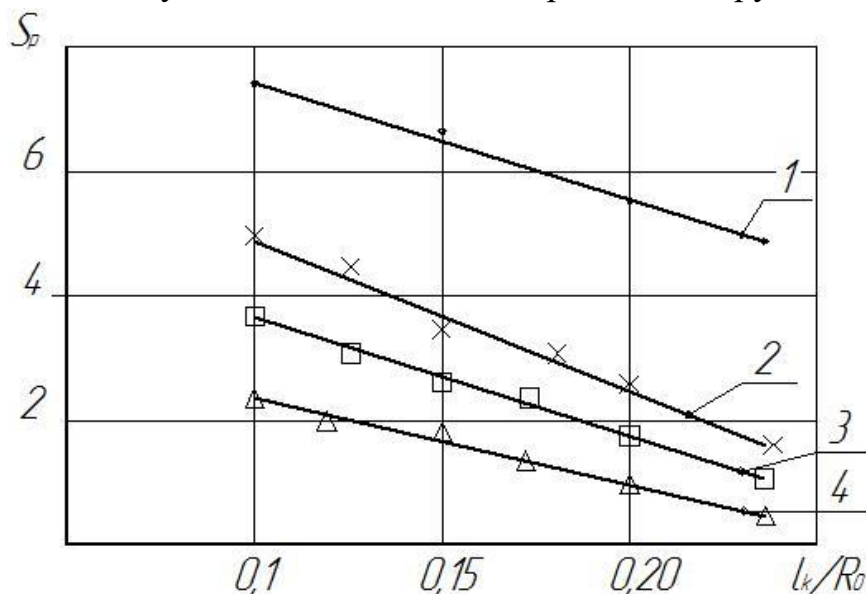


Рис. 2. Залежність зносостійкості S_p від відношення довжини дуги контакту l_k до радіуса круга R_0 :
 1, 2 – $v_n = 3.3 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$; 3, 4 – $v_n = 1.3 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$

На основі вивчених термічних процесів [1-3] розроблені раціональні методи різання для підвищення зносостійкості кругів і зниження енергоємності процесу різання.

Список використаних джерел:

1. Абрашкевич Ю.Д. Підвищення експлуатаційних показників абразивного інструменту / Ю.Д. Абрашкевич, Л.Є. Пелевін, А.Г. Поліщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2012. – Вип. 80 – С. 30-37.

2. Абрашкевич Ю. Дослідження впливу теплових процесів на роботоздатність відрізних інструментів / Ю. Абрашкевич, А. Поліщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2013. – Вип. 81. – С. 39-44.

3. Абрашкевич Ю. Силкові параметри машин з абразивним інструментом / Ю. Абрашкевич, В. Рашківський, А. Поліщук, О. Човнюк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2015. – Вип. 85. – С. 67-71.

4. Abrashkevich Y. Technologies installation for cutting stone with abrasive and diamond tool / Y. Abrashkevich, K. Pochka, M. Prystailo, A. Polishchuk // ТЕКА. Semi-Annual Journal of Agri-Food Industry. – 2022. – 22(1). – P. 33-39.

5. Абрашкевич Ю.Д. Розробка установки для різання високоабразивних матеріалів алмазними дисками та абразивними армованими кругами / Ю.Д. Абрашкевич, К.І. Почка, М.О. Пристайло, А.Г. Поліщук // Current issues of science and integrated technologies: Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference. – Milan, Italy. – January 10-13, 2023. – P. 656-663.

6. Maksimyuk Yu.V. Results of experimental research on the cutting of highly abrasive materials with abrasive reinforced circles / Yu.V. Maksimyuk, К.І. Pochka, Yu.D. Abrashkevych, М.О. Prystailo, А.Г. Polishchuk // Опір матеріалів і теорія споруд. – К.: КНУБА, 2023. – Вип. 110. – С. 361-374.

УДК 624.

ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПУ СУПЕРПОЗИЦІЙ ВПЛИВУ СТАТИЧНОГО ТА ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА РОБОЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Пристайло М.О., к.т.н., доц.

Балака М.М., к.т.н., доц.

Можарівський В.М., інж.

Драчук В.В., аспір.

Гонта І.П., аспір.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Існують конструкції розпушників, що мають суттєві відмінності порівняно до відомих рішень і завдяки їм досягається новий позитивний ефект, виражений в підвищенні продуктивності роботи з одночасним зниженням енерговитрат на забезпечення технологічного процесу [1].

Процес накопичення та трансформування енергії відбувається за рахунок наконечника що має таку конструкцію (рис. 1): стійка з наконечником 1 яка має рухому ріжучу кромку 2 з'єднану пальцем 3 з штоком 4 пневмоциліндра 5 який переміщує ріжучу кромку 2 на відстань L [2].

Перспективним напрямком їх удосконалення є застосування вібраційних та ударних виконавчих елементів, які працюють за принципом акумулювання енергії динамічної дії з подальшим її використанням в корисних цілях [3].

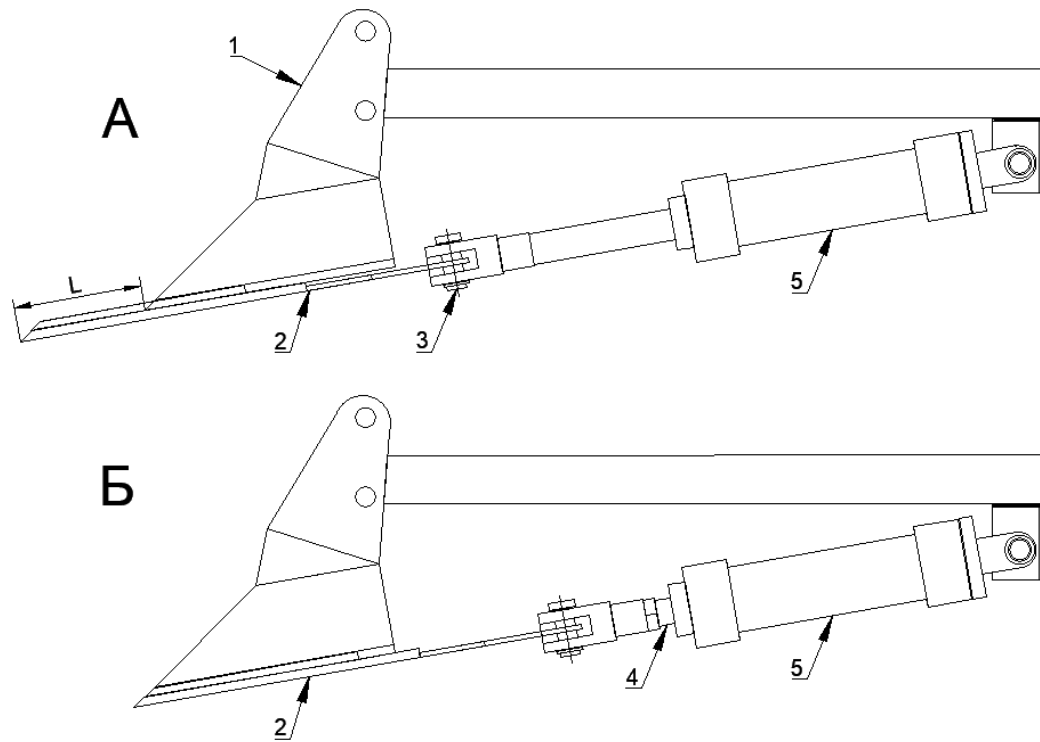


Рис. 1. Наконечник з ріжучою кромкою на пневмоциліндрі:
 А – робоче положення з ріжучою кромкою, Б – гострій ніж

Є відомості, на основі яких можливо розробити необхідну теорію на принципі суперпозицій одночасного впливу декількох чинників, таких як статичне різання описане Ю.А. Ветровим [4]:

$$P_w = P_w + P_s + P_{s.c} + P_{d.z},$$

та швидкісне різання за теорією В.Л. Баладінського:

$$P_D = \frac{uk_d S}{2vk_\alpha},$$

об'єднано їх в одну систему:

$$P_s = P_w + P_D,$$

За теоремою про зміну енергії робота A виконана в досліджуваній системі дорівнює зміні кінетичної енергії в цій же системі

$$A = \Delta U_{ck} = U_{ck2} - U_{ck1},$$

де ΔU_{ck} – зміна кінетичної енергії; U_{ck2} – кінцеве значення кінетичної енергії; U_{ck1} – поточне значення кінетичної енергії.

Щоб виконати скол елемента ґрунту від масиву простим гострим ножем необхідно виконати роботу A , а для виконання сколу того ж елемента ґрунту від масиву ножем з ДРК необхідно виконати таку саму роботу A .

Отже, в першому випадку робота A дорівнює сумі робіт сил для подолання опору ґрунта різанню простим гострим ножем (клином) P_w – дотична складова сили для подолання опору ґрунта різанню, N_w – нормальна складова сили для подолання опору ґрунта різанню [4]:

$$A = A_{P_W} + A_{N_W} = P_W \cdot l_c + N_W \cdot \cos \Omega \cdot l_c,$$

де $l_c = VT_c$ – шлях пройдений ножом від початку контакту з масивом до повного сколу елемента ґрунту (рис. 2, а) [5].

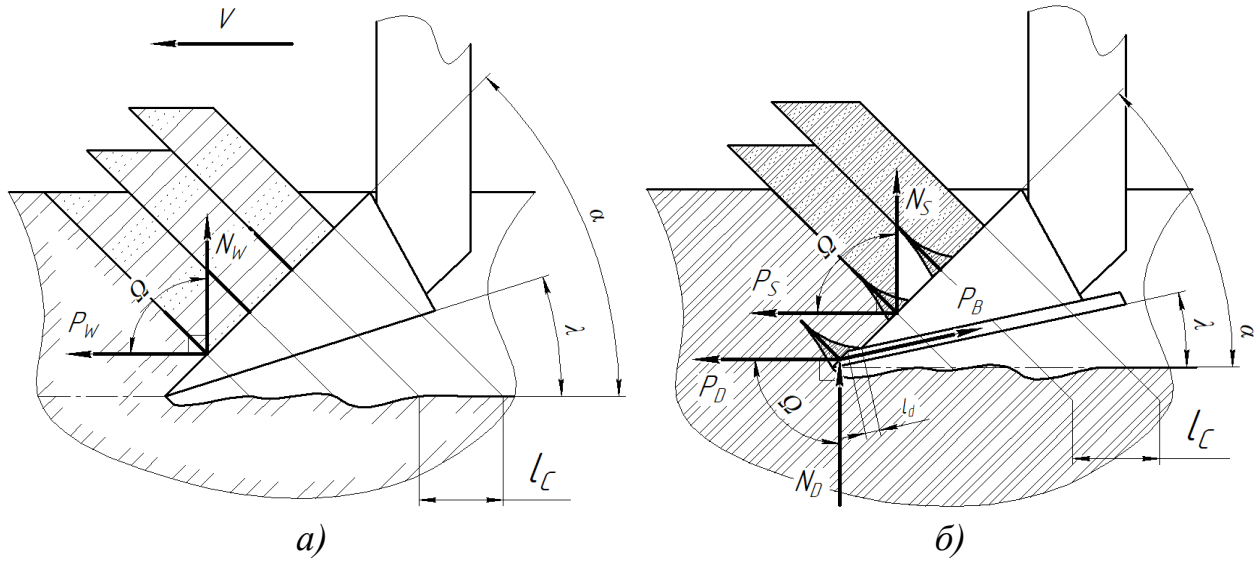


Рис. 2. Схеми до визначення роботи сил при різанні ґрунту:
а) простим гострим ножом, б) ножом з ДРК

В другому випадку (рис. 2, б) робота А дорівнює сумі робіт: статичних сили P_S – дотичної складової сили для подолання опору ґрунту різанню, N_S – нормальної складової сили для подолання опору ґрунту різанню; динамічних сил P_D – дотичної складової сили різання, N_D – нормальної складової сили різання, що діють в області ДРК; P_B – сили для взведення ріжучої кромки [6].

$$A = A_{P_S} + A_{N_S} + A_{P_D} + A_{N_D} + A_{P_B} = P_S \cdot l_c + N_S \cdot \cos \Omega \cdot l_c + P_D \cdot l_d \cdot \sin \lambda + N_D \cdot \cos \Omega \cdot l_d \cdot \sin \lambda - P_B \cdot \sin \lambda \cdot l_d \cdot \sin \lambda$$

Звідси знайдено вираз для сили P_S [6]:

$$P_S = P_W - (P_D \cdot l_d - P_B \cdot \sin \lambda) l_c \cdot l_d \cdot \sin \lambda,$$

Встановлено, що перспективним напрямком при руйнуванні ґрунту є використання принципу суперпозицій впливу на робоче середовище декількох чинників одночасно, таких як статичне та динамічне навантаження, завдяки можливості акумулювання енергії з подальшим її використанням для створення швидкісного силового імпульсу на ріжучій кромці для забезпечення попереднього утворення стисненої зони в масиві, що призведе до зменшення енергоємності статичного навантаження для повного відокремлення елемента ґрунту.

Список використаних джерел:

1. Пелевін Л.Є. Руйнування ґрунтів та гірських порід деформатором з консольною ріжучою кромкою. / Л.Є. Пелевін, М.О. Пристайло // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2010. – Вип. 75 – С. 62-66.

2. Пелевін, Л.Є. Навантаження на робочий орган відвального типу. / Л.Є. Пелевін, С.В. Лаврик, М.М. Карпенко, М.О. Пристайло // Техніка будівництва. – 2013. – Вип. 308 – С. 4-10.
3. Ловейкін В.С. Динамічне зрівноваження привідного механізму роликової формуальної установки з енергетично зрівноваженим приводом. / В.С. Ловейкін, К.І. Почка, М.О. Пристайло, О.Б. Почка // Опір матеріалів і теорія споруд. – К.: КНУБА, 2019. – Вип. 103. – С. 112-130.
4. Пелевін Л.Є. Обґрунтування вибору геометричних та динамічних параметрів моделювання різання ґрунту наконечником з консоллю. / Л.Є. Пелевін, М.О. Пристайло // Техніка будівництва. – 2012. – Вип. 28 – С. 70-75.
5. Абрашкевич Ю.Д. Розробка установки для різання високоабразивних матеріалів алмазними дисками та абразивними армованими кругами / Ю.Д. Абрашкевич, К.І. Почка, М.О. Пристайло, А.Г. Поліщук // Current issues of science and integrated technologies: Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference. – Milan, Italy. – January 10-13, 2023. – P. 656-663.
6. Пелевін Л.Є. Визначення працездатності робочих органів землерийних машин. / Л.Є. Пелевін, М.О. Пристайло // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2011. – Вип. 77 – С. 96-100.

УДК 621.878.23-182.38

РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПРОСТОРОВО ОРІЄНТОВАНОГО НОЖА ПРИ РОЗРОБЦІ ҐРУНТУ

Федишин Б.М., асист.

Київський національний університет будівництва та архітектури

Постановка задачі. Просторово-орієнтований ніж встановлено на відвальному робочому органі бульдозера. Окрім самої форми ножа, що в свою чергу відтворює формування робочих зусиль при руйнуванні косокутним ножом [1], йому надається додатковий рух в напрямку, перпендикулярному до основного руху відвалу бульдозера. Такий додатковий рух утворюється з невеликою амплітудою (до 150 мм) та високою швидкістю (понад 2 м/с).

Робоча гіпотеза базується на тому, що поєднання позитивних ефектів зниження енергоємності руйнування просторово орієнтованим ножом та

високошвидкісного різання дозволить отримати загальне зниження енергоємності руйнування ґрунту відвальним робочим органом. Вона схематично зображена на (рис. 1), на нашу думку це має забезпечити підрізання ґрунту та його легке виведення із зони розробки. Тим самим зменшуючи опори, які виникають при роботі бульдозера і збільшуючи його продуктивність, а також розширюючи область використання.

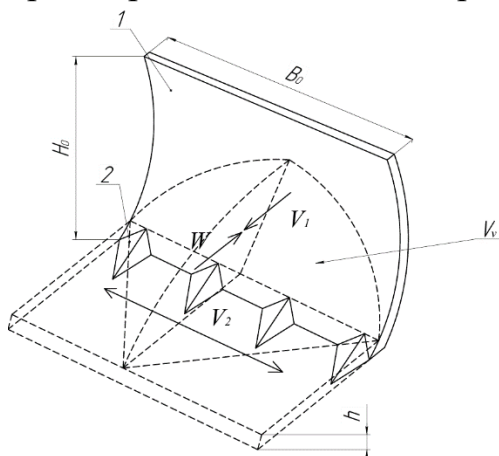


Рис. 1. Схематичне зображення траєкторій руху робочого органу:
 1) відвал бульдозера; 2) просторово-орієнтований ніж динамічної дії;
 V_1 - траєкторія руху бульдозера; V_2 - траєкторія просторово-орієнтованого ножа динамічної дії; B_0 - ширина відвалу; H_0 - висота відвалу; h - товщина шару, що зрізається

При роботі відвальним обладнанням відкладається вектор в залежності від швидкості його переміщення, він буде мати свої координати на осі Y , при переміщенні ножа відкладається вектор в залежності від його швидкості, він буде мати свої координати на осі X .

Щоб визначити скалярне значення вектора швидкості, підсумовуємо проєкції його складових за правилом паралелограма, оскільки вектори мають спільний початок координат (рис. 2).

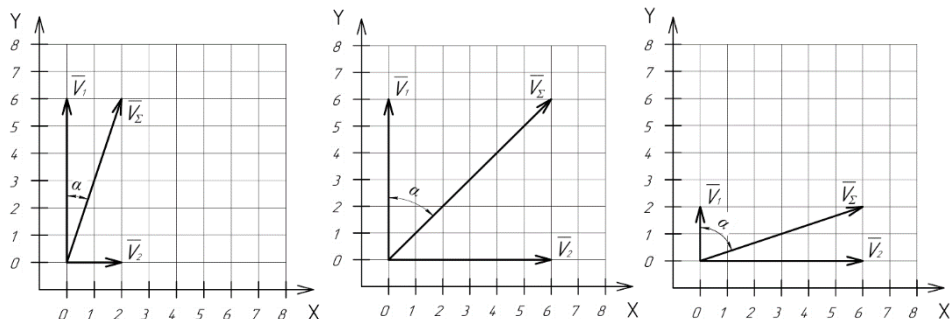


Рис. 2. Визначення вектора напрямку сил різання та кута α :
 α - відхилення кута α при співвідношенні швидкостей руху бульдозерного відвалу більше, ніж руху просторово-орієнтованого ножа;

- б - відхилення кута α при співвідношенні швидкостей руху бульдозерного відвалу однакових, з рухом просторово-орієнтованого ножа;
- в - відхилення кута α при співвідношенні швидкостей руху бульдозерного відвалу менше, ніж руху просторово-орієнтованого ножа.

Використовуючи дані, отримані під час розрахунку векторів, прикладаємо вектор, що вказує напрямок сили різання до просторово орієнтованого ножа динамічної дії, з урахуванням кута α , показника напрямку прикладання сили різання, і таким чином знаходимо його характер переміщення та взаємодії з ґрунтом. (рис. 3).

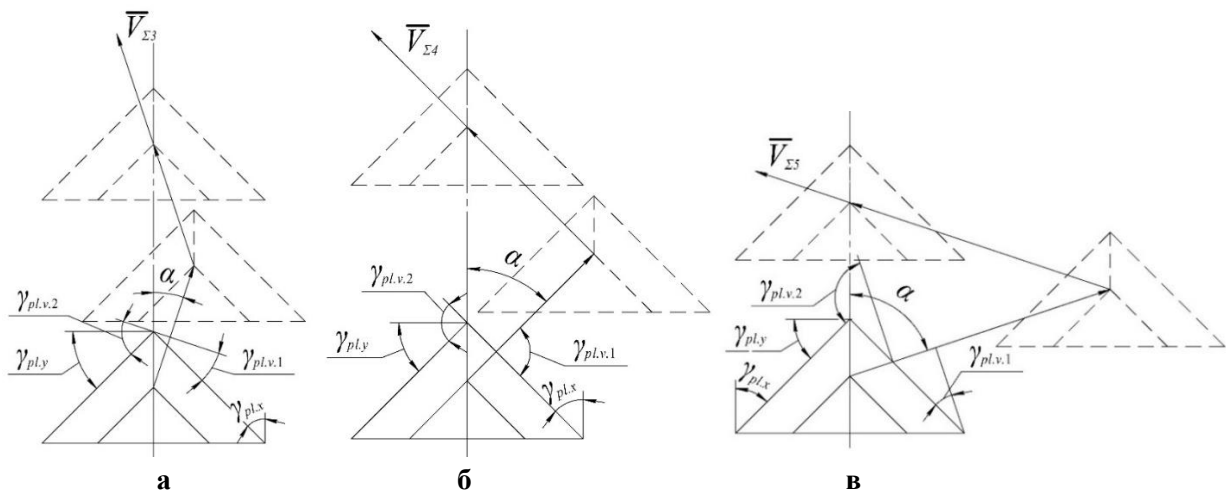


Рис. 3. Рух просторово орієнтованого ножа: а – при куті $\alpha < 45^\circ$;
б – при куті $\alpha = 45^\circ$; в – при куті $\alpha > 45^\circ$

Мета дослідження. За допомогою CAD систем змодельовати випробувальний стенд з приводом переміщення робочого органу та модель просторово орієнтованого ножа з приводом який забезпечить повздовжньо – поступальний рух. Відповідно до робочої гіпотези на випробувальному стенді буде відтворюватись контрольоване переміщення просторово орієнтованого ножа при різних співвідношеннях швидкостей.

Результати дослідження. За допомогою створеної математичної моделі було обчислено значення середньозваженої сили різання P в різних середовищах таких як мергельна глина, суглинок важкий та аргіліт що відповідає переважній більшості категоріям ґрунтів в Україні, на глибинах різання 10, 20 та 30 сантиметрів, що є робочою, критичною та закритичною

глибиною різання для дослідного зразка підрізаючого ножа відвала. Отримані результати опубліковано в роботах [2,3].

На рисунку 4, за допомогою CAD систем створений випробувальний

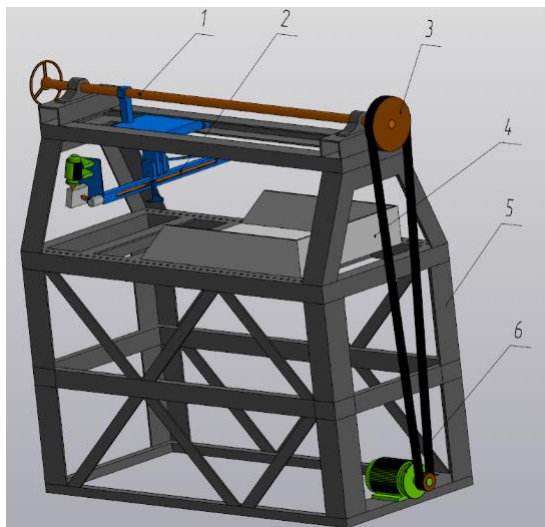


Рис. 4. Випробувальний стенд для різання ґрунтів з реальними геометричними розмірами

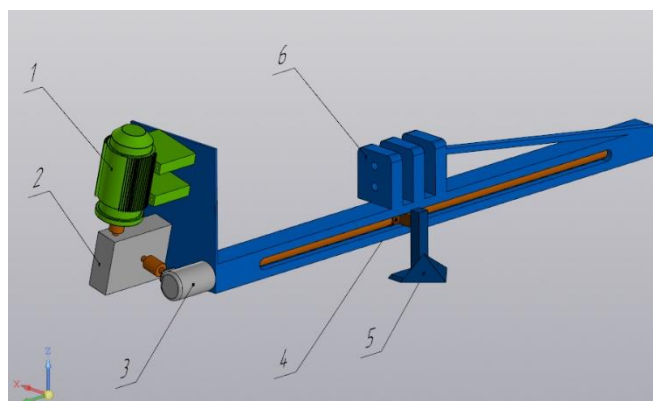


Рис. 5. Привід просторово орієнтованого ножа

На рамі 5, встановлено бункер 4, з дослідним матеріалом, переміщення робочого органу 2, буде відповідати напрямку основного руху бульдозерного відвала та буде здійснюватися вздовж стенду за допомогою стендового двигуна ($P = 2,5$ кВт, $n = 980$ об/хв) 6, через клинопасову передачу 3 з передаточним числом $u = 2,5$, до передачі гвинт-гайка 1.

На рисунку 5, зображено привід для повздовжнього – поступального руху просторово орієнтованого ножа який закріплюється на стенді через проушини 6. Переміщення просторово орієнтованого ножа 5, в свою чергу буде здійснюватися двигуном ($P = 1,1$ кВт, $n = 3000$ об/хв) робочого органу 1, через черв'ячну передачу 2 з передаточним числом $u = 8$, до кінчної передачі 3 з передаточним числом $u = 2$, та до передачі гвинт-гайка 4. Двигуни будуть контролюватись окремими частотними перетворювачами що забезпечити відповідність до швидкісних співвідношень робочої гіпотези.

Список використаної літератури:

1. Смірнов В. М. Основи теорії різання ґрунтів просторово орієнтованими ножами землерийних машин / К.: «МП Леся», 2009 – 260 с.
2. Rashkivskyi, V., & Fedyshyn, B. (2023). Modelling of soil destruction process by bulldozer using a spatially oriented working unit. *Transfer of Innovative Technologies*, 6(1), 58–70. <https://doi.org/10.32347/tit.2023.61.0202>

61.0202

3. Rashkivskiy, V., & Fedyshyn, B. (2023). Development of a parametric model of the spatially oriented knife on the bulldozer blade. *Strength of Materials and Theory of Structures*, 111, 263–275. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.111.263-275>

УДК 669:620.18

ЛЕГУЮЧІ ЕЛЕМЕНТИ В БОРСТАЛЯХ

Похиленко Г.М., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Борсталі стають все більш популярними, а їх використання стає все більш різноманітним. Їх високі властивості за розумну ціну досягаються завдяки передовій технології виробництва. Незважаючи на те, що спочатку борсталі були розроблені в основному для підвищення твердості, зносостійкості деталей, тепер вони мають більш широке використання.

Бор, як легуєчий елемент, в сталі вводять для підвищення прогартуваності. Він додається до вуглецевих (С) і низьколегованих сталей у концентраціях від 0,0015 % до 0,0030 % для підвищення твердості шляхом покращення прогартуваності.

Бор легко реагує з киснем (О) і азотом (N) і втрачає свої корисні властивості для сталі, якщо він знаходиться в зв'язаній формі. Тому під час виробництва борсталі необхідно захищати бор від контакту з повітрям. Якщо цього запобіжного заходу не вжити, це може призвести до нестабільних результатів при термообробці. Ефект підвищення прогартуваності може бути втраченим.

Бор використовується на металургійних підприємствах як феробор (Fe-B). Fe-B буває кількох сортів. Fe-B з високим вмістом вуглецю (містить до 2 % С). Він буває трьох сортів, що містять 10 %-15 % В, 15 % – 20 % В і понад 20 % В. З низьким вмістом вуглецю Fe -В містить менше 0,5 % С і випускається двох сортів, що містять від 15 % до 17 % В та від 17 % до 19 % В. Основними домішками в Fe-B є кремній (Si) і алюміній (Al). Вміст Si у всіх марках Fe-B не більше 4 %. Вміст Al у Fe-B високим вмістом вуглецю становить близько 0,5 %, тоді як з низьким вмістом вуглецю становить близько 6 %. Fe-B також виробляють у формі порошку або порошкового дроту. Fe-B додають у рідкі сталі зазвичай після додавання інших феросплавів.

Бор активно реагує з O, C і N розчиненими в рідкій сталі. Бор реагує з киснем (O) з утворенням оксиду бору (B_2O_3), з вуглецем бор утворює цементит заліза-бору [$Fe_3(CB)$] і карбід заліза-бору [$Fe_{23}(CB)_6$]. З азотом N бор утворює нітрид (BN). Втрати бора через реакцію з киснем запобігається шляхом додавання його до сталей, розкислених Si – Al, а також за допомогою спеціальної конструкції ковша та форми. Сильні нітридоутворювачі, такі як Al (алюміній), Ti (титан) і Zr (цирконій), захищають бор від реакції з азотом.

Стандартна практика додавання бору до розливного ковша відбувається після додавання всіх інших легуючих елементів. Втрату ефективності бору можна запобігти використанням більшої кількості Al та/або Ti (титану).

Додавання бору у форми безперервного лиття успішно виконується протягом багатьох років, але цей метод дає менш однакові результати порівняно з контрольованим легуванням до розливного ковша.

Додавання порошкового дроту можна здійснювати в печі-ковші, станції з продуванням аргоном (Ar) або установці вакуумної дегазації.

УДК 669:620.18

ОСОБЛИВОСТІ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛЕЙ З БОРОМ

Похиленко Г.М., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Головною особливістю сталей з бором є покращення прогартуваності, яке досягається легуванням навіть невеликою кількістю бору. У разі збільшення кількості (більше 0,0030 %) з'єднання з бором виділяються на межах зерен аустеніту, що не тільки знижує прогартуваність, але також може знизити в'язкість, жароміцність і збільшити крихкість.

Бор повинен бути в атомарному стані, щоб покращити прогартуваність. Бор також може стати неефективним, якщо недотримується технологія обробки. Наприклад, необхідно уникати високих температур аустенізації, а також температурних діапазонів, де відбувається окислення бору.

Він пригнічує зародження доєвтектоїдного фериту на границях аустенітних зерен, але не впливає на їх ріст. Механізм, який є вирішальним для підвищення прогартуваності при легуванні сталі бором - це затримка переходу до бейнітної, феритної та перлітної структур, які є м'якшими, ніж

мартенсит. Всталях без бору ці більш м'які структури утворюються під час охолодження від температури аустенізації, після відпалу або гарячої обробки.

Вплив бору на прогартовуваність також залежить від кількості вуглецю в сталях. Ефект легування бором зростає обернено пропорційно відсотковому вмісту вуглецю. Тому бор є набагато ефективнішим для низьковуглецевих сталей. Його вплив швидко знижується при збільшенні кількості вуглецю і зникає при вмісту вуглецю евтектоїдного значення.

Цікавим аспектом цього явища є те, що цементовані сталі з бором відрізняються високою загартованістю серцевини, але низькою прогартовуваністю.

Ефективність бору зростає лінійно приблизно до 0,002 % В, потім вирівнюється. Більшість сталей, що містять бор, виробляють в допустимих межах бору 0,0005 % - 0,007 %.

На практиці вплив бору на прогартовуваність часто називають «фактором бору» і визначають відношенням ідеальних діаметрів сталі з бором до тієї самої сталі без В. Сталі із середнім вмістом вуглецю зазвичай мають коефіцієнт бору в діапазоні 2,0 - 2,5.

Нижчі значення вказують на втрату ефективності впливу бору через недотримання технології виробництва сталі або неправильну термічну обробку.

Бор не має істотного впливу на температури перетворення. Таким чином, сталі з бором піддаються термічній обробці так само, як і сталі без бору. Необхідно уникати перегріву, тому що бор збільшує зерна, а прогартовуваність не збільшується зі збільшенням розміру зерна. Втрату прогартовуваності через перегрівання можна відновити повільним охолодженням і повторним нагріванням до необхідної температури гартування. Також необхідно уникати окисної та азотуючої атмосфери. Сталі з бором не підлягають цементації.

Бор не підвищує і не знижує температуру утворення мартенситу і не впливає на залишковий аустеніт. Це не змінює структуру перліту, а також не викликає зміцнення твердого розчину у фериті. Він не впливає на відпуск, за винятком незначного, але допустимого збільшення сприйнятливості до відпускнуї крихкості.

ХАРАКТЕРИСТИКИ І ВІДМІННОСТІ ЗОН ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ, ЯКІ МАЮТЬ СТРУКТУРНІ ТА МЕХАНІЧНІ НЕОДНОРІДНОСТІ

Куликівський В.Л., к.т.н., доц.

Боровський В.М., ст. викл.

Поліський національний університет

Близько 80–85 % металевих конструкцій зварні, тому надійність та безпека експлуатації споруд, машин більшою мірою залежить від стану зварного з'єднання, що має структурну та механічну неоднорідність [1, 2]. В області термічного впливу зварних з'єднань із низьковуглецевих і низьколегованих сталей, згідно діаграми стану сплавів залізо-вуглець, розрізняють ділянки, зони: сплавлення; перегріву; часткової перекристалізації; повної перекристалізації; високотемпературного відпуску; низькотемпературного відпуску; механічного впливу [3]. За зоною термічного впливу знаходиться основний метал, який не зазнає жодних змін.

Ділянка неповного розплавлення (зона сплавлення) є перехідною від литого металу зварного шва до основного матеріалу. Вона є вузькою областю і залежить від товщини (0,11–0,42 мм) основного металу. Ділянка перегріву є областю металу, в якій максимальні температури під час нагрівання складають 1100 °С і вище. У даній області, після охолодження нижче точки A_{c1} (початку перекристалізації), формується крупнозерниста феритно-перлітна (або навіть мартенситна) структура зі зниженою пластичністю. Температура ділянки нормалізації (повної перекристалізації) відповідає нагріванню в аустенітній області до 900–1100 °С та перекристалізації, під час охолодження нижче точки A_{c1} , в дрібнозернисту феритно-перлітну структуру. Така структура має високу міцність і пластичність, оскільки фазове перетворення відбувається з дрібнозернистого аустеніту, який не піддавався перегріву. Температура ділянки неповної перекристалізації знаходиться в діапазоні 720–900 °С. Тому, завдяки обмеженій тривалості та температурі нагрівання, структура металу включає суміш дрібних зерен, що перекристалізувалися і не рекристалізованих великих зерен фериту та перліту. Унаслідок чого властивості металу даної ділянки нижчі, ніж зони нормалізації. Ділянка рекристалізації з'являється у разі зварювання сталей, які зазнали пластичної деформації (штампування, прокатування, кування). Нагрівання матеріалу до температури 455–727 °С, у

даній ділянці основного металу, призводить до рекристалізації, подальшого зростання зерен, загубіння структури та зниження міцності сплаву.

Отже, метал у зоні впливу високих температур відрізняється як гетерогенністю структурного або фазового складу, так і неоднорідністю механічних характеристик. Протяжність зони впливу високих температур залежить від товщини металу, а також режимів і видів зварювання. Наприклад, у процесі ручного дугового зварювання сталевих листів товщиною 2,5–3,5 мм, протяжність навколошовної зони зазвичай становить близько 4,5–5,5 мм.

Зварні з'єднання, які мають структурну та механічну неоднорідність, характеризуються низкою властивостей. Для тримкості металоконструкцій найбільш важливі такі механічні властивості зварних з'єднань, як: пластичність, міцність і ударна в'язкість, тобто здатність чинити опір деформуванню та руйнуванню під дією зовнішніх сил. Висока працездатність зварних конструкцій у багатьох випадках залежить від механічних властивостей нероз'ємних з'єднань, рідше впливають хімічні чи фізичні характеристики.

Властивості зварних з'єднань суттєво відрізняються від характеристик основного металу, тому що на них впливають численні фактори: хімічний склад конструкційних сталей; різні зварювальні матеріали (електроди, флюси); дія джерел енергії, електричної дуги; складні процеси плавлення та кристалізації металу під час термодинамічних змін, взаємодія матеріалу з рідкими і газовими компонентами; структурні та фазові перетворення в конструкційних сталях під дією температур, що змінюються; виникнення різного роду порушень однорідності матеріалу під час зварювання, термомеханічної обробки, за тривалої експлуатації металоконструкцій.

Таким чином, враховуючи велику кількість різних факторів, властивості зварних з'єднань можуть змінюватися в досить широких межах. Водночас слід зазначити характерні особливості структури та механічних властивостей зварних з'єднань у порівнянні з основним металом:

- висока неоднорідність структури та властивостей окремих ділянок і зон зварного з'єднання (лита структура в зварному шві, крупнозерниста у зоні сплавлення та ділянці перегріву, більш дрібнозерниста в зоні повної перекристалізації);

- більш високе розсіювання міцності та пластичних властивостей металу в різних зонах і ділянках зварного з'єднання;

- значна кількість різних форм зварних з'єднань та висока можливість утворення дефектів суцільності, під час зварювання, визначає суттєву концентрацію залишкових напружень (формування локальних зон концентрації напружень).

Тому, для виявлення відхилень і зон концентрації напружень, неруйнівними методами контролю, необхідне розуміння особливостей формування дефектів у нероз'ємному з'єднанні, виникнення небезпечних локальних зон для оцінки фактичного напружено-деформованого стану металоконструкцій з урахуванням структурної та механічної неоднорідності зварних з'єднань.

Список використаних джерел:

1. Биковський О. Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій : підручник. Київ : Основа, 2021. 400 с.
2. Гілодо О. Ю. Металеві конструкції у питаннях та відповідях : навч. посіб. Одеса : Астропринт, 2019. 120 с.
3. Щудро А. Є. Особливості формування структури і властивостей зони термічного впливу зварних з'єднань із мікролегованих будівельних сталей : дис. ... канд. тех. наук : 05.02.01. Дніпро, 2021. 157 с.

УДК 621.87

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ВЗАЄМОДІЇ МЕХАНІЗМІВ ПІДЙОМУ ТА ПОВОРОТУ СТІЛИ КРАНА

*Ловейкін В.С., д.т.н., проф.
Ромасевич Ю.О., д.т.н., проф.
Кадикало І.О., к.т.н.*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Для підвищення продуктивності стрілових кранів часто використовується комбінований рух окремих механізмів. Однак це може призводити до збільшення динамічних навантажень на конструкцію, приводні механізми, а також на вантаж, що закріплений на гнучкому підвісі, що призводить до погіршення надійності роботи та збільшує енергетичні витрати кранів. У зв'язку з цим виникає необхідність вивчення динаміки спільного руху механізмів повороту та підйому вантажу стрілового крана з підйомною стрілою.

Для дослідження динаміки спільного руху механізмів стрілова система представлена механічною системою з шістьма ступенями вільності, де враховано основний рух механізмів та коливальний рух ланок конструкції з пружними та дисипативними властивостями, а також вантажу на гнучкому

підвісі в площині повороту крана та підйому вантажу. Для такої механічної системи вантажопідйомного крана складено диференціальні рівняння сумісного руху механізмів повороту та підйому вантажу. Отримані рівняння являють собою систему нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку, для розв'язування яких використано чисельний метод у вигляді комп'ютерної програми.

На основі проведеного розрахунку здійснено динамічний аналіз спільного руху механізмів повороту та підйому вантажу стрілового крана з підйомною стрілою, в результаті якого встановлені високочастотні коливання ланок з пружними та дисипативними властивостями, а також низькочастотні коливання вантажу на гнучкому підвісі. Найбільший вплив коливань спостерігається в процесі пуску механізмів, де високочастотні коливання затухають протягом перехідного процесу, а низькочастотні коливання затухають протягом достатньо значного проміжку часу.

Для поліпшення динамічних характеристик механізмів повороту та підйому вантажу під час їх спільного руху запропоновано оптимізувати режим руху на етапах перехідних процесів, таких як пуск та гальмування.

УДК 631.331.54

ЗОНАЛЬНИЙ ГІДРОПРИВІД В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИНАХ

Кравченко В.В., к.т.н., доц.

Уманський національний університет садівництва

Концепція зонального гідроприводу передбачає, що на кожний виконавчий механізм встановлюється окремий електродвигун в парі з гідравлічним насосом [1]. Зональний гідропривід вже реалізований на літаках та стаціонарних гідравлічних машинах [2]. Очевидно, що впровадження таких систем в сільськогосподарських машинах має перспективи, адже виконавчі механізми сільськогосподарських машин зазвичай розміщені на певній відстані від джерела енергії.

При такому поєднанні швидкість руху виконавчого механізму напряму залежить від швидкості руху валу електродвигуна і необхідність у додаткових регулювальних пристроях відпадає. Також, до додаткових переваг зонального гідроприводу можна віднести зменшення довжини гідравлічних ліній вздовж

машини, що призведе до зменшення втрат на опір в цих гідролініях та до збільшення його жорсткості, а гідравлічна система буде більш компактною. Плюс, зворотній рух робочих органів під дією зовнішніх сил примусить обертатись вал електричного двигуна, що дозволить йому працювати в режимі генератора і виробляти при цьому електричну енергію.

Але впровадження зонального гідроприводу потребує вирішення додаткових проблем. По-перше це обслуговування робочої рідини [3], адже за відсутності центрального резервуару необхідно передбачити такий резервуар в зоні роботи кожного виконавчого механізму, також при цьому необхідно забезпечити очищення робочої рідини та підтримання її в заданому температурному режимові. По-друге це наявність вільного місця на машинах, адже однією з переваг класичних схем гідроприводу в мобільних машинах є саме компактність гідропристроїв. При зональному розміщенні гідроприводів виникає необхідність виділення місця на машині біля виконавчого механізму для розміщення додатково електричного двигуна, насоса та іншого гідравлічного обладнання, при цьому також необхідно враховувати масу встановлюваного обладнання [4]. Також, в концепції зонального гідроприводу передбачається наявність на кожній причіпній машині власного комплексу гідроприводу з електричним двигуном, живлення якого буде забезпечувати ведучий енергозасіб. Очевидно що це призведе до здороження причіпних машин та неможливості агрегування машин випущених раніше з такими енергозасобами за умови відсутності в них гідравлічних виходів [5].

Список використаних джерел:

1. Кравченко В.В., Кутковецька Т.О., Войтік А.В., Пушка О.С. (2022) Перспективи поєднання гідравлічного та електричного приводу в мобільних сільськогосподарських машинах. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів. №4. 20–43.
2. Ivantysynova, M. (2002). Displacement controlled actuator technology-future for fluid power in aircraft and other applications. In Proc. of the 3rd International Fluid Power Conference (3. IFK) (Vol. 2, pp. 425-440).
3. Michel, S., & Weber, J. (2017). Investigation of self-contamination of electrohydraulic compact drives. In Proceedings of the 10th JFPS International Symposium on Fluid Power, Fukuoka, Japan (pp. 24-27).
4. Ketelsen, S., Andersen, T. O., Ebbesen, M. K., & Schmidt, L. (2019). Mass estimation of self-contained linear electro-hydraulic actuators and evaluation of the influence on payload capacity of a knuckle boom crane. In Fluid Power Systems Technology (Vol. 59339, p. V001T01A045). American Society of Mechanical Engineers.

5. Fassbender, D., Zakharov, V., & Minav, T. (2021). Utilization of electric prime movers in hydraulic heavy-duty-mobile-machine implement systems. *Automation in Construction*, 132, 103964.

УДК 662.767.2

ВИКОРИСТАННЯ 3D МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЕФЕКТИВНОЇ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ЗМІШУВАЧА

Сподоба М.О., PhD

Сподоба О.О., PhD

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Енергія, яка необхідна на перемішування певного об'єму речовини у резервуарі залежить від фізико-хімічного складу речовини, температури, конструктивних особливостей змішувача, кута нахилу лопатей, частоти обертання робочого органу [1, 2].

Для зниження витрати енергії на перемішування речовини необхідно використовувати інноваційні підходи. Одним з таких підходів є використання прикладних програм, які дозволяють проводити 3D моделювання.

З метою визначення енергоефективної частоти обертання робочого органу змішувача було виконано наступні операції:

- Для створення моделі резервуара з лопатевою двоярусною мішалкою з лопатями встановленими під кутом 45° (Рис. 1) використовувався програмний комплекс SolidWorks.

Моделювання процесу перемішування виконувалось за допомогою додатку SolidWorks Flow Simulation, використовуючи рівняння Нав'є-Стокса.

- Проведено дослідження впливу частоти обертання змішувача на картину розповсюдження потоків у резервуарі. Результатом, є отримання картини траєкторій переміщення елементарних об'ємів та швидкостей потоків речовини у тривимірному просторі (рис. 2).

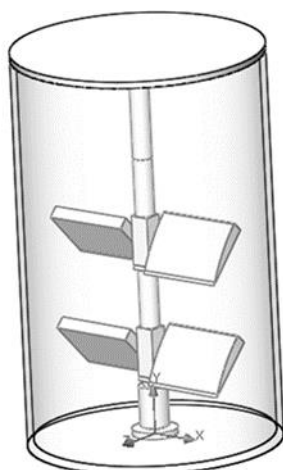


Рис. 1. Модель резервуара з лопатевою двоярусною мішалкою з лопатями встановленими під кутом 45°

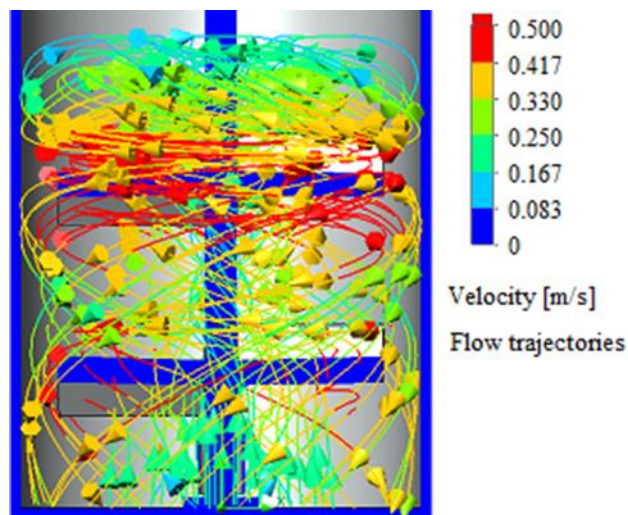


Рис. 2. Траєкторії переміщення елементарних об'ємів та швидкостей потоків речовини за швидкості обертання мішалки 60 об/хв

Після отримання траєкторій переміщення елементарних об'ємів (рис. 2) проводиться їх аналіз з метою встановлення швидкості потоків речовини у будь-якій точці резервуару. Враховуючи вищезазначене, можна сконструювати необхідну конструкцію мішалки, яка забезпечить раціональну швидкість потоків речовини у резервуарі, без втрати показників якості змішування.

Програмний комплекс SolidWorks дозволяє виконати операції створення 3D моделі реального об'єкту. А за допомогою додатку SolidWorks Flow Simulation провести моделювання та дослідити вплив геометричних розмірів мішалки, а також її частоти обертання на створення потоків, їх швидкостей та напрямків.

Відповідно, підхід з використанням 3D моделювання у SolidWorks дозволяє зекономити час та ресурси на визначення не тільки раціональної конструкції мішалки, а й енергоефективної частоти обертання її робочого органу.

Список використаних джерел:

1. Zablodskiy, M. M., Spodoba, M. O. (2020). Rationale for creating an electrothermomechanical system for mixing and heating biomass. *Energy and Automation*, 5, 136-148. <http://dx.doi.org/10.31548/energiya2020.05.136>
2. M. Zablodskiy and M. Spodoba, "Determination of energy efficient level of the speed of mixing body of electromechanical system", *Kremenchuk: Electromechanical and energy saving systems*, vol. 4, no. 52, pp. 17-26, 2020. <http://dx.doi.org/10.30929/2072-2052.2020.4.52.17-26>

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ

Сподоба М.О., PhD

Сподоба О.О., PhD

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Експериментальні дослідження технологічних процесів потребують точної реєстрації інформації з вимірювально реєструючого обладнання.

Для точності проведення експериментальних досліджень та отримання адекватних результатів необхідно враховувати велику кількість факторів. Для цього використовується більша кількість вимірювально-реєструючого обладнання, що ускладнює збір та обробку отриманого масиву даних.

З метою отримання повної картини зміни процесів, які відбуваються протягом усього циклу експериментального дослідження того чи іншого технологічного процесу необхідним є використання автоматичної системи реєстрації інформації з вимірювально-реєструючого обладнання.

Відповідно до мети, розроблено та створено на базі Arduino систему автоматичного безперервного контролю та реєстрації інформації зі збереженням на карти пам'яті з вимірювального обладнання. Зовнішній вигляд створеної системи безперервного контролю та реєстрації інформації наведено на рис. 1.

Збір даних відбувається в автоматичному режимі по наперед встановленому закону та у відповідності до часу. Для збереження інформації використовуються модулі microSD та чотири карти пам'яті microSD, на кожен мікроконтролер встановлено власну карту пам'яті. У подальшому, зібрані масиви експериментальних даних можна обробляти у прикладній програмі Wolfram Mathematica.

Особливістю створеної системи є використання енергонезалежного живлення, що забезпечує збереження інформації та продовження роботи у періоди відсутності електричної енергії.

Розроблена автоматична система безперервного контролю та реєстрації інформації (рис. 1) була використана у експериментальних дослідженнях енергетичної ефективності від впровадження електротепломеханічної системи у діючу біогазову установку [1-3]. За один етап експериментальних досліджень (7 діб) було зібрано 9 млн. значень з 23 датчиків, серед яких: датчики температури та вологості, датчики вмісту метану та вуглекислого

газу, датчик диференціального тиску, трансформатори струму.

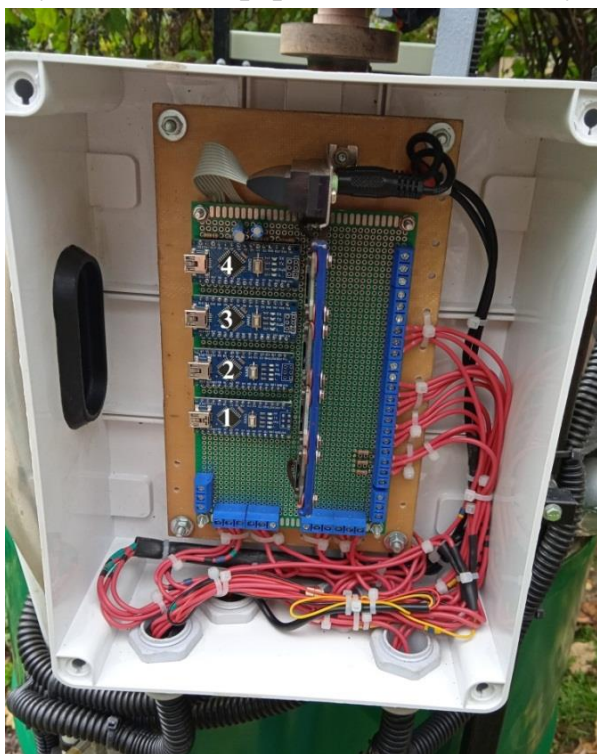


Рис. 1. Блок створеної системи безперервного контролю та реєстрації інформації

До складу блоку системи безперервного контролю та реєстрації інформації входять чотири мікроконтролери Arduino Nano V3 ATmega328P-AU. Мікроконтролери об'єднанні у одну групу за допомогою лінії зв'язків.

Використання чотирьох мікроконтролерів та об'єднання їх у одну групу, дозволяє під'єднання більшої кількості вимірювальних пристроїв без втрати точності реєстрації та перевантаження АЦП розрахунковими операціями.

Для кожного мікроконтролера розроблено власний алгоритм роботи, що дозволяє підключати незалежну групу вимірювально-реєструючого обладнання.

Список використаних джерел:

1. M. Spodoba, M. Zablodskiy, O. Spodoba "Comparison of Theoretical and Experimental Data of Energy Consumption on the Use of Electrothermomechanical System". *In 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*, Kremenchuk, Ukraine, 2023, IEEE. pp. 1-4. <https://doi.org/10.1109/MEES61502.2023.10402429>
2. M. Zablodskiy, M. Spodoba, O. Spodoba. "Experimental investigation of energy consumption for the process of initial heating of a substrate to the fermentation temperature." *Problems of the Regional Energetics*, Moldova, 2022, no. 1, pp. 83-96. <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2022.1-53.07>
3. Заблодський М. М., Сподоба М. О., Сподоба О. О. Експериментальне дослідження витрати енергії на процес початкового нагріву субстрату за використання електротепломеханічної системи. *Електротехніка та електроенергетика. Запоріжжя*, 2022. Випуск 1. 49–59 с. <https://doi.org/10.15588/1607-6761-2022-1-5>

АЛГОРИТМ ТАРУВАННЯ ДАВАЧА ВИМІРЮВАННЯ СТРУМУ В АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІ МЕХАНІЗМУ ЗМІНИ ВІЛЬОТУ ВАНТАЖУ БАШТОВОГО КРАНА

*Ловейкін В.С., д.т.н., проф.
Ромасевич Ю.О., д.т.н., проф.
Стехно О.В., PhD.*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

На сьогоднішній день, в умовах стрімкого зведення та відбудови будівельних споруд різного типу та складності, значного поширення набули баштові крани. Одним з ключових механізмів у баштовому крані є механізм зміни вильоту, який в процесі безпосередньої експлуатації баштового крана, дозволяє переміщувати вантаж, закріплений на гнучкому підвісі, в подовж напрямних рейок балкової стріли на відстань, що задана технологічним процесом.

Одним із ключових недоліків експлуатації вказаного вище механізму є значні енергетичні втрати в його електроприводі, які призводять до зниження надійності електродвигуна через нагрів обмоток.

Дослідити величину енергетичних втрат електроприводу, можна за рахунок використання давача вимірювання струму марки MICRO SWITCH FREEPORT CSLA1SD 1314 MEX, який представлено на рис.1 [1].

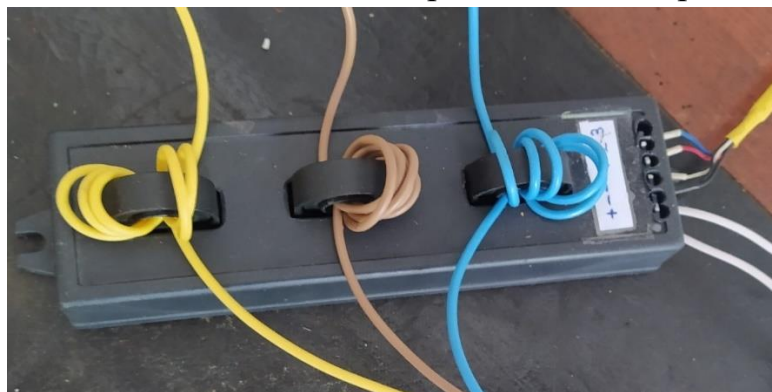


Рис. 1. Зображення давача для вимірювання струму (MICRO SWITCH FREEPORT CSLA1SD 1314 MEX)

Давач струму (рис. 1) живиться від лабораторного блоку живлення з напругою у 12 В. Значення струму, що фіксується давачем з кожної фази, за допомогою відповідного кабелю передається та записується на пристрій для

збору даних (m-DAQ 14), який підключено до персонального комп'ютера. Далі виконується конвертація отриманих експериментальних даних для подальшого опрацювання. Перед початком виконання експериментів необхідно виконати тарування давача для вимірювання струму [1].

Тарування давача вимірювання струму відбувається наступним чином:

- здійснюється пуск електродвигуна і вимірюється струм у одній фазі, (діюче значення якого становить 0,78 А). Вимірювання струму відбувалося за допомогою цифрового мультиметру ZT 102 (рис. 2);



Рис. 2. Загальний вигляд цифрового мультиметру ZT 102 [1].

- потім у розрив фази підключається давач струму (відбувається протягування фазного проводу через кільце давача) та вимірюються миттєві значення струму;
- далі отримані експериментальні дані імпортуються у програму Wolfram Mathematica [2], в якій відбувається його фільтрація та будується відповідна графічна залежність [1];
- потім визначається величина амплітуди сигналу, яка відповідає певній величині струму. Діюче значення струму у $\sqrt{2}$ раз менше, ніж амплітуда струму, тобто: $I_{д.з.} = 0,78 \cdot \sqrt{2}$. Знаючи амплітудне значення струму при роботі електродвигуна на холостому ході, можна визначити коефіцієнт співвідношення між амплітудним значенням, яке отримано від давача струму;
- далі на основі отриманого співвідношення виводиться коефіцієнт підсилення, тобто коефіцієнт, на який необхідно помножити сигнал отриманий від давача струму I , щоб отримати миттєве значення струму у фазі. Таким чином, виконано тарування давача струму [1].

Список використаних джерел:

1. В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, О.В. Стехно, Д.І. Муштин. Наукове обґрунтування і розробка методів динамічного моделювання та режимно-параметричної оптимізації сучасних вантажопідійомних машин. Монографія. ЦП „КОМПРІНТ”. Київ. 2023. 458 с.
2. Wolfram Mathematica: [URL:https://www.wolfram.com/mathematica](https://www.wolfram.com/mathematica) (дата звернення 05.04.2024).

УДК 621.873

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВЕЛИЧИНИ СТАТИЧНОГО ОПОРУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖНОГО ВІЗКА ІЗ ВАНТАЖЕМ ЗАКРІПЛЕНИМ НА ГНУЧКОМУ ПІДВІСІ

Ловейкін В.С., д.т.н., проф.
Ромасевич Ю.О., д.т.н., проф.
Стехно О.В., PhD.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Визначення величини статичного опору переміщення вантажного візка баштового крана із вантажем на гнучкому підвісі для теоретичних розрахунків, можна визначити за наступною залежністю [1-3]:

$$W_{\text{СТАТИЧНЕ}} = (m_{\text{ВІЗКА}} + m_{\text{ВАНТАЖУ}}) \cdot g \cdot h, \quad (1)$$

де $m_{\text{ВІЗКА}}$ і $m_{\text{ВАНТАЖУ}}$ – маси вантажного візка та вантажу на гнучкому підвісі відповідно; g – прискорення вільного падіння; h – загальний коефіцієнт статичного опору ($h = 0,012 \dots 0,02$).

Значення коефіцієнту h має суттєвий діапазон, котрий може призводити до значної неточності визначення величини $W_{\text{СТАТИЧНЕ}}$. Щоб більш точно визначити значення $W_{\text{СТАТИЧНЕ}}$, було проведено відповідні експериментальні дослідження. Основна суть, якого полягає у наступному: використовуючи силовимірвальний прилад, визначено силу статичного опору при різних масах закріпленого на гнучкому підвісі вантажу. При проведенні експериментів незалежним фактором, який варіювався у пропонованому дослідженні виступала маса вантажу $m_{\text{ВАНТАЖУ}}$ її значення становило 0; 13; 27; 40,5 кг відповідно [3].

За результатами проведених експериментів визначено величину статичного опору переміщення кранового візка окремо для кожного значення маси вантажу, які зведено до таблиці 1.

Таблиця 1

Значення статичного опору системи «візок вантаж» при різних масах m_2

Номер експерименту	Маса вантажу $m_{\text{ВАНТАЖУ}}$, кг	Отримане значення статичного опору $W_{\text{СТАТИЧНЕ}}$, Н
№1	0	10,7
№2	13	20,5
№3	27	30,3
№4	40,5	38,2

Для досліджуваного масиву отриманих даних, що зведені до таблиці 1, знайдено відповідну регресійну залежність зміни значення величини статичного опору $W_{\text{СТАТИЧНЕ}}$ переміщення системи «візок-вантаж» від маси закріпленого на гнучкому підвісі вантажу $m_{\text{ВАНТАЖУ}}$ [3]:

$$W_{\text{СТАТИЧНЕ}} = 11,2 + 0,68 \cdot m_{\text{ВАНТАЖУ}} \quad (2)$$

Відповідність отриманого виразу (2) та експериментальних даних (таблиця 1), можна спостерігати на графічній залежності (рис. 1.). Крапки чорного кольору – отримані експериментальним шляхом; лінія сірого кольору – графік виразу (2).

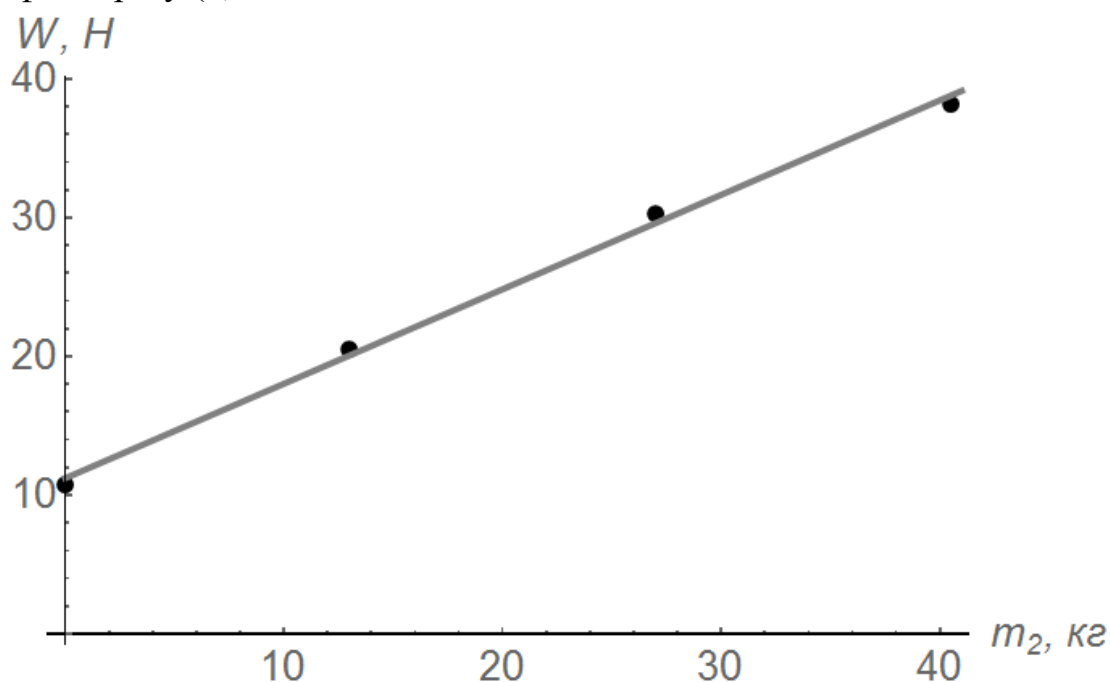


Рис. 1. Графічна залежність зміни величини статичного опору $W_{\text{СТАТИЧНЕ}}$ від маси закріпленого на гнучкому підвісі вантажу $m_{\text{ВАНТАЖУ}}$

Список використаних джерел:

1. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Шумілов Г.В. Оптимізація режиму зміни вильоту і підйому вантажу баштового крана. Монографія. Київ. ЦП «КОМПРИНТ». 2013. 174 с.
2. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Стехно О.В. Оптимізація режимів зміни вильоту вантажу баштового крана. Монографія. Київ. ЦП «КОМПРИНТ». 2017. 172 с.
3. В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, О.В. Стехно, Д.І. Муштин. Наукове обґрунтування і розробка методів динамічного моделювання та режимно-параметричної оптимізації сучасних вантажопідйомних машин. Монографія. ЦП „КОМПРИНТ”. Київ. 2023. 458 с.

УДК 621.873

МЕТОДИКА ТАРУВАННЯ S-ПОДІБНОГО ТЕНЗОМЕТРИЧНОГО ДАВАЧА

Ловейкін В.С., д.т.н., проф.
Ромасевич Ю.О., д.т.н., проф.
Стехно О.В., PhD.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Методика тарування S-подібного тензOMETричного давача вимірювання зусилля у тяговому канаті виконувалася на лабораторній установці фізичної моделі стрілової системи баштового крана. Безпосередньо до тензOMETричного давача, який закріплено на візку (рис. 1), прикріплювався додатковий тяговий канат, який проходить через обвідний блок, а до іншого кінця канату закріплено малогабаритні кранові ваги на які кріпиться вантаж (рис. 2) [1].



Рис. 1. Зображення закріплення S-подібного тензOMETричного давача



Рис. 2. Тарування S-подібного тензOMETричного давача

ТензOMETричний давач (рис. 1), через підсилювач отриманого сигналу, було підключено до пристрою збору даних (m-DAQ 14) [1]. На m-DAQ 14 відбувався запис сигналу від тензOMETричного давача при навантаженні малогабаритних кранових вагів масою вантажу 0; 13; 27 кг. Надалі отримані дані для кожної маси вантажу передавалися на персональний комп'ютер (ПК) із відповідним програмним забезпеченням (m-DAQ 14 Reader v 1.2) де зберігалися у форматі «txt» для подальшого опрацювання [1].

Потім проводився імпорту отриманих файлів у програмний продукт Wolfram Mathematica [2], де було встановлено відповідне рівняння регресії, яке пов'язує зусилля розтягу давача і значення напруги на виході підсилювача сигналу. Дане рівняння виглядає наступним чином:

$$F_{КАН.} = 182,1 - 118,3 \cdot U_{ВИХ.} \quad (1)$$

Загальна відповідність отриманого виразу (1) та експериментальних даних спостерігається на графічній залежності (рис. 3).

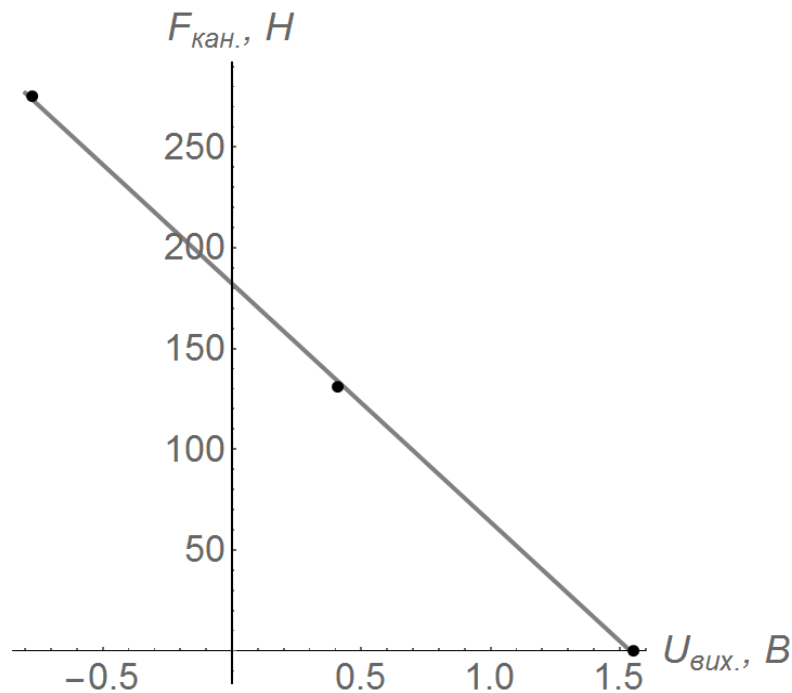


Рис. 3. Графічна залежність статичної характеристики S-подібного тензOMETричного давача зусилля (1) та дані, що отримано при його таруванні.

Список використаних джерел:

1. В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, О.В. Стехно, Д.І. Муштин. Наукове обґрунтування і розробка методів динамічного моделювання та режимно-параметричної оптимізації сучасних вантажопідйомних машин. Монографія. ЦП „КОМПРІНТ”. Київ. 2023. 458 с.
2. Wolfram Mathematica: [URL:https://www.wolfram.com/mathematica](https://www.wolfram.com/mathematica) (дата звернення 05.04.2024).

УДК 621.873

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ МЕХАНІЗМУ ЗМІНИ ВІЛЬОТУ ВАНТАЖУ БАШТОВОГО КРАНА

Ловейкін В.С., д.т.н., проф.
Ромасевич Ю.О., д.т.н., проф.
Стехно О.В., PhD.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Для практичної реалізації налаштувань оптимальних параметрів частотного перетворювача та оптимальних режимів руху досліджуваного

механізму зміни вильоту вантажу необхідно розробити спеціальну систему його керування [1].

Запропонована система керування досліджуваним механізмом має володіти наступними (основними) функціями [1-2]:

- ✓ зчитувати й аналізувати потрібні параметри при роботі досліджуваного механізму;
- ✓ виконувати розрахунок сигналу для керування електроприводом механізму зміни вильоту вантажу;
- ✓ виконувати самодіагностику програмного забезпечення та апаратної частини;
- ✓ запобігати виникненню можливих аварійних ситуацій (перевищена вантажопідйомність тощо) [2].

Зображення функціональної схеми запропонованої системи оптимального керування досліджуваним механізмом представлено на рис. 1.

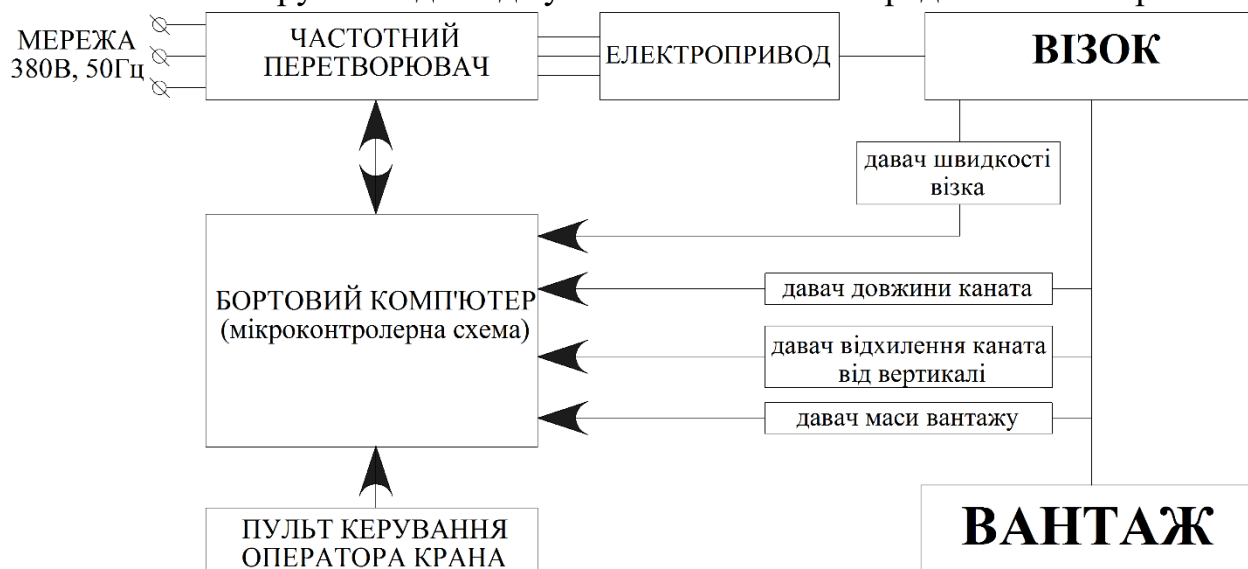


Рис. 1. Загальний вигляд функціональної схеми для керування механізмом зміни вильоту вантажу

Монтаж давачів довжини канату та маси закріпленого на гнучкому підвісі вантажу (рис. 1) необхідний для внесення цих величин у програму оптимального керування рухом механізму зміни вильоту вантажу. Давач відхилення канату від вертикалі необхідний для швидкого коригування оптимальних режимів руху вантажного візка з вантажем на гнучкому підвісі. Необхідність такого коригування може бути пов'язана із дією вітрових поривів на вантаж. Давач швидкості візка дозволить якісно реалізувати на практиці оптимальні закони руху [1-2].

Представимо загальні рекомендації із вибору деяких компонентів апаратного забезпечення функціональної схеми (рис. 1). В якості давача маси закріпленого на гнучкому підвісі вантажу можливо використовувати S-подібний тензомер, що встановлюється на гаковій підвісі. Давачем кута відхилення тягового канату може бути кутовий енкодер, що монтується на вантажному візку. Функцію давача довжини тягового канату також може виконувати кутовий енкодер, який під'єднаний до осі або реборди канатного барабану механізму підйому вантажу.

У якості давача швидкості вантажного візка можна використовувати енкодер лінійного переміщення, який повинен бути в кінематичній взаємодії із поверхнею, по якій безпосередньо виконує переміщення вантажний візок [2]. Зв'язок між елементами системи може виконуватись через відповідні кабелі або бути бездротовим за допомогою Wi-Fi модулів [2].

Список використаних джерел:

1. В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, О.В. Стехно, Д.І. Муштин. Наукове обґрунтування і розробка методів динамічного моделювання та режимно-параметричної оптимізації сучасних вантажопідйомних машин. Монографія. ЦП „КОМПРІНТ”. Київ. 2023. 458 с.
2. Ромасевич Ю. О. Динамічна оптимізація режимів руху механізмів вантажопідйомних машин як мехатронних систем. автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук. спец. 05.05.05 "Піднімально-транспортні машини". Одеса: 2015. 40 с.

УДК 631

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАВМУВАННЯ СИПКОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ГНУЧКИМ ГВИНТОВИМ КОНВЕЄРОМ

Троханяк О.М., к.т.н., доц.

Національний університет бізнесу і природокористування України

Технічні засоби неперервного транспортування сільськогосподарських матеріалів є основою комплексної механізації завантажувально-розвантажувальних робіт, які підвищують продуктивність праці та ефективність виробництва. У сільськогосподарському та промисловому виробництві застосовується комплекс машин для завантаження та

розвантаження сипких матеріалів (зернові, комбікорми, мінеральні добрива, пісок, технічна сіль, подрібнена стружка металу та ін.).

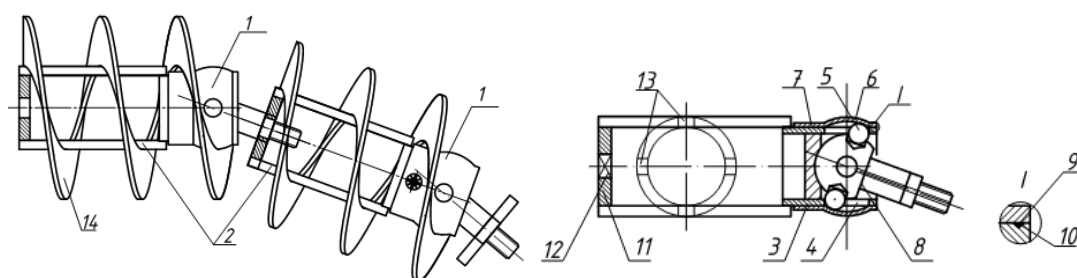
Шнекові транспортери в агропромисловому виробництві отримали широке використання під час транспортування таких матеріалів. Транспортування зернового та насінневого матеріалів прямолінійними, криволінійними і комбінованими трасами за допомогою гнучких шнекових робочих органів, замкнених в еластичних кожухах, забезпечує високу продуктивність та мобільність при виконанні різних технологічних процесів і відповідно розширює їх технологічні можливості та забезпечує, зниження енерговитрат.

Проте, однією із проблем, яка виникає при транспортуванні сипкого матеріалу, є високий ступінь його травмування завдяки попаданню частинок зерна між нерухомою внутрішньою поверхнею нерухомого кожуха та зовнішньою кромкою, утвореною шнековою спіраллю, що викликає не тільки пошкодження зерна, а й підвищення енерговитрат на процес транспортування. Зміна зазорів між периферією шнека та поверхнею труби, застосування різних профілів зовнішніх кромek гвинтових поверхонь в залежності від геометричних та реологічних параметрів сільськогосподарського матеріалу не в повній мірі може вирішити дану проблему [1-3].

Метою дослідження являється визначення раціональних параметрів процесу транспортування робочими органами гнучкими гвинтових конвеєрів при найменшому травмуванні сипкого матеріалу агропромислового виробництва.

Для вирішення даної проблеми розроблена експериментальна установка для дослідження гнучкого гвинтового конвеєра із секційним робочим органом, який показано на рис. 1. Робота гвинтового секційного робочого органу здійснюється наступним чином. Під час обертання секції спіралі 14 обертовий рух передається через тіла кочення 5 на сферичну тягу 7 і сусідні секції гвинтового робочого органу.

Дослідження травмування сипкого матеріалу гвинтовим секційним робочим органом проводились при транспортуванні пшениці з об'ємною масою $-760 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ та вологістю, яка становить $W = 12...15\%$.



а



б

Рис. 1. Конструктивна схема (а) та загальний вигляд (б) гвинтового секційного робочого органу:

1 – секція; 2 – стержень; 3 – циліндрична втулка; 4 – паз; 5 – кулька; 6 – сферичний паз; 7 – корпус; 8 – палець; 9 – кільце; 10 – виточка; 11 – втулка; 12 – фасонний отвір; 13 – гвинтова спіраль

При проведенні багатофакторного експерименту з визначення травмування сипкого матеріалу робочим органом гнучкого гвинтового конвеєра, змінними факторами були: маса l м робочого органу, m , частота обертання гнучкого робочого органу, n та висота піднімання матеріалу, h . Для цього склали план-матрицю відповідного багатофакторного експерименту типу ПФЕ 3^3 для загального числа дослідів $N = 3^3$

Отримано рівняння регресії після перетворення та спрощення виразів прийнято в кінцевому вигляді:

$$Y = 18,7912 - 0,1926m - 0,0228n + 0,5085h + 0,0039mn \quad (1)$$

Отримане рівняння регресії може бути використане для визначення травмування зерна Y під час транспортування гнучким гвинтовим конвеєром з секційним робочим органом залежно від маси l м робочого органу, m , частоти обертання гнучкого робочого органу, n та висоти піднімання матеріалу, h при транспортуванні пшениці у таких межах зміни вхідних факторів: $3,2 \leq m \leq 5,2$ (кг); $300 \leq n \leq 500$ (об/хв); $0,4 \leq h \leq 1,8$ (м).

За допомогою прикладної програми STATISTICA побудували графічне відтворення проміжних загальних регресійних моделей у вигляді квадратичних поверхонь відгуку травмування пшениці Y як функцію від двох змінних факторів $x_{i(1,2)}$ за постійного незмінного рівня відповідного третього фактора $x_{i(3)} = const$ (рис. 2).

З аналізу рівняння регресії можна зробити висновок, що максимальний вплив на травмування сипкого матеріалу має маса робочого органу, зростання якої у діапазоні $3,2 \leq m \leq 5,2$ кг призводить до підвищення ступеня пошкодження матеріалу на 15...16 %.

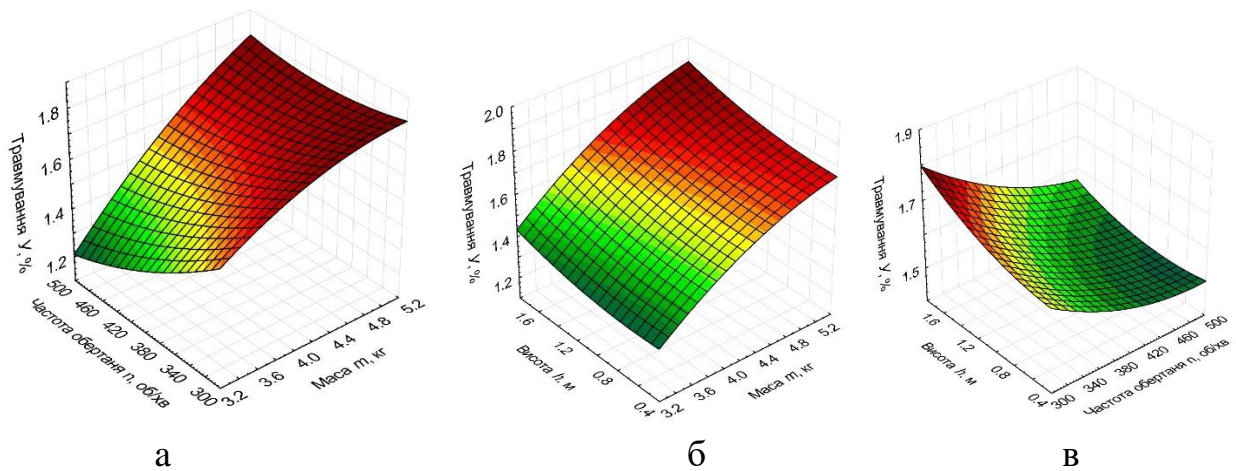


Рис 2. Поверхня відгуку травмування пшениці в залежності від:
 а) $Y = f(m; n)$; б) $Y = f(m; h)$; в) $Y = f(n; h)$

Наступним за інтенсивністю впливу є частота обертання робочого органу. Встановлено, що зростання частоти обертання гнучкого шнека забезпечує зменшення травмування пшениці, на що вказує вплив змішаних факторів x_{12} . В межах $100 \leq n \leq 500$ об/хв, травмування пшениці збільшується на 8...10 %. Найменш суттєвий вплив має висота піднімання вивантажувальної магістралі. В межах $0,4 \leq h \leq 1,8$ м, травмування сипкого матеріалу зменшується на 4...5 %. Однак, експериментальні дослідження проведені для максимальної висоти піднімання вивантажувальної магістралі $h = 1,8$ м, що є достатнім для завантаження сівалок машин. При подальшому збільшенні величини h відбувається суттєве зростання коефіцієнта заповнення матеріалом гнучкого кожуха, що очевидно призводитиме до більш значного травмування матеріалу.

Список використаних джерел:

1. Bulgakov, V., Trokhaniak, O., Adamchuk, V., Chernovol, M., Korenko, M., Dukulis, I., & Ivanovs, S. (2022). A study of dynamic loads of a flexible sectional screw conveyor. *Acta Technologica Agriculturae*, 25(3), 131-136.
2. Trokhaniak, O.M., Hevko, R.B., Lyashuk, O.L., Dovbush T.A., Pohrishchuk, B.V., & Dobizha, N.V. (2020). Research of the of bulk material movement process in the inactive zone between screw sections. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 60(1), 261–268.
3. Bulgakov, V., Trokhaniak, O., Holovach, I., Adamchuk, V., Klendii, M., Ivanovs, S. (2022). Investigation of the Performance of a Screw Conveyor with a Working Body, Made in the Form a Shaft with Inclined Flat Blades. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 67(2), 406-411.

THE STUDY OF THE INFLUENCE OF REINFORCEMENT ON THE STATE OF SHALLOW CRACKS IN CONCRETE SLABS

Kutsenko A.H., PhD., Assoc. Prof.

Yaremenko V.V., PhD, Assoc. Prof.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

The problem of avaluation of the crack resistance of buildings destroyed by the enemy occurs during the war and the post-war reconstruction of the country.

The detection of a crack in a reinforced concrete slab is important to be able to estimate how dangerous it is. Non-destructive testing methods are ideal for these purposes. However, in the conditions of rural buildings the using of these methods are not seem possible always. Therefore, the study of the general regularities of the influence of reinforcement on the formation of cracks in reinforced concrete slabs seems relevant, because its results allow making certain a priori assessments of the state of cracks.

Many works are devoted to the research of crack resistance of reinforced concrete elements. The main emphasis in these works is on the study of the crack resistance properties of concrete as a material.

In this work the stress-strain state of a reinforced concrete slab with a transverse edge crack of constant depth is considered. The effect of reinforcement on the distribution of fracture mechanics characteristics along the crack front is investigated. The problem consists in determination of the distribution of the stress intensity factor (SIF) along the crack front during tension and bending of the plate for different values of the geometric parameters.

The calculations of the stress-strain state of plates were carried out using the finite-element package CalculiX. By the method of asymptotic approximation of the displacements of the points of the crack banks near its front the values of SIF based on the calculated stress-strain state were determined.

The results of the calculations showed that the influence of the reinforcing bar on the change in the values of the SIF along the crack front can be neglected when the distance between them is one diameter of the bar or more. In this case, the corresponding constant value of SIF can be calculated with high accuracy by analytical formulas.

This conclusion is true both for the case of tension of the plate and for the case of its bending. Therefore, at the initial stages of the development of fatigue cracks

in reinforced concrete slabs, their depth will remain constant along the crack front, if the process of crack development is not influenced by factors other than mechanical load. When the crack front approaches to the reinforcing bar, its influence manifests itself in the form of a local decrease in the values of the SIF for shallow cracks.

УДК 621.9.048

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІБРАЦІЙНИХ РУХІВ СУШАРКИ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

Булгаков В. М., д.т.н., проф.

Головач І. В., д.т.н., проф.

Черниш О. М., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Мета дослідження. Провести теоретичний аналіз коливальних рухів вібраційної сушарки сипких матеріалів з подвійним маятниковим механізмом вільного ходу, побудувати її математичну модель та обґрунтувати раціональні конструктивні і кінематичні параметри.

Результати досліджень. Враховуючи переваги використання вібрації під час сушіння сипкої сировини, теоретичні дослідження проводились для вібраційної сушарки, в якій з метою зниження енергетичних витрат на технологічний процес застосовано подвійний маятниковий механізм вільного ходу привода лопатей-перемішувачів.

Для описання коливальних рухів вібраційної сушарки складена її еквівалентна розрахункова схема (рис.1).

Головним елементом конструкції вібраційної сушарки є сушильна камера 1, яка встановлена на рамі 6 через пружні опори 5. При цьому коливальний рух сушильної камери у вертикальній площині забезпечує дебаланс 4, який кріпиться до її зовнішньої стінки. На бічній стінці сушильної камери закріплений маятник 2 з вантажем m_2 , положення якого у просторі забезпечується пружинами 7, які з'єднані з камерою 1. Гармонічні коливання сушильної камери 1, що виникають при обертанні дебалансу 4, кінематично збуджують маятник 2 і викликають його кутові коливання. На осі порожнистого циліндра 9 через механізм вільного ходу встановлений маятник 3 масою m_3 .

Для передачі коливального руху від маятника 2 до маятника 3 використовується пружний елемент 8.

На розрахунковій схемі наведені наступні кутові конструктивні параметри: α_1 – кут між віссю Ox і променем OO_1 , який визначає положення центру мас O_1 сушильної камери 1 відносно осі Ox ; α_2 – кут нахилу маятника 2 до осі Ox в положенні рівноваги; α_3 – кут нахилу маятника 3 до осі Ox в положенні рівноваги; α_4 – кут між віссю Ox і променем O_1O_3 , який визначає положення точки підвісу O_3 дебалансу відносно осі Ox ; β_{23} , β_{32} – кути між стрижнями маятників 2 і 3, де індекси 2 і 3 визначають порядок відліку цих кутів.

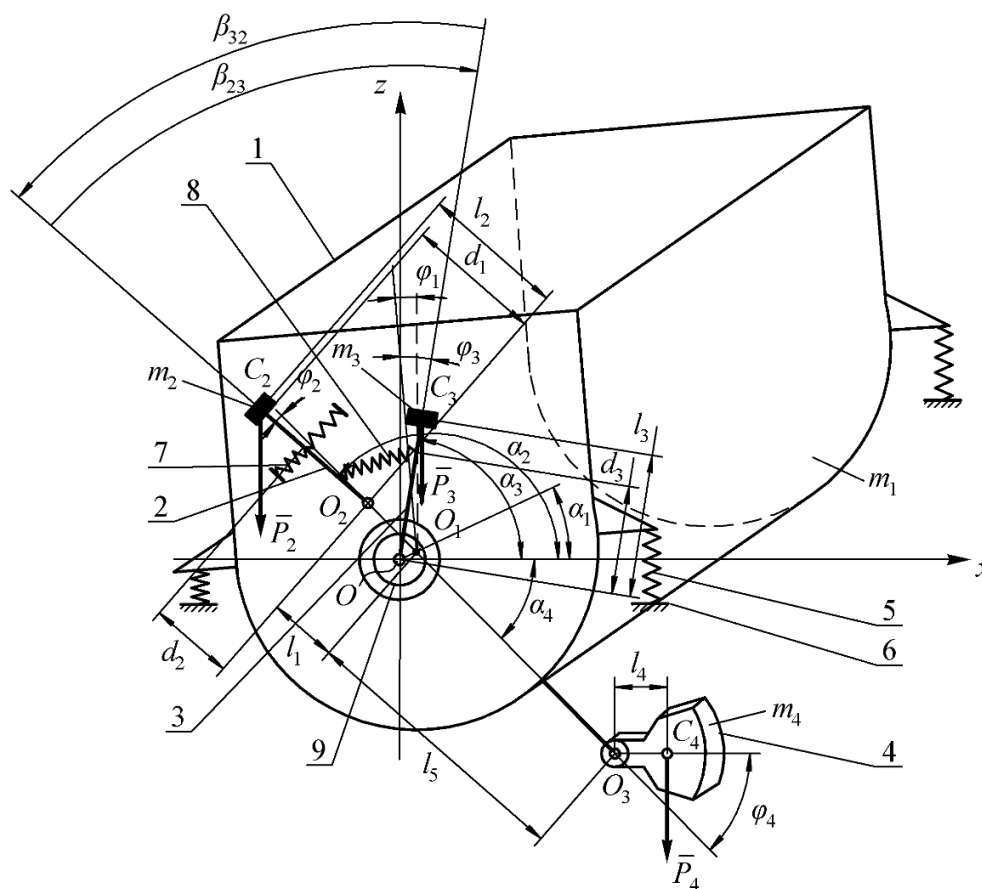


Рис.1. Еквівалентна розрахункова схема вібраційної сушарки

Математична модель коливального руху сушильної камери і маятникових механізмів вільного ходу являє собою систему диференціальних рівнянь, які отримані на основі застосування рівнянь Лагранжа 2-го роду. При цьому конструкція вібраційної сушарки має шість ступенів вільності. Тому використано шість незалежних узагальнених координат: x_1 , z_1 , φ_1 – відповідно лінійні коливальні рухи робочої камери вздовж осей Ox , Oz і кутові коливання навколо поздовжньої осі, що проходить через центр мас камери (точку O_1); φ_2 , φ_3 , φ_4 – кутові коливальні рухи відповідно маятників 2, 3 і 4 від свого положення статичної рівноваги. Отже, досліджувана механічна

система у загальному випадку містить шість нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку вищезгаданих параметрів коливального руху відносно шести невідомих.

Враховуючи специфічні особливості даного вібраційного процесу, отримані рівняння можна суттєво спростити. При цьому перших три рівняння системи, що описують коливальний рух сушильної камери, зводяться до лінійних диференціальних рівнянь. Це дає можливість у першому наближенні отримати аналітичні розв'язки коливального руху сушильної камери 1. Інші нелінійні рівняння цієї системи можна розв'язати чисельно за допомогою програмних засобів і отримати графічні залежності коливального руху маятників 2 і 3 від конструктивних та кінематичних параметрів сушарки.

Чисельний розрахунок коливальних рухів сушильної камери та маятників здійснювався у програмному середовищі Maple.

Висновки. Проведені дослідження виявили несуттєвий вплив коливань маятників 2, 3 на коливання сушильної камери у цілому та суттєвий вплив коливань камери на генерацію коливальних рухів маятників 2, 3. Отже, аналітичний і чисельний розв'язок складених диференціальних рівнянь коливального руху вібраційної сушарки дозволяє обґрунтувати її раціональні конструктивні і кінематичні параметри при сушінні сипких матеріалів.

УДК 631.316.022.4

ВІДНОВЛЕННЯ ДИСКІВ СОШНИКІВ ЗЕРНОВИХ ПНЕВМОТРАНСПОРТУЮЧИХ СІВАЛОК

Кульпін Р.А., асист.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сучасний стан технічного забезпечення аграрного сектора України характеризується збільшенням кількості сільськогосподарських машин та їх значним старінням. Ця ситуація потребує нових підходів до формування та реалізації технічної політики в АПК. Основними напрямками є забезпечення прибутковості у сільському господарстві, впровадження енергоефективних технологій та нового обладнання, а також формування та функціонування ринків матеріально-технічних ресурсів. Основне завдання полягає в збереженні, відновленні, ремонті та підтриманні в працездатному стані наявного технічного потенціалу і ефективному його використанні.

Особливий інтерес представляють сталеві диски сошників сучасних широкозахватних пневмотранспортуючих зернових сівалок діаметром від 320 мм до 340 мм, оскільки їх технічний стан впливає на енерговитрати та врожайність сільськогосподарських культур. Під час посіву зернових культур глибина посіву складає від 30 мм до 60 мм тому диск сошника зношується до 45% від зовнішнього діаметра. Під час експлуатації вони швидко стираються, затуплюються та стають непрацездатними, що призводить до неякісного посіву та перевитрат паливо-мастильних матеріалів.

Найчастішим дефектом під час експлуатації дисків сошників є зношення дисків за зовнішнім діаметром, що призводить до нерівномірного загортання насіння, не рівномірної глибини посіву та зниження врожайності зернових культур. Для ремонту даного дефекту дисків застосовуються методи наплавлення, які підвищують опір дисків до втомного руйнування. Важливо використовувати матеріали, що наплавляються і в результаті забезпечують утворення міцного шару з високою деформаційною здатністю. Для досягнення необхідного рівня залишкових напружень та мікроструктури проводиться моделювання характеристик робочої ділянки диска. Розроблено ресурсозберігаючий спосіб ремонту, який передбачає наплавлення базової деталі та секторів.

В результаті досліджень встановлено, що диски сошників потребують відновлення їх робочої ділянки. Один з перспективних методів є ручне дугове наплавлення робочої ділянки без попереднього підігріву та кінцевої термічної обробки.

УДК 62-133:629.3.065.23:656.073

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МАЯТНИКОВИХ КОЛИВАНЬ НА
ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЛАНУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ТРАЄКТОРІЙ
ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ ЗА ДОПОМОГОЮ РОБОТИЗОВАНОГО
БАШТОВОГО КРАНУ**

Ромасевич Ю.О., д.т.н, проф.

Великоіваненко Д.І., аспір.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Використання баштових кранів є невід'ємною частиною сучасних будівельних проєктів, де вони відіграють ключову роль у переміщенні важких

вантажів на значні висоти. Ефективність та безпека цих операцій значною мірою залежать від точності планування траєкторій переміщення вантажу, особливо з огляду на маятникові коливання, які можуть виникати під час руху. Маятникові коливання можуть призводити до небезпечних ситуацій, знижувати продуктивність робіт і впливати на структурну цілісність самого крану та будівельних конструкцій. Таким чином, розробка ефективних методів контролю та придушення цих коливань стає критично важливою задачею для інженерів та науковців. Актуальність дослідження полягає у пошуку наукових джерел та аналізі існуючих підходів у наукометричних базах даних для визначення найбільш ефективних стратегій управління маятниковими коливаннями. Вивчення робіт різних вчених дозволяє не тільки узагальнити існуючий досвід у цій сфері, але й визначити потенційні напрямки для подальших досліджень. Такий підхід сприяє розробці новітніх методологій планування траєкторій та систем керування для роботизованих баштових кранів, що забезпечують мінімізацію коливань і підвищення загальної ефективності та безпеки будівельних процесів.

У статті [1] авторів Jiahui Ye та Jie Huang, розглянуто проблему керування динамікою балки-маятника в баштовому крані з тонким виносом при транспортуванні розподіленого вантажу. Розроблено динамічну модель крану, що враховує зв'язані коливання виносу, коливань і кручення навантаження. Запропоновано гібридний шматково-гладкий фільтр для придушення цих коливань. Результати експериментів підтверджують ефективність моделі для оцінки частот коливань і успішність фільтра для їх придушення. Робота вносить важливий вклад у покращення безпеки та ефективності експлуатації баштових кранів.

У статті Al-Fadhli, A. та Khorshid, E. [2] досліджено питання контролю коливань вантажу баштового крану з використанням гладкого введення команд. Основною метою було придушення коливань вантажу під час одночасних радіальних і тангенціальних рухів за допомогою оптимізованого за допомогою алгоритму рою частинок (PSO) гладкого командного вводу (SC). Результати експериментів на моделі баштового крану в лабораторних умовах підтвердили ефективність запропонованого підходу в порівнянні зі стандартними методами формування вхідного сигналу. Дослідження показало здатність методу ефективно усувати коливання вантажу з часом маневрування, порівнянним з нульовими вібраціями (ZV) і нульовими похідними вібрацій (ZVD), а також демонструє робастність методу до варіацій довжини кабелю. Незважаючи на успіхи, питання точності вимірювання параметрів системи і вплив зовнішніх факторів, таких як опір повітря, залишаються відкритими для подальших досліджень.

Статті [3] та [4], авторства Huimin Ouyang, Zheng Tian, Lili Yu, та Guangming Zhang, присвячені розробці та аналізу методик зменшення коливань вантажу у баштових кранах з подвійним маятниковим ефектом. Обидва дослідження фокусуються на використанні адаптивних контролерів та плануванні траєкторії для ефективного зменшення коливань і підвищення точності позиціонування вантажу. Результати експериментів підтверджують високу ефективність запропонованих методів і їх перевагу перед стандартними підходами. Ці дослідження вносять значний вклад у покращення безпеки та продуктивності роботи баштових кранів, демонструючи можливості сучасних методів керування в умовах складної динаміки. Проте, обидва дослідження залишають відкритими питання адаптації запропонованих методів до різноманітних умов експлуатації та потребують додаткових досліджень для визначення меж їх застосування.

Таким чином, аналіз наукових досліджень у сфері маятникових коливань баштових кранів і методів їх придушення підкреслює важливість цієї проблематики для забезпечення плавної траєкторії руху вантажу, безпеки та ефективності будівельних процесів. Запропоновані стратегії, зокрема динамічні моделі кранів, гладкі введення команд та адаптивні контролери, виявили високий потенціал у мінімізації коливань, що підтверджено експериментами. Однак, основним напрямком подальших досліджень залишається інтеграція та оптимізація цих методів з урахуванням специфічних умов експлуатації кранів та розширення експериментальної бази для оцінювання їх ефективності. Таке дослідження не тільки сприятиме безпеці та економічності будівельних робіт, але й акцентує на важливості розвитку новітніх методів керування для роботизованих баштових кранів у контексті сучасних будівельних вимог.

Список використаних джерел:

1. Ye, J.; Huang, J., "Control of Beam-Pendulum Dynamics in a Tower Crane With a Slender Jib Transporting a Distributed-Mass Load," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 70, no. 1, pp. 888-897, January 2023, doi: 10.1109/TIE.2022.3148741.
2. Al-Fadhli, A. & Khorshid, E. (2021). Payload oscillation control of tower crane using smooth command input. Journal of Vibration and Control, 29(3-4). <https://doi.org/10.1177/10775463211054640>
3. H. Ouyang, Z. Tian, L. Yu, G. Zhang, "Motion planning approach for payload swing reduction in tower cranes with double-pendulum effect", Journal of the Franklin Institute, vol. 357, no. 13, pp. 8299-8320, September 2020, <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2020.02.001>

4. H. Ouyang, Z. Tian, L. Yu, G. Zhang, "Adaptive tracking controller design for double-pendulum tower cranes," in Mechanism and Machine Theory, Vol. 153, Nov. 2020, 103980, <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2020.103980>

УДК 621.873.11

ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ БАШТОВОГО КРАНА ІЗ ПРОПЕЛЕРНОЮ ТЯГОЮ

*Ромасевич Ю.О., д.т.н., проф.
Губар Я.С., аспір.*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Основною метою проведення експериментальних досліджень є перевірка достовірності результатів, які отримані теоретичним шляхом, а також практична реалізація оптимальних режимів руху системи «кран-вантаж» механізму зміни вильоту вантажу баштового крана.

Наведемо програму проведення експериментальних досліджень механізму повороту баштового крана із пропелерною тягою:

- вибір об'єкту експериментальних досліджень;
- вибір, тарування, встановлення і підключення датчиків, а також відповідного вимірювально-реєструючого обладнання для реєстрації досліджуваних показників;
- безпосереднє проведення експериментальних досліджень на фізичній моделі стрілової системи баштового крана;
- аналіз отриманих експериментальних даних.

При дослідженні пропонується дослідити вплив вильоту стріли r , довжини гнучкого підвісу вантажу l та маси вантажу на гнучкому підвісі m на динаміку повороту установки при оптимальному керуванні механізмом повороту крана. Детальний план повнофакторних експериментів занесено до таблиці 1.

Для реалізації представленого режиму пуску пропонується провести серію із дванадцяти експериментів. Кожен експеримент буде проведено у трикратній повторюваності.

Таблиця 1 – План повнофакторних експериментів дослідження динаміки повороту баштового крана із пропелерною тягою

Фактор	Значення фактора											
Виліт стріли, м	1,37						2,6					
Довжина гнучкого підвісу вантажу, м	1,2			2			1,2			2		
Маса вантажу, кг	12	28	40	12	28	40	12	28	40	12	28	40
Номер експерименту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

УДК 629.359, 681.513.1

АНАЛІЗ ПАТЕНТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ САМОБАЛАНСУЮЧИХ ДВОКОЛІСНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ

Ромасевич Ю.О., д.т.н., проф.

Ловейкін В.С., д.т.н., проф.

Зарівний О.Ю., аспір.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Транспортування вантажів – невід’ємна складова людського життя. Особливо важливою є сфера транспортування малогабаритних вантажів, які виконують, зазвичай, люди. Приклади таких робіт пов’язані з роботою працівників на складі чи в цеху, кур’єрів, які доставляють вантажі по місту. Тому розробка автоматичних пристроїв для транспортування малогабаритних вантажів може зменшити частину людської праці в таких місцях роботи. Перед початком розробки слід провести дослідження існуючих патентів та конструкцій таких пристроїв.

Під час проведення патентного пошуку по даній темі з’ясувалось, що двоколесні самобалансуючі пристрої можна поділити на три типи: гіроскутери, самокати або велосипеди, двоногі роботи з колесами.

Перший тип характеризується тим, що має два приводні колеса, які розміщені на одній осі обертання. Така механічна система має поперечну стійкість, але не має повздовжньої. Наприклад, в патенті [1] запропонована конструкція пристрою, яка містить два великих приводні колеса, раму, блок електроніки та керування. Цей робот пропонують застосовувати в сільському господарстві на полях, як мобільний робот-обприскувач який не ущільнює

землю і не пошкоджує рослини при переміщенні, але не вміє змінювати ширину колісної бази, тобто підходить не для всіх міжрядь. Кращу конструкцію має інший двоколісний робот [2], який має механізм зміщення центра ваги, що дозволяє поєднати два методи стабілізації свого положення в динаміці – шляхом обертання приводних коліс та в статиці – шляхом зміщення центра ваги.

Другий тип двоколісних самобалансуючих пристроїв відрізняється від першого тим, що колеса не знаходяться на одній осі, але площина обертання в них спільна. Такі пристрої мають повздовжню стійкість, але не мають поперечної. Для забезпечення їхньої стійкості застосовують різноманітні механізми, наприклад як в патенті [3], в якому описано конструкцію робота-велосипеда з механізмом балансування, який складається з реактивного колеса та додаткового привода зміщення центра ваги. Це дозволяє досягти стійкості та компенсувати дисбаланс при розміщенні вантажу. Конструкцію такого двоколісного пристрою описано в патенті [4] (це робот-мотоцикл з механізмом балансування у вигляді реактивного колеса). Перевагою його використання є те, що він має менші поперечні розміри і здатен зберігати рівновагу у вузькому просторі, наприклад, у вузькій вулиці з перешкодами, між машинами тощо. Оцінюючи можливі затрати енергії на балансування, можемо сказати, що використання гіроскопів чи реактивних коліс є не раціональним, в порівнянні з першим типом пристроїв. Тому в роботі [5] запропонували поєднати два типи рушіїв в одному пристрої, так колісний велосипед оснащений рухомими ногами, які складаються з двох ланок і виступають в ролі опори, коли велосипед стоїть або повільно рухається. Це забезпечує збереження балансу і економить місце і затрати енергії в порівнянні з альтернативами.

Третій тип двоколісних роботів складають двоногі пристрої з прикріпленими колесами на кінцях ніг. Такі роботи схожі на перший тип, але мають суттєві переваги в стійкості та маневреності. Так в документі [6] представлено конструкцію ніг, які складаються з 4 ланок які рухаються в одній площині та дають змогу виконувати нахили в поперечній площині. Така конструкція дозволяє долати перешкоди, заскакувати на бордюри чи сходинок та зменшує радіус повороту при русі на швидкості, в порівнянні з попередніми типами пристроїв. Схожу конструкцію має пристрій [7], який має послідовний тип ланок ніг з великою кількістю шарнірів, які дозволяють повертати їх у всіх напрямках на певний кут. Це збільшує вагу та складність керування, але дозволяє компенсувати непаралельність коліс, що є одним з недоліків цього класу пристроїв. Балансування ж здійснюється шляхом нахилу корпусу та за допомогою обертання приводних коліс.

Список використаних джерел:

1. Z. Xiaolong. Two-wheeled self-balancing agricultural plant protection robot. Patent PRC No CN117465568A, 2024. (PRC).
2. L. Sang-gyu; W. Shin; P. Soo-ji. A two-wheeled robot device. Patent KR No KR102642974B1, 2024. (KR).
3. T.Yili; T. Li. Self-balancing system of two-wheeled vehicle and balance adjusting method of swingable momentum wheel. Patent PRC No CN117048726A, 2023. (PRC).
4. W. Hongyang; L. Ruizhi. Automatic balancing device and method of motorcycle-type robot. Patent PRC No CN107728635A, 2020. (PRC).
5. L. Tao; H. Xinyan; H. Long; Y. Jingang. Wheel-legged robot and control method thereof. Patent PRC No CN116788383A, 2023. (PRC).
6. X. Huiming; L. Jun; L. Guanqi and other. Modularized robot with self-reconfiguration wheel legs. Patent PRC No CN117465579A, 2024. (PRC).
7. X. Yuze; L. Zirong; Z. Yiming; L. Zhongyue. A wheel-footed mobile robot and its leg device. Patent PRC No CN117565995A, 2024. (PRC).

УДК 621.86

ДИНАМІКА МАНІПУЛЯТОРА

Сподоба О.О., PhD

Сподоба М.О., PhD

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Предметом динаміки маніпулятора промислового робота є математичний опис діючих на маніпулятор сил і моментів у формі рівнянь динаміки руху [1]. Такі рівняння необхідні при виборі законів управління та оцінці якості кінематичної схеми та конструкції маніпулятора.

Управління маніпулятором здійснюється з метою забезпечення деякої заздалегідь заданої поведінки системи. У загальному випадку характер функціонування маніпулятора залежить від ефективності алгоритмів управління та динамічної моделі маніпулятора, що використовується. Завдання управління включає завдання формування динамічної моделі реального маніпулятора та завдання вибору законів чи стратегій управління, які забезпечують виконання поставлених цілей. Ця робота присвячена побудові моделі та дослідженню динаміки поведінки керованого

маніпулятора.

Динамічна модель маніпулятора може бути побудована на основі використання відомих законів Ньютоновської чи Лагранжевої механіки. Результатом застосування цих законів є рівняння, що пов'язують чинні в зчленуваннях сили та моменти з кінематичними характеристиками та параметрами одночасного руху ланок [2]. Таким чином, рівняння динаміки руху реального маніпулятора можуть бути отримані традиційними методами Лагранжа-Ейлера або Ньютона-Ейлера. За допомогою цих двох методів отримано ряд різних форм рівнянь руху, еквівалентних тому, що вони описують динаміку руху однієї і тієї ж фізичної системи.

Виведення рівнянь динаміки руху маніпулятора методом Лагранжа - Ейлера відрізняється простотою та єдністю підходу. У рамках припущення про те, що ланки є тверді тіла, цей підхід призводить до системи нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку. Рівняння Лагранжа-Ейлера забезпечують строгий опис динаміки стану маніпулятора і можуть бути використані для розробки вдосконалених законів керування у просторі приєднаних змінних. У меншій мірі вони використовуються для вирішення прямої та зворотної задач динаміки. Для вирішення обох задач, як правило, необхідно обчислювати динамічні коефіцієнти. Обчислення цих коефіцієнтів вимагає виконання дуже великої кількості арифметичних операцій. У зв'язку з цим рівняння Лагранжа-Ейлера без додаткових спрощень практично не застосовні для забезпечення керування маніпулятором у реальному часі.

З метою отримання більш ефективних з обчислювальної точки зору алгоритмів розрахунку узагальнених сил та моментів використовують рівняння Ньютона - Ейлера. Висновок яких простий за змістом, але дуже трудомісткий. Результатом є система прямих та зворотних рекурентних рівнянь, що послідовно застосовуються до ланків маніпулятора. За допомогою прямих рівнянь послідовно від основи до захватного механізму обчислюються кінематичні характеристики руху ланок, такі, як лінійні та кутові швидкості та прискорення, лінійні прискорення центрів мас ланок.

Зворотні рівняння дозволяють послідовно від захватного механізму до основи обчислити сили та моменти, що діють на кожен з ланок. Найбільш важливий результат такого підходу полягає в тому, що час, необхідний для обчислення узагальнених сил і моментів, прямопропорційно числу ланок, але не залежить від конфігурації маніпулятора, що реалізується в процесі руху. Це дозволяє реалізувати прості закони керування маніпулятором у реальному часі.

Список використаних джерел:

1. Loveikin, V., Romasevich, Y., & Spodoba, O. (2019). Mathematical

model of the dynamics varying the radius jib system loader crane with a load at adjustment movement. Machinery & Energetics. Journal of Production Research, 10(1), 141-149. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2019.01.141>

2. В.С. Ловеїкін, Ю.О. Ромасевич, Сподоба О.О. Математична модель динаміки зміни вильоту стрілової системи крана-маніпулятора при суміщені рухів рукояті та телескопічної секції. Машинобудування. Харків. 2019. Вип. 24. с. 40-51

УДК 621.86

КІНЕМАТИКА ЗВ'ЯЗКУ ЗАХВАТНОГО ПРИСТРОЮ З ОБ'ЄКТОМ МАНІПУЛЮВАННЯ

Сподоба О.О., PhD

Сподоба М.О., PhD

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Процеси взаємодії всіх видів захватних пристроїв з об'єктом маніпулювання і оснащенням мають одну важливу особливість, що полягає в необхідності компенсації неточностей їх взаємного положення в просторі.

У разі ідеального взаємного положення в просторі об'єкта маніпулювання та захватного пристрою під час захоплення об'єкт маніпулювання відчуває лише зусилля зтиску від дії робочих елементів захватного пристрою. При чому опис положення маніпуляційної системи та захватного пристрою можна здійснити використовуючи метод неоднорідних перетворень [1]. Однак у реальних умовах через неточність виконання переносних, регіональних та орієнтуючих рухів мають місце похибки взаємного розташування об'єкта щодо затискних робочих елементів захватного пристрою, внаслідок чого можуть виникнути небезпечні навантаження, що сприймаються кінематичним ланцюгом захватного пристрою, об'єктом маніпулювання, оснащенням, які в свою чергу при одночасному переміщені декількох ланок можуть створювати не бажані динамічні навантаження у вигляді коливань об'єкту маніпулювання та відповідно елементів металоконструкції маніпуляційної системи [2].

З метою запобігання цьому небажаному явищу при взаємодії захватного пристрою з об'єктом маніпулювання довільної форми, закріпленим у нерухомому оснащенні, необхідно забезпечити піддатливість у ланцюгу по

шести напрямкам: уздовж трьох взаємно перпендикулярних осей та навколо них.

Кількість напрямків може бути зменшена завдяки особливостям взаємодіючих форм об'єкта та губок захватного механізму, умовам закріплення об'єкта та піддатливості елементів оснащення.

Зокрема, при встановленні об'єкта на похилу поверхню зусилля може стати джерелом деформації в елементах конструкції захватного пристрою, внаслідок чого відбудеться його пошкодження. Наявність шарнірного з'єднання корпусу захватного пристрою з рукояттю маніпуляційної системи промислового робота дозволяє уникнути цього явища.

Збільшення піддатливості інших ланок кінематичного ланцюга маніпуляційної системи промислового робота з метою виключення деформації недоцільно, оскільки піддатливість, приведена до захватного пристрою, залежить від розташування цих ланок. Тому необхідно прагнути забезпечити податливість за рахунок елементів металоконструкції захватних пристроїв. Для вибору конструктивного виконання затискного елемента розглядають оптимальні умови реалізації кінематики зв'язку об'єкта, що забезпечують накладення достатніх і надлишкових зв'язків на об'єкт під час його захоплення та утримання.

Найбільш поширені форми контактних наконечників є плоскі, призматичні та циліндричні.

За наявності жорстких губок захватний пристрій теоретично може контактувати з поверхнею об'єкта більше, ніж у трьох точках, які є точками накладання зв'язків на захоплюваний об'єкт. Важливо, щоб кількість зв'язків була достатньою для утримання об'єкта, а місця їхнього накладання не стали перешкодою для виконання технологічної операції. Практично непрямолінійність об'єкта, неточність виготовлення і похибки форми призводять до збільшення кількості точок контакту.

Крім того, неправильний підбір губок захватних пристроїв сприяє появі надлишкових зв'язків, які погіршують умови захоплення та утримання та можуть стати джерелом додаткових деформацій у ланцюзі захватний пристрій – об'єкт – оснащення.

Список використаних джерел:

1. Ловейкін В.С., Сподоба О.О. Кінематичний аналіз просторового переміщення ланок стрілової системи крана-маніпулятора методом однорідних перетворень Денавіта-Хартенберга. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ, 2017. Вип. 275. С. 116-127.
2. Loveikin, V., Romasevich, Y., & Spodoba, O. (2019). Mathematical

model of the dynamics varying the radius jib system loader crane with a load at adjustment movement. Machinery & Energetics. Journal of Production Research, 10(1), 141-149. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2019.01.141>

УДК-624.012.46:691.328.2:624.074.4

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН КРУГЛИХ ПЕРЕРІЗІВ ПРИ ПОПЕРЕЧНО-ПОВЗДОВЖНЬОМУ ЗГІНІ

Бакулін Є.А., к.т.н, доц.

Іванюк Е.С., аспір.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Застосування раціональних залізобетонних стисло-вигнутих елементів кругового перерізу у вигляді колон каркасних будівель, буронабивних паль підпірних стін, протизсувних споруд, що сприймають значний горизонтальний тиск ґрунту, стримується відсутністю в необхідному обсязі експериментально-теоретичних досліджень напружено-деформованого стану при дії позовдвжнього стискаючого зусилля.

У методиках будівельних норм для розрахунку опору похилих перерізів залізобетонних елементів використовуються емпіричні чи напівемпіричні залежності, що дозволяє повністю врахувати вплив основних чинників на несучу здатність за похилими перерізами.

Деформаційний метод розрахунку несучої здатності нормальних перерізів елементів кругового перерізу заснований на чітких фізично обґрунтованих передумовах і досить точно відображає фізику процесу, що дозволяє розробити розрахунковий апарат з визначення несучої здатності поперечної сили зазначених перерізів.

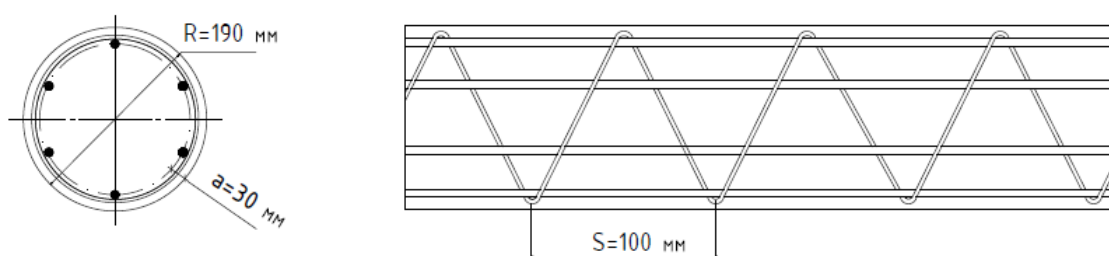


Рис. 1. Зразок армування колон круглого перерізу

Довжина колон 2 м визначалася з умов гнучкості колони та можливості експериментальної установки. Крок поперечної спіральної арматури визначався на основі конструктивних вимог непрямого армування колон.

Основною метою проведення випробувань на колон була оцінка впливу попереднього позацентрово доданого поздовжнього стискаючого зусилля з ексцентриситетом щодо геометричної осі перерізу на здатність елементів, що несе кругового перерізу при дії поперечних сил.

Для вимірювання деформацій у колонах використовували механічні індикатори годинного типу 1 з ціною розподілу 0,001 мм на базі 200 мм, які кріпили до бетонної поверхні колон тримачами – реперами. Для приклеювання тримачів – реперів використовували клей на основі ціакрину. Прогини вимірювали за допомогою індикатора годинного типу з ціною розподілу 10–2 мм, закріпленого на кронштейні та встановленого в зоні поперечного вигину колони під місцем застосування поперечної сили. Схема розташування приладів вимірювання поздовжніх деформацій наведено на рис. 2.

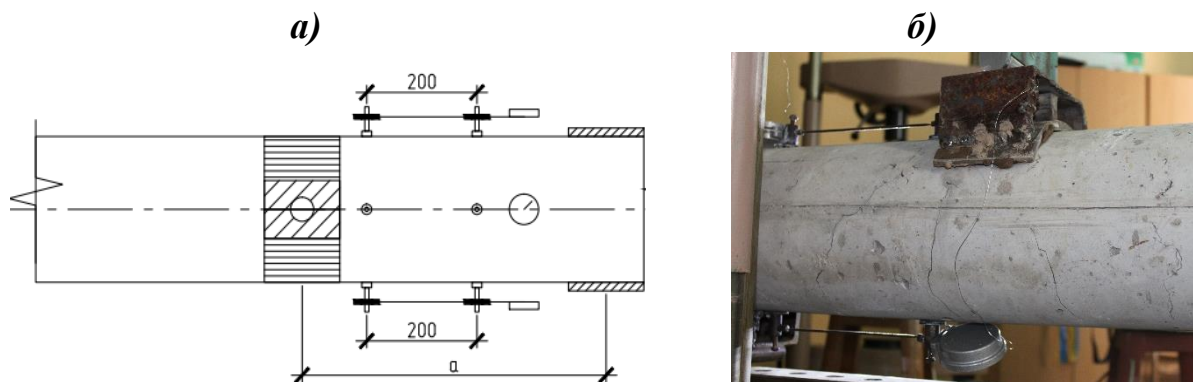


Рис. 2. Схема розташування приладів вимірювання поздовжніх деформацій:
а – та загальний вигляд; б – розташування приладів під час поведінки експериментальних досліджень

У процесі навантаження зразків колон вимірювали зусилля, що передаються на зразок, поздовжні деформації бетону на стиснутій і розтягнутій гранях, прогини, максимальне і руйнівне навантаження. За руйнівне приймалося навантаження, що відповідає максимальним деформаціям бетону стиснутої зони.

Результати: На основі експериментальних досліджень при поперечному згинанні в умовах попереднього обтиснення з ексцентриситетом щодо геометричної осі колони отримано силові та деформаційні параметри напружено-деформованого стану залізобетонних колон кругового перерізу. Результати випробувань колон, армованих поздовжньою та спіральною арматурою представлені в табл. 1. Як досліджувані параметри в таблиці представлені максимальні значення поперечної сили, моменту, кривизни,

поздовжніх деформації стиснення та розтягування бетону, що визначаються в зоні прольоту зрізу, прогини.

Таблиця 1 – Результати випробувань дослідних зразків при поздовжньо-поперечному згині

Порядковий номер колони	Поперечна сила	Згинальний момент	Поздовжні деформації стиснення бетону	Поздовжні деформації розтягу бетону	Кривизна колони	Прогин колон
К-1	69,026	23,46	312	301	0,0322	11,15
К-2	73,84	25,10	311	276	0,0277	9,96
К-3	70,18	23,86	298	283	0,0305	9,61
Середнє значення К-1(2, 3)	71,01	24,14	307,0	287,0	0,0301	10,24
коефіцієнт варіації v	3,53	3,51	6,1	7,3	9,6	7,8

Залежності " $P - \varepsilon_c$ ", наведені на рис. 3, характеризують деформування стиснутої грані колон у процесі попереднього обтиснення. Як видно з діаграм, величини деформацій стиснення бетону колон при позацентровому попередньому обтисканні не перевищували пружних значень.

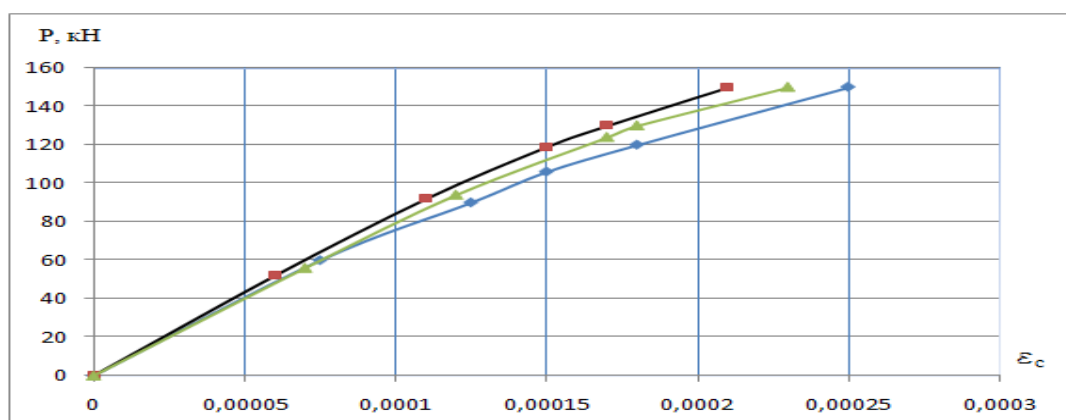


Рис. 3. Залежності " $P - \varepsilon_c$ " колон серії К-1(2, 3).

Висновок: Запропонована методика проведення випробувань дозволяє отримувати достовірні дані про здатність колон, що несе, кругового перерізу, досить точно визначати напружено-деформований стан колон на всіх етапах навантаження при випробуванні залізобетонних елементів з попереднім позацентровим обтисканням. Отримані результати експериментальних

досліджень дозволяють сформулювати розрахункові передумови та критерії руйнування для деформаційного методу розрахунку стисло-вигнутих елементів кругового перерізу при поперечному згинанні та деформаціях в арматурі нижче межі плинності.

Список використаних джерел:

1. Яковенко І.А. Напрями наукових досліджень кафедри будівництва НУБіП України / І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // Зб. тез доп. X Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2023. – С. 488–491.1.
2. Бамбура А.М. Несуча здатність залізобетонних елементів кільцевого перерізу за деформаційною моделлю. / А.М. Бамбура, О.В. Дорогова // Будівельні конструкції. – К. : ДП НДІБК, 2011. – Вип. 74. – С. 180–188.
3. Шишко Г.Ф. Напружено-деформований стан і жорсткість стрижня згинального круглого перерізу з тріщинами в розтягнутій зоні / Г.Ф. Шишко // Будівельні конструкції. – К. : НДІБК, 1971. – Вип. 18. – С. 58–68.
4. Кушнір О.В. Нелінійний розрахунок залізобетонних колон круглих перерізів при поперечно-повздожньому згині / Кушнір, В.М. Ткачук, О.О. Швець // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2020. – № 868. – С. 122–130.
5. Dmytrenko Ye. A., Genzerskiy Yu. V., Yakovenko I.A., Bakulin Ye. A. Strength Calculation of Normal Cross-Sections of Reinforced Concrete Structures at Flat Bending by the Wood-Armer Method in SP "LIRA SAPR". In: Awrejcewicz J., Danishevskyy V.I., Markert B., Novomlynets O., Savytskyi M., Tereshchuk O., Unčík St. (eds) XIX International Scientific and Practical Conference «*Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture*». AIP Conference Proceedings. 2678, 020006. – 2023. – Issue 1. – 9 p.
6. Дмитренко Є.А. Особливості розрахунку міцності нормальних перерізів залізобетонних конструкцій при позацентровому стиску із малими ексцентриситетами в ПК «ЛІРА САПР» / Є.А. Дмитренко, Ю.В. Гензерський, І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // Збірник тез доповідей 9-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті» (17–19 листопада, 2021 р., м. Харків). – Харків, УкрДУЗТ, 2021. – С. 113–114.

ІННОВАЦІЙНІСТЬ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, СТАЛІСТЬ СТІНОВИХ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ З БАЗАЛЬТОВИМ УТЕПЛЮВАЧЕМ

Бакулін Є.А., к.т.н, доц.

Русецька М.В., аспір.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У сучасному будівельному секторі велика увага приділяється пошуку ефективних та екологічно чистих матеріалів для створення конструкцій [1]. Один із найважливіших аспектів у цьому контексті – це розробка стінових панелей, які не лише забезпечують відмінну теплоізоляцію, а й враховують екологічні стандарти. У цьому контексті базальтові утеплювачі виступають як перспективний матеріал, що відкриває широкі можливості для створення раціональних та високоефективних стінових конструкцій. В Україні 95% обсягу базальту споживається як будівельна сировина, тоді як 5% використовується для виробництва ефективних теплоізоляційних матеріалів. Це вказує на необхідність більш раціонального використання цієї сировини.

Стінові сендвіч-панелі є одними з перспективних матеріалів для будівництва, особливо в контексті вимог до енергоефективності та стійкості до впливу зовнішніх факторів. Використання базальтового утеплювача в таких панелях відкриває широкі перспективи для інноваційного підходу до будівництва, підвищуючи їх ефективність та сталість. Так, використання базальтової вати у складі сендвіч-панелей дійсно має потенціал для покращення їх характеристик та властивостей. Базальтова вата є одним із типів теплоізоляційних матеріалів, який виготовляється з використанням базальтових порід.

Проаналізуємо *переваги* базальтових сендвіч-панелей порівняно з панелями на основі пінополіуретану та пінополістиролу:

1. Енергоефективність. Базальтовий утеплювач є інноваційним матеріалом у будівельній сфері, оскільки він виготовляється зі зрощених волокон базальтової породи. Цей матеріал дозволяє створювати сендвіч-панелі з високою ступенем теплоізоляції, забезпечуючи комфортні умови в приміщеннях та знижуючи витрати на опалення та кондиціювання приміщень. Це особливо важливо в умовах постійного зростання цін на енергію та підвищення екологічних вимог. Порівняно з пінополіуретаном та

пінополістиролом, базальтовий утеплювач забезпечує більш стійку теплоізоляцію, яка не знижується з часом.

2. Ефективність. Завдяки унікальним фізичним властивостям базальтового утеплювача, стінові сендвіч-панелі з його використанням демонструють високу ефективність в утепленні будівель. Вони здатні забезпечити стійкість до температурних змін, порівняно з пінополіуретаном та пінополістиролом, знижуючи теплові втрати в зимовий період і утримуючи прохолоду влітку.

3. Сталість. Однією з ключових переваг стінових сендвіч-панелей з базальтовим утеплювачем є їх сталість. Вони менше схильні до деформацій та руйнувань в порівнянні з пінополіуретановими та пінополістироловими панелями. Базальтовий матеріал має високу стійкість до вогню, що може покращити пожежну безпеку будівлі, та вологи, що робить такі панелі надійними в експлуатації та забезпечує довговічність конструкції.

4. Екологічність. Оскільки базальтовий утеплювач виготовляється з натуральних матеріалів, він є більш екологічно чистим в порівнянні з пінополіуретаном та пінополістиролом, які можуть містити шкідливі хімічні речовини, може мати менший вплив на навколишнє середовище та бути більш екологічно чистою альтернативою іншим теплоізоляційним матеріалам.

Сендвіч-панелі з базальтовим утеплювачем виявляються кращими варіантами порівняно з пінополіуретановими та пінополістироловими панелями у багатьох аспектах. Вони забезпечують ефективну теплоізоляцію, високу стійкість до вогню та води, мають екологічну безпеку та демонструють високу довговічність і стабільність. Таким чином, базальтові сендвіч-панелі можуть бути оптимальним вибором для будівельних проєктів, які ставлять перед собою завдання забезпечення високої якості та довговічності конструкцій.

Таблиця 1 – Порівняння базальтової вати з іншими утеплювачами

Характеристика	Базальтова вата	Мінеральна вата	Пінополістирол / пінополіуретан
Теплоізоляція	+++++	+++++	+++
Негорючість	+++++	+++++	—
Звукоізоляція	+++++	++++	++

Екологічність	+++++	+++	–
Стійкість до деформацій	+++++	+++	++
Довговічність	+++++	+++	++

Висновки. У зв'язку з постійними пошуками будівельної індустрії в більш ефективних та економічних конструкціях, раціональним є подальше дослідження властивостей матеріалів на основі базальту. Це включає у себе аналіз існуючих рішень у галузі стінових конструкцій, проведення експериментальних досліджень та визначення оптимальних параметрів для досягнення максимальної ефективності та стійкості. Проведення подібного дослідження має важливе практичне значення, оскільки може сприяти створенню більш стійких та енергоефективних будівель, а також зменшенню екологічного впливу будівельної індустрії.

Список використаних джерел:

1. Яковенко І.А. Напрями наукових досліджень кафедри будівництва НУБіП України / І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // Зб. тез доп. X Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2023. – С. 488–491.

2. Пащенко Т.М. Будівельні конструкції : навч. посібник / Т.М. Пащенко, О.О. Сліпич, І.Б. Дремова. – К. : НВП Поліграфсервіс, 2015. – 310 с.

3. Іволжатова Н. Передові системи термомодернізації будівель і споруд : навч. посіб. / Н. Іволжатова, Т. Дрімко, Т. Холеван та ін. – К. : ВД «Гельветика», 2020. – 116 с.

4. Кондращенко О.В. Матеріалознавчі рішення при зведенні і реконструкції будівель та споруд : навч. посібн. / О. В. Кондращенко, Н.Г. Морковська, С.В. Шаповал, О.В. Якименко. – Х. : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 202 с.

5. Bakulin Y.A. Engineering protection and prepatation of territories : study guide; under the editorship of cand tech. science Ye.A. Bakulin / Ye.A. Bakulin, I.A. Yakovenko, V.M. Bakulina. – Kyiv : NULES of Ukraine, 2022. – 205 p.

ЗАХОДИ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА ВІД ВПЛИВУ ВОЛОГИ

Бакуліна В.М., ст. викл.

Байдак У.М., студ.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Гідроізоляція будівельних об'єктів є важливою процедурою для захисту будівельних конструкцій від вологи та водних пошкоджень. Особливо це актуально для фундаментів, підвалів, стін, дахів та підлог, а також для об'єктів, побудованих у вологих або підземних умовах.

Захист (гідроізоляція) підвалу від ґрунтових вод. Атмосферні опади, талі та ґрунтові води в комплексі з неякісною або відсутньою гідроізоляцією фундаменту скорочують термін експлуатації житлового будинку.

Неякісна (або пошкоджена) внутрішня гідроізоляція підвалу не здатна протистояти проникненню вологи. Найгрізнішим наслідком стане корозія та руйнація арматури; далі піде руйнація фундаменту, що приймає він все навантаження. В аварійному стані може опинитися весь будинок.

Гідроізоляція підвалів є обов'язковим процесом, який забезпечує захист усєї будівлі або споруди від води та вологи.



Рис. 1. Ін'єкційна гідроізоляція

На сьогоднішній день є безліч матеріалів, які захищають фундамент будов від води. Залежно від погодних умов кількість води у верхніх шарах землі може бути різною.

Якщо підвал розташований **неглибоко**, його стіни можуть страждати від капілярного зволоження – вода з атмосферних опадів просочується в землю, а потім мікропорами і тріщинками в стіни підвалу. **Якщо глибокий** підвал, то в

місці його розташування можливе протікання підземних вод. Без гідроізоляції підвального приміщення зсередини вони (під тиском) можуть проникати через погано закріплені шви стін та підлоги.

Найкраще та ефективніше працює гідроізоляція, яка виконана ще в момент будівництва. Але якщо потрібен терміновий ремонт гідроізоляції підвального приміщення в осінньо-зимовий період, то в цій ситуації оптимальне вирішення проблеми – *гідроізоляція підвалу зсередини*.

Гідроізоляція для бетону різних конструкцій та споруд – важливий етап будь-якого будівництва або ремонту. Такі заходи дозволяють значно продовжити життя будівель, захистивши їх від руйнівного впливу води та вологи. Особливо це стосується пористих матеріалів, наприклад бетону.

Гідроізоляція для ремонту бетону та залізобетонних конструкцій підходить для таких споруд, як підвали та стіни житлових або промислових будівель, басейни, фундаменти, сховища, тунелі, паркінги, гідротехнічні споруди та інші.

Обмазувальна гідроізоляція. Суть обмазувальної гідроізоляції полягає у використанні спеціальних еластичних матеріалів, що витримують надвисокі навантаження. Обмазувальна гідроізоляція, що представляють собою дво- або одно компонентні суміші: полімерні або бітумні, залежно від призначення, що утворюють гнучкий однорідний шар, стійкий до перепадів температур і впливу води.



Рис. 2. Гідроізоляція бетону

Мембранна гідроізоляція може похвалитися великим списком переваги в порівнянні з іншими методами. До них відносяться такі, як:

- не руйнуються під впливом різкої зміни температур (при багаторазовому заморожуванні та відтаванні);
- немає необхідності додаткового догляду;
- за рахунок проникної здатності матеріалу, волога може вільно випаровуватися;

- безпечний для екології та здоров'я людини;
Застосовується для гідроізоляції конструкцій:
- схильних до динамічних коливань
- вимагають захисту від хімічної дії (хлориди, сульфід, діоксид вуглецю тощо)
- тераси, балкони, басейни.
- фундаменти та основи, стіни підвалів
- танки та сховища для технічної води.
- канали, опори мостів та греблі.

Товщина матеріалу для мембранної гідроізоляції коливається в межах кількох міліметрів, що разом із еластичністю практично повністю виключає можливість усадки. Це дає широкі можливості для використання в тих місцях, які піддаються вібраційному або динамічному впливу.



Рис. 3. Обмазувальна гідроізоляція

Висновок. Гідроізоляція будівельних об'єктів є критично важливою процедурою для забезпечення тривалості та надійності будівель у будь-яких умовах експлуатації. Правильно виконана гідроізоляція дозволяє запобігти проникненню води у будівельні конструкції, що може призвести до серйозних пошкоджень, вологості, формування грибків та плісняви, а також погіршення якості повітря всередині приміщень.

Список використаних джерел:

1. Бакулін Є.А. Інженерний захист та підготовка територій : навч. посіб.; за ред. канд. техн. наук Бакуліна Є.А. / Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, В.М. Бакуліна. – К. : НУБіП України, 2020. – 212 с.
2. Vakulin Y.A. Engineering protection and prepatation of territories : study guide; under the editorship of cand tech. science Ye.A. Bakulin / Ye.A. Vakulin, I.A. Yakovenko, V.M. Vakulina. – Kyiv : NULES of Ukraine, 2022. – 205 p.
3. Костира Н.О. Особливості технічного обстеження об'єктів прилеглих до існуючої забудови / Н.О. Костира, В.М. Бакуліна // Будівельні конструкції.

Теорія і практика. КНУБА. – 2023. – № 12. – С. 105–114.
<https://doi.org/10.32347/2522-4182.12.2023.105-114>

4. П'ятков О.В. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Основи і фундаменти» підготовки фахівців ОС «Бакалавр» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» / О.В. П'ятков, Є.А. Бакулін. – К. : НУБіП України, 2023. – 85 с.

5. Бакулін Є.А. Методи розрахунку підпірних стін / Є.А. Бакулін, В.М. Бакуліна, Н.О. Костира // Науковий вісник НУБіП України. Серія Техніка та Енергетика. – 2017. – Вип. 262. – С. 72–87.

http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2017_262_9

УДК 697.385

ECOLOGICAL WARM FLOORS

Bakulina V.M., sen. lect.

Principal O.E., stud.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

The use of wood in underfloor heating systems not only allows for the effective creation of comfortable and aesthetic heating throughout, but also is a key factor in ensuring environmentally friendly and efficient heat distribution, thus making this heating method not only the most aesthetically balanced but also consistently environmentally beneficial.

1. Types of wood for underfloor heating:

- Oak: a hard and strong wood, ideal for high loads and providing thermal stability.

- Fir: soft wood with high thermal conductivity, which heats up quickly but may require additional treatment to increase service life.

2. Types of wood underfloor heating systems:

- Hydraulic warm floors represent an innovative system that uses heat carriers embedded in the wooden floor, providing extremely even and efficient heat distribution throughout the room. This technology allows for the creation of a comfortable thermal environment, taking into account the characteristics of wood as a natural insulator, and ensures an optimal level of heat penetration into the room, while maintaining aesthetics and a high degree of comfort.

- Electric warm floors comprise an integrated system featuring thin heating mats embedded within the structure of the wooden floor. This advanced technical approach not only ensures rapid and efficient heating of all parts of the room but also guarantees an optimal thermal regime, contributing to the highest level of comfort for users.

Advantages of using wood in warm floor systems:

- Aesthetics: Wood adds warmth and natural beauty to the interior of the room.
- Eco-friendliness: Using natural materials reduces the impact on the environment.



Figure 1 – Example of a hydraulic system



Figure 2 – Example of an electric system

Table 1 – Comparison of types of wood for warm floors and their properties

Wood Type	Hardness	Thermal	Conductivity Cost
Oak	High	Moderate	High
Fir	Moderate	High	Moderate

Disadvantages of using wood in warm floor systems:

- Sensitivity to moisture. Wood may react to changes in humidity, requiring careful selection and maintenance.
- Cost. The high cost of certain types of wood may limit the accessibility of this heating method.

Conclusion. Thus, using wood in warm floor systems not only provides heating for the room but also becomes an accessible aspect of design and a considered

natural alternative that can be chosen according to environmental and aesthetic needs.

Список використаних джерел:

1. Yakovenko I., Dmytrenko Y., Bakulina V. Construction of Analytical Coupling Model in Reinforced Concrete Structures in the Presence of Discrete Cracks. In: Bieliatynskyi A., Breskich V. (eds) Safety in Aviation and Space Technologies. *Lecture Notes in Mechanical Engineering (LNME)*. Springer, Cham. – 2022. – P.107–120. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9_10

2. Bakulin Y.A. Engineering protection and prepatation of territories : study guide; under the editorship of cand tech. science Ye.A. Bakulin / Ye.A. Bakulin, I.A. Yakovenko, V.M. Bakulina. – Kyiv : NULES of Ukraine, 2022. – 205 p.

3. Яковенко І.А. Напрями наукових досліджень кафедри будівництва НУБіП України / І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // Зб. тез доп. X Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2023. – С. 488–491.

УДК 338.012

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ, ТОЧНОСТІ, БЕЗПЕКИ В БУДІВНИЦТВІ ДРОНАМИ

Бакулін Є.А., к.т.н, доц.

Ус В.Д., студ.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Будівництво, як і багато інших галузей, переживає революцію завдяки впровадженню нових технологій. Тема є вельми актуальною і відповідає тематиці наукових досліджень кафедри будівництва [1].

Однією з найперспективніших інновацій є використання дронів. Ці безпілотні літальні апарати відкривають нові можливості для підвищення ефективності, безпеки та точності на будівельних майданчиках.



Рис. 1. Нагляд за роботою на будівельному майданчику

Ефективність дронів можливість виконувати різні завдання, які раніше робилися вручну, значно швидше та з меншими витратами. Наприклад, вони можуть використовуватися для: картування та топографії, моніторингу ходу будівництва, інспектування будівель та інфраструктури, доставки матеріалів.

Безпека за допомогою дронів можуть використовуватися для:

- огляду небезпечних або важкодоступних місць;
- виявлення потенційних небезпек;
- контролю за дотриманням правил техніки безпеки;
- моніторингу навколишнього середовища.



Рис. 2. Топографічна зйомка

Точність за допомогою дронів можливо використовуватися для:

- зйомки 3D-моделей будівельних майданчиків;
- створення ортофотопланів;
- виконання геодезичних вимірювань.

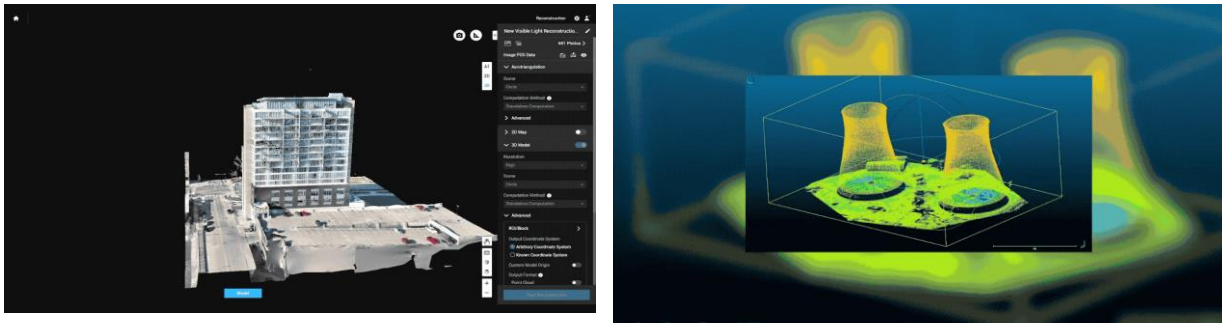


Рис. 3. Зйомки 3D-моделей будівельних майданчиків

Для **контролю якості** з використанням дронів у будівництві має значний потенціал для технічного прогресу цієї галузі.

Завдяки підвищенню ефективності, безпеки та точності дрони можуть допомогти будівельним компаніям економити час, гроші та трудові ресурси.

Список використаних джерел:

1. Яковенко І.А. Напрями наукових досліджень кафедри будівництва НУБіП України / І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // Зб. тез доп. X Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2023. – С. 488–491.

2. Бакулін Є.А. Визначення параметрів напружено-деформованого стану споруди башти силосу та її конструктивних елементів за наслідками руйнування / Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, В.М. Бакуліна // Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention : collective monograph. – Riga : Izdevnieciba “Baltija Publishing”, 2022. – Р. 1–43.
<https://doi.org/10.30525/978-9934-26-254-8-1>

УДК 624.042.7

СЕЙСМОСТІЙКІСТЬ МАЛОПОВЕРХОВИХ МОДУЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

Мар`єнков М.Г., д.т.н., проф.

Хименко Б.О., аспір.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Робота виконана у рамках наукових досліджень кафедри будівництва НУБіП України [1]. Сучасне будівництво розвивається в напрямку пошуку

нових, більш ефективних та економічних технологій. Одним із таких напрямків є модульне будівництво.

Модульні будівлі - це будівлі, які складаються з окремих елементів, які називаються модулями. Модулі можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як дерево, метал, бетон тощо. Модулі можуть бути різних розмірів і конфігурацій, що дозволяє створювати модульні будівлі різного призначення.

Сейсмостійкість та механічна стійкість модульних будівель визначається багатьма факторами, зокрема:

Конструкція модуля: стійкість модуля залежить від його конструктивних особливостей, зокрема, від типу рами, способу кріплення елементів модуля, наявності інженерних систем.

Спосіб з'єднання модулів: стійкість модульної будівлі також залежить від способу з'єднання модулів між собою. Використовуються різні способи з'єднання, такі як зварювальне з'єднання, болтове з'єднання, з'єднання на анкерних болтах тощо.

Вплив навколишнього середовища: механічна стійкість та сейсмостійкість модульної будівлі залежать від впливу навколишнього середовища, зокрема, від вітру, снігу, землетрусів, осідань основи тощо.

У роботі [2] для оцінки механізмів прогресивного руйнування та механічної стійкості модульних будівель використовувався метод альтернативного шляху навантаження. Опірність модульної будівлі прогресивному руйнуванню досліджувалась за допомогою лінійного статичного, нелінійного статичного та нелінійного динамічного аналізу, виконаного за допомогою програми SAP2000.

Були обрані дві десятиповерхові каркасні модульні будівлі (Будівля А та Будівля Б) висотою 35,4 м як об'єкти дослідження (рис. 1). Ці дві будівлі мають схожі площі плану з різними прогонами, балками та колонами. Для фасадів модулів використовувалися шевронні розпірки, а боки будівлі та центр були розперті за допомогою хрестоподібних розпірок.

Шість модулів були розміщені послідовно в напрямку X, а десять модулів були з'єднані в стовп в напрямку Z, утворюючи будівлю. В будівлі були розглянуті різні типи з'єднань між модулями. Горизонтальні з'єднання використовувалися для з'єднання модулів в напрямку X, а вертикальні з'єднання – в напрямку Z для з'єднання змонтованих модулів.

Розглянуті модульні будівлі були спроектовані відповідно до австралійських стандартів. Передбачалося, що будівлі розташовані в Мельбурні, штат Вікторія, та мають рівень важливості 3. Рівень важливості було визначено на основі призначення споруди, як великої структури з високими наслідками відмови. Термін служби будівлі передбачався 50 років.

Сейсмічні навантаження на модульні будівлі дослідження було визначено за спектральним методом.

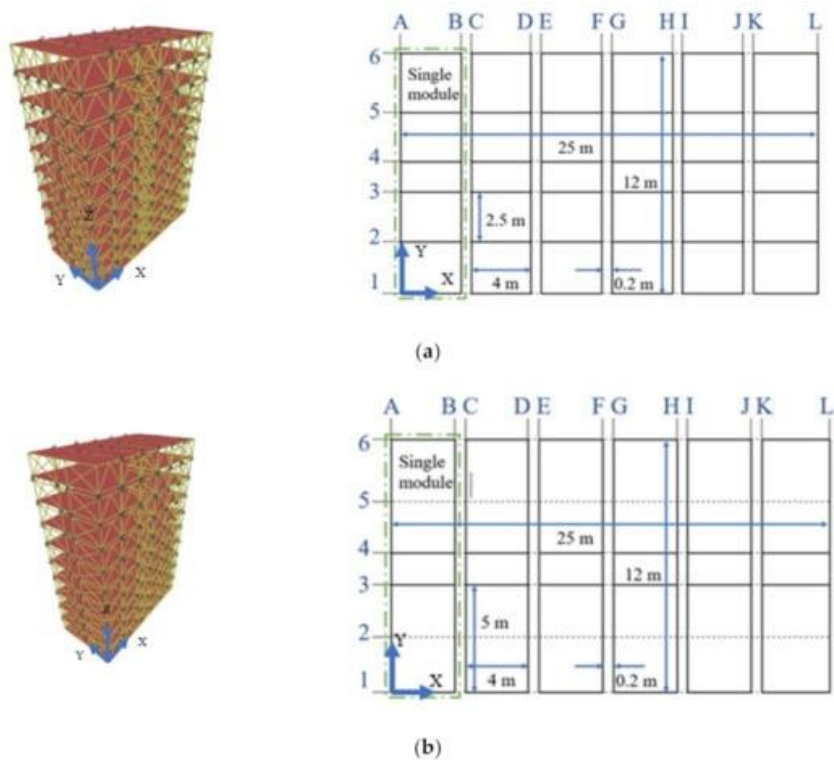


Рис. 1. 3D моделі та плани будівель-прикладів:
a – Будівля А, *b* – Будівля Б

На рис. 2 приведено модулі, що використовуються у будівлях дослідження. Для будівлі Б довжина прольоту була збільшена вдвічі (з 2,5 м до 5,0 м).

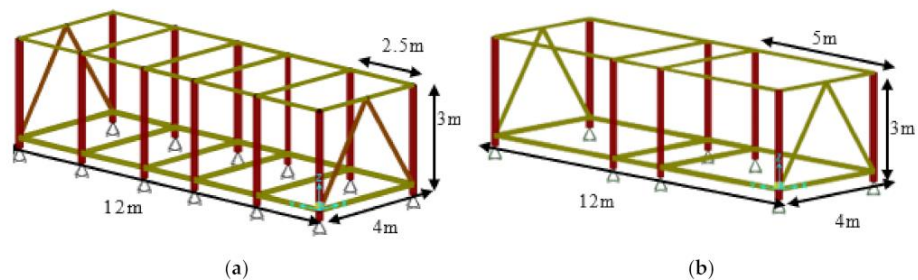


Рис. 2. Модулі, що досліджені в роботі [2]

Для підвищення стійкості модульних будівель можна використовувати різні методи, які можна класифікувати наступним чином.

1) **Конструктивні методи** – спрямовані на підвищення міцності та жорсткості модуля.

2) **Матричні методи** – спрямовані на підвищення стійкості модуля за рахунок використання спеціальних матеріалів.

Конструктивні методи підвищення стійкості модульних будівель. До конструктивних методів підвищення стійкості модульних будівель відносяться: збільшення маси модуля – це найпростіший і найефективніший метод підвищення стійкості; збільшення площі перерізу модуля: цей метод також підвищує стійкість модуля, але менш ефективний, ніж збільшення маси. Використання спеціальних конструктивних елементів: наприклад, жорстких рам, опор тощо.

Матричні методи підвищення стійкості модульних будівель. До матричних методів підвищення стійкості модульних будівель відносяться: використання армованих бетонів: армований бетон має високу міцність і жорсткість, що дозволяє підвищити стійкість модульних будівель; використання композитних матеріалів: композитні матеріали мають високу міцність і вагу, що дозволяє підвищити стійкість модульних будівель.

Вибір методу забезпечення сейсмостійкості модульних будівель залежить насамперед від таких **факторів**: призначення модульної будівлі та інтенсивності сейсмічних впливів; умов експлуатації модульної будівлі; бюджету будівництва модульної будівлі.

Висновок. Механічна стійкість модульних будівель залежить від багатьох факторів, зокрема, від конструкції модуля, способу з'єднання модулів, впливу навколишнього середовища. Для забезпечення сейсмостійкості модульних будівель можна використовувати різні методи, які можна класифікувати на конструктивні та матричні. Вибір методу залежить від таких факторів: призначення та умов експлуатації модульної будівлі, бюджету будівництва модульної будівлі.

Список використаних джерел:

1. Яковенко І.А. Напрями наукових досліджень кафедри будівництва НУБіП України / І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // Зб. тез доп. X Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2023. – С. 488–491.

2. Munmulla Th., Navaratnam S., Thamboo J., Ponnampalam Th., Hidallana-Gamage, Damruwan H., Konstantinos Daniel Tsavdaridis K.D. & Zhang G. (2022). Analyses of Structural Robustness of Prefabricated Modular Buildings: A Case Study on Mid-Rise Building Configurations. *Buildings*, Vol. 12(8), no. 1289. <https://doi.org/10.3390/buildings12081289>

3. Emelyanov, S., Nemchinov, Y., Kolchunov, V., & Yakovenko, I. (2016). Details of large-panel buildings seismic analysis. *Enfoque UTE*, 7(2), pp. 120 – 134.

НАТУРНА ОЦІНКА РІВНІВ ВІБРАЦІЇ У БУДІВЛІ ВНАСЛІДОК ДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ ВІД РУХУ ПОТЯГІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ В ТУНЕЛІ

*Мар'єнков М.Г., д.т.н., проф.
Фрідліб Є.В., аспір.*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У межах сучасних населених пунктів велика кількість будівель та споруд в різній мірі знаходяться під динамічним впливом внаслідок руху рейкового транспорту. Нижче приведено результати натурних вимірювань вібраційного впливу від руху поїздів метрополітену на перегоні станція метро Лук'янівська – Золоті Ворота на будівлю по пр. Георгіївському, 9 у м. Києві. Дана будівля побудована на початку 20-го століття і протягом радянського періоду зазнавала реконструкцій. Конструктивні особливості: стіни несучі – цегляна кладка, перекриття – різного типу (цегляні склепінчасті, залізобетонні, місцями з посиленням металокаркасними).

Під час вимірювань, що проводилися в денний час в травні 2023 р., оцінювалися середньоквадратичні значення віброприскорення (далі - віброприскорення), m/s^2 , в октавних смугах з середньгеометричними частотами 2; 4; 8; 16; 31,5; 63; 125 Гц або їх логарифмічний рівень (дБ).

Логарифмічні рівні віброприскорення пов'язані зі значеннями цих величин наступним відношенням:

$$L_a = 20 \cdot \lg \frac{a}{a_0}$$

де $a_0 = 3 \times 10^{-4} m/s^2$ – опорне значення віброприскорення.

Вимірювання вібрації здійснюється за трьома взаємно перпендикулярними напрямками: вертикальному (вісь Z – перпендикулярно поверхні) і двом горизонтальним (X, Y).

Вимірювання вібрації проводились на цокольному, 1-му та 2-му поверсі. Датчики встановлювались на умовній вертикальній вісі. На цокольному поверсі – стяжка по ґрунту, на першому і другому поверхах на перекритті. Вісь X вибиралась паралельно Георгіївському провулку.

У таблиці 1 наведено максимальні значення рівнів віброприскорення. Значення «фон» означає, що зафіксований вібраційний вплив не перевищує фоновий, для частотних смуг не зазначених в таблиці рівні вібраційного

впливу також не перевищують фоновий. Також приведені нормативні вимоги для приміщення різного призначення для оцінки відповідно санітарним вимогам.

На рис. 1 показано характерний графік рівня вібрації в часі (хвилини) для точки вимірювань на цокольному поверсі в октавній смузі «63 Гц».

Таблиця 1 - Масимальні зареєстровані та допустимі рівні віброприскорення

Точка вимірювань	Напря м	Рівень віброприскорення, дБ, в октавних смугах частот, Гц				
		8	16	31,5	63	125
Цоколь	X	фон	фон	18	24	11
	Y	фон	фон	15	24	11
	Z	фон	фон	24	34	17
Перший поверх	X	фон	фон	11	19	фон
	Y	фон	фон	15	20	фон
	Z	фон	фон	25	27	фон
Другий поверх	X	фон	фон	фон	20	фон
	Y	фон	фон	12	22	фон
	Z	фон	фон	27	30	фон
Допустимі вимоги, адміністрації приміщення*	X					
	Y	33	39	45	51	-
	Z					
Допустимі вимоги, житло. 22.00-8.00**	X					
	Y	15	21	27	37	-
	Z					
Допустимі вимоги, житло. 8.00-22.00**	X					
	Y	20	26	32	42	-
	Z					

* - згідно ДСН 3.3.6.039-99 «Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації», категорія 3, тип «В» (на робочих місцях заводоуправлінь, конструкторських бюро, лабораторій, учбових пунктів, обчислювальних центрів, медпунктів, конторських приміщень, робочих кімнат та інших приміщень для працівників розумової праці).

** - згідно ДСН 173-96 «Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» з урахуванням поправки «-10 дБ» на непостійну вібрацію, та «+5 дБ» на вплив в денний час доби.

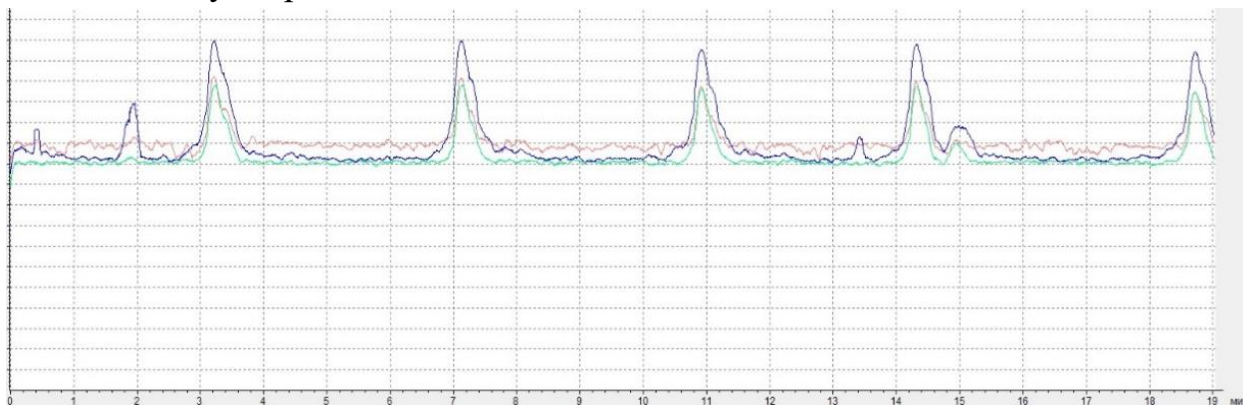


Рис. 1. Зареєстровані рівні віброприскорення (дБ) конструкцій цокольного поверху при проїзді потягів метрополітену

Висновки за результатами вимірювань:

1. Основний вібраційний вплив потягів метрополітену на конструкції будинку зафіксовано у вертикальному напрямку коливань.

2. Щільність спектру сконцентрована в межах октавних смуг «31,5» і «63» Гц (у діапазоні від 20 Гц до 80 Гц), що є типовим для впливу метрополітену. Частоти власних коливань перекриття будинків знаходяться в діапазоні 30-50 Гц, тому можливі резонансні (підвищені) коливання перекриття.

3. Значення рівня віброприскорення на 1-му і 2-му поверсі вищі за рівні на цокольному у смузі 31,5 Гц, що свідчить про вплив власних частот коливань конструкцій на підвищення рівня вібрацій.

4. Рівень віброприскорення перекриття будинку по провулку Георгіївському, 9 у м. Києві знаходиться на межі допустимого для житлових приміщень у нічний час.

5. Проте, найголовнішим висновком є те, що дана будівля розташована на відстані >100 м від тунелю метро і при цьому рівень віброприскорення перекриття будинку досягає гранично допустимого значення згідно до вимог санітарних норм.

Тому при проектуванні будинків, які розташовані вздовж ліній метрополітену, необхідно виконувати аналіз інженерно-геологічних умов і враховувати загасання вібрації ґрунту у залежності від відстані до тунелю метрополітену (до 40 м і більше).

При необхідному обґрунтуванні для зниження рівня вібрації конструкцій будинків і споруд можливо застосовувати віброізоляцію [4].

Список використаних джерел:

1. ДСН 173-96 «Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів».
2. ДСН 3.3.6.039-99 «Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».
3. ISO 14837, Part 1 Mechanical vibration. Ground-borne noise and vibration arising from rail systems. Part 1, General Guidance – 2005.
4. Мар'єнков М.Г. Сейсмоізоляція багатопверхових будинків складної конфігурації із пальовим ростверком / М.Г. Мар'єнков, Ю.К. Болотов, В.І. Дирда, М.І. Лисиця // Наука та будівництво. – 2021. – №29(3). – С. 57–64. <https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-7>
5. Бакулін Є.А. Методи розрахунку підпірних стін / Є.А. Бакулін, В.М. Бакуліна, Н.О. Костира // Науковий вісник НУБіП України. Серія Техніка та Енергетика. – 2017. – Вип. 262. – С. 72–87.
6. Бакулін Є.А. Вертикальні в'язі каркасних будівель в сейсмічно активних зонах / Є.А. Бакулін, В.М. Бакуліна, Н.О. Костира // Науковий Вісник НУБіП. Серія Техніка та Енергетика. – 2017. – Вип. 258. – С. 117–131.
7. Emelyanov, S., Nemchinov, Y., Kolchunov, V., & Yakovenko, I. (2016). Details of large-panel buildings seismic analysis. *Enfoque UTE*, 7(2), pp. 120 – 134. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n2.100>

УДК 514.18

МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ВІКОН ЗЕЛЕНИХ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ

Мартинів В.Л., д.т.н., проф.

Стаднійчук Д.М., аспір.

Київський національний університет будівництва і архітектури

На сьогодні у світі проблема енергоефективності та екологічної стійкості будівель стає дедалі актуальнішою. Прагнення скорочення викидів вуглецю та використання відновлюваних джерел енергії спонукає до розробки зелених будівель з високим рівнем енергоефективності.

При проектуванні зелених будівель (рис.1) перед архітекторами, проєктувальниками постає задача визначення раціональних параметрів

будівель, параметрів вікон, щоб забезпечити визначений високий рівень енергоефективності будівель.

Мета. Запропонувати спосіб визначення оптимальних параметрів опору теплопередачі вікон для забезпечення заданого рівня тепловтрат.

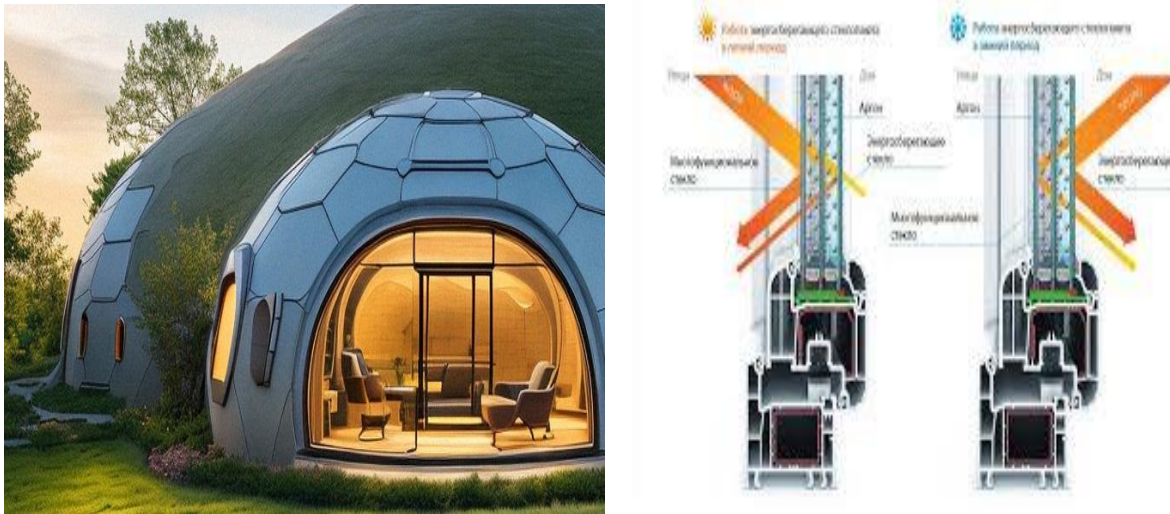


Рис. 1. Зелена будівля, енергоефективне вікно будівлі

Основна частина. Для забезпечення заданого рівня теплового балансу $\Delta Q_{vi} = \text{const}$ світло прозорих конструкцій зелених будівель (тепловтрат і тепло надходжень від сонячної радіації протягом опалювального періоду) виведено аналітичні залежності для визначення раціонального опору теплопередачі конструкцій.

Раціональний опір теплопередачі вікон R_{vpi} визначається:

$$R_{vpi} = \frac{D_{di}}{\Delta Q_{vi} + Q_{cp_i} \cdot K_i \cdot \zeta_i \cdot \epsilon_{vi}} \quad (1)$$

Розроблено комп'ютерні програми та побудовано графічні моделі $R_{vpi} = f(A_\sigma)$ раціонального опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій (рис.2) (що забезпечують рівень теплового балансу 100, 80, 60 40 кВт·год/м² протягом опалювального періоду), які можуть використовуватися ще на етапі архітектурного проектування.

Для визначення раціонального опору теплопередачі та розташування вікон на гранях будівлі гранної форми разом з отриманими графічними моделями $R_{vpi} = f(A_\sigma)$ застосовуються і креслення будівлі. При цьому план будівлі суміщується з моделями, і проектувальник у діалоговому режимі за комп'ютером визначає раціональний рівень опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій і зони раціонального, допустимого та небажаного розташування вікон в огорожувальних конструкціях будівлі.

Аналіз моделей для всіх природно-кліматичних районів України показав, що на тепловий баланс світлопрозорих конструкцій значною мірою

впливає опір теплопередачі, g -фактор засклення та орієнтація світлопрозорих конструкцій.

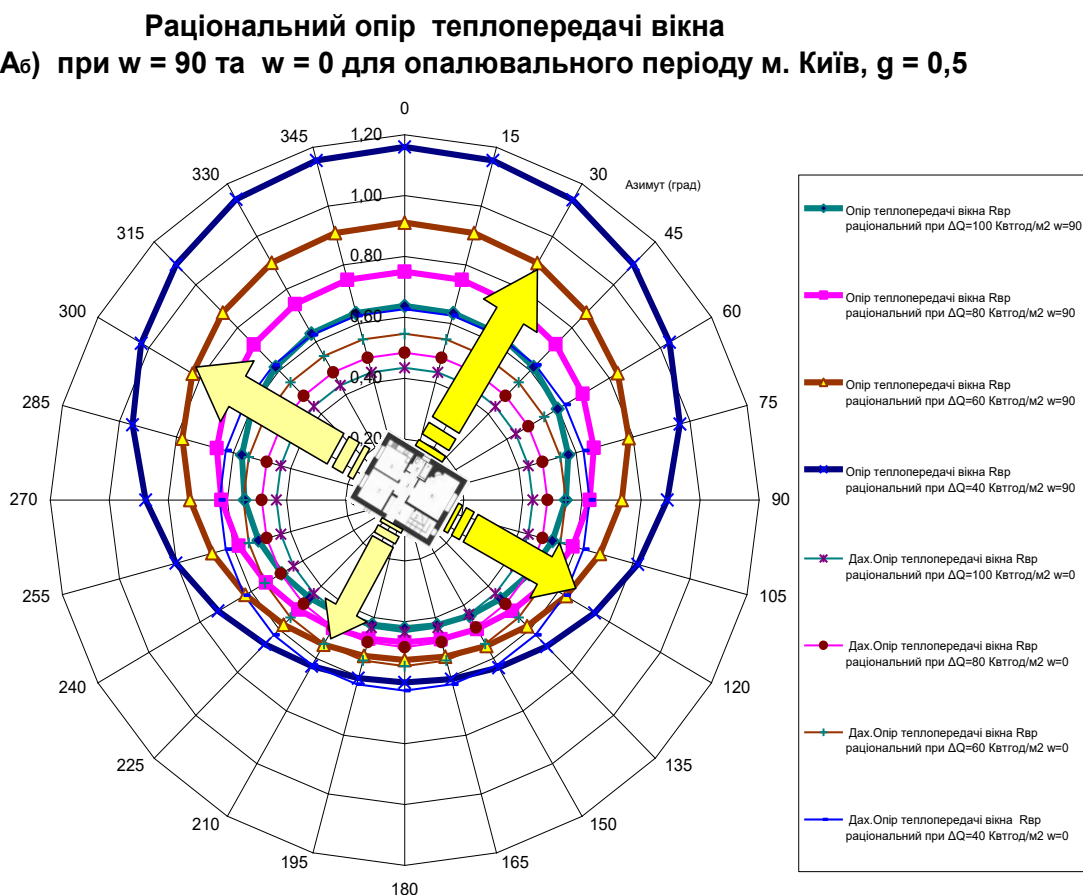


Рис. 2. Визначення раціонального опору теплопередачі вікон залежно від орієнтації та зон раціонального розташування вікон на фасадах будівлі

Висновки. Таким чином, розроблено аналітичний спосіб визначення оптимального опору теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій (вікон) з урахуванням теплоенергетичного впливу навколишнього середовища, а також графічний спосіб визначення раціонального опору теплопередачі вертикальних світлопрозорих конструкцій будівлі за умови дотримання заданого рівня тепловтрат.

Список використаних джерел:

1. Мартинов В.Л. Оптимізація геометричних параметрів теплоізоляційної оболонки енергоефективних будівель / Scientific research of the XXI century. Volume I : колективна монографія. – Los Angeles (USA) : GS publishing service Sherman Oaks, 2021, pp. 26–30. <https://doi.org/10.51587/9781-7364-13302-2021-001>

2. Martynov V., Ploskyi V., Sergeychuk O., Virchenko G., Usenko V. & Tereschuk M. (2022). Improving efficiency energy systems-photovoltaic modules

and solar collectors in construction. 2022 *IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, Kharkiv, Ukraine, 2022, pp. 1-4. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916463>

3. Мартинов В.Л. Оптимізація орієнтації енергоефективних будівель, що обертаються / В.Л. Мартинов, Т.Л. Чирва // Прикладна геометрія та інженерна графіка міжвід. науково-техніч. збірник. – 2022. – Вип. 103. – С.123–133. <https://doi.org/10.32347/0131-579X.2022.103.123-133>.

4. Яковенко І.А. Напрями наукових досліджень кафедри будівництва НУБіП України / І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // Зб. тез доп. X Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2023. – С. 488–491.

УДК 69:502.131

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА: ВПЛИВ ЗЕЛЕНИХ ДАХІВ НА УПРАВЛІННЯ ЗЛИВОВИМИ ВОДАМИ

Усенко М.М., к.т.н., ст. викл.

Андрієвська М.А., маг.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сьогодні екологічні проблеми знаходяться в одному контексті з економічними і мають загальний характер, для вирішення яких необхідно знаходити нові та ефективні інструменти. Одним з них є концепція «зеленого будівництва», яка є досить актуальною в європейських країнах і може бути застосована в українських реаліях [1]. Зелене будівництво стає необхідністю в сучасному світі, де сталість та енергоефективність виступають як важливі аспекти забудови.

«Зелені» конструкції – це біотехнології, які поєднують архітектурні споруди та живі рослини. Залежно від місця розташування, конструкції можуть бути вертикальними або горизонтальними.

«Зелений» дах – це один з таких типів зелених споруджень, який являє собою інженерну багатошарову технологію з озелененою верхньою поверхнею. Складається з субстрату та рослин.

Системи «зелених» дахів пропонують рішення таких проблем, пов'язаних з управлінням дощовими водами, як: локальна утилізація стоків; зменшення обсягів стоку, за рахунок евапотранспірації з рослинності та відкритих поверхонь; затримка дощової води в ґрунті; зменшення пікових значень стоку за рахунок тимчасового зберігання води в субстраті і дренажному шарі; поліпшення якості дощових вод, які фільтруються через мембрани «зелених» дахів, а потім потрапляють в ґрунт або збирається в окремі резервуари з метою подальшого використання в технічних чи побутових цілях [2].

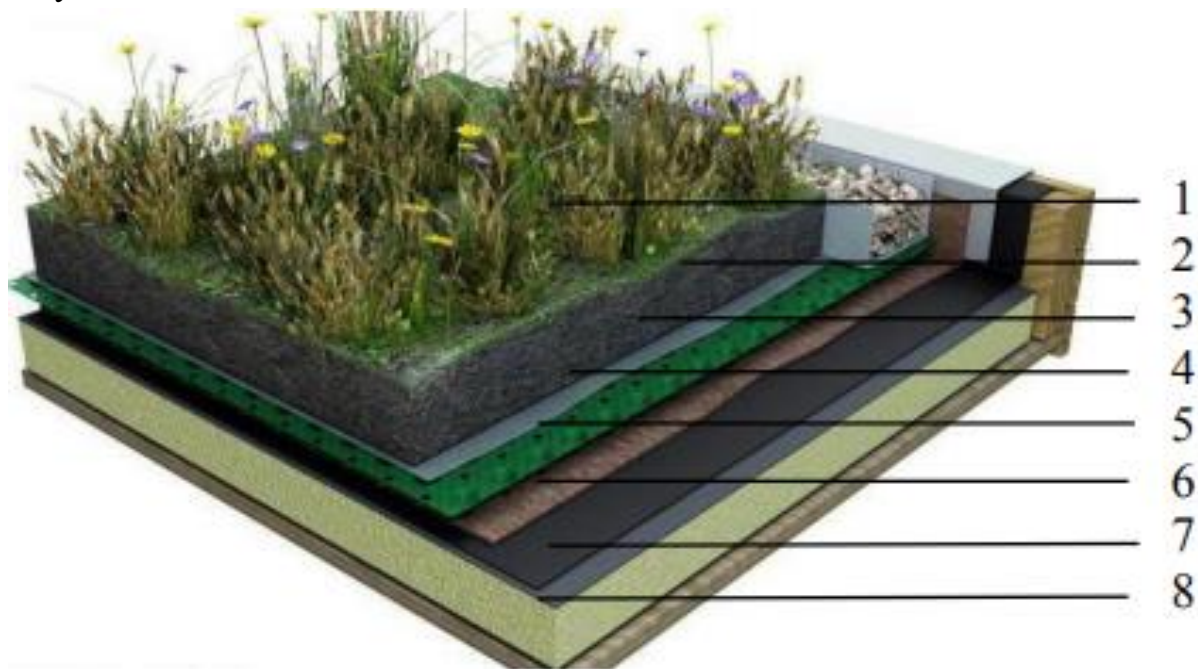


Рис. 1. Схема-план зеленої покрівлі:

- 1 – рослини; 2 – шар ґрунту; 3 – фільтраційний шар;
- 4 – дренажний шар; 5 – бар'єр для коренів; 6 – теплоізоляція;
- 7 – гідроізоляція; 8 – основа (підставка)

Системи зелених дахів пропонують рішення проблем, пов'язаних з управлінням дощовою водою, таких як: локальний дренаж; зменшення стоку, спричиненого випаровуванням з рослинності та відкритих поверхонь; утримання дощової води в ґрунті: локальний дренаж; зменшення стоку, спричиненого випаровуванням з рослинності та відкритих поверхонь; утримання дощової води в ґрунті; зменшення пікових значень стоку, спричинених тимчасовим накопиченням води в субстраті та дренажному шарі; покращення якості дощової води, яка фільтрується через мембрани зеленого даху і згодом скидається в ґрунт або збирається в окремі резервуари для подальшого використання для технічних або побутових цілей [3].

Для визначення об'єму дощового стоку з поверхні зелених покрівель на аналізованій території запропоновано наступну методику розрахунку [4]:

$$LDR = \sum_i A_i \times RR_i \times CMC \times R, \frac{\text{дм}^3}{\text{день}} \quad (1)$$

де: i – тип зеленого даху: 1 – екстенсивний, 2 – інтенсивний;

A – поверхня покрівель заданого типу в аналізованій зоні;

R – добова кількість опадів (мм/добу).

Також була запропонована формула для визначення добового навантаження відведення дощової води на аналізованій ділянці, у вигляді:

$$LD = A_R \times R - LDR, \frac{\text{дм}^3}{\text{день}}, \quad (2)$$

де A_R – випробувальний майданчик, обладнаний каналізацією дощової води (м^2).

Щороку публікується все більше статей про вплив зелених дахів на управління стічними водами, але існує лише кілька комплексних оглядів, які надають вкрай необхідний зріз цієї сфери досліджень і систематично представляють дані та визначають існуючі прогалини.

Список використаних джерел:

1. Яковенко І.А. Напрями наукових досліджень кафедри будівництва НУБіП України / І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // Зб. тез доп. X Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2023. – С. 488–491.

2. Чала В.С. Європейські практики інвестування зеленого будівництва : підручник / В.С. Чала, Ю.В. Орловська, А.В. Глущенко. – Дніпро : ПДАБА, 2023. – 148 с.

3. Ткаченко Т.М. Розрахунок утриманого поверхневого стоку покрівлею німецького виробника / Т.М. Ткаченко, І.О. Прокопенко // Екологічна безпека та природокористування. – 2020. – № 3 (35). – С. 44 – 56.

4. Zhang Z., Szota C., Fletcher T., Williams N. & Farrell C. (2019). Green roof storage capacity can be more important than evapotranspiration for retention performance. *J. Environ Management*, 2019, Vol. 232, pp. 404–412. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.070>

ПЕРЕВАГИ ТА ОБМЕЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИТИВ У БУДІВНИЦТВІ

Усенко М.М., к.т.н., ст. викладач

Махов А.Л., маг.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Композиційний будівельний матеріал – це штучно створений неоднорідний суцільний матеріал, що складається з двох або більше компонентів з чіткою межею поділу між ними. У більшості композитів (за винятком шаруватих) компоненти можна розділити на матрицю і включені в неї армуючі елементи. У композитах конструкційного призначення армуючі елементи зазвичай забезпечують необхідні механічні характеристики матеріалу (міцність, жорсткість і т.д.), а матриця (або сполучна) забезпечує спільну роботу армуючих елементів і захист їх від механічних пошкоджень і агресивного хімічного середовища, табл. 1.

Таблиця 1 – Види композиційних будівельних матеріалів

Матриця	Наповнювач (заповнювач)	Композиційний матеріал
Керамічні матеріали		
Глина обпалена	Спіснювальні (пісок, шамот)	Цегла, блоки, плитка
	Волокна (каолінові, корундові, мулітові, вуглецеві)	Вогнетривкий, спецкераміка
Матеріали на основі мінеральних розплавів		
Скло	Склокристалічні включення, повітря, барвники	Листове скло, склопакети, склоблоки
	Кристалічні включення	Ситали, шлакоситали
	Металевасітка	Армованескло
	Полімернаплівка	Триплекс
	Газоповітряна суміш	Ніздрюватескло
Полімерне просочення	Волокна з мінеральних розплавів	Мінеральна вата, плити
Металеві матеріали		
Залізо	Вуглець	Сталь, чавун

Матеріали на основі неорганічних в'язучих речовин		
Магнезіальне в'язуче	Відходи деревообробки	Ксилоліт, фіброліт
Гіпсові в'язучі	Картон	Гіпсокартон
	Азбестове волокно	Акустичні матеріали
Рідке скло	Повітря	Склопор, бісіпор
Гідравлічні в'язучі	Пісок (кварцовий, перлітовий, вермікулітовий, мікронаповнювач, пігменти)	Будівельні розчини
	Дрібний заповнювач, великий заповнювач, мікронаповнювач	Бетони
	Волокна (азбестові, скляні, сталеві)	Фібробетон
	Металева арматура	Залізобетон
	Дерев'яна тріска	Арболіт
Матеріали на основі деревини		
Полімернів'язучі	Шпон	Фанера, клеєні конструкції
	Стружка	Деревостружечні плити
	Волокна	Деревоволокнисті плити
Матеріали на основі органічних в'язучих		
Бітум	Пісок, щебінь, наповнювач	Асфальтобетон
Бітумно-полімерні в'язучі	Картон, фольга, повсть зі скловолокна, полімерні волокна	Руберойд, фольгоруберойд, склоруберойд
Полімерні матеріали		
Полімернів'язучі	Скловолокна	Склопластик
	Порошки, волокна, пігменти	Лінолеум, килимові покриття, оздоблювальні матеріали
Лакофарбові матеріали		
Плівкоутворювальні речовини неорганічні й органічні	Порошки різної природи, пігменти	Фарби, лаки

Останнім часом матеріалознавці експериментують з метою створити якісні і більш дешеві матеріали. Композити зазвичай класифікуються за видом армуючого компонента: *волокнисті, шаруваті, наповнені пластики, гомогенні, скелетні*. Серед композиційних матеріалів останнього покоління особливу увагу заслуговують полімерно-цементні композити, бетонні полімерні композити й фібробетони, бетони з мікронаповнювачами. Приклади композиційної будови матеріалів будівельного призначення наведені у табл. 1. Головна перевага КМ в тому, що матеріал і конструкцію можна створювати одночасно, при цьому проектувальник може задати йому такі характеристики, що значно перевершують характеристики традиційних матеріалів при виконанні даної мети, але можуть поступатися їм в будь-яких інших аспектах. Це означає, що для кожного виробу проектувальник проводить всі необхідні розрахунки і тільки потім вибирає оптимум між матеріалами для їх виробництва.

Висновки. До *переваг* композиційних матеріалів відносять: високу питому міцність (міцність 3500 МПа); високу жорсткість (модуль пружності $130\text{...}140\text{--}240 \text{ ГПа}$); високу зносостійкість; високу втомна міцність; можливість виготовити розміростабільні конструкції; відносну легкість.

Водночас композиційні матеріали мають недоліки, які обмежують їхнє поширення. До *недоліків* композиційних матеріалів відносять:

→ висока вартість, що обумовлена високою наукоємністю виробництва, застосування спеціального дорогого устаткування і сировини, а отже розвиненого промислового виробництва та наукової бази;

→ анізотропія властивостей і низька ударна в'язкість, яка обумовлює високу пошкоджуваність виробів, високу ймовірність виникнення прихованих дефектів;

→ композиційні матеріали гігроскопічні, тобто схильні вбирати вологу, що є наслідком нещільної внутрішньої структури;

→ при експлуатації композиційні матеріали можуть проявляти токсичність і часто об'єкти з застосуванням композиційних матеріалів взагалі не підлягають будь-якому доопрацюванню і ремонту.

Список використаних джерел:

1. Кондращенко О.В. Конспект лекцій із курсу «Композиційні будівельні матеріали» (для магістрів 2 курсу денної форми навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія) / О.В. Кондращенко. – Х., 2018. – 64 с.

2. Гоц В.І. Бетони і будівельні розчини : підручник / В.І. Гоц, В.В. Павлюк, П. С. Шилук. – К. : Основа, 2016. – 568 с.

3. Пахаренко В.О. Пластмаси в будівництві : підручник / В.О. Пахаренко, В.В. Пахаренко, Р.А. Яковлева. – К. : Ліра-К, 2012. – 352 с.

4. Dmytrenko E.A., Yakovenko I.A., Fesenko O.A. (2021). Strength of excentrically tensioned reinforced concrete structures with small eccentricities by normal sections // Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences (2021), 30 (3), 424–438. <https://doi.org/10.22630/PNIKS.2021.30.3.36>

УДК 691.8

ІННОВАЦІЙНІ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ У СТВОРЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Усенко М.М., к.т.н., ст. викладач

Махов Ю.А., маг.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Напрямок обраних досліджень відповідає [1]. Інноваційні застосування композитних матеріалів у створенні конструкцій відкривають широкі перспективи для покращення продуктивності, стійкості та ефективності у різних галузях промисловості. У будівництві дозволяє підвищити стійкість до стихійних лих, зменшити витрати на енергію та підтримувати екологічні стандарти.

Знання формування структури матеріалів дає можливість регулювання їх властивостей, проектування матеріалів із заданими властивостями. Прогрес в технології будівельних матеріалів значною мірою обумовлений активним впливом на процеси структуроутворення та синтезу властивостей матеріалів. До таких дій можна віднести оптимізацію технологічних параметрів, введення ефективних добавок і регулювання складу шихт і композицій.

Різновиди сучасних композиційних матеріалів:

1) Сухі будівельні суміші (СБС): порошкоподібні композиції, що складаються з мінерального або полімерного в'язучого, наповнювачів і заповнювачів, добавок (протиморозних, барвників, тощо), що виготовляються в заводських умовах, рис. 1. На місці проведення робіт СБС тільки розбавляються водою до заданого водов'язучого співвідношення або консистенції і застосовуються відповідно до місця використання.

Переваги в порівнянні з традиційними методами проведення робіт:

- підвищення продуктивності праці в 1,5–5 разів залежно від виду робіт, механізації та транспортування;
- зниження матеріаломісткості в порівнянні з традиційними

технологіями в 3–10 разів залежно від видів робіт (плиткові – до 7 разів, вирівнювання стін і підлоги – в 10 разів);

- стабільність складу і як наслідок, підвищення якості робіт;
- тривалість терміну зберігання без зміни властивостей і витрачання в міру необхідності;
- можливість транспортування і зберігання при мінусовій температурі.

2) Високоміцний бетон: у сучасному будівництві спостерігається тенденція до застосування високоміцних бетонів в поєднанні з високоміцною арматурою. Використання бетонів високих класів дозволяє: знизити вагу конструкцій; зменшити їхній переріз; створювати більш раціональні конструктивні форми; підвищити жорсткість конструктивних елементів, рис. 2.

Перевагою таких бетонів є:

- підвищена міцність твердіння;
- набір міцності в порівняно короткий час;
- можливість скорочення часу тепло-вологісної обробки виробів або відмова від неї (при виробництві збірного залізобетону в заводських умовах);
- прискорення темпів зведення будівель і споруд монолітним способом.



Рис. 1. Приклад сухої будівельної суміші



Рис. 2. Фрагмент заливки монолітного залізобетонного перекриття із важкого бетону

3) Прозорий бетон (літракон): прозорість бетону забезпечують скляні волокна, що входять до складу цього матеріалу. З них складається матриця, крізь яку стає можливим розглянути силуети предметів, рис. 3.

Дослідники з'ясували, що світло через прозорий бетон помітно на відстані більше 20 метрів. Оскільки основу матеріалу становить цілком звичний дрібнозернистий розчин, його технічні властивості багато в чому схожі з звичайними дрібнозернистими бетонами – наприклад, марки М 250. Однак, наявність близько 5 % стороннього елемента у вигляді скловолокна все ж обумовлює ряд відмінностей.



Рис. 3. Структура прозорого бетону та приклади елементів

4) Клеєні дерев'яні коінструкції (КДК): у будівництві використовують клеєні дерев'яні конструкції двох видів: несучі та огорожувальні. Несучі конструкції є багатошаровими, склеєними з декількох шарів деревини. Нерідко їх підсилюють шляхом вклеювання металевої або пластмасової арматури.

Виготовлення клеєних дерев'яних конструкцій проводиться в заводських умовах і починається з сушіння пиломатеріалів. Потім з дощок вирізають дефектні місця і неприпустимі вади деревини. Наступним етапом є фрезерування шипів. Всі операції робляться механізованим шляхом на розпилювальних, фрезерних, шипорезних машинах.

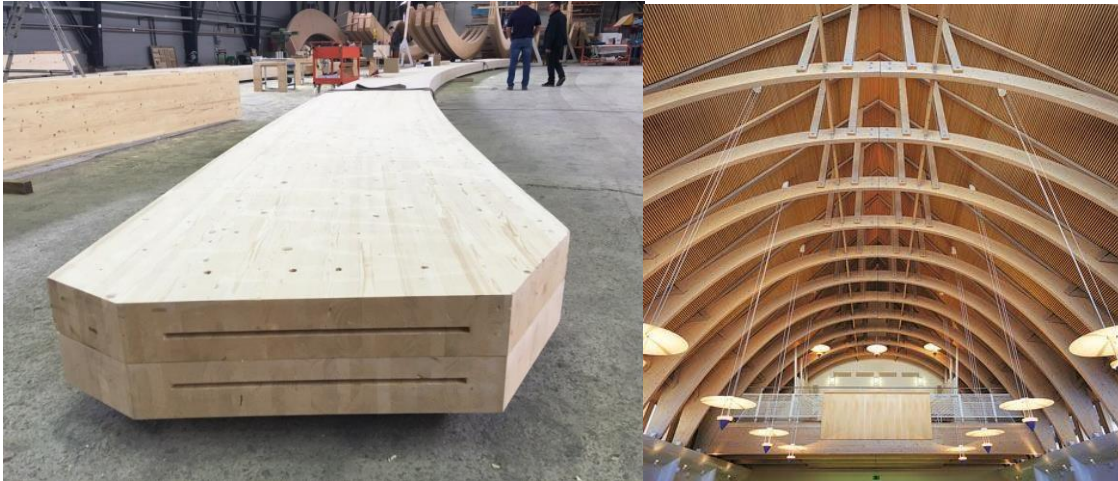


Рис. 4. Клеєні дерев'яні конструкції

Склеювання елементів клеєних дерев'яних конструкцій (КДК) водостійкими клеями незмірно збагатило інженерні та архітектурні можливості деревини [5]. КДК можуть перекривати прольоти, недосяжні для інших матеріалів.

Список використаних джерел:

1. Яковенко І.А. Напрями наукових досліджень кафедри будівництва НУБіП України / І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // Зб. тез доп. X Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2023. – С. 488–491.
2. Кондращенко О.В. Конспект лекцій із курсу «Композиційні будівельні матеріали» (для магістрів 2 курсу денної форми навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія) / О.В. Кондращенко. – Х., 2018. – 64 с.
3. Гоц В.І. Бетони і будівельні розчини : підручник / В.І. Гоц, В.В. Павлюк, П. С. Шилук. – К. : Основа, 2016. – 568 с.
4. Пахаренко В.О. Пластмаси в будівництві : підручник / В.О. Пахаренко, В.В. Пахаренко, Р.А. Яковлева. – К. : Ліра-К, 2012. – 352 с.
5. Усенко М.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни "Конструкції з деревини та пластмас" для студентів за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» / уклад.: М.В. Усенко. – К. : НУБіП України, 2023. – 66 с.
6. Yakovenko I., Dmytrenko Y., Bakulina V. (2022). Construction of Analytical Coupling Model in Reinforced Concrete Structures in the Presence of Discrete Cracks. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering (LNME)*. Springer, Cham. – 2022. – P. 107–120. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9_10

УДК 624.012.45

ВИЯВЛЕННЯ ДІЙСНИХ ПРИЧИН УТВОРЕННЯ ТРІЩИН У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Яковенко І.А., д.т.н., проф.

Усенко М.М., к.т.н., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Практичне використання залізобетону спонукає до необхідності розвитку теорії і вдосконалення методів розрахунку залізобетонних конструкцій.

Аграрні та промислові підприємства України зіштовхуються із серйозними проблемами під час експлуатації будівель та споруд: виникнення

і розповсюдження тріщин у відповідальних несучих залізобетонних конструкціях призводить до корозії робочої арматури, і, як наслідок, зменшує безпечний період експлуатації об'єкту та викликає нагальну потребу у проведенні вартісного комплексу ремонтно-відновлювальних робіт щодо усунення наявних дефектів. Це суттєво збільшує собівартість продукції, що виробляється, і підприємства змушені підвищувати її ціни, що знижує дохід підприємства.

Відомо, що найефективнішою для практики є хороша теорія, адже відсутність розрахункових моделей призводить до невірної уяви розподілу зусиль у системі будівлі і, як наслідок, до підвищення аварійності будівель і споруд, які експлуатуються [1, 2]. Обстеженнями, проведеними у США, Канаді та ін. країнах Асоціацією портландцементу, виявлено цілий ряд випадків аварій, пов'язаних не лише з руйнуваннями, пов'язаними із зменшенням несучої спроможності конструкцій, але із поступовою втратою жорсткості внаслідок розповсюдження та розкриття тріщин, корозії арматури тощо.

Тріщиностійкість у залізобетоні явище вельми складне, для опису якого потрібне залучення ряду гіпотез, підтверджених експериментом [3, 4]. Проблема тріщиностійкості і подальшої експлуатації пошкоджених конструкцій є маловивченою, так як проведення експериментальних досліджень, які б враховували безліч фізико-механічних параметрів (класів бетону, робочої та конструктивної арматури, параметрів зчеплення арматури з бетоном, рівня напруження арматури тощо) вимагає значних економічних витрат. Однак, коли мова йде про збереження життя людей, – така «економія» не може бути виправданою.

За статистичними даними світовий обсяг виготовлення бетону на початок 2000-х років становив 3 млрд. куб. м на рік; 4,4 млрд. куб. м на рік у 2021 р. та за прогнозами вчених буде приблизно становити до 2050 р. 5,5 млрд. куб. м на рік. Період експлуатації залізобетонних конструкцій становить понад 100 років, але наявність тріщин у відповідальних конструкціях значно зменшує цей термін і ставить нагальну потребу у розробці більш ефективних та раціональних типів конструкцій. Виникає ціла плеяда питань щодо подальшої експлуатації пошкоджених залізобетонних конструкцій: чи можна їх посилити, яким методом; із застосуванням яких матеріалів; із повним або частковим розвантаженням тощо?

Потужні міжнародні компанії Autodesk Inc., Nemetschek Allplan Systems GmbH, ANSYS Inc., The MacNeal-Schwendler Corporation (MSC), SolidWorks, Robot та ін. із розробки сучасних систем автоматизованого проектування; CEP-FIP міжнародний комітет із бетону та залізобетону, а також вітчизняні

провідні науково-дослідні та проєктні інститути ДП «НДІБК» [5], ДП «НДІБВ» із розробки нормативних документів; промислово-будівельна група «Ковальська», ТОВ «Ліра-САПР» [7], Scad Group, Мінрегіонбуд України та підпорядковані йому галузеві проєктні НДІ, тощо – вкладають значні кошти у наукові дослідження щодо підвищення тріщиностійкості відповідальних залізобетонних конструкцій будівель та споруд, що зумовлене високим рівнем конкуренції.

Слід зазначити, що тріщини в залізобетонних елементах виникають, коли бетон досягає межі міцності на розтяг.

Залежно від типу залізобетонної конструкції, вони виникають у певних перерізах і зонах конструкції.

Тріщини в елементах конструкцій можуть відрізнятися як за формою, так і за напрямком поширення і пов'язані, головним чином, з типом взаємодії, що викликає утворення даного типу тріщини.

У залізобетонних конструкціях виділяють **чотири основні типи взаємодій**, які призводять до утворення тріщин, що відрізняються одна від одної формою, розташуванням і траєкторіями розповсюдження.

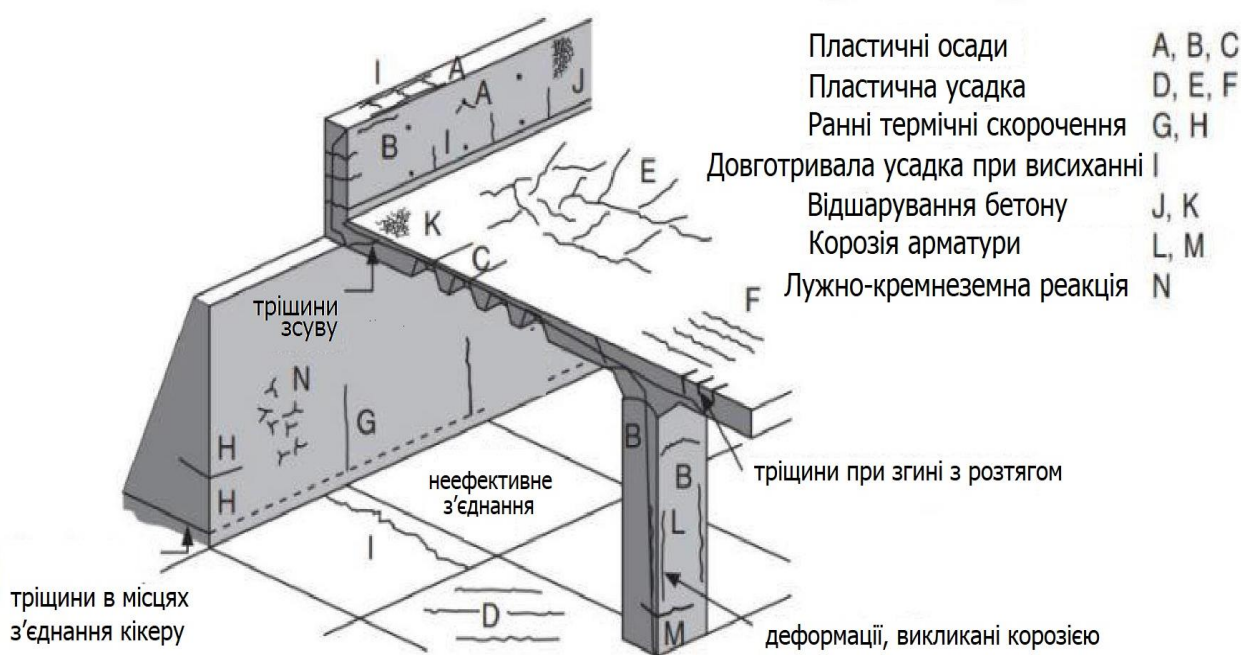


Рис. 1. Класифікація причин появи та утворення тріщин у залізобетонних конструкціях будівель та споруд

Отже, міцність і довговічність елементів бетонних конструкцій багато в чому визначається дефектами і пошкодженнями, які виникають в структурі спочатку «молодого», а потім «зрілого» бетону. Це пов'язано з тим, що більш слабкі місця в бетонному композиті викликають концентрацію напружень і сприяють проникненню різних зовнішніх факторів. У місцях поширення

мікротріщин і тріщин міцність знижується, при цьому виникають локальні руйнування матеріалу, що в подальшому призводить до аварійних ситуацій. Тому питання, на які направлена робота, стосуються важливих аспектів, пов'язаних як з безпекою, так і з експлуатаційною придатністю залізобетонних конструкцій. Загалом, аналіз робіт [1–7 та ін.] дозволяє систематизувати типи тріщин від силових та деформаційних впливів, рис. 1.

Ці проблеми досить складно проаналізувати, враховуючі нові актуальні закордонні напрямки [1 та ін.] та вітчизняні напрямки [2–7] оскільки наявність тріщин у відповідальних конструктивних елементах залізобетонних будівель та споруд є результатом як специфіки піску, так і властивостей притаманних композитів у цементній матриці.

Список використаних джерел:

1. Goszczyńska B. Analysis of Crack Width Development in Reinforced Concrete Beams / B. Goszczyńska, W. Trąpczyński, J. Tworzewska // *Materials*. – 2021. – Vol. 14. – Article ID 3043. – 25 p. <https://doi.org/10.3390/ma14113043>
2. Лучко, Й.Й. Тріщиностійкість залізобетонних конструкцій мостів на засадах механіки руйнування / Йосип Йосипович Лучко // *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. – 2023. – № 23. – С. 54–65. <https://doi.org/10.15802/bttrp2023/281129>
3. Усенко, М. В. Результати експериментальних досліджень утворення похилих тріщин у залізобетонних складених конструкціях / М. В. Усенко // *Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. збірник* – К. : КНУБА, 2013. – Вип. 50. – С. 705–712.
4. Яковенко, І. А. Експериментальні дослідження міцності і тріщиностійкості у залізобетонних складених конструкціях / І.А. Яковенко // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць*. – Рівне, 2014. – Вип. 28. – С. 319–328.
5. Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6–98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну / [Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін.]. – К. : Толока, 2017. – 627 с.
6. Iakovenko I.A., Kolchunov V.I. (2017) The development of fracture mechanics hypothesis applicable to the calculation of reinforced concrete structures for the second group of limit states. *Journal of Applied Engineering Science*, 2017, 15(3), pp. 371–380. <https://doi.org/10.5937/jaes15-14662>
7. Дмитренко Є.А. Чисельне моделювання моменту утворення тріщин у залізобетонних конструкціях із застосуванням ПК «САПФІР» / Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі*

UDC 69.057.7

MECHANIZATION OF PREPARATORY WORK ON CONSTRUCTION SITES IN POST -WAR TERRITORIES

Bilokon S.S., stud.

Didkivskyi O.R., stud.

Rashkivskyi V.P., Ph.D.

Kyiv National University of Construction and Architecture

The topic of the work is the study of the mechanized equipment of the earthmoving machine during the performance of preparatory construction works in the post-war territories. The object of the study is a construction site located on the territory of Borodyanka, Kyiv region, at 324 Tsentralna street. At the time of project development, dismantling work on 1 building has already been completed and the construction of a pit has begun. However, there is another building nearby that is damaged and subject to demolition. The task is to arrange a pit for the construction of a new house, the perimeter of the foundation of which will be located on the site of these two buildings. In order to dig a pit, there are a number of the following characteristics:

- 1) Area - the object must have sufficient area for pit placement and maneuvering excavator .
- 2) Depth - the depth of the pit must correspond to the given project.
- 3) Soil hardness - the soil must be strong enough to hold the shape of the pit and prevent it from collapsing.
- 4) Absence of underground communications - the object must be checked for the presence of underground communications, such as sewer pipes, gas pipelines or electric cables.
- 5) Safety - all necessary safety measures must be installed at the site to avoid accidents during the operation of the excavator.
- 6) Accessibility - the object must be accessible for transporting an excavator and other equipment.
- 7) Location - the location of the facility should be convenient for carrying out earthworks.

Fig. 1 shows the general view of the object from above. The area of the entire object reaches 1,4 km².



Fig. 1 Site of works: a – section 40 m; b – 12 m section – road between houses; c - section 43 m - with a building that needs to be dismantled.

According to the project, the depth will reach 5 meters, because a bomb shelter will be built under the house. It is most expedient to carry out dismantling in a mechanized way, with the work being carried out "from top to bottom". First, you need to dismantle the elements of the roof and facade, after which the floor-by-floor dismantling of the load-bearing structures is carried out. Before the start of dismantling work, fence off the possible fall zone of structures. Dismantling work must be performed in accordance with the design and technological documentation developed and approved in the prescribed manner."

The volume of the entire pit will be 5082 m³. On the site where there is already the beginning of digging a pit, the depth of which is 2.3 meters. This depth will need to be increased by 2.7 meters. First you need to make a measure for construction equipment, after that the bulldozer will level the area and then the excavator will be able to start work

Scope of work on the 1st site:

$$V_1 = 33 \times 14 \times 3 = 1386 \text{ m}^3.$$

Scope of work on the II site:

$$V_2 = 7 \times 14 \times 5 = 490 \text{ m}^3.$$

Also, before starting work on 1 site, a descent must be made for the entry of equipment. The pit development scheme is presented in fig. 2.

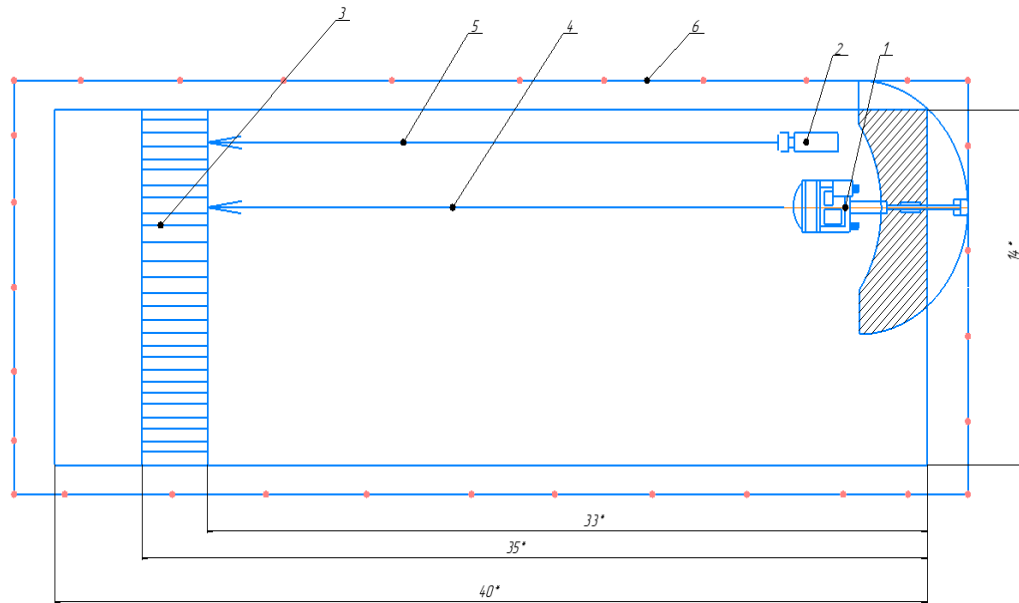


Fig. 2. Scheme of pit development: 1 – excavator, 2 – dump truck, 3 – area for entry of equipment, 4 – axis of movement of the excavator, 5 – axis of movement of dump truck, 6 – fence of the pit

When excavating a pit with a bucket volume of 0.65 m^3 , the working cycles of the excavator will be:

$$A_1 = \frac{1876}{0,65} \approx 2886 \text{ time.}$$

Considering that the time taken by 1 working cycle is approximately equal to 30 seconds. The time it will take to dig this pit will be approximately:

$$T_1 = \left(\frac{2886}{2} \right) \div 60 \approx 24 \text{ hour.}$$

That is, for the development of this pit, with a working day of approximately 8 hours, the pit must be dug in 3 days.

The volume of the pit that will need to be excavated will be approximately equal to:

$$V_3 = 44 \times 14 \times 5 = 3080 \text{ m}^3.$$

When excavating a pit with a bucket volume of 0.65 m^3 , the working cycles of the excavator will be:

$$A_2 = \frac{3080}{0,65} \approx 4738 \text{ time.}$$

Considering that the time taken by 1 working cycle is approximately equal to 30 seconds. The time it will take to dig this pit will be approximately:

$$T_2 = \left(\frac{4738}{2} \right) \div 60 \approx 40 \text{ hour.}$$

That is, for the development of this pit, with a working day of approximately 8 hours, the pit must be dug in 5 days.

After analyzing 2 pits, the approximate total volume that will need to be dug will be equal to:

$$V_{1-2-3} = 1876 + 3080 = 4956 \text{ m}^3.$$

Thus, the time required for excavation will be approximately equal to:

$$T_{1-2} = 24 + 40 = 64 \text{ hour}.$$

That is, it takes approximately 8 days to dig a pit, but taking into account the movement of the excavator to the parking lot and climatic conditions, digging the pit can take up to 10 days.

For the removal of dirt from the pit, which will be dug by the excavator, a 4-axle dump truck with a load capacity of 30 tons and a body volume of 20 m^3 is offered. The development of approaches to the mechanization of preparatory works is an important direction, because the specifics of construction technological operations at post-war facilities require taking into account, in addition to purely engineering measures, the rules of handling in dangerous conditions caused by potentially existing factors.

References

1. Molodid O., Kovalchuk O., Rashkivskyi V., Plohuta R., Musiiaka I. (2022) Peculiarities of the examination of buildings and structures that were damaged as a result of military operations Comprehensive quality assurance of technological processes and systems. T. 2. S. 94–96. URL: <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/materiali-konferentsiyi/kzyatps-2022/>
2. Recommendations of demolition buildings that suffered destruction due to the military actions in Ukraine and have asbestos-containing structures and materials . Miyamoto Int. 03.2024.

UDC 69.057.7

DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL TECHNOLOGICAL MODULES FOR MAINTENANCE OF BRIDGE STRUCTURES

Zayets Y.V., stud.

Zozulia N.O., stud.

Gorbach P.S., stud.

Rashkivskyi V.P., Ph.D.

Kyiv National University of Construction and Architecture

Maintenance of bridge supports is an important stage of the life cycle of bridge operation.

Modern maintenance is mostly associated with the use of heavy crane equipment, the complexity of implementing technological processes for strengthening, reconstruction, installation/dismantling of supports.

Construction equipment plays an important role during installation and maintenance of reinforced concrete bridge piers and bridge decks. As a rule, works are performed in reservoirs, the level of which can change significantly from season to season, with the presence of significant waves, waterlogging, etc. Therefore, it is necessary to consider the prerequisites for the justification of the technology of construction works in the maintenance of reinforced concrete bridge supports, taking into account non-typical constructive solutions and technological means.

In practice, the use of functional technological equipment is advisable when necessary to perform operations on building structures damaged by aggressive external influence, in particular, military actions. At the same time, obvious destruction, structures in an unstable condition, but it is necessary to carry out construction work.

The implementation of modern methods of operation of bridge piers consists in the comprehensive application of technological devices intended for their erection, inspection, diagnosis, maintenance, disposal, etc. (Fig. 1). In each specific case, organizational and technological measures are developed, which allow to realize the set task under the given conditions.

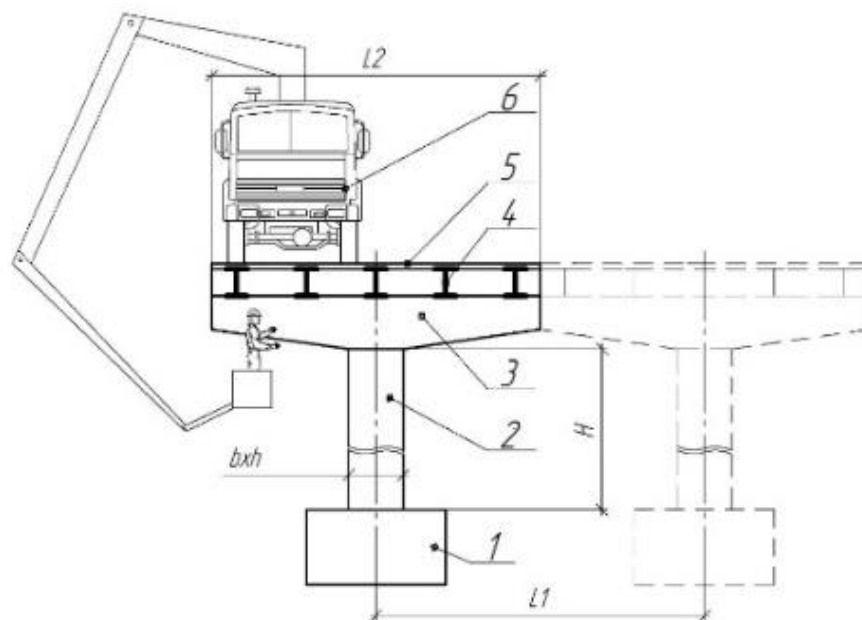


Fig. 1 Typical scheme of examination of bridge structures: 1 – foundation block; 2 – bridge support; 3 – cross beam of the bridge; 4 – longitudinal beam of the bridge; 5 – road plate; 6 – installation with a platform for repairing bridges

The life cycle of a bridge and bridge piers includes the main stages: initial erection of bridge piers and arrangement of its web; operation of the bridge; repair of supports /canvases; disposal of the bridge.

Maintenance of bridge piers can be conditionally divided into categories:

- a) slight deviation of the condition of the supports from the norm, which consists, for example, in the restoration of the outer layer of the supports (defoliation of the protective layer of concrete);
- b) significant deviation of the condition of the supports from the norm, which requires the use of methods of strengthening the supports;
- c) the emergency condition of the supports, which requires the dismantling of the supports and the installation of new ones.

The optimization condition is the minimization of the use of heavy crane equipment, especially for operations with bridge supports, as well as the unloading of the bridge support to 30% of the workload when repair work is performed.

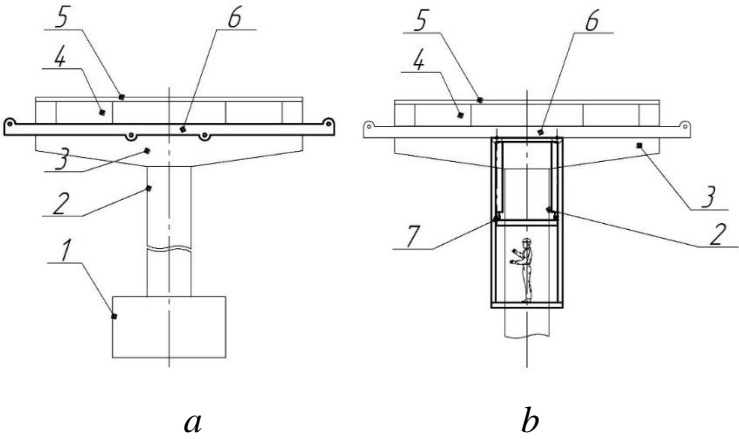
In the course of the need to repair a bridge abutment, it is necessary to perform a number of technological operations:

- 1. arrangement of a retaining column around the existing bridge abutment;
- 2. carrying out repair works of the bridge abutment;
- 3. dismantling of the retaining column.

Installation of the retaining column is necessary to ensure the following functions:

- 1.1 limitation of bridge support;
- 1.2 fixation of the bridge support;
- 1.3 maintenance of the longitudinal beams of the bridge and the road surface

For this purpose, it is proposed to develop a functional technological module in the form of lifting and collecting equipment for holding the mounted holding column (Fig. 2). This allows to reduce the use of heavy crane equipment.



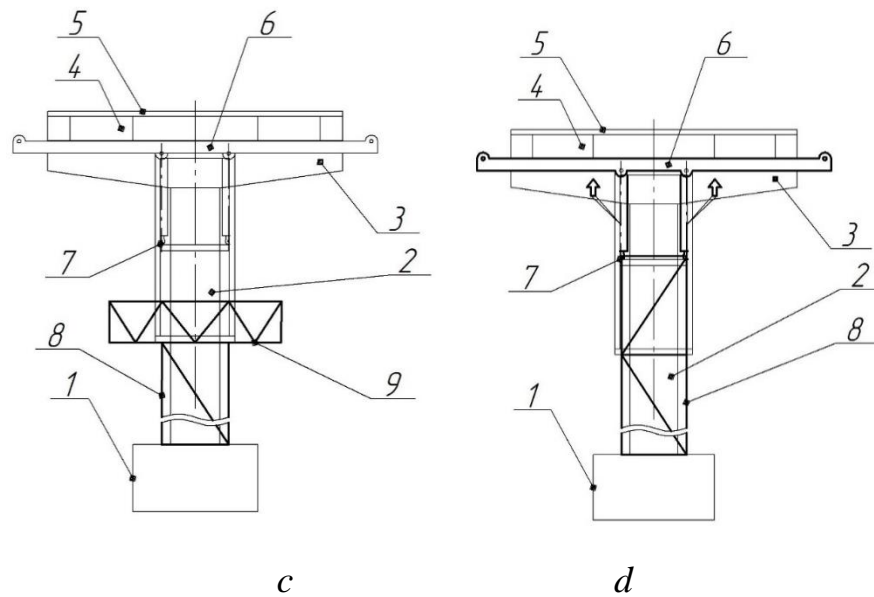


Fig. 2. The sequence of installation of the retaining column: 1 – foundation block; 2 – bridge support; 3 – cross beam of the bridge; 4 – longitudinal beam of the bridge; 5 – road plate; 6 – traverse; 7 – lifting and collecting module; 8 – retaining column; 9 – installation site: *a* – installation of the traverse; *b* – installation of the lifting and collecting module on the traverse; *c* – installation of service platforms; *d* – installation of the retaining column with subsequent loading of the traverse

The lifting and assembly module is a system with a light lifting mechanism for feeding the elements of the retaining column and mounting platforms to the design marks, as well as a jacking complex for assembling the retaining column and unloading the bridge support.

The retaining column is a sectional prefabricated structure, each section of which consists of 4 main racks covering the perimeter of the bridge support (Fig. 3, *a*). Pipe elements are connected to each other by rods with couplings, through which, with the help of rods, the retaining column is aligned and its components are fixed.

Recommendations for choosing the size of the retaining column:

- the length of the horizontal beams should be such as to ensure the "girth" of the bridge support with the dimensions $b \times h$ and the availability of a technological gap for carrying out repair work;
- the height of the pipe elements determines the height of the section of the retaining column and must provide access for the worker to the bridge support for repair work (up to 2 m is recommended);

The module works by using of a hydraulic drive .

One module is sufficient for one bridge support, which can carry out symmetrical lifting/lowering of the longitudinal beams of the bridge.

To maintain the column, rectangular sections are arranged in the temporary column (Fig. 3, *b*).

The construction of the lifting and assembly module is designed in such a way that the main part of the operations it performs can be performed automatically with the use of construction robots or manipulators. The presence of a power hydraulic drive and cyclic operations of the same type make it possible to develop recommendations for remote control of the process of arranging the preparation of the object for repair work, to ensure increased safety of the work.

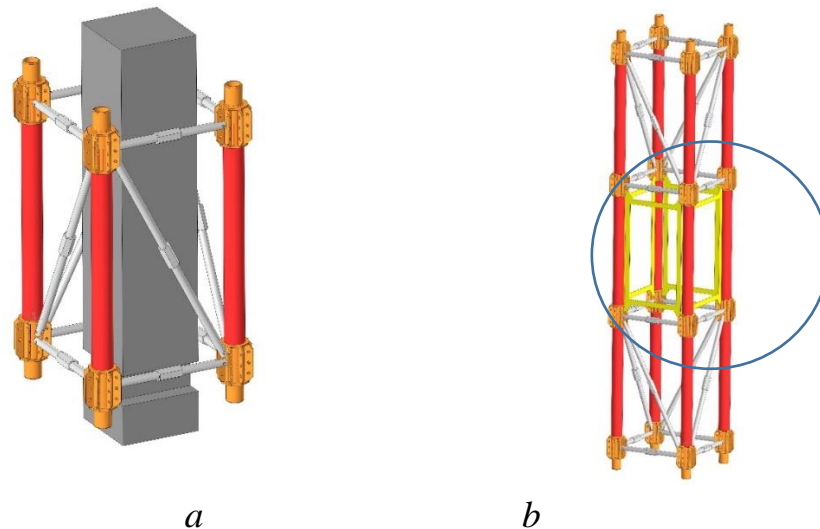


Fig. 3 Diagram of the arrangement of the retaining column around the bridge abutment: a – section of the retaining column; b - arrangement of service areas of the bridge abutment

Conclusions

1. The solution of priority tasks in the maintenance of bridge piers consists in the effective synthesis of technological, structural and organizational solutions, which consists in the adaptation of technological solutions and means to the external conditions of the functioning of the building structure (condition; the presence of complicated conditions: water, wind; terms of maintenance);
2. Reducing the specific share of the use of heavy crane equipment allows for greater installation accuracy, flexibility of the technological process, and also makes it possible to reduce the specific share of the use of human labor, for example, for positioning structures.
3. The proposed system of functional technological modules allows the use of mounting devices for partially destroyed elements of bridge structures.
4. The use of mechanized technological equipment makes it possible to develop recommendations for the creation of automated systems for managing such equipment, monitoring installation work and increasing the rate of mechanization at the installation site.

References

1. Rashkivskyi V., Dubovyk I., Zaiets Yu. (2023). Development of an information model of the mechanized construction process of vertical constructions. *Mining , construction , road and reclamation machines* , (101), 36–43. <https://doi.org/10.32347/gbdmm.2023.101.0303>
2. Zozulia N. , Rashkivskyi V. Study of the aerodynamic properties of the building assembly module's constructions. *Problems and prospects development technical and bioenergetic systems of nature use : construction and design: theses add. XXII International online conf . scientific-pedagogical employees , scientists employees and graduate students* , April 19–20 . 2023. K.: NUBiP of Ukraine , 2023. P. 37–39. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u232/zbirnik_npppdf.

UDC 69.057.7

RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF A MECHANIZED MOVING PLATFORM FOR HUMAN SERVICE

Fedyshyn B.M., assist.

Prystailo M.O., Ph.D.

Chyrkin O.O., stud.

Kyiv National University of Construction and Architecture

Today, effective methods of analyzing technical solutions are patent search , expert evaluation . The analysis of patent decisions , in particular , allows , in addition that determining the level of technical developments , to conduct an analysis of the economic feasibility of scientific developments and development trends through the study of the dynamics of patenting , geographical affiliation , calendar frequency , affiliation that the applicant.

Works [1] are devoted to the study of rational approaches to the design of technical means. The authors determined that the main directions of effective design and construction of complex systems can be formed as the total indicators of their components, their optimal joint functioning. It was also noted that increasing the safety of operation of mechanized means can be solved by effective design of mechanized means, reducing their material capacity, ensuring the smoothness of movement modes of mechanisms, increasing their stability, improving the ergonomics of the entire structure and its components.

There are well-known solutions for the moving platform-cabin of the driver of a single-bucket excavator [2]. In this solution, the visibility of the operator increases, which is effectively reflected in the safety indicators of technological operations during the work of the excavator driver.

Mechanized moving platforms intended for serving people also include travelators, escalators, lifting platforms for people with disabilities, etc.. The main problem during the operation of such mechanized systems is the need for smooth movement modes, which include starting, moving and stopping. To ensure the smoothness of movement of mechanized moving platforms, as a rule, electric control systems of smoothness of movement are used. In addition, the maximum values of the movement speed of such systems are determined - 1 m/s .

In order to effectively analyze technical solutions aimed at increasing the safety of operation of mechanized moving platforms, we will conduct a patent study. To search for technical solutions in the database systems of patent solutions, we will define thematic search directions (Table 1)

Using the sources of patent documentation, they conducted a search and analysis of technical solutions to the problem. Based on the search results, determine the relevance of this problem.

Analytical research of technical solutions was conducted on the basis of a patent search for the period from 2000 to 2023.

To search for patent documentation, information sources from the global Internet were used: "Google Patents" (patents.google.com), " Espacenet " (espacenet.com), "Patent Database of Ukraine" (uapatents.com).

Based on the sources of information, we will determine the search rules (Table 1).

According to the international patent classification, the necessary documentation falls into the class E02F 9/18, B66B 9/08, F16F15/31, E04G3/32

Table 1. Search regulation

Name	international classification of inventions	Resource
Counterweight	E02F 9/18	Google Patents: patents.google.com " Espacenet ": espacenet.com
Flywheel	F16F15/31	" Base patents of Ukraine »: uapatents.com
Lifting platforms ; protective devices	E04G3/32	

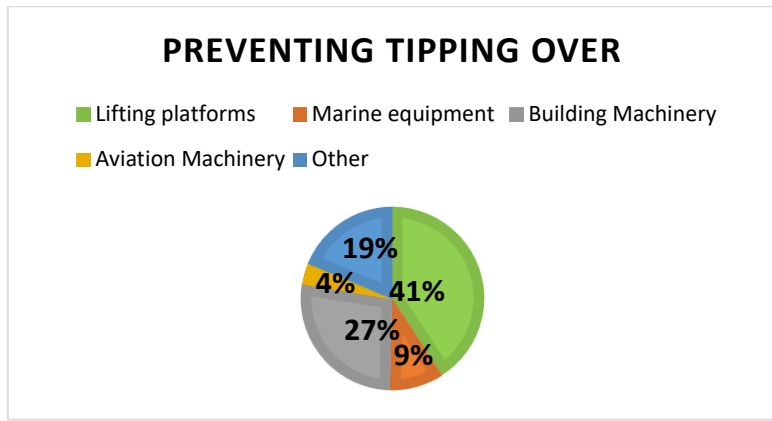


Fig. 1 Diagram Preventing tipping over patents

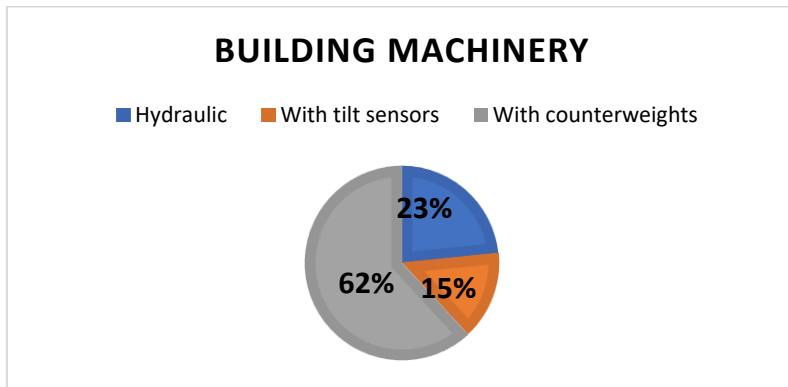


Fig. 2 Diagram Building machinery patents

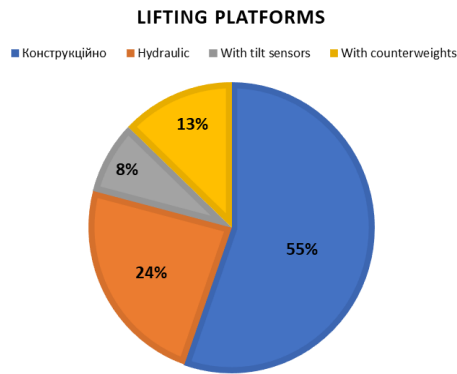


Fig. 3 Diagram Lifting platform patents

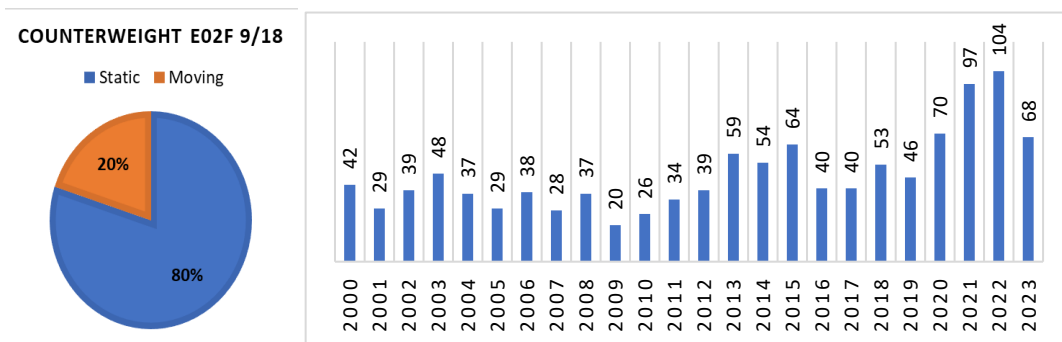


Fig. 4 Diagram Counterweight patents

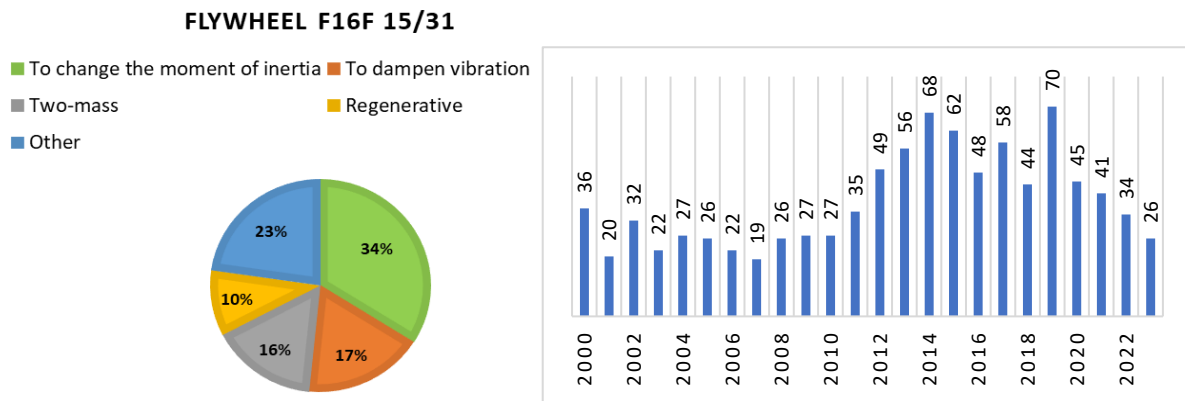


Fig. 5 Diagram Flywheel patents

An important component of social development is the holding of mass cultural events. At the same time, ensuring the safety of the operation of mechanized means is a key position based not only on moral and ethical beliefs, but also on a number of regulatory and legal acts.

References

1. Sukach MK, Ryzhakova LM, Chernyshev DO, Ivakhnenko IS (2020) Fundamentals of technology transfer: a textbook. 318. ISBN 978-617-7748-90-7 (in Ukrainian).
2. Pelevin L.E., Rashkivskyi V.P., Melnychenko B.M. working equipment active actions one bucket excavator Patent of Ukraine No. 68558 U. Bull . No. 6, 26.03.2012

УДК 69.057.7

DEVELOPMENT AND CONSTRUCTION OF A MECHANIZED MOVING PLATFORM FOR HUMAN SERVICE

Rashkivskyi V.P., Ph.D.

Prystailo M.O., Ph.D.

Proskurin O.G., graduate stud.

Kyiv National University of Construction and Architecture

In addition, for the effective design of the technical components of the generalized system, modern means of simulation modeling were used, including parametric design, 3D modeling, kinetostatic analysis, and structural synthesis.

During the development of a mobile platform for maintenance, the authors proposed a constructive solution of a mechanized mobile platform (Fig. 1). The

proposed mobile platform is intended for use during mass cultural events. The mechanized moving platform is part of a more complex system that forms a carousel attraction. The entire carousel attraction has a weight of 3500 kg, an overall diameter of 7 m, and a height of 5 m. The mechanized moving platform has a diameter of 7 m, weight 2000 kg, height of the platform 0,5 m, drive – 5 kW, power from, maximum rotation speed – 1 m/s. The central rack has the following parameters: a diameter of 2 m, weight 500 kg, height of the platform 2,7 m The carousel cover has the following parameters: a diameter of 7 m, weight 1000 kg, height of the platform 1,5 m.

During the design of the mechanized moving platform and the carousel as a whole, the advisor on creating an accessible environment for people with special abilities, disabilities and other groups with limited mobility was taken into account [1-2].

The carousel is designed with one step for convenient and safe descent or ascent to the platform, the frame and structure of the carousel is shown in Fig. 1.

The mechanized moving platform consists of 5 sections, among which one is driven, the others are driven. The sections are assembled into a single structure and connected to the power drive. Due to the structural refinement of the supporting wheel, the moving platform has a low height of 300 mm. The carrying capacity of one such wheel is 700 kg.

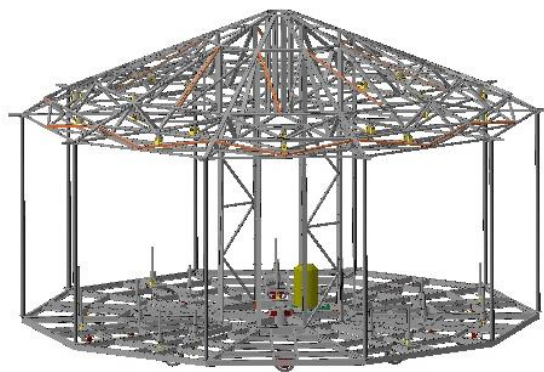


Fig. 1. Construction of the carousel attraction with inclusive access

An important operating condition is ensuring the safety of both staff and visitors. For this purpose, it is necessary: to identify the predicted danger, dangerous events and situations caused by mechanical, electrical, chemical (from raw materials, materials and other substances), thermal (thermal) influence, radiation, water environment, as well as violation of ergonomic requirements and other reasons . Take measures to reduce the risk of accidents and emergency situations [3].

The stability of the carousel attraction is an important aspect that affects the safety of its operation. This includes the ability of the attraction to withstand various

loads arising during its operation, without the risk of collapse or other dangerous situations[4].

To ensure the stability of the carousel attraction, several key factors must be taken into account:

Construction: The base of the carousel must be strong and stable to withstand the weight and movement of the attraction¹. The upper part of the support frame is used to support and mount the superstructure, which rotates along with the rotary table [5-7].

Installation: Correct installation of the attraction is important for its stability. This includes the correct location of the attraction, as well as the installation of all its components according to the manufacturer's instructions[5-7].

Maintenance and inspection: Regular maintenance and inspection of the ride helps to identify and correct any potential stability problems in the early stages. This may include checking the condition of the materials, joints, base and other important components of the ride[6].

To ensure the stability of the carousel, it is proposed to create a balancing mechanism of automatic action, a movable counterweight.

A movable counterweight is installed under the platform and due to the movement of the load will stabilize the attraction. The system is automatic without operator intervention.

The stability of the carousel is the ability to resist external loads, including the gravitational forces of the weight of visitors on the ground, as well as the component parts of the carousel, inertial forces that prevent the system from destabilizing and moving the supporting part of the carousel relative to the ground base.

The stability of the carousel can be characterized by the coefficient of stability where M_1 is the moment of all the forces holding the carousel; M_2 is the moment of all the forces contributing to the destabilization of the carousel.

Adjustment of the departure of the counterweight is carried out due to the equalization of the moments of the weight and the moving counterweight relative to the edge of the overturning (tilting) forces. A carousel is considered balanced if the sum of moments is zero. Thus, we will get a system in which, when the load on the carousel changes, the counterweight is advanced or retracted depending on the information sent by the control and control sensors.

Position sensors are connected to the hydraulic cylinders of the extension beams. The output signal from the control unit is a signal that goes to the proportional distributor, the output of which is connected to the inputs of the counterweight hydraulic cylinders. The control unit continuously receives data on the position and weight of the load - to determine the overturning edge.

The movable counterweight in automatic mode, through the control unit, which continuously receives information, stabilizes the system and balances the carousel. This system will minimize the load on the main components such as the center support, upper bearing, lower linear bearing and reduce the load on the wheels.

Stability, stabilization of the carousel, minimization of distortion of the main components during operation increases the durability of these parts and makes the mechanism as safe as possible.

The principle of movement of the movable counterweight of automatic action is shown in fig. 2.

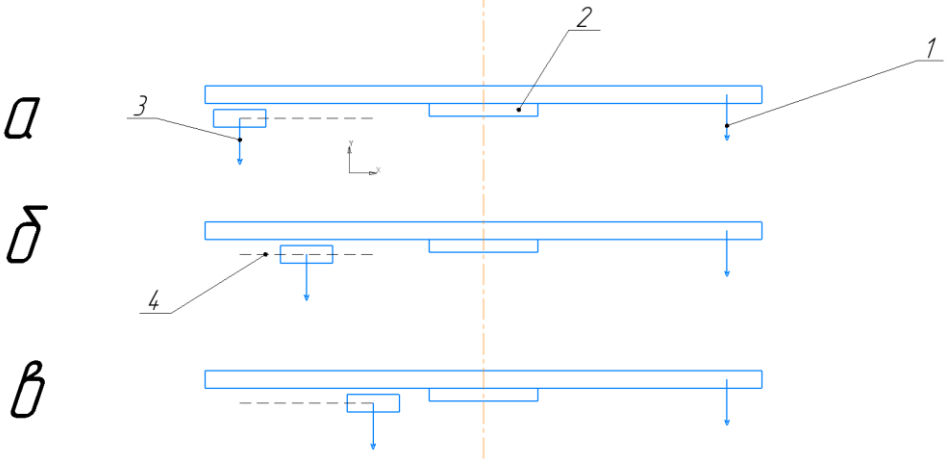


Fig. 2. The principle of operation of the stabilizing mechanism of the counterweight of automatic action

1 – external load on the platform; 2 – central support; 3 – mass of the movable counterweight; 4 – the line of motion of the movable counterweight.

a – the movable counterweight is maximally extended from the central support;

b – average counterweight position;

c – movable counterweight at rest, located as far as possible to the central support.

The principle and example of the system of maintaining the stability of the carousel due to the moving counterweight: when the mechanism is at rest and does not have excess loads on the main components, such a system is called balanced, that is, the sum of the holding and overturning level is 0.

During the external load on the carousel mechanism, the movable counterweight compensates for the excess load on the main components. The movable counterweight system reacts to the excess load and pushes or pulls the movable counterweight away from or towards the central support .

Emergency response of the moving counterweight system to the failure of the braking system or the failure of the main components, which affect the safety of

visitors and personnel. Due to the conservation of energy and inertia of the mass of the moving counterweight, it is possible to reduce the rotation speed of the carousel.

References

1. Garnets V., Shalenko V., Maslyuk A. (2018) Methodology of creating machines. Practical work and tasks for the course work: teaching manual. 100. (in Ukrainian)
2. Khubka V. (1987). Teoryia tekhnicheskikh system. Per. s nem., Moskau, Myr, 208.
3. Advisor on creating an accessible environment for persons with disabilities and other groups of the population with limited mobility., with the support of the government commissioner for the rights of persons with disabilities https://podil.kyivcity.gov.ua/files/2023/4/5/Poradnyk_inv.pdf ., Kyiv, 2023
4. DBN V.2.2-17:2006 "Buildings and structures. Accessibility of buildings and structures for groups of the population with reduced mobility"
5. Rules for the construction and safe operation of amusement equipment, which were approved by the order of the Ministry of Emergency Situations and Protection of the Population from the consequences of the Chernobyl disaster dated March 1, 2006 No. 110;
6. Construction of adapted playgrounds for disabled children. https://rope-park.com/our_services/budivnytstvo-inkliuzyvnykh-dytiachykh-majdanchykyv/.
7. Requirements for safe operation of attractions: clarification of State Labor <https://oppb.com.ua/news/vymogy-do-bezpechnoyi-ekspluatatsiyi-atraktsioniv-roz-yasnennya-derzhpratsi>.

УДК 69.057.7

DEVELOPMENT OF A QUICK-MOUNTED, THEATRICAL STAGE WITH A PLATFORM ROTATION MECHANISM

Prystailo M.P., Ph.D.

Drachuk V.V., graduate stud.

Gonta I.P., graduate stud.

Kyiv National University of Construction and Architecture

The concept of rest is directly related to the concept of recreation. Recreation is any human activity that is not aimed at satisfying physiological needs (travel,

hobby, collecting, fishing, hunting, etc.) , carried out both in the territory of a person's permanent residence and outside its borders.

You can highlight the following species activity a person during rest :

1. activity related to a certain physical load (class physical culture, walks, tourism and mountaineering);
2. amateur occupations (hunting, fishing , gathering mushrooms , berries , etc.);
3. involvement in the world art as well creativity in the field arts ;
- 4 . intellectual activity (reading , self-education);
- 5 . communication on interest and free choice ;
- 6 . entertainment that wear active or passive nature (dances , spectacles);
7. travel and excursions for pleasure ;
8. cognitive recreation.

Peculiar place in international and domestic tourism and occupy congressional tourism, exhibitions , fairs, sports competition , festivals with theatrical performances and pilgrimages to the saints places. These measures cause enough significant tourist flows , therefore require the use of quickly assembled : trade, stage, sports exhibition equipment, as well as medical and hygiene points.

The purpose of the work – is development of a mechanism for turning the platform of a quick-mounted theatrical stage with the provision of safety conditions for it exploitation.

Problem. During a theatrical performance, according to the script, according to the plan of the director, there is a need to turn (raise) the stage floor to an angle 90° in the profile plane in 45 minutes, with a constant angular velocity, and in the next 45 minutes, lower it to the initial (horizontal) position (Fig. 1). The stage floor performs a decorative function and a stage function and must meet the requirements DBN V.2.2-16-2019 "Cultural, entertainment and leisure facilities", namely to withstand a load of 5 k Pa (kN / m^2) with a limit coefficient of 1.3 [1]. Therefore, there is a need to develop and create a platform rotation mechanism for the stage with safety conditions for staff and visitors.

The scheme of the tipping mechanism and the principle of operation

According to the technical task, all executive mechanisms that provide lifting should be hidden from the viewer's view in the cavity under the stage to ensure the effect of suddenness. This greatly complicates the task because it limits the dimensions of the mechanisms and, as a result, leads to the use of much stronger materials. After the installation calculations and engineering investigations , it was decided to partially use the body tipping mechanism of the Kraz-6510 dump truck, refining and combining it with a specially designed lifting platform.



Fig. 1. Stage floor turned at an angle of 45°

The gear pump is driven by an asynchronous motor with a frequency converter, which together with a hydraulic adjustable throttle makes it possible to minimize the supply of liquid to the hydraulic cylinder fig. 2.

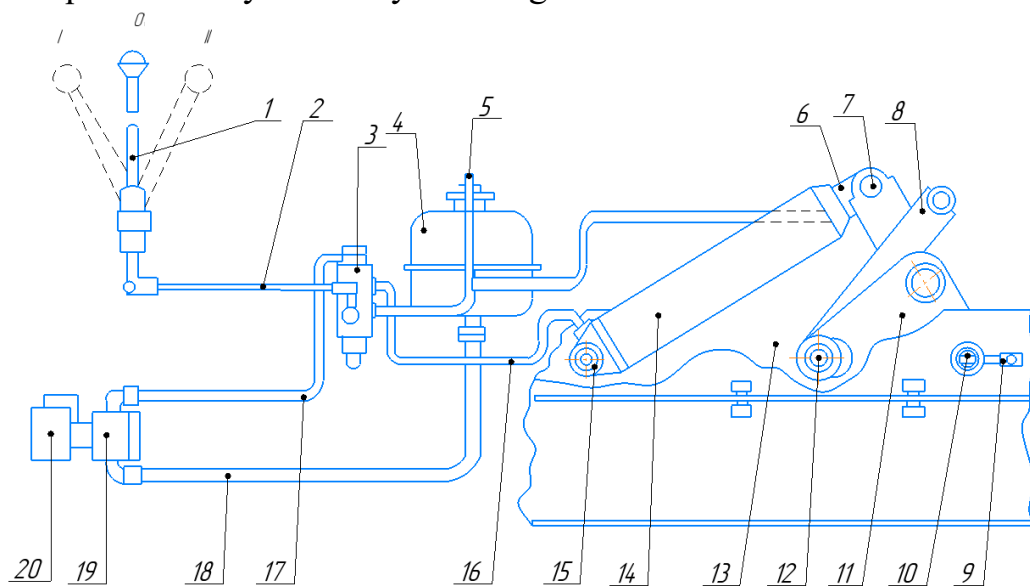


Fig. 2. Diagram of the platform's rotary mechanism

1 – pump control lever; 2 – traction; 3 – hydraulic distributor ; 4 – oil tank; 5 – drain pipe; 6 – upper cylinder support; 7 – cylinder rod finger; 8 – shoulder; 9 – stopper; 10 – balancer axis; 11 – balancer; 12 – shoulder finger; 13 – subframe ; 14 – the cylinder is equipped with a hydraulic lock ; 15 – cylinder axis; 16, 17 – high pressure tube; 18 – suction tube ; 19 – oil pump with hydraulic adjustable throttle ; 20 – asynchronous electric motor with a frequency converter; 0 – neutral position; And - lowering; II – rise

Change in the position of the center of mass due to the movement of the platform

The stability of the moving platform is an important component of the calculation, because the durability of the parts and the safety of personnel depend on the stability of the mechanism [3].

To determine the performance of the platform structure, an analysis of the internal stresses in its elements under the action of external loads was carried out (Fig. 3).

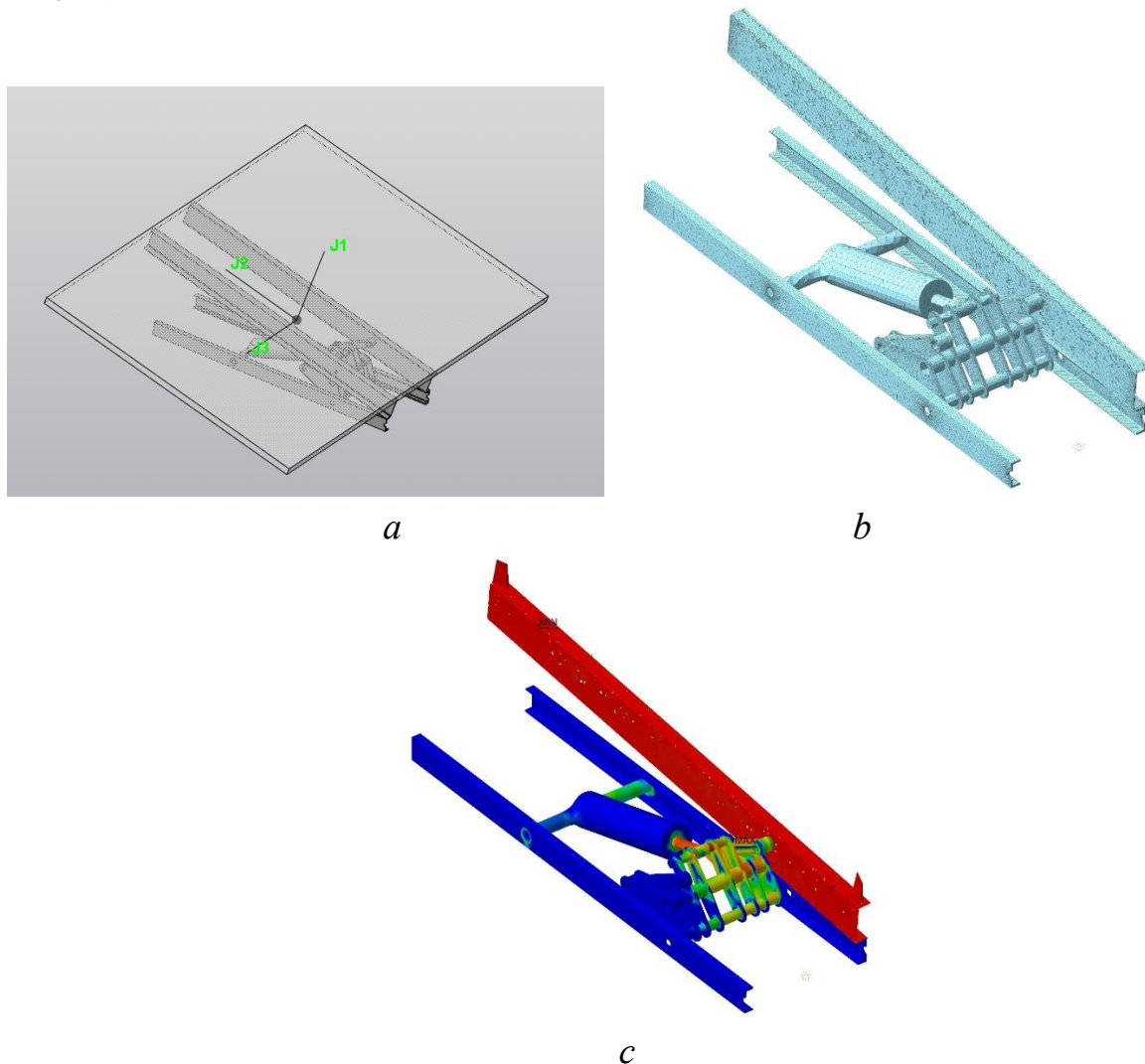


Fig. 3. General view of the moving platform: a - 3 D platform model; b - a picture of finite elements (beams do not take part in calculations); c - pattern of stresses in the platform rotation mechanism

During the study of stability and calculation, it was determined that the main change in the position of the masses relative to the overturning edge, which is located at point A (Fig. 4), occurs along the X axis.

Along the Y axis under during the turning of the platform, the position of the center of mass initially moves away from the tipping point but later returns.

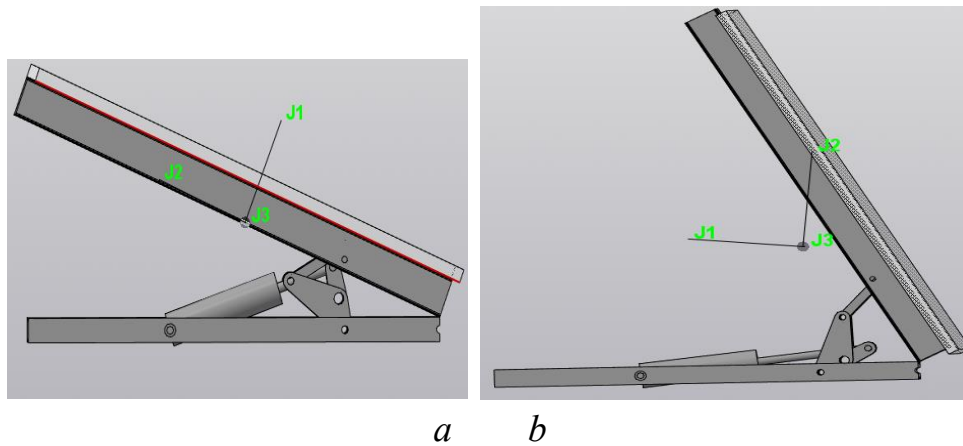


Fig. 4 Modeling the change in the center of mass of the moving platform: a – the initial position of the platform; b - the final position of the platform

During the study of the change of the center of mass, it can be concluded that when approaching the loss of stability of the platform, which may cause additional load due to the weight of the props and personnel on the site, it is recommended to create a safety response of the balance stabilization system.

References

1. DBN V.2.2-16-2019 "Cultural, entertainment and leisure establishments ."
2. Cars KrAZ-510, KrAZ-65101 Repair manual 6510-390230-00 RR: Golovko V.E., Bukreev A.L., Kovbasa E.V., Gladenko N.V. – Kremenchug , 2008
3. Rashkivskyi V., Proskurin O. (2023). Justification and static calculation of the adaptive moving counterweight of a single-bucket excavator. *Mining , construction , road and reclamation machines* , (102), 38–48. <https://doi.org/10.32347/gbdmm.2023.102.0401>

УДК 631.331.5

ВДОСКНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ УРУХОМНИКА ВИСІВНИХ АПРАТІВ ЗЕРНОТУКОВИХ СІВАЛОК ТИПУ СЗ-3.6А

Матухно Н.В., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Норми висіву насіння та мінеральних добрив впливають на врожай сільськогосподарської культури, тому доцільно звернути увагу на механізм урухомника висівних апаратів з метою його спрощення.

Висівні апарати зернотукових сівалок типу СЗ-3,6А приводяться в роботу від опорно-приводних коліс через ланцюгові та зубчасті передачі. Зміна передаточних чисел здійснюється за допомогою редуктора.

Конструкція редуктора передбачає знімання і перестановку зубчастих коліс при сівбі насіння зернових і внесенні мінеральних добрив. При внесенні добрив, крім того, передбачається перестановка осі проміжних коліс.

Механізм приводу висівних апаратів можна спростити, а трудомісткість його обслуговування зменшити, якщо замінити зубчастий урухомник на ланцюговий.

Більш раціональні ряди передаточних чисел урухомника можна представити закономірністю ряду чисел геометричної прогресії:

$$A_j = \left(\frac{1 + \delta}{1 - \delta} \right)^j$$

де j – номер числа (від’ємний при $A_j < 1$, додатній при $A_j > 1$ і

$$A_j = 1 \text{ при } j = 0),$$

δ - поле допуску у долях одиниці ($\delta = 0,05$).

Значення передаточних чисел ланцюгового механізму урухомника апаратів для сівби насіння зерновими сівалками типу СЗ-3,6А показують, що передаточні числа нового механізму урухомника апаратів для сівби насіння зернових відрізняються від існуючих на серійних сівалках у межах 1,9...5,7%.

Зміна норми внесення гранульованого суперфосфату одночасно з сівбою зернових здійснюється шляхом зміни шести передаточних чисел у механізмі урухомника туковисівних апаратів. При цьому передаточне число змінюється від 0,067 до 0,386.

Порівняльні дані передаточних чисел серійного із удосконаленого механізмів урухомника туковисівних апаратів сівалок типу СЗ-3,6А демонструють, що вдосконалений механізм урухомника туковисівних апаратів сівалки має передаточні числа, які відрізняються від чисел серійного механізму в межах від 0 до 20,7%. Найменші відхилення при малих і великих нормах внесення туків.

Удосконалений механізм урухомника висівних апаратів для сівби насіння і мінеральних добрив виключає знімання і перестановку зубчастих коліс і проміжної осі при внесенні середніх доз суперфосфату, він простіший за конструкцією, має меншу масу в порівнянні з редуктором

сівалок типу СЗ-3,6А та зменшує трудомісткість настроювання на задану норму висіву.

УДК 631.363-049.32

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИН ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК

Новицький А.В., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В останні роки відмічається актуальність досліджень в напрямку точного тваринництва. Зазначений напрям досліджень розпочав формуватись і поширюватись на міжнародному та науковому рівнях у 2003 році [1]. Аналіз технічного забезпечення аграрного виробництва вказує на відсутність можливостей швидкого оновлення зношеного парку сільськогосподарської техніки, включаючи такий важливий сектор машин та обладнання, як засоби приготування і роздавання кормів (ЗПК) [2, 3].

Одним з основних напрямків вирішення зазначеної задачі є вивчення технічної готовності при плануванні основних етапів, об'єктів та обсягів робіт з технічного обслуговування і ремонту (ТОР) сільськогосподарської техніки. Причому, у більшості випадків введення вартісних засобів діагностики основних вузлів та агрегатів ЗПК є недоцільним або ж неможливим. При плануванні етапів ТОР актуальним є удосконалення методів оцінки технічного стану, моніторингу умов експлуатації техніки, розробка методів їх обліку, аналізу та корегування. В існуючих літературних джерелах, теоретичних та експериментальних дослідженнях недостатньо уваги приділено вивченню надійності техніки як складних технічних систем, із врахуванням умов експлуатації, впливу людського фактору, організації роботи інженерно-технічної служби, формування системи технічного обслуговування і ремонту [4].

Актуальною також залишається проблема індивідуалізації та оперативного коригування режимів ТОР машин, з урахуванням умов їх експлуатації. Раніше описані та традиційні методи обґрунтування системи ТОР не дають можливості вирішити зазначені проблеми оцінки надійності і технічного стану ЗПК в повній мірі. У випадках виникнення складності введення методів контролю основних техніко-експлуатаційних характеристик

ЗПК та складності реалізації безпосередньої системи діагностування, доцільним є використання методів опосередкованого контролю їх технічного стану.

В основу методу експертних оцінок покладені знання фахівців і накопичений ними досвід при проведенні науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, інформація з науково-технічної літератури та патентної документації в конкретній галузі в поєднанні з сучасними математичними методами обробки даних. Основними факторами при проведенні експертних оцінок, що визначають надійність і точність оцінки, є підбір експертів і їх компетентність. В проведенні опитування прийняли участь десять експертів, що займаються експлуатацією і підтриманням працездатності ЗПК. Нами сформована класифікація умов експлуатації, з огляду їх впливу на зміну технічного стану ЗПК: умови використання; кліматичні умови; інтенсивність експлуатації та навантаження на робоче обладнання; характер і прийоми управління; категорії кормів і їх забрудненість; надійність конструкції засобу; система технічного обслуговування і ремонту; стан контролю інженерно-технічної служби; організаційно-технологічні чинники; професійно-важливі якості працівників.

Кожна із зазначених умов визначається рядом факторів. Так для умов використання факторами є: на площадці з твердим покриттям; в кормоцеху. Для умов інтенсивність експлуатації та навантаження на робоче обладнання факторами є: інтенсивність експлуатації; рівень навантаження; навантаження на робоче обладнання та робочі органи. Зазначені фактори експертами формуються в опитувальний лист. Опитувальний лист був погоджений з експертами та з пропозиціями розставити фактори за рівнями значущості. Для обробки отриманих результатів апіорного ранжирування була використана методика [5].

Використання методу експертних оцінок допомагає формалізувати процедури збору, обробки та аналізу досвіду спеціалістів з метою перетворення їх у форму, найбільш зручну для прийняття обґрунтованого рішення.

Список використаних джерел:

1. Morrone, S., Dimauro, C., Gambella, F., & Cappai, M.G. (2022). Industry 4.0 and precision livestock farming (PLF): An up to date overview across animal productions. *Sensors*, 22(12), article number 4319. doi: 10.3390/s22124319.
2. Novitskyi A. V., Banniy, O. O, Novitskyi Yu. A., Antal, M. V. (2023). A study of mixer-feeder equipment operational reliability. *Machinery & Energetics*, 14(4), 101–110. <https://doi.org/10.31548/machinery/4.2023.101>.

3. Fuyang, T., Yuhua, C., Zhanhua, S., & Yinfa, Y. (2020). Finite element simulation and performance test of loading and mixing characteristics of self-propelled total mixed ration mixer. *Journal of Engineering*, 12, (pp. 1-15). [doi: 10.1155/2020/6875816](https://doi.org/10.1155/2020/6875816).

4. Novytskyi A. V., Bannyi O. O. Statistical analysis of functioning of repair service of Ukraine. *Machinery and Energetics*, 2021, 12 (2), pp. 39–47. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85179946633&origin=resultslist>

5. Novytskyi A., Bannyi O., Bustruy O.M. Study of influence of operating factors on technical condition of agricultural machinery *Machinery & Energetics*. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021, Vol. 12, No 3, pp. 39–46. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85182189405&origin=resultslist>

УДК 621.01: 621.87

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕЖИМІВ РУХУ СТРУЧКОВОГО КОНВЕЄРА

Ловейкін В.С., д.т.н., проф.

Ромасевич Ю.О., д.т.н., проф.

Кульпін Р.А., асист.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Метою виконання експериментальних досліджень під час роботи стрічкового конвеєра є перевірка адекватності результатів, які отримані теоретичним шляхом, дослідження енергоефективності його пуску, а також ефективна практична реалізація оптимального режим руху.

Проведемо аналіз графіків, які показують залежності швидкості переміщення стрічкового конвеєра в холостому режимі та при завантаженому конвеєрі. Отримані результати порівняємо з теоретичними характеристиками. На рис. 1 наведено порівняльні графіки швидкості руху стрічки стрічкового конвеєра.

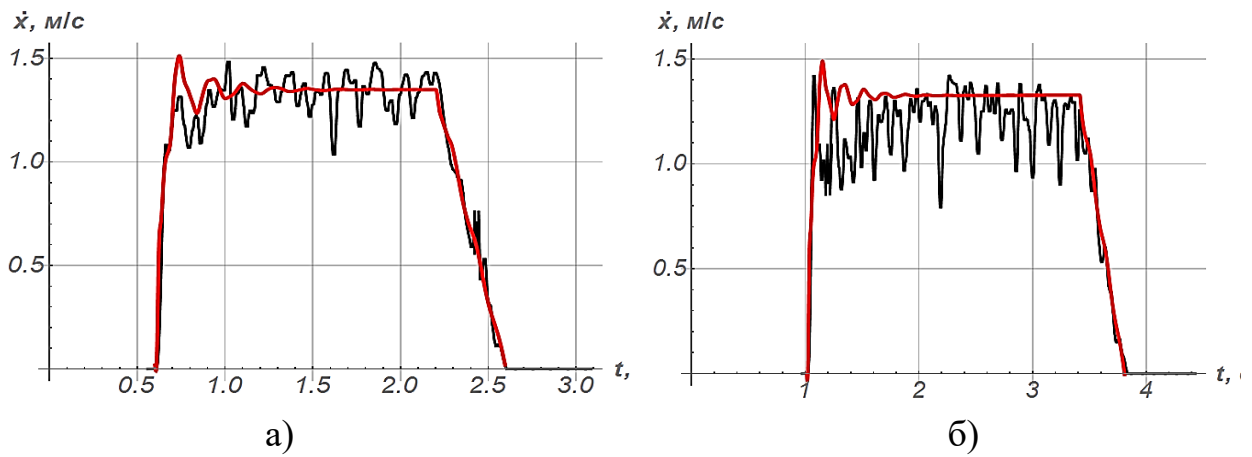


Рис. 1. Порівняльна графічна залежність швидкості руху стрічки стрічкового конвеєра при прямому пуску: а) холостий робочий орган; б) завантажений робочий орган, (червона крива – теоретичні дані; чорна крива – експериментальні значення)

У загальному, різниця між теоретичними та експериментальними даними під час холостого руху для режиму пуску складає 15%, а для режиму гальмування - 16,5%. У разі завантаженого руху аналогічна різниця становить 25,0% для пуску та 6,0% для гальмування. Ця величина різниці між теоретичними та експериментальними результатами може бути наслідком неврахування значимих факторів, що присутні у фізичній моделі стрічкового конвеєра (деякі з них були враховані при побудові динамічної моделі). Під час аналізу наведених вище графічних залежностей виявляється значний збіг між експериментальними та теоретичними значеннями з невеликими відхиленнями. Це підтверджує адекватність розроблених динамічної та математичної моделей, а також основних параметрів, які використовуються в математичній моделі.

УДК 681.5

ПРО ПОБУДОВУ КЕРУВАННЯ НЕЛІНІЙНИМИ СИСТЕМАМИ У ФОРМІ ЖОРСТКОГО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Хорошун А.С., д.ф.-м.н.

Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України

Сучасний рівень розвитку техніки та технологій формує нові вимоги до механічних систем, що використовуються людством в процесі

життєдіяльності. Це точність, надійність, енергоефективність, тощо. При цьому постійно зростає їх складність, що продиктовано зростаючою складністю сьогоденних задач. Відповідно, математичні моделі таких об'єктів можуть створювати суттєві проблеми для дослідників при аналізі. Тому розробка нових та вдосконалення існуючих методів дослідження математичних моделей механічних систем є надзвичайно важливою та актуальною задачею.

Відомо, що нелінійна по стану та лінійна по керуванню система вигляду

$$\dot{x} = f(x) + g(x)u, \quad x \in R^n, \quad u \in R^p,$$

яку, зазвичай, називають афінною по керуванню, при виконанні певних умов, глобальною заміною змінних та керування може бути зведена до т.зв. нормальної форми, зокрема до вигляду

$$\begin{cases} \dot{z} = F(z, \xi_1), \\ \dot{\xi}_1 = \xi_2, \\ \dots \\ \dot{\xi}_r = v. \end{cases}$$

Про таку систему кажуть, що вона у формі жорсткого зворотнього зв'язку (strict feedback form). Оскільки майже всі системи керування є або афінними, або можуть бути зведені до афінних, а форма жорсткого зворотнього зв'язку достатньо поширена, як їх частинний випадок, то інтерес дослідників в цій галузі нелінійного аналізу цілком зрозумілий. Наведемо лише короткий і, звичайно, не вичерпний перелік досліджень реальних механічних систем, які приводять до розгляду нелінійних систем у формі жорсткого зворотнього зв'язку. Це маятникові системи [1], робототехнічні системи [2], системи стабілізацій крену корабля [3], системи керування ракетами та супутниками [4], тощо.

В роботі розглянуто розвиток підходу DSC до побудови керування, що забезпечує бажану динаміку нелінійних систем у формі жорсткого зворотнього зв'язку. Специфічний вибір констант керування дає можливість отримати аналітичне представлення закону керування у вигляді, до якого явно не входить ні функція Ляпунова, ні похідні від жодних функцій. Цей вигляд є суттєво простішим за такі, що отримані за допомогою звичайних підходів. Доведено, що бажана динаміка системи може бути досягнута вибором лише констант фільтрів, причому вони не обов'язково мають бути малими. Також, наведено конструктивні оцінки інтервалів для вибору таких констант. Згадані переваги є важливими для реалізації стратегії керування в конкретних механічних системах. Адже складні закони керування або малі константи, що входять до їх складу, накладають суттєві вимоги на керуючі пристрої і призводять до значних енергетичних та вартісних витрат. Відсутність

конструктивних способів вибору констант керування може привести до помилкового твердження про те, що синтезований закон керування вирішує поставлену задачу стабілізації.

Список використаних джерел:

1. Khalil, H.K. (2002). *Nonlinear systems*. (3rd ed.). Prentice Hall.
2. Dawson, D.M., Carroll, J.J., & Schneider, M. (1994). Integrator backstepping control of a brush DC motor turning a robotic load. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 2(3), 233–244. <https://doi.org/10.1109/87.317980>
3. Yang, Y., Feng, G., & Ren, J. (2004). A combined backstepping and small-gain approach to robust adaptive fuzzy control for strict-feedback nonlinear systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part A: Systems and Humans*, 34(3), 406–420. <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2004.824870>
4. Farrell, J.A., Sharma, M., & Polycarpou, M. (2005). Backstepping-based flight control with adaptive function approximation. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 28(6), 1089–1102. <https://doi.org/10.2514/1.13030>

УДК 621.74:001.5:389.6

РОЗВИТОК СТАНДАРТИЗАЦІЇ У ЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ УКРАЇНИ

Гнилоскуренко С.В.^{1,2}, к.т.н, ст. досл.

Стригун В.О.², канд. наук держ. управ.

Волошин Н.М.², пров. інж.

Чаплигіна Л.С.², гол. технол.

¹*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

²*Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України*

Розвиток основних галузей промисловості України, зокрема, металургії, ливарного виробництва, машинобудування значної мірою залежить від рівня вимог до організації виробництва, металів та сплавів і якості продукції, які багато в чому визначаються національними стандартами. Сучасні нормативні документи, особливо гармонізовані з Європейськими, покликані сприяти адаптації виробництва до досягнень науки і техніки сьогодення, впровадженню інновацій та підвищенню конкурентоспроможності продукції вітчизняних виробників [1].

Україна взяла на себе зобов'язання щодо поступового впровадження Європейських стандартів (EN) як національних, а Постановою Кабінету Міністрів України [2] поступово скасовуються міждержавні стандарти (ГОСТ), розроблені до 1992 року. Наразі тисячі стандартів виводяться з дії щорічно. Щоб це не призвело до різкого спаду виробництва, зупинки підприємств за причини не відповідності якості металів та сплавів і виробів з них, необхідні рішучі дії щодо оновлення стандартів.

Згідно до системи національної стандартизації в Україні задачі із систематизації діючих та розробки нових стандартів покладені на технічні комітети стандартизації (ТК). Так, у сфері ливарного виробництва, як основної заготівельної бази машинобудування, така діяльність здійснюється ТК 177 «Ливарне виробництво» разом із іншими спеціалістами Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України (ФТІМС НАН України). Комітет був створений у 2016 році на базі ФТІМС НАН України, активно веде дослідження та роботи щодо розробки державних стандартів України (ДСТУ) в галузі ливарного виробництва [3,4] та розширює свою діяльність. Так, до його складу у 2018 році введено новий підкомітет ПК 5 «Метали чорні вторинні» на базі Української асоціації вторинних металів.

Наразі комітетом розробляються найбільш необхідні національні стандарти на основі ГОСТів або європейських нормативних документів, для найбільш необхідних для машинобудування металів та сплавів, зокрема створюючи таблиці відповідності марок виливків за їх хімічним складом та механічними властивостями європейським показникам.

Так, у результаті дослідження положень міждержавних нормативних документів, вивчення регіональних та міжнародних стандартів та з урахуванням досягнень науки в галузі ливарного виробництва, ТК 177 розроблено такі національні стандарти: на виливки зі сталі [5], із сірого чавуну з пластинчастим графітом [6], із легованого чавуну зі спеціальними властивостями [7], щодо дефектів у виливках з чавуну та сталі [8] та показників якості виливків [9], допусків розмірів та припусків на механічне оброблення [10]. Ведуться роботи з розроблення національних стандартів щодо методів механічних випробувань.

Таким чином ТК 177 «Ливарне виробництво» за останні роки розроблено та введено в дію ключові для ливарного виробництва та машинобудування сучасні нормативні документи. Комітет також виконує науково-експертні послуги підприємствам та організаціям, зокрема для ДП «Завод Електроважмаш» (м. Харків), ТОВ «Метінвест – КРМЗ» (м. Кривий Ріг), НАЕК «Енергоатом», ПрАТ «НКМЗ» (м. Краматорськ), ТОВ «НВО»

Світло шахтаря», (м. Харків), ПрАТ «Бердичівський машинобудівний завод «Прогрес» (м. Бердичів).

Постійне вдосконалення національних стандартів є необхідною роботою, яка сприяє впровадженню передових технологій лиття у машинобудування, випуску якісних деталей для забезпечення потреб вітчизняних та закордонних споживачів, а також підвищення ступеня відповідності деталей функціональному призначенню.

Список використаних джерел:

1. Закон України «Про стандартизацію» від 05.06.2014 р. №1315-VIII/ Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 31, ст.1058.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 09. 12. 2014 р. № 695 «Про затвердження Програми діяльності Кабінету Міністрів».
3. Наказ ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» №180 від 17.06.2016.
4. В. О. Стригун, Н. М. Волошин, С.В. Гнилокурченко. Дослідження з питань стандартизації в діяльності ТК 177 «ЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО». Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Литво. Металургія». 2018: – Запоріжжя, ЗТПП-ФТІМС, С. 187-189.
5. ДСТУ 8781:2018 Виливки зі сталі. Загальні технічні умови. - [Чинний від 2019-01-01]. ДП УкрНДНЦ, Київ, 2019 р., 44с.
6. ДСТУ 8833:2019 Виливки із сірого чавуну з пластинчастим графітом. Загальні технічні умови - [Чинний від 2020-01-01]. ДП УкрНДНЦ, Київ, 2019 р., 11с.
7. ДСТУ 8851:2019 (ISO 2892:2007, NEQ; ISO/TR 15931:2004, NEQ) Виливки з легованого чавуну зі спеціальними властивостями. Загальні технічні умови. - [Чинний від 2020-07-01]. ДП УкрНДНЦ, Київ, 2020 р.
8. ДСТУ 9051:2020 Виливки з чавуну та сталі. Дефекти. Терміни та визначення понять. - [Чинний від 2021-01-04]. ДП УкрНДНЦ, Київ, 2020 р.
9. ДСТУ 8990:2020, Показники якості виливків. - [Чинний від 2021-07-01]. ДП УкрНДНЦ, Київ, 2020 р.
10. ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення.- [Чинний від 2021-05-01]. ДП УкрНДНЦ, Київ, 2020 р.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ФІЛЬТРУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН РЕЗЕРВУВАННЯМ

Новицький Ю.А., аспір.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В останні десятиліття зростає обсяг закордонних транспортно-технологічних машин (ТТМ), які надходять на підприємства аграрного сектору [1]. Для ТТМ, яка надходить в тваринницькі підприємства, є актуальною необхідність забезпечення їх ефективного використання [1], забезпечення працездатності при технічному обслуговуванні та ремонтуванні [1, 2], оцінки та розрахунку показників їх експлуатаційної надійності [3, 4]. Одним із ефективних напрямів реалізації зазначених напрямків є використання системного підходу для забезпечення справності або ж працездатності ТТМ на протязі всіх життєвих циклів, включаючи експлуатацію [3]. Розглянемо самохідний змішувач SPW INTENSE 2 CS, який представляє собою сучасний самохідний засіб для приготування і роздавання кормів (ЗПК) від компанії ТОВ «КУHN в Україні» [5].

Невід'ємною складовою змішувача є інструкція на його використання [5], в якій представлена інформація, необхідна для оптимальної експлуатації ЗПК. Експлуатацію, технічне обслуговування і ремонт змішувача SPW INTENSE 2 CS, як зазначено в керівних матеріалах, повинен виконувати тільки компетентний персонал, обізнаний з його характеристиками, режимами експлуатації та інформацією про правила безпечного використання представленої ТТМ. Споживачі ТТМ зобов'язані дотримуватись правил безпеки, що містяться в інструкції на використання машини. Ефективна експлуатація змішувача SPW INTENSE 2 CS передбачає також дотримання правил з технічного обслуговування та ремонту, які містяться в представленій інструкції, а також вимог щодо використання оригінальних або рекомендованих заводом-виробником запасних частин та витратних матеріалів.

Надійність змішувача в значній мірі залежить від «людини-оператора» та умов його роботи, тому актуальним питанням є аналіз систем фільтрації які впливають на їх формування. Розглянемо системи фільтрування повітря та палива ДВЗ змішувача SPW INTENSE 2 CS (таблиця 1).

Таблиця 1

Інформація про елемент фільтрування, періодичність обслуговування	Місце встановлення елемента фільтрування
<p>Фільтр для очищення дизельного палива. Перша заміна фільтра здійснюється через перші 100 год. роботи, після чого заміна здійснюється з інтервалом 500 год. Завжди потрібно використовувати лише оригінальні фільтри.</p> <p>Для заміни фільтра необхідно виконати наступне: заглушити двигун; очистити верхню частину головок фільтрів та картриджі; повернути стопорне кільце 1/4 вліво, щоб звільнити його; зняти картриджі (3) та (4); зняти ущільнювач і фільтруючий елемент; виконати очищення картриджа з використанням чистого дизельного палива; встановити в картридж новий фільтр і заповнити його чистим дизельним паливом; встановити новий ущільнювач; прокачати систему подачі палива за допомогою насоса (5). запустити двигун і перевірте фільтри на витік. За потреби слід перевірити та закрутити фільтри для усунення підтікання палива.</p>	
<p>Фільтр повітряний двигуна. Заміна фільтра здійснюється через кожні 1000 год. роботи. Фільтруючий елемент підлягає очищенню, якщо в кабіні загорівся відповідний індикатор і спрацював візуальний попереджувальний сигнал або кожні 2 тижні відповідно до графіка ТО. Для того, щоб зняти фільтруючий елемент, необхідно зняти кришку (1) і вийняти стандартний елемент (2). Виконати очищення фільтрувального елемента, шляхом постукування, або ж провести очищення стиснутим повітрям під тиском 2 атм. Для випадку, коли фільтрувальний елемент забруднений оливою або сажею, необхідно помістити його на 15 хв. в розчин, що складається з 10 води і 75 засобу для чищення, що не містить соду; після промивання фільтр необхідно висушити (2).</p>	

Виходячи з представленої аналізу системи фільтрування повітря та палива SPW INTENSE 2 CS, можна констатувати, що забезпечення працездатності представленої ТТМ можна провести з використанням технологій резервування. Однією з слабких ланок в забезпеченні надійності системи очищення палива та повітря ДВЗ змішувача SPW INTENSE 2 CS є відсутність кратності в періодичності заміни фільтрів ДВЗ. Але для фільтрів очищення палива та оливи періодичність співпадає – перша заміна фільтрів здійснюється через перші 100 год. роботи, а наступні заміни – з інтервалом 500 год.

Представлена інформація дає можливість зрозуміти, як на надійність та працездатність ТТМ впливає надійність людини-оператора, яка експлуатує засіб та людини-оператора, яка забезпечує сервісне обслуговування [7].

Список використаних джерел:

1. Fuyang, T., Yuhua, C., Zhanhua, S., & Yinfa, Y. (2020). Finite element simulation and performance test of loading and mixing characteristics of self-propelled total mixed ration mixer. *Journal of Engineering*, 12, 1-15. doi: [10.1155/2020/6875816](https://doi.org/10.1155/2020/6875816).
2. Novytskyi, A. V., Bannyi, O. O. (2021). Statistical analysis of functioning of repair service of ukraine. *Machinery and Energetics*. 12(2), pp. 39–47. <https://technicalscience.com.ua/uk/journals/t-12-2-2021/statistichniy-analiz-funktsionuvannya-ryemontnoyi-sluzhbi-ukrayini>.
3. Novitskiy A. V., Banniy, O. O, Novitskiy Yu. A., Antal, M. V. (2023). A study of mixer-feeder equipment operational reliability. *Machinery & Energetics*, 14(4), 101–110. <https://doi.org/10.31548/machinery/4.2023.101>.
4. Zinoviy Ruzhylo, Andriy Novitskii, Dmytro Milko, Volodymyr Bulgakov, Ivan Beloev, Adolfs Rucins. (2022). Mathematical model for reliability assessment of device for preparation and distribution of animal feed as “Man-Machine”. *Engineering for rural development*. 25-27.05.2022 Jelgava. pp. 911-917.
5. Novitskiy A. V., Kharkovskiy I. S., Novitskiy Yu. A. (2021). Monitoring the technical condition of agricultural machinery for guideline materials for its operation. *Machinery and Energetics*. 12(4), pp. 85–93. <https://technicalscience.com.ua/uk/journals/t-12-4-2021/monitoring-tyekhnichnogo-stanu-silskogospodarskoyi-tyekhniki-za-kyerivnimi-matyerialami-na-yiyi-yekspluatatsiyu> .
6. Operator’s manual. Mixer feeder wagon. SPW INTENSE 2 CS. (2020). 252 p.
7. Ружи́ло З. В., Новицький А. В. (2016). Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛІМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту. *Науковий Журнал «Технічний сервіс*

агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків. Вип. 2. С. 223–231.

УДК 630*8:630*36

ХАРАКТЕРНІ ВІДМОВИ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ДЕРЕВИНИ

Сторож Р.О., аспір.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Широке використання в галузях лісового господарства, деревообробної та меблевої промисловості України машин для подрібнення відходів деревини та їх недостатня надійність викликають необхідність проведення досліджень, які направлені на підвищення технічного рівня машин [1, 2, 4]. Вирішення зазначених проблем стало можливим на основі аналізу процесу подрібнення деревини, дослідження динаміки робочих органів, вивчення методів їх проектування та розрахунку, способів забезпечення показників роботоздатності машин [2, 3]. У машинах для подрібнення деревини всі види відмов можна розподілити на два види: поступові і раптові (аварійні). До поступових відмов належить повільно зростаючі зношування і старіння, що є наслідком тривалої дії сил тертя та інших факторів. Зношування і старіння, що інтенсивно підвищуються і наступають навіть після нетривалої роботи є результатом порушень технічного обслуговування машин та режимів експлуатації, відносяться до раптових відмов. У зазначених машинах найбільшому поступовому зношуванню піддаються рубальні ножі та контрножі, поверхні підножевих щілин ножового диска, робочі поверхні лопатей, що встановлені на диску, бокові листи кожуха ножового диска, стінки трубопроводу для видалення тріски, підшипники, кріпильні та інші деталі. Аварійному зношуванню і руйнуванню піддаються майже всі деталі та вузли машини для подрібнення деревини. Такий вид зношування є наслідком порушення режимів та умов експлуатації, переробки забрудненої сировини, роботи на затуплених ножах і контрножах, порушення зазорів між ножами і контрножами, недостатнім затягуванням шпильок і накладок, внаслідок чого відбувається просідання різальних ножів, ударна дія на деревину крайок рубальних ножів. З метою виявлення основних причин, які мають найбільший вплив на формування надійності деревоподрібнюючих машин, проведено

аналіз відмов засобу для подрібнення деревини DP 660. Практика використання машин для подрібнення відходів деревини показала, що основними елементами які відмовляють за тривалість одного ремонтного циклу є: пасові, ланцюгові, зубчасті передачі, муфти, шпонки, підшипники, вали, захисні накладки, контрножі, та інше [2]. Нерівномірний знос деталей деревоподрібнюючих машин, що обертаються, збільшує вплив вібрації. Це призводить до втрати працездатності підшипників, виникнення тріщин та поломок корпусів циклонів, кронштейнів, послаблення болтових з'єднань. Аварійні відмови становлять близько 10 % від загальної суми відмов машин для подрібнення деревини. Дані випробування робочих органів машин для подрібнення відходів деревини в умовах експлуатації вказують на те, що зношування ножів являється причиною близько 27% відмов деревоподрібнюючих машин.

Список використаних джерел:

1. Новицький А. В., Каменецька А. В., Чеботар І. Е. Моніторинг напрямків забезпечення надійності лісогосподарської техніки. Збірник наукових праць Луцького НТУ, Сільськогосподарські машини. Випуск 33. Луцьк. 2015. С. 107–116.
2. Полоз В. І., Шостак В. В. Оптимальна періодичність технічного обслуговування та ремонту обладнання для подрібнення деревини. Науковий вісник. Науковий вісник. Український державний лісогосподарський університет. 2005, Вип. 15.1. С. 156–161.
3. Ружи́ло З. В., Новицький А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту. Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків. 2016, Вип. 2. С. 223 – 231.
4. Тітова Л. Л., Роговський І. Л., Надточій О. В. Імітаційність місцеперебування засобу відновлення працездатності машин для лісотехнічних робіт. Збірник наукових праць Луцького НТУ, Сільськогосподарські машини. Випуск 33. Луцьк. 2015. С. 140–149.

ЗМІСТ

ДЕФЕКТИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ І МЕТОДИ ЇХ УСУНЕННЯ	3
ФОРМУВАННЯ НАФТАЛІНІСТОГО ЗЛАМУ В ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЯХ.....	6
ТРИЩИНИ В ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЯХ.....	9
ОСОБЛИВОСТІ ПОПЕРЕДНЬОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ.....	12
ОПТИМІЗАЦІЯ КІНЦЕВОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЕЙ.....	15
ЗНЕВУГЛЕЦЬОВАНИЙ ШАР В ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ СТАЛЯХ...	19
ОБҐРУНТУВАННЯ ФАКТОРІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ САМОХІДНИХ СКРЕПЕРІВ.....	22
ВПЛИВ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ НА КОНСТРУКЦІЮ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АБРАЗІВНО АРМОВАНИХ КРУГІВ	24
ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПУ СУПЕРПОЗИЦІЙ ВПЛИВУ СТАТИЧНОГО ТА ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА РОБОЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ	29
РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПРОСТОРОВО ОРІЄНТОВАНОГО НОЖА ПРИ РОЗРОБЦІ ҐРУНТУ. ЛЕГУЮЧІ ЕЛЕМЕНТИ В БОРСТАЛЯХ.....	32 36
ОСОБЛИВОСТІ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ СТАЛЕЙ З БОРОМ.....	37
ХАРАКТЕРИСТИКИ І ВІДМІННОСТІ ЗОН ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ, ЯКІ МАЮТЬ СТРУКТУРНІ ТА МЕХАНІЧНІ НЕОДНОРІДНОСТІ.....	39
АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ВЗАЄМОДІЇ МЕХАНІЗМІВ ПІДЙОМУ ТА ПОВОРОТУ СТРИЛИ КРАНА	41
ЗОНАЛЬНИЙ ГІДРОПРИВІД В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИНАХ.....	42
ВИКОРИСТАННЯ 3D МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЕФЕКТИВНОЇ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ЗМІШУВАЧА.....	44
АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ.....	46
АЛГОРИТМ ТАРУВАННЯ ДАВАЧА ВИМІРЮВАННЯ СТРУМУ В АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІ МЕХАНІЗМУ ЗМІНИ ВИЛЬОТУ ВАНТАЖУ БАШТОВОГО КРАНА.....	48
СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВЕЛИЧИНИ СТАТИЧНОГО ОПОРУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖНОГО ВІЗКА ІЗ ВАНТАЖЕМ ЗАКРІПЛЕНИМ НА ГНУЧКОМУ ПІДВІСІ.....	50
МЕТОДИКА ТАРУВАННЯ S-ПОДІБНОГО ТЕНЗОМЕТРИЧНОГО ДАВАЧА.....	52
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ МЕХАНІЗМУ ЗМІНИ ВИЛЬОТУ ВАНТАЖУ БАШТОВОГО КРАНА	54

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАВМУВАННЯ СИПКОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ГНУЧКИМ ГВИНТОВИМ КОНВЕЄРОМ.....	56
THE STUDY OF THE INFLUENCE OF REINFORCEMENT ON THE STATE OF SHALLOW CRACKS IN CONCRETE SLABS.....	60
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІБРАЦІЙНИХ РУХІВ СУШАРКИ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ.....	61
ВІДНОВЛЕННЯ ДИСКІВ СОШНИКІВ ЗЕРНОВИХ ПНЕВМОТРАНСПОРТУЮЧИХ СІВАЛОК.....	63
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МАЯТНИКОВИХ КОЛИВАНЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПЛАНУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ТРАЄКТОРІЙ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ ЗА ДОПОМОГОЮ РОБОТИЗОВАНОГО БАШТОВОГО КРАНУ.....	64
ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ БАШТОВОГО КРАНА ІЗ ПРОПЕЛЕРНОЮ ТЯГОЮ.....	67
АНАЛІЗ ПАТЕНТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ САМОБАЛАНСУЮЧИХ ДВОКОЛІСНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ.....	68
ДИНАМІКА МАНІПУЛЯТОРА.....	70
КІНЕМАТИКА ЗВ'ЯЗКУ ЗАХВАТНОГО ПРИСТРОЮ З ОБ'ЄКТОМ МАНІПУЛЮВАННЯ.....	72
НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН КРУГЛИХ ПЕРЕРІЗІВ ПРИ ПОПЕРЕЧНО- ПОВЗДОВЖНЬОМУ ЗГИНІ.....	74
ІННОВАЦІЙНІСТЬ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, СТАЛІСТЬ СТІНОВИХ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ З БАЗАЛЬТОВИМ УТЕПЛЮВАЧЕМ	78
ЗАХОДИ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА ВІД ВПЛИВУ ВОЛОГИ.....	81
ECOLOGICAL WARM FLOORS.....	84
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ, ТОЧНОСТІ, БЕЗПЕКИ В БУДІВНИЦТВІ ДРОНАМИ.....	86
СЕЙСМОСТІЙКІСТЬ МАЛОПОВЕРХОВИХ МОДУЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ.....	88
НАТУРНА ОЦІНКА РІВНІВ ВІБРАЦІЇ У БУДІВЛІ ВНАСЛІДОК ДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ ВІД РУХУ ПОТЯГІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ В ТУНЕЛІ.....	92
МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ВІКОН ЗЕЛЕНИХ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ.....	95
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА: ВПЛИВ ЗЕЛЕНИХ ДАХІВ НА УПРАВЛІННЯ ЗЛИВОВИМИ ВОДАМИ.....	98
ПЕРЕВАГИ ТА ОБМЕЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИТІВ У БУДІВНИЦТВІ.....	101
ІННОВАЦІЙНІ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ У СТВОРЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	104

ВІЯВЛЕННЯ ДІЙСНИХ ПРИЧИН УТВОРЕННЯ ТРІЩИН У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД.....	107
MECHANIZATION OF PREPARATORY WORK ON CONSTRUCTION SITES IN POST -WAR TERRITORIES.....	111
DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL TECHNOLOGICAL MODULES FOR MAINTENANCE OF BRIDGE STRUCTURES.....	114
RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF A MECHANIZED MOVING PLATFORM FOR HUMAN SERVICE.....	119
DEVELOPMENT AND CONSTRUCTION OF A MECHANIZED MOVING PLATFORM FOR HUMAN SERVICE.....	122
DEVELOPMENT OF A QUICK-MOUNTED, THEATRICAL STAGE WITH A PLATFORM ROTATION MECHANISM.....	126
ВДОСКАНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ УРУХОМНИКА ВИСІВНИХ АПРАТІВ ЗЕРНОТУКОВИХ СІВАЛОК ТИПУ СЗ-3.6А.....	130
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИН ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК.....	132
АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕЖИМІВ РУХУ СТРУЧКОВОГО КОНВЕЄРА.....	134
ПРО ПОБУДОВУ КЕРУВАННЯ НЕЛІНІЙНИМИ СИСТЕМАМИ У ФОРМІ ЖОРСТКОГО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ.....	135
РОЗВИТОК СТАНДАРТИЗАЦІЇ У ЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ ТА МАШИНОБУДУВАННІ УКРАЇНИ.....	137
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ФІЛЬТРУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН РЕЗЕРВУВАННЯМ..	140
ХАРАКТЕРНІ ВІДМОВИ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ДЕРЕВИНИ.....	143

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
XXIII МІЖНАРОДНОЇ ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ НАУКОВО-
ПЕДАГОГІЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ, НАУКОВИХ
СПІВРОБІТНИКІВ ТА АСПІРАНТІВ
«ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ ТА
БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ:
КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙН»

(11-12 квітня 2024 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^Б, НУБіП України.

Матеріали тез друкуються у авторській редакції.

Тираж виготовлено з оригінал-макету замовника.

Підписано до друку 26.03.2024. Формат 60x84 1/16.

Ум. друк. арк. 9,25.

© НУБіП України, 2024