

**Національний університет біоресурсів і
природокористування України
Факультет конструювання та дизайну
Науково-дослідний інститут техніки і технологій
Відділення в Любліні Польської академії наук**

**Інженерно-технічний факультет
Словацького університету наук про життя**

Естонський університет наук про життя

**Агроінженерний факультет
Природничого університету в Любліні**

**Інженерно-технічний факультет
Празького університету наук про життя**



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

(20-22 березня 2019 року)

Київ-2019

УДК 631.17+62-52-631.3
ББК40.7

Збірник тез доповідей ХІХ Міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн». – К., 2019. – 126 с.

Збірник рекомендовано до друку рішенням вченої ради факультету конструювання та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України від 19.03.2019 р., протокол №8.

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, 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.; Лове́йкін В.С., д.т.н., проф.; Афтанді́лянц Є.Г., д.т.н., проф.; Пили́пака С.Ф., д.т.н., проф.; Баку́лін Є.А., к.т.н., доц.; Березовий М.Г., к.т.н., доц.; Булгаков В.М., д.т.н., проф.; Чаусов М.Г., д.т.н., проф.; Лопатько К.Г., д.т.н., доц.; Ярмоленко М.Г., к.т.н., проф.; Несвідомін В.М., д.т.н., проф.; Марус О.А., к.т.н., доц.; Новицький А.В., к.т.н., доц.; Ромасевич Ю.О. – секретар, д.т.н., доц.

ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РУХУ МЕХАНІЗМІВ ЗМІНИ ВІЛЬОТУ ТА ПОВОРОТУ БАШТОВОГО КРАНА З БАЛОЧНОЮ СТІЛОЮ

Ловейкін В.С., д.т.н., проф., Ромасевич Ю.О., д.т.н., доц., Муштин Д.І., аспір.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Стрілову систему баштового крана з балочною стрілою представляємо як механічну систему, що складається з абсолютно твердих тіл, окрім гнучкого підвісу вантажу, який здійснює коливання в площині зміни вильоту і при повороті. За узагальнені координати прийнятої динамічної моделі обрані лінійні координати центрів мас візка z та вантажу x в площині зміни вильоту, а також кутові координати повороту стріли φ та вантажу ψ в горизонтальній площині. При цьому вважаємо, що довжина гнучкого підвісу L є незмінною величиною в процесі руху механізмів (Рис. 1).

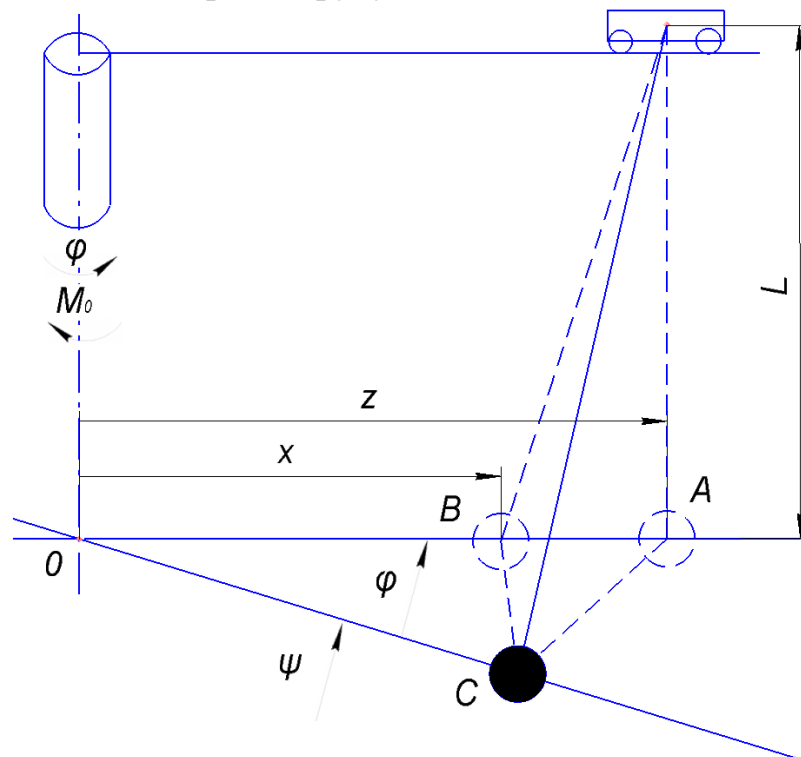


Рис. 1. Динамічна модель руху механізмів зміни вильоту та повороту крана

Складено рівняння динаміки зміни вильоту і повороту крана шляхом використання рівняння Лагранжа другого роду. Отримано систему нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку, які описують закони руху ланок, що відповідають прийнятій динамічній моделі.

Розв'язано систему нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку чисельним методом в програмі “Mathematica” для баштового крана *Liebherr 140HC-K* з наступними параметрами

Параметри динамічної моделі зміни вильоту баштового крана

$m_1 = 300$ кг;	$m = 5000$ кг;	$\omega_{\text{CT}} = 0.07$ рад/с;	$V_{\text{Віз}} = 0.8$ м/с;
$D = 0.3$ м ;	$W = 5500$ Н;	$M_0 = 50100$ Н·м;	$L = 10$ м.

де m_1 – вага візка; m – вага вантажу; ω_{CT} – кутова швидкість повороту стріли крана; $V_{\text{Віз}}$ – лінійна швидкість переміщення візка; D – діаметер приводного барабана вантажного візка; W – сила статичного опору переміщенню візка; M_0 – момент статичного опору механізму повороту крана; L – довжина гнучкого підвісу вантажу.

У результаті розв'язку системи диференційних рівнянь отримано закони руху ланок та вантажу. Які представлені на Рис.2 - Рис.4.

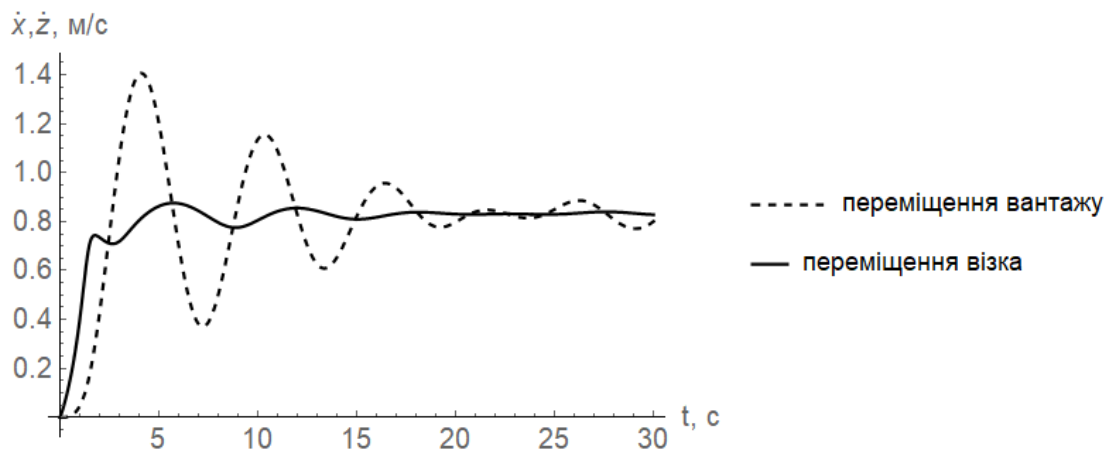


Рис. 2. Графіки швидкості переміщення візка та вантажу в площині зміни вильоту

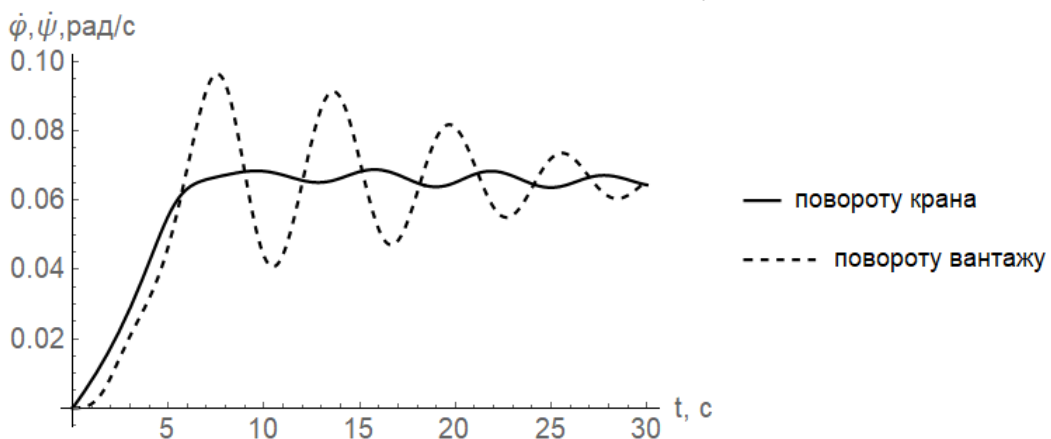


Рис. 3. Графіки кутової швидкості повороту крана та вантажу

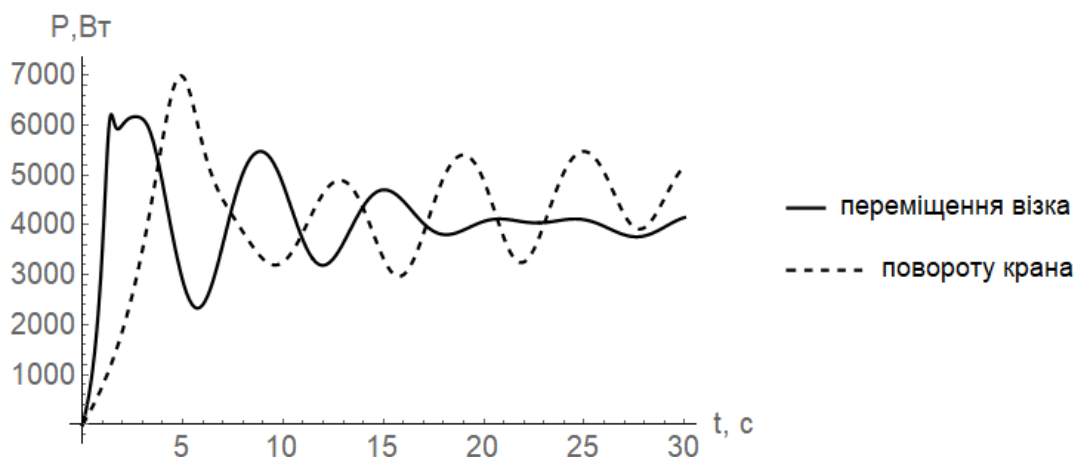


Рис. 4. Графіки зміни потужності механізмів переміщення візка та повороту крана

Аналізуючи отриманні графіки, можна побачити, що під час сумісного запуску механізмів зміни вильоту вантажу та повороту крана виникають значні динамічні коливання вантажу на гнучкому підвісі які затухають після 25с руху. Разом з тим, коливання візка та поворотного механізму крана мають значно меншу амплітуду в порівнянні з коливаннями вантажу.

Зміна потужностей двигунів механізмів переміщення візка та повороту крана також має коливальний характер зі значною амплітудою. Причому стабілізація потужності приводу переміщення візка настає після 20с. руху, а механізм повороту не вдається стабілізувати повністю після 30с руху.

Отримані результати вказують на наявність значних коливальних навантажень під час пуску, для зменшення яких доцільно рекомендувати оптимальний керований пуск механізмів переміщення візка та повороту крана.

УДК 669.14.018.25:620.18:539.374

ЗАСТОСУВАННЯ ВОДНЮ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ОКАЛИНИ З ПОВЕРХІ СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ

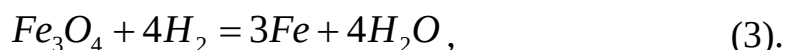
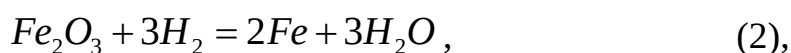
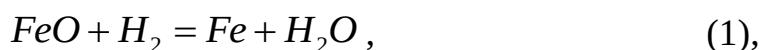
Афтанділянц Є. Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Видалення окалини зі сталевих виробів є актуальною проблемою металургійного і ливарного виробництва. Окалина на сталевих виробах полягає в основному з оксидів (FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4) і гідроксидів ($\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$) заліза

Обробка сталевих виробів водними розчинами сірчаної або соляної кислот є одним з поширених методів видалення окалини. Однак таке виробництво є екологічно небезпечним, оскільки супроводжується випаровуванням сірчаної та соляної кислот, а також утворенням, в результаті взаємодії кислот з оксидами заліза, сульфідів і хлоридів заліза, які забруднюють навколишнє середовище.

Відновлення окалини на виробах зі сталі шляхом обробки окисленої поверхні воднем є екологічно чистою технологічною операцією, оскільки в результаті взаємодії оксидів заліза з воднем відбувається утворення заліза і води в результаті реалізації таких реакцій:



Дослідження впливу часу обробки сталеві окисленої поверхні воднем (τ , хв) на ступінь відновлення оксидів заліза (R ,%) показало, що протягом 2 хвилин спостерігається відновлення 15% оксидів, 3 хвилин - 25%, 5 хв - 40% оксидів. Закономірність впливу часу обробки воднем на ступінь відновлення окалини характеризується наступною залежністю

$$R = 8,03 \cdot \tau, \quad r=0,999, \quad (4),$$

де r - коефіцієнт парної кореляції.

Аналіз результатів виконаних досліджень показує, що обробка окислених сталевих поверхонь воднем є ефективним екологічно чистим способом відновлення окалини на виробах. Для підвищення продуктивності способу необхідно проведення досліджень щодо оптимізації параметрів процесу з метою скорочення часу обробки.

УДК 669.14.018.25:620.18:539.374

ТЕРМІЧНА ОБРОБКА СТАЛЕЙ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ВОДНЮ

Афтанділянц Е. Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Аналіз типової технології виготовлення великих виробів показує, що обов'язковим елементом контролю якості виробів є виявлення флокенів. Флокени існують у вигляді тонких тріщин, а на зламі являють собою овальні кристалічні плями срібно-білого кольору в виді пластівців. Флокени є

небезпечними дефектами, оскільки їх присутність в сталі призводить до зниження механічних властивостей і інтенсифікації процесу руйнування.

Основною причиною утворення флокенів являється присутність в сталі підвищеної кількості водню в зонах розтягуючих напружень, які виникають в процесі структурних перетворень сталі, пластичній деформації, нерівномірному охолодженні, в місцях концентрації напружень, дефектах кристалічної решітки, границях зерен, неметалевих включеннях і лікваційних неоднорідностей.

Флокени виникають при високій швидкості охолодження великих виробів в процесі термічної обробки, коли часу для виходу водню з металу достатньо. Найбільшу схильність до ураження флокенами мають вуглецеві і леговані сталі мартенситного та перлітного класів.

При експлуатації виробу, молекулярний водень, а також експлуатаційні циклічні та динамічні напруження, можуть призвести до утворення експлуатаційних флокенів, які ініціюють зародження тріщин у виробі в процесі експлуатації.

При вмісті нижче 0,001% водень знаходиться в молекулярному стані, та не виділяється в виді газових бульбашок із рідкої сталі. Однак цього вмісту водню достатньо для того, щоб при температурі 400°C тиск виділення водню перевищував границю міцності сталі та викликав утворення тріщини в сталі. Тиск водню досягає максимуму біля 200°C та інтервал 400-200°C являється небезпечним для утворення флокенів.

Для попередження утворення флокенів, охолодження після аустенітizing нагріву проводять по режимах, які забезпечують видалення або розподіл водню.

Вироби із вуглецевих та низьколегованих сталей після кування або нагріву під термічну обробку охолоджують на повітрі до температури 600-640°C. Час охолодження виробів на повітрі від 900°C показано на рис. 1.

В залежності від максимального розміру виробу (d_6 , мм) його витримують (τ , час) при температурі 600-640 °C у відповідності з формулою

$$\tau = 0,04 \cdot d_6 - 4, \quad (1)$$

Після витримки при 600-640 °C виливки та поковки охолоджуються до 400 °C зі швидкістю (V_{400} , °C/час)

$$V_{400} = 197,77 - 24,66 \cdot \ln(d_6), \quad (2),$$

а від 400 до 250 °C на повітрі.

Виконання термічної обробки сталей відповідно до рівнянь 1 і 2 дає можливість попередити утворення флокенів при термічної обробки виробів в наслідок його видалення або рівномірного розподілу водню в сталевих виробах.

КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Яковенко І.А., д.т.н., доц.; Бакулін Є.А., к.т.н., доц.; Бакуліна В.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Реконструкція будівель та споруд є невід’ємною складовою сучасного капітального будівництва як в Україні так і за її межами [1, 2]. При проведенні реконструкції доволі часто виникає необхідність посилення несучих конструкцій. Посилення супроводжується доволі вартісними та працевитратними заходами. У деяких випадках виникає можливість забезпечення подальшу надійну експлуатацію будівельних конструкцій *без посилення шляхом зміни умов їхньої роботи* – зменшенням постійного та тимчасового навантаження; зменшенням вантажопідйомності кранів або обмеженням їхнього зближення; зменшення вібрації шляхом застосування ефективної віброізоляції, тощо.

В інших випадках, при неможливості забезпечення надійної роботи конструкцій, для відновлення проектних експлуатаційних властивостей, а також для їхнього підвищення, виконується посилення [3, 4]. У залежності від мети проведення реконструкції, розрахунок посилення здійснюють за умовами міцності, тріщиностійкості та жорсткості [3, 5].

Вибір найбільш раціонального методу посилення здійснюється після стадії перевірочних розрахунків, завдяки яким встановлюється найбільш вірогідна схема руйнування. Стосовно до посилення залізобетонних конструкцій, у загальному випадку руйнування згинальних, позацентрово (або центрально) стиснутих і розтягнутих конструкцій виникає за [5]:

- розтягнутою зоною;
- стиснутою зоною;
- у зоні зрізу від дії поперечних сил;
- просторовими перерізами від дії крутного моменту;
- місцевого продавлювання, відриву або зм’яття.

Проаналізувавши усі можливі випадки руйнування залізобетонних конструкцій [3–5], можна зробити висновок, що потребує посилення найбільш слабка ділянка конструкції. Відомі методи посилення залізобетонних конструкцій, які класифіковані за відповідною схемою руйнування, рис. 1 та у залежності від конкретних умов експлуатації.

Посилення залізобетонних конструкцій у *стиснутій зоні* проводиться шляхом збільшення поперечного перерізу та влаштування нарощування перерізу, обойм, встановленням додаткової арматури у стиснутій зоні та обмеженням поперечних деформацій.

Посилення конструкцій у *розтягнутій зоні* проводиться шляхом збільшення площі поперечного перерізу робочої арматури, встановленням додаткової арматури для забезпечення її спільної роботи з конструкцією, яка потребує посилення.



Рис. 1. Схема класифікації методів посилення залізобетонних конструкцій

Посилення залізобетонних конструкцій у *зоні зрізу* на сприйняття поперечних сил здійснюється збільшенням розмірів поперечного перерізу конструкцій, встановленням додаткової поперечної арматури у зоні зрізу із забезпеченням спільної роботи з конструкцією.

Посилення конструкцій на сприйняття *крутного моменту* (або/та спільно зі згинаючим моментом) виконується збільшенням поперечного перерізу елемента, його армуванням, а також влаштуванням додаткових сталевих обойм, гільз, тощо.

Посилення конструкцій при *місцевому стиску і продавлюванні* здійснюється шляхом розширенням площі спирання.

У разі можливого руйнування залізобетонних конструкцій за двома і більше зонами, а також при неможливості досягнення необхідного ступеня підвищення міцності шляхом посилення тільки однієї зони, застосовується **комбіноване посилення** (двох і більше ділянок) конструкцій.

Окремою групою виділені методи посилення, які **змінюють початкову розрахункову схему конструкцій**: зміна ділянки передачі навантаження на конструкцію; підвищення ступеня зовнішньої статичної невизначеності шляхом введення додаткових зв'язків; підвищення ступеня внутрішньої статичної невизначеності пристроєм зтяжок, розпірок, шпренгелів, шарнірно-стержневих ланцюгів. Ці методи дозволяють ефективно підвищити міцність залізобетонних конструкцій, але, як правило, зменшують будівельний об'єм і габарити приміщень.

При посиленні для ефективного включення у спільну роботу додаткових елементів слід максимально розвантажити конструкцій. Якщо посилення залізобетонних конструкцій з метою підвищення їхньої міцності, жорсткості і тріщиностійкості здійснюється під навантаженням, усі перераховані вище групи методів посилення ефективно виконуються з попереднім напруженням додаткових елементів або зв'язків.

Пошкоджені залізобетонні конструкції (при руйнуванні більше 50% перерізу стиснутої зони або 50% площі робочої арматури) у більшості випадків доцільно **замінювати новими**. Заміна залізобетонних конструкцій може здійснюватися наступним чином: розбиранням старих конструкцій із подальшим спорудженням нових; зведенням нових із тимчасовим використанням в якості опалубки і наступним розбиранням старих конструкцій або зведенням нових конструкцій без розбирання існуючих із виконанням заходів, що запобігають їхньому обваленню. При цьому конструкція посилення розраховується на повне діюче навантаження.

Висновок

При виборі методу посилення конструкції в конкретних умовах необхідно враховувати прийнятність того чи іншого методу, з точки зору її технічного стану, агресивності, пожежо- та вибухонебезпечності середовища, можливості досягнення необхідного ступеня збільшення міцності, виконання посилення без зупинки виробництва, у мінімальні терміни, з мінімальним зменшенням об'ємів приміщення, технологічності і економічності та ін.

Список літератури:

1. Жилые и общественные здания : краткий справ. инженера-конструктора ; под. ред. Ю. А. Дыховичного и В. И. Колчунова / Вл. И.

Колчунов, И. А. Яковенко / Р. 14. Общие указания по проектированию усиления железобетонных конструкций. – М., АСВ, 2011. – Т. III. – С. 311–428.

2. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд : ДСТУ Б.В.3.1–2:2016. – [Введені в дію з 2017-04-01]. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 68 с. – (Державний стандарт України).

3. Лазовский Д.Н. Проектирование реконструкции зданий и сооружений: учеб.-метод. комплекс. Ч. 2. Оценка состояния и усиление строительных конструкций / Д. Н. Лазовский. – Новополюцк : ПГУ, 2008. – 336 с.

4. Расчет и технические решения усиления железобетонных конструкций производственных зданий и просадочных оснований / [Гольшев А. Б., Кривошеев П. И., Козелецкий П. М. и др.] ; под ред. А. Б. Гольшева. – К. : Логос, 2008. – 304 с.

УДК 725

ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНІ КОНСТРУКЦІЇ – ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

Ярмоленко М.Г., к.т.н., проф., Бакуліна В.М., ст. викл., О.Г. Дібрівний, студ.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Архітектурно - будівельна діяльність пов'язана з величезними матеріальними витратами, скорочення яких досягається раціональними об'ємно-планувальними рішеннями будівель, ефективним вибором матеріалів, полегшенням конструкцій, вдосконаленням методів будівництва.

Створення виробничої архітектури вимагає значних витрат суспільної праці і часу. Тому в коло вимог, що пред'являються до архітектури це функціональна доцільність, зручність, вимога технологічним процесам та економічність.

За останні 30-40 років в країнах Європи і США все більшого розвитку набуває використання попереднього напруження з натягом на бетон. У нашій країні ця технологія набула поширення при будівництві монолітних шляхопроводів і мостів, в цивільному ж будівництві використовується вкрай рідко. Найчастіше це пов'язано з відсутністю норм і рекомендацій щодо розрахунку та конструювання даних конструкцій. Старий СНиП 2.03.01-84 * «Бетонні та залізобетонні конструкції» і посібники до нього містять вкрай мізерні відомості про попереднє напруження з натягом на бетон, СП 52-102-

2004 «Попередньо напружені залізобетонні конструкції» розглядає тільки технологію натягу арматури на упори.

Переваги попередньо напруженого залізобетону перед звичайним - це його висока тріщиностійкість, підвищена жорсткість конструкції, а також кращий опір динамічним навантаженням, корозійна стійкість, довговічність і певний економічний ефект, який досягається застосуванням високоміцної арматури.

Однак є певні труднощі: необхідність вирішення низки науково-технічних завдань, що забезпечують ефективну технологію їх виробництва та надійну експлуатацію. Спосіб попереднього натягу арматури застосовують як в збірних, так і в монолітних конструкціях і спорудах (рис.1).

Суть методу в тому, що між верхньою і нижньою арматурної сіткою в майбутньому перекритті прокладаються сталеві канати. Їх розміщують зі змінною висотою розміщення в залежності від зони виникнення напруги розтягнення. Після досягнення міцності 70-75% від необхідної канати піддаються нарузі. Напруга проводиться за допомогою гідравлічних домкратів-натяжників.

Домкрат закріплюють навпроти одного з розміщених в бетонній конструкції, анкерів каната (активний анкер) і натягують канат з певною силою за допомогою маслостанції. В результаті відбувається передача навантаження вигину від бетону на канати.

Міцність бетону при розтягуванні складає приблизно 10% від міцності розтягнення.

Традиційні залізобетонні конструкції перекриття (плита, балка) при впливі навантаження набувають певний вигин, в результаті нижня частина (зона розтягування) поперечного перерізу набуває подовження. Навіть незначне подовження досить для появи тріщин.

Сталева арматура працює як «пасивне» армування - вона не сприймає вплив сил (не включається в загальну роботу конструкції) до моменту, коли бетонна конструкція набуває вигин, достатній для утворення тріщин

В конструкціях з попереднім напруженням армування працює, як «активне» армування. Тому такі конструкції при повному навантаженні можуть бути запроектовані з мінімальним вигином і утворенням тріщин.

В даний час посилюється тенденція підвищення частки монолітних конструкцій в загальному обсязі будівельних робіт. Світова практика будівництва показує, що на сьогоднішній день з існуючих технологій зведення будівель і споруд є перспективним монолітне будівництво.

Однак поряд з цим в монолітному будівництві спостерігається

зростання собівартості через перевитрати матеріальних ресурсів, підвищення трудомісткості процесів і спад темпів будівництва. Ці негативні фактори є наслідком застосування необґрунтованих, часто морально застарілих технологічних способів зведення будівель, невдалих конструктивних рішень, відсутності точності в проектуванні, ефективної організації виробничого циклу і необхідної підготовки будівельників.



Рис.1. Приклад попереднього напруження армування

Багато що з перерахованих недоліків монолітного будівництва представляється можливим усунути за рахунок застосування прогресивних технологій і сучасних конструктивних схем зведення будівель, які передбачають використання попередньо напружених арматурних елементів.

Наукова проблема полягає в створенні принципових схем без ригельних каркасів, які передбачають застосування технології попереднього натягу арматурних елементів і отримання залежності товщини перекриття, витрати бетону і арматури від величини прольоту при застосуванні напруженої арматури і без такої.

Як показують дослідження, ефективності застосування попередньо напруженого бетону ще більш зростає зі збільшенням прольотів будівлі. Будівництво із застосуванням попередньо напруженого каркаса дозволяє скорочувати витрати бетону в порівнянні з будівництвом на базі традиційного монолітного каркаса.

Причому економія у витраті бетону зростає зі збільшенням прогонів будівлі (рис. 2)

Висновок. Використання попередньо напруженого армування для плоских конструкцій при зведенні будівель і споруд дозволяє при меншій собівартості будівництва отримати об'єкт більш високого класу за своїми архітектурними та конструктивними показниками. При цьому дозволяє зводити будівлі з прогонами до 9 м без балок і капітелей при монолітному будівництві.

Така технологія визначає розвиток залізобетону в якості основного матеріалу для зведення сучасних будівель і споруд як в Україні.

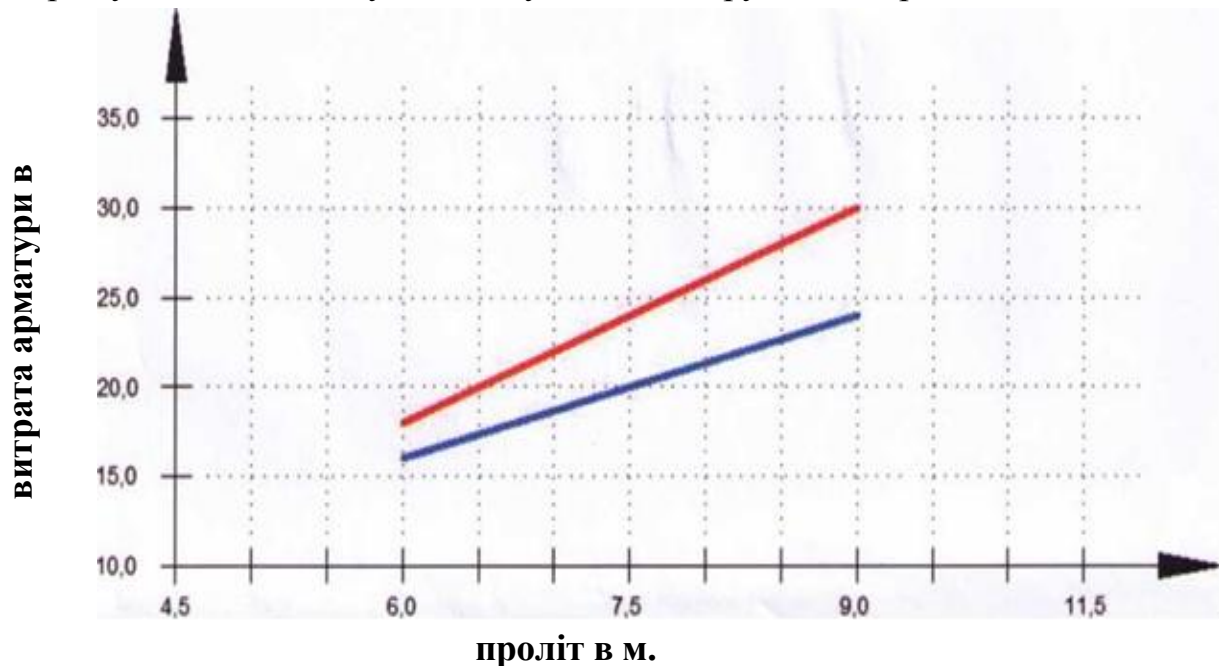


Рис. 2. Графік витрат бетону при збільшенні прогонів: умовні позначки
—— звичайний залізобетон; ——— залізобетон з попередньо напруженим армуванням

УДК 624.154

ПОРІВНЯННЯ РІЗНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ КЛАСУ А500С З БЕТОНОМ У РАМКАХ АНАЛІТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗА НАЯВНІСТЮ ДИСКРЕТНИХ ТРІЩИН

Дмитренко Є.А., к.т.н., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Спільна робота арматури з бетоном, яка забезпечується силами зчеплення, є основною передумовою роботи залізобетону як конструкційного матеріалу.

Таким чином зчеплення арматури з бетоном грає важливу роль у забезпеченні міцності, жорсткості та тріщиностійкості залізобетонних конструкцій.

До теперішнього часу задача взаємодії арматури та бетону не має задовільного рішення, – у різних дослідників епюри розподілу деформацій зчеплення у цілій низці випадків значно відрізняються одна від одної; не вивчена нисхідна гілка деформування при наявності деформаційних впливів; відсутня достатньо обґрунтована теорія зчеплення.

Сили зчеплення створюють складний напружено-деформований стан в армованих елементах і конструкціях.

Точність визначення основних параметрів зчеплення у залізобетонному елементі (зусилля та податливість стержнів, довжина зчеплення, податливість та зусилля у стержні, напруження і деформації зчеплення) у значній мірі залежить від урахування реальних режимів навантажень та умов експлуатації конструкцій, а також від досконалого вибору розрахункових схем, які найповніше враховували б одночасно дію поздовжніх і поперечних напружень при взаємодії арматури з бетоном.

Висновок. Використовуючи чисельні методи, реалізовані у прикладному пакеті системи комп'ютерної алгебри Wolfram Mathematica були отримані і представлені графіки розподілу функцій $\varepsilon_s(x)$, $\varepsilon_c(x)$, $N_s(x)$, $N_c(x)$ по довжині стержня, графіки залежності зусилля розтягу в арматурі $N_s(x)$ від експериментальних параметрів зчеплення арматури з бетоном, поздовжньої жорсткості C від зусилля $N_s(x)$.

Таким чином, аналіз результатів обчислення за розробленою автором аналітичної моделі характеристик напружено-деформованого стану контакту з застосуванням закону зчеплення Холмянського М.М. і авторської залежності зчеплення разом з нелінійною залежністю деформування бетону для сталеної арматури класу А500С показав, що дана модель може широко використовуватися для дослідження та аналізу інших найбільш поширених залежностей зчеплення, і сприятиме подальшому вдосконаленню і розвитку загальної теорії зчеплення арматури з бетоном.

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ КЛАСУ А500С З БЕТОНОМ ПРИ ДЕФОРМАЦІЙНОМУ РЕЖИМІ НАВАНТАЖЕННЯ

Дмитренко Є.А., к.т.н., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В останні роки вдосконалення залізобетонних конструкцій пов'язано з проблемою зчеплення арматури з бетоном, яка має фундаментальне значення для теорії залізобетону та практики будівництва.

Проблема зчеплення є найвагомішою в опорі залізобетонних конструкцій силовим і деформаційним впливам та має практичне застосування при проектуванні будівель і споруд із залізобетону з несучими стінами, балок з отворами і колон, конструкцій будь-яких об'єктів при наявності дефектів і пошкоджень у них.

Наявність неоднозначності підходів до вирішення проблеми зчеплення арматури з бетоном і відсутність єдиної теоретично обґрунтованої методики розрахунку на даний момент, велика кількість залежностей зчеплення, запропонованих різними авторами, використання яких в тих чи інших розрахункових моделях часто призводить до істотних відмінностей у результатах вимагає подальшого вивчення даної задачі, визначення параметрів, які впливають на цей процес.

Одним із шляхів достовірного визначення таких параметрів є проведення подальших експериментальних досліджень зчеплення арматури з бетоном на установках, що дозволяють задавати навантаження у режимі постійного прирощення переміщень (а не напружень), що дозволяє отримати нисхідну гілку деформування.

Висновок. Розроблено та представлено методику проведення експериментальних досліджень зчеплення арматури з бетоном з урахуванням деформаційного впливу при центральному і позацентровому розтягу арматурного стержня у представницькому об'ємі бетону; висмикуванні арматурного стержня з бетону; вдавлюванні арматурного стержня у бетон із варіюванням довжини анкерування, класів бетону, арматури і діаметрів арматури з урахуванням нисхідної гілки деформування на прикладі арматури класу А500С.

Основною особливістю методики є експериментальні установки, що дозволяють при задаванні навантаження вручну за деформаціями отримати нисхідну гілку деформування конструкції, що випробовується.

Положення зразків, зафіксованих на установці дозволяє досліджувати картину виникнення, розкриття та поширення тріщин під дією навантаження.

УДК 725

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ТА ПАСПОРТИЗАЦІЇ ПРИЙНЯТИХ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА

Костира Н.О., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Для об'єктів будівництва, введених в експлуатацію згідно Постанови Кабінету міністрів України від 12.04.2017р. № 257 «Про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатації об'єктів будівництва» (далі - Порядок) та Наказу Мінрегіонбуд від 10.11.2017р. № 298 «Про затвердження форми паспорта об'єкту будівництва» необхідно заповнювати паспорт об'єкта будівництва.

Порядок визначає механізм проведення обстеження прийнятих в експлуатацію в установленому законодавством порядку об'єктів будівництва з метою оцінки їх відповідності основним вимогам до будівель та інженерних споруд, визначеним відповідним технічним регламентом, та вжиття обґрунтованих заходів до забезпечення надійності та безпеки під час експлуатації об'єктів протягом усього періоду їх існування. За рішенням власників або управителів об'єктів обстеження проводиться:

- у разі виявлення дефектів, пошкоджень і деформацій у процесі поточного огляду та технічного обслуговування об'єкта, що здійснюються його власником або управителем;
- на підставі актів, складених уповноваженими органами у зв'язку з руйнуванням об'єкта внаслідок пожежі, стихійного лиха, аварії;
- з метою проведення перевірки технічного стану об'єкта;
- для проведення перевірки врахування потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення .

Постанова КМУ № 257 та Наказ Мінрегіонбуд № 298 базуються на «Державному класифікаторі будівель та споруд» ДК 018-2000, який набув чинності з 01.01.2001 р.

Паспорт об'єкта будівництва включає сім розділів з додатками.

Розділ I. Відомості про власника (управителя) об'єкта.

Розділ II. Відомості про виконавця робіт з обстеження.

Розділ III. Загальні відомості про об'єкт.

Розділ IV. Технічна характеристика об'єкта.

IV. 1. Характеристика території

IV. 2. Ускладнюючі умови території

IV. 3. Основні технічні показники об'єкта (Форми 1...7).

IV. 4. Характеристика основних будівельних конструкцій (Форми 1...7).

IV. 5. Характеристика внутрішніх інженерних систем (Форми 1...7).

Розділ V. Результати технічного обстеження об'єкта

V. 1. Загальні дані про виконані обстеження.

V. 2. Виявлені дефекти і пошкодження несучих будівельних конструкцій (Форми 1...7).

V. 3. Виявлені дефекти і пошкодження внутрішніх інженерних систем (Форми 1...7).

Розділ VI. Оцінка технічного стану об'єкта

VI. 1. Аналіз відповідності будівельних конструкцій вимозі щодо забезпечення механічного опору і стійкості (Форми 1...7).

VI. 2. Аналіз відповідності будівельних конструкцій та інженерних систем вимозі щодо забезпечення пожежної безпеки (Форми 1...7).

VI. 3. Аналіз відповідності будівельних конструкцій та інженерних систем вимозі щодо забезпечення безпеки життя і здоров'я людини та захисту природного середовища (Форми 1...7).

VI. 4. Аналіз відповідності будівельних конструкцій та інженерних систем вимозі щодо забезпечення безпеки експлуатації (Форми 1...7).

VI. 5. Аналіз відповідності будівельних конструкцій та інженерних систем вимозі щодо забезпечення захисту від шуму (Форми 1...3).

VI. 6. Аналіз відповідності будівельних конструкцій та інженерних систем вимозі щодо забезпечення економії енергії (Форми 1...3).

VI. 7. Аналіз забезпечення доступу до об'єкта особам з інвалідністю та іншим маломобільним групам населення (Форми 1...2).

VI. 8. Загальна оцінка технічного стану об'єкта (Форми 1...7).

Розділ VII. Рекомендації щодо подальшої експлуатації об'єкта.

VII. 1. Рекомендації щодо умов експлуатації об'єкта

VII. 2. Рекомендації відновлення та підсилення окремих будівельних конструкцій

Додатки:

1. Плани та розрізи (стадія П).

2. Фотографії дефектів і пошкоджень.

3. Відомості дефектів і пошкоджень.

По кожному розділу треба заповнювати відповідні таблиці, в залежності від коду об'єкта згідно ДК 018-2000, з посиланням на діючі нормативні документи.

Порядок заповнення таблиць по основних розділах наведено на прикладі інженерної споруди – триствольної башти для освітлення території частини морського порту в м. Одеса. Для паспорта визначено два коди: 2112.5 Пристрої для освітлення, сигналізації, забезпечення безпеки та електрифікації (залізничні місцеві) та 2112.8 Пристрої для освітлення, сигналізації, забезпечення безпеки та електрифікації (вулиці та дороги) [2].

Основними розділами Паспорту об'єкта будівництва для башти є підрозділи VI. 1, VI. 2, VI. 3, VI. 4 та VI. 8, які заповнюються з урахуванням аналізу відповідності будівельних конструкцій вимогам забезпечення механічного опору та стійкості, пожежної безпеки, безпеки життя і здоров'я людини, захисту від шуму та економії енергії.

Висновки. Таким чином паспортизація дає можливість визначити технічні характеристики об'єкта за міцністю і стійкістю, пожежній безпеці, захисту від шуму та безпеки експлуатації. На основі цих характеристик визначається категорія технічного стану з подальшими рекомендаціями щодо експлуатації (рис. 1).

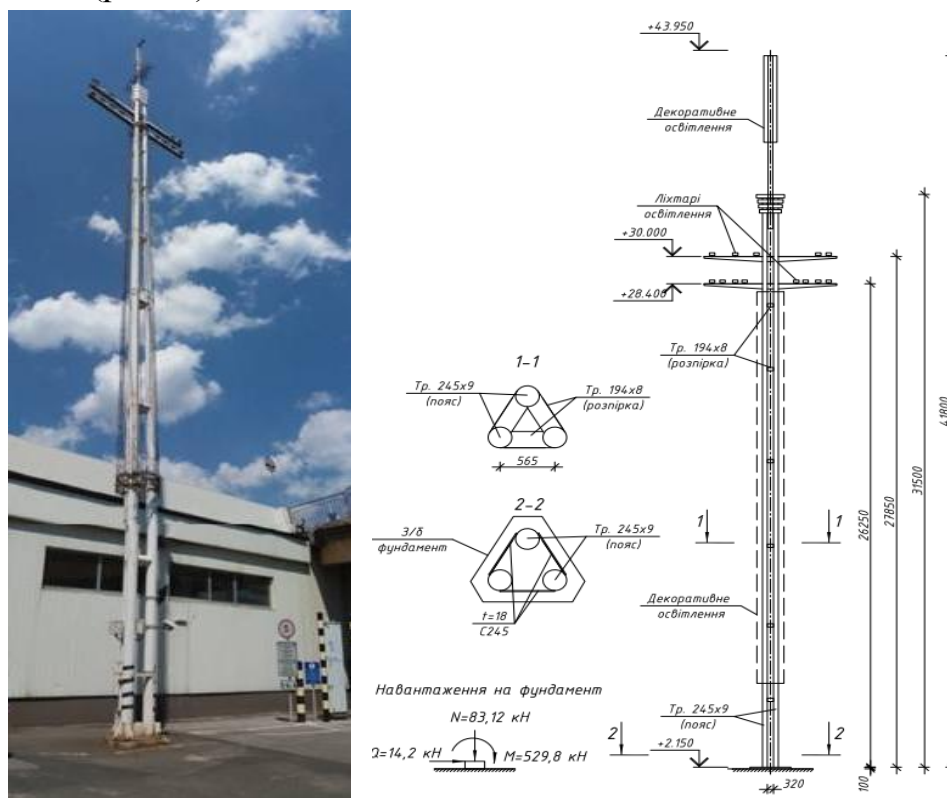


Рис. 1. Загальний вигляд башти, її розрахункова схема

Оцінювання технічного стану несучих конструкцій башти визначалось за натурним оглядом основних конструктивних елементів, а також геологічних і геодезичних вишукувань, які проводились одночасно з технічним обстеженням. При обстеженні був виявлений ряд причин, які значно погіршують робочі і експлуатаційні спроможності, а також надійність і безпеку об'єкта. Причини, що впливають на конструкцію можна умовно поділити на три групи:

1. Агресивне морське та промислове середовище;
2. Геологічні умови в яких зведена споруда;
3. Відсутність періодичного регламентного нагляду за технічним станом несучих конструкцій.

УДК 624.01.4

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТРУБОПРОВІДІВ

Бойко А.В., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Щорічна потреба сталі для виробництва труб великого діаметру (800 – 1400 мм) в країнах бувшого СРСР складає приблизно 300 тисяч тон. У зв'язку з цим при розробці сталі для труб, наряду з вимогами високої надійності в експлуатації, стоїть питання забезпечення мінімальної їх вартості при високій міцності, в'язкості і холодостійкості.

Відомо, що за короткий термін діаметр використовуваних труб збільшився з 325 – 520 мм (наприклад, перші газопроводи “Саратов – Москва”, “Дашава – Київ – Брянськ – Москва”) до 1220 – 1420 мм на сучасних газо нафтопроводах (наприклад, газопровід “Дружба”, Новий Уренгой – Помари – Ужгород). Різко зросли вимоги до міцності трубної сталі (з 480 – 500 до 600 – 700 МПа) при одночасному підвищенні її в'язкості і зварюваності в польових умовах.

Вимоги до ударної в'язкості металу труб з факультативних значень 0.3 МДж/м² на стандартних зразках з круглим надрізом (Менаже) підвищився до 0.8 – 1.2 МДж/м² на зразках з гострим надрізом (Шарпі). Все це викликало інтенсивний розвиток наукових досліджень в металургійній і трубній промисловості.

Розв'язати поставлені задачі на базі звичайних низьколегірованих нормалізованих сталей вже не представляється можливим, так як при такому виробництві підвищення міцності сталі неминуче приводить до зниження її в'язкості і погіршенню зварюємості.

За останні роки організовано виробництво нового типу малоперлитних чи безперлитних сталей, отриманих методом контрольованої прокатки. Високі властивості цього типу сталей досягаються при мінімальному легірованні (мікролегірованні карбонітрідними елементами) за рахунок максимального роздроблення її структури при прокатці і контролюємому швидкісному охолодженні.

Підвищення пластичності і в'язкості сталі забезпечується завдяки формуванню однорідної структури і субструктури, пониженому вмісту шкідливих домішок і неметалевих включень, зниженню рівня локальних внутрішніх напружень. Металурги досягли зниження вмісту сірки в металі – з 0.04 до 0.002 – 0.006 %; база зерна – з 7 – 8 номера до 12 – 14. Фізична суть нового типу сталі для труб полягає в формуванні можливо більш однорідної і дисперсної структури. Такий тип сталі може бути отриманий шляхом використання різних режимів контролюємої прокатки чи термічного покращення.

Зростання потужності трубопроводів і зниження температури перекачки газу викликали необхідність розробки нових конструкцій труб і нової технології їх виробництва.

Відповідальні металоконструкції нафтогазових об'єктів, зокрема, магістральні і промислові нафто- і газопроводи, які використовуються для транспортування нафти і газу, часто працюють в екстремальних кліматичних (температура коливається від +40 до -30° С) і інженерно – геологічних умовах, контактуючи з корозійно – агресивними продуктами. Їх руйнування супроводжується крупними матеріальними і екологічними втратами.

В матеріалах доповіді розглянути питання спротиву металу труб і їх зварних з'єднань руйнуванню в умовах експлуатації трубопроводів, а також методи випробувань готових трубопроводів і їх вплив на надійність експлуатації.

Показано, що гідравлічні і пневматичні випробування під високим тиском, визиваючи в нижніх точках трубопроводів кільцеві напруження, рівні номінальній межі текучості метала труб чи дещо вище неї, дозволяють достатньо точно виявити дефектні ділянки трубопроводів і тим самим забезпечити надійну, практично безвідмовну, експлуатацію трубопровідної конструкції.

ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ КУПОЛУ ДОДАТНЬОЇ КРИВИЗНИ ІЗ ЗБІРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Бакуліна В.М., ст. викл, Іваненко Є.В., магістр
Національний університет біоресурсів і природокористування України

До вищих досягнень будівництва збірних залізобетонних просторових покриттів до теперішнього часу відносять в Україні купол-шапіто цирку в м. Дніпро. Це унікальна будівля не має аналогів в світі, воно - єдине в своєму роді (рис. 1). Вперше у вітчизняній практиці при будівництві цього цирку застосували шатрове покриття із збірних залізобетонних елементів. Оболонка здана в експлуатацію в 1980 р, архітектор - П. Р. Нірінберг.

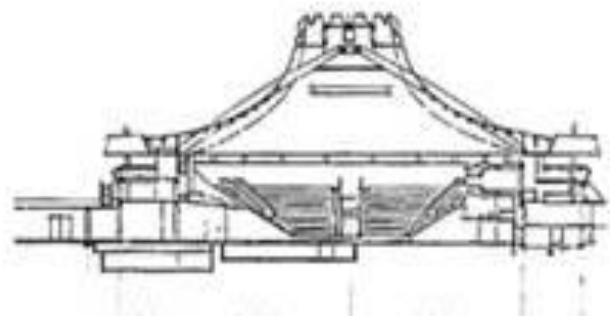


Рис. 1. Цирк в м. Дніпро. Україна, 1980 р.

Купола із крупна розмірних плит циліндричної форми (рис. 2) проектувати з підйомом не менше $\frac{1}{10}$ від прогону оболонки.

Всі плити виконуються медіальними і тому для куполів на плані кола однотипні. Трапецевидна в плані плита має циліндричну поверхню, довжина плити дорівнює, приблизно, радіусу купола (до 20 метрів). Ширина плит у нижнього кільця може бути до 3,7 м. Поздовжні ребра плит направлені по меридіанам. Через 2-3 м в плитах виконуються поперечні ребра.

Розрізняють два основних принципи складання збірно-монолітних оболонок: складання на рівні землі на спеціальному кондукторі з подальшим підйомом цільнозбірної оболонки в проектне положення за допомогою домкратів або кранів і складання на проектних відмітках - основний технологічний метод будівництва оболонок в нашій країні. Збірку на проектних відмітках здійснюють двома способами: на монтажі підтримують пристрої і з опертям укрупнених елементів оболонки на несучі конструкції

будівлі. Купольні покриття монтуються на проектних відмітках методом навісний збірки.

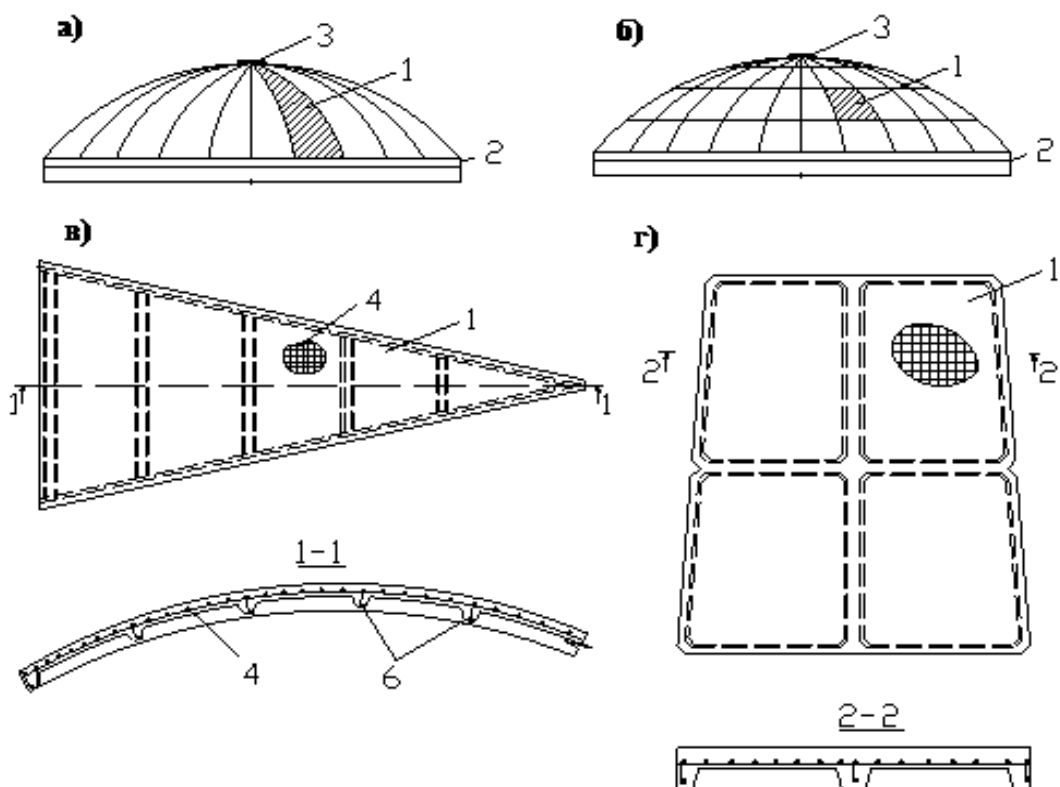


Рис. 2. Купола із крупно розмірних плит : а, б – розріз на збірні елементи; в, г – ребристі панелі – секторна і трапецієвидна.

Елементи збірних куполів та оболонок (плоскі та криволінійні) об'єднують у кілька типів і виготовляють у заводських умовах. Збирають куполи різними способами, а саме: за допомогою суцільної опалубки по дерев'яним риштуванням; підтримуванням опорних частин плит монтажними столиками, встановленими на інвентарні металеві риштування; використовуючи тимчасові центральні опори вантажопідйомних кранів; за допомогою тимчасового інвентарного кондуктора; без кондукторним способом з використанням інвентарних розчалок або спеціальних плит (чи блоків), які монтують навісним способом.

Найефективнішим методом монтажу куполів і оболонок є безкондукторний. Тимчасове закріплення ярусу плит виконують за допомогою спеціального оснащення. Верхні і нижні торці плит мають спеціальні пази для їхнього обпирання під час монтажу на раніше змонтоване кільце або опорний контур.

Якщо виконати відповідне розрізування купола (рис. 3), а плити виготовити зі спеціальними пазами і опорними столиками, то монтаж купола можна вести навісним способом, не застосовуючи спеціального

оснащення. При цьому слід дотримуватись тільки певної послідовності укладання плит використовуючи безкондукторний методом монтажу.

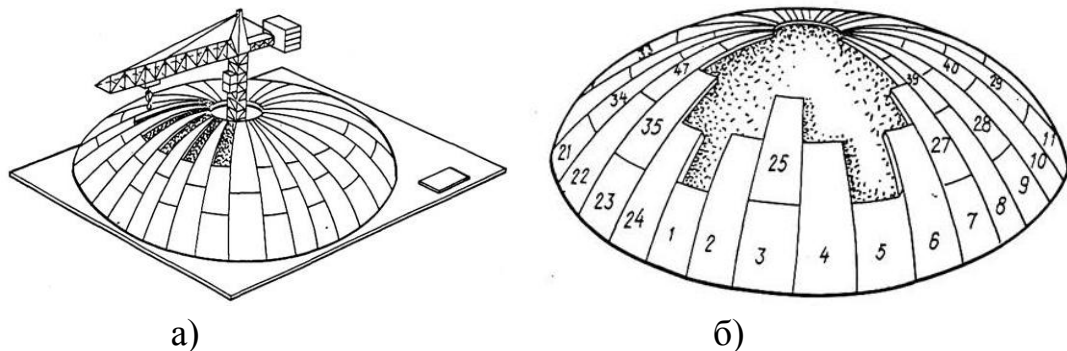


Рис. 3. Монтаж куполів із спеціальних плит навісним методом:
а - організація монтажу, б -схема розрізування купола з послідовністю
встановлення панелей

УДК 624.012.45(076)

ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГРАНЧАСТОГО РИГЕЛЯ ПОКРИТТЯ З УМОВ ЗБІЛЬШЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ

Бакулін Є.А., к.т.н., доц., Бакуліна В.М., ст. викл.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Внаслідок зміни граничних умов збільшення навантажень на покрівлю виробничого цеху «Leoni Wiring Systems» (с. Нежухів, Стрийський район, Львівська область) по нижнім поясам гранчастих ригелів прогоном 30,0 м (фото 1), виникли надмірні прогини (фото 2).



Фото 1. Гранчасті ригелі прогоном 30 м



Фото 2. Прогини нижнього поясу гранчастих ригелів

По результатам проведених натурних обстежень проведено перевірочний розрахунок зазначеного ригелю з умов зміни граничних умов навантажень.

При проведенні досліджень була використана інтегрована система аналізу конструкцій (ПК) «LIRA 9.4» орієнтована на вирішення широкого класу задач та аналіз поведінки конструкцій при різноманітних навантаженнях та впливах.

Гратчастий ригель металевої рами в осях S14/S19 □ металевий, двох скатний, прогоном 30 м. Ухил верхнього поясу ригелю складає 5%. З'єднання ригелів з колонами каркасу будівлі - жорстке. Покрівля влаштована по прогонам, що виконані з Z-образного профілю та з'єднані з ригелями через приварені елементи кріплення до верхніх поясів. Для виконання розрахунків за першою та другою групою граничних станів була розроблена модель МСЕ (метод скінченних елементів) металевого гранчастого ригелю покриття. На рис. 1 наведено загальний вид скінчено-елементної моделі гратчастого ригелю покриття рами будівлі з кольоровим відображенням типів жорсткостей та номерами скінченних елементів.

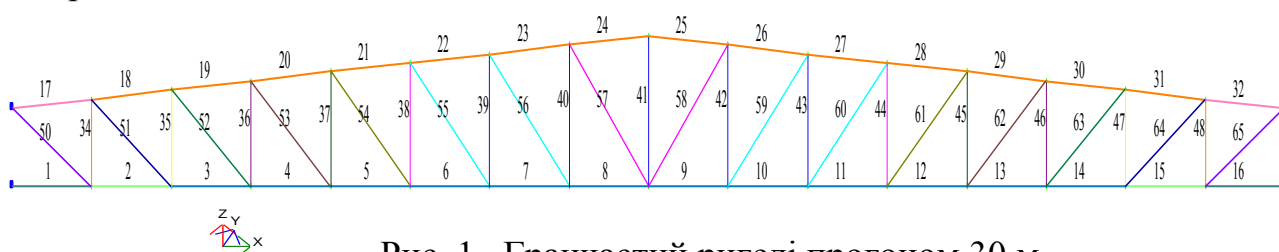


Рис. 1. Гранчастий ригелі прогоном 30 м

Загальна скінчено-елементна модель містить 34 вузли та 65 скінченних елементи. На рис 2 наведено 3D модель гратчастого ригелю покриття.

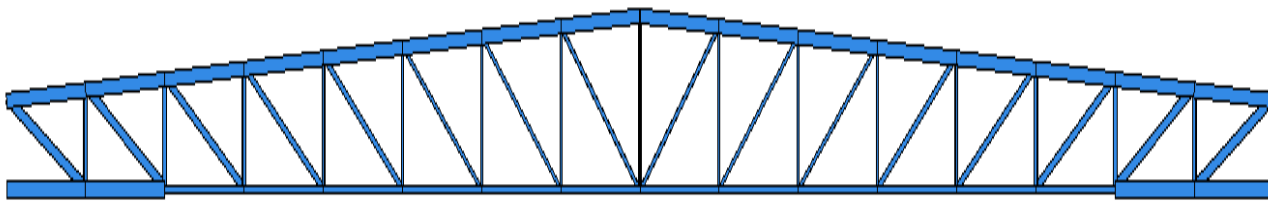


Рис. 2. 3D модель ґратчастого ригелю покриття прогоном 30 м

За результатами статичного розрахунку в програмному комплексі ЛІРА 9.4, визначені максимальні поздовжні зусилля в стержнях ґратчастого ригеля. Далі проведено перевірку перерізів елементів ферми за допомогою системи ЛІР-СТК. Система ЛІР-СТК призначена для підбору та перевірки перерізів стержньових металевих елементів у відповідності зі Eurocode 3.1.1 ENV 1993-1-1:1992, LRFD (AISC) 2nd edition.

В системі ЛІР-СТК для кожного типу жорсткості призначені додаткові параметри та виконаний розрахунок на розрахунковий збіг зусиль. Нижче наведена мозаїка вичерпання несучої здатності елементів ферми за перевіркою по першій, другій групах граничних станів та місцевій стійкості стиснутих елементів ґратчастого ригеля (Рис. 3, 4, 5).

Результат перевірки перерізів елементів ферми за першою групою граничних станів:

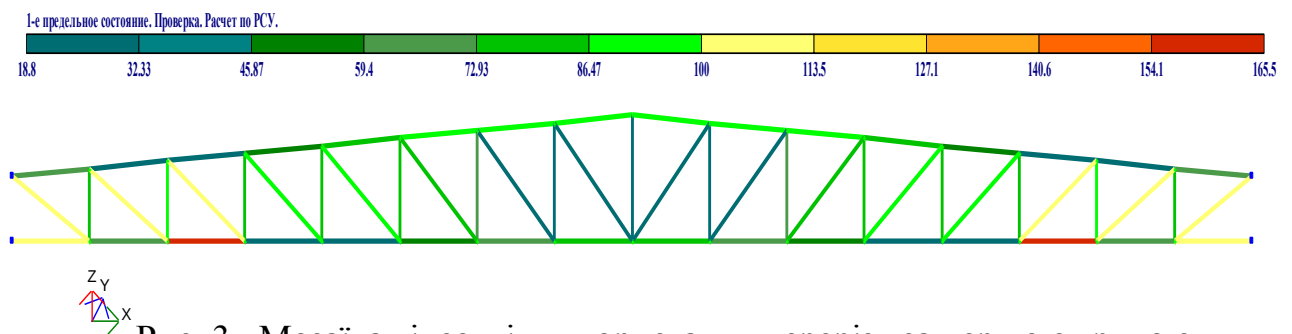


Рис. 3. Мозаїка відсотків використання перерізу за першою групою граничних станів

Результат перевірки перерізів елементів ферми за другою групою граничних станів:

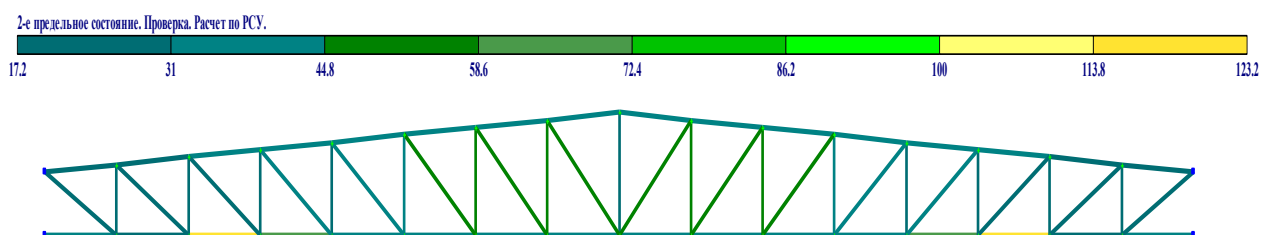
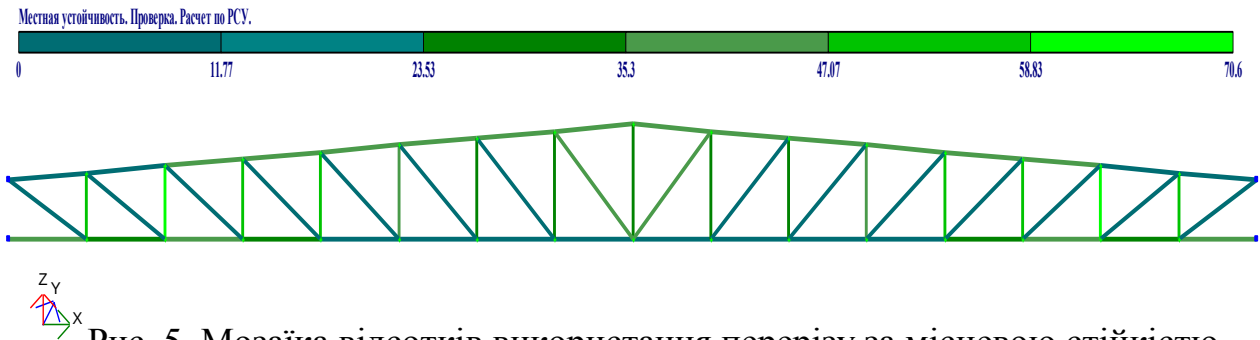


Рис. 4. Мозаїка відсотків використання перерізу за другою групою граничних станів

Результат перевірки перерізів елементів ферми за втратою місцевої стійкості:



Висновки:

1. Максимальне переміщення вузлів ґратчастого ригелю покриття на відмітці +7,000 м, при найбільш несприятливому збігу навантажень в межах осей S14/S19 становить:

$$f = 15,4 \text{ см} > f_u = 1/300 = 10,0 \text{ см},$$

що перевищує гранично допустимий прогин згідно вимог табл.1 ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини та переміщення».

2. Перевірка призначених перерізів ґратчастого ригелю покриття в системі ЛІР-СТК за першою та другою групою граничних станів, показала, що деякі елементи нижнього поясу та решітки не відповідають вимогам ДБН В.2.6-163:2010 «Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу» за умовами міцності, стійкості та гнучкості.

УДК 624.012.45(076)

ПЕРЕВІРОЧНІ РОЗРАХУНКИ ПЕРЕКРИТТЯ ІЗ ЗБІРНИХ РЕБРЕСТИХ ПЛИП НА СТАТИЧНІ ТА ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ

Бакулін Є.А., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Переоснащенням цеху молочної продукції ТОВ «Брусилівський маслозавод» (Житомирська обл., Брусилівський р-н, с.м.т. Брусилів) проектними рішеннями передбачено встановлення обладнання, що створює динамічні навантаження на перекриття із збірних залізобетонних ребристих плит (Рис.1).

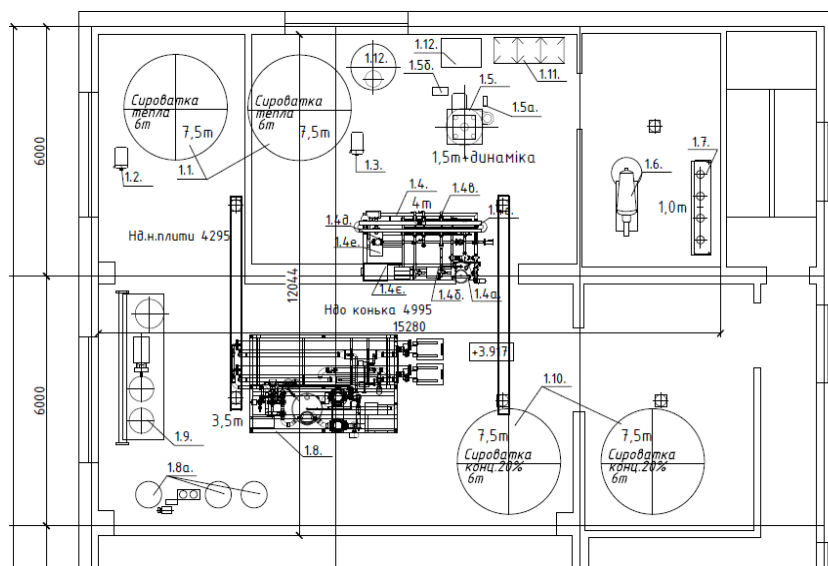


Рис. 1. Схема розміщення технологічного обладнання та навантажень

В результаті натурних обстежень було визначено, що залізобетон ребриста плити перекриття відповідає класу бетону за міцністю С25/30, модуль пружності в розрахунках був прийнятий $E=3,45 \cdot 10^6$ т/м², коефіцієнт Пуассона $\nu=0,2$, об'ємна вага $\rho_b=2,5$ т/м³. Плити попередньо напружені, прогоном 6,0 м. На перекритті необхідно встановити технологічне обладнання в осях А÷Г/5÷7.

Для проведення аналітично - чисельних досліджень використана багато-функціональна інтегрована система аналізу конструкцій (ПК) «LIRA 9.6». Для виконання розрахунків за першою та другою групою граничних станів була розроблена модель МСЕ (метод скінченних елементів). На рис. 1 наведено загальний вид скінчено-елементної моделі плити перекриття з кольоровим відображенням типів жорсткості.

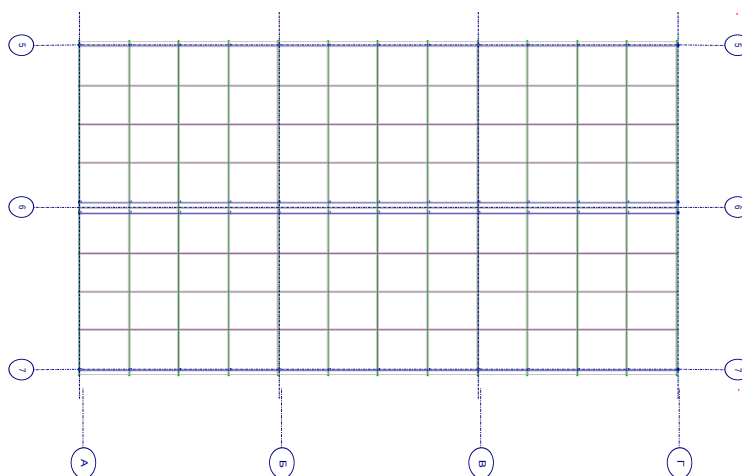


Рис. 1. Загальний вид скінчено-елементної моделі перекриття

Загальна скінчено-елементна модель містить 169 вузли та 420 скінченних елементи. На рис. 2 наведено 3D модель залізобетонної ребристої плити перекриття.

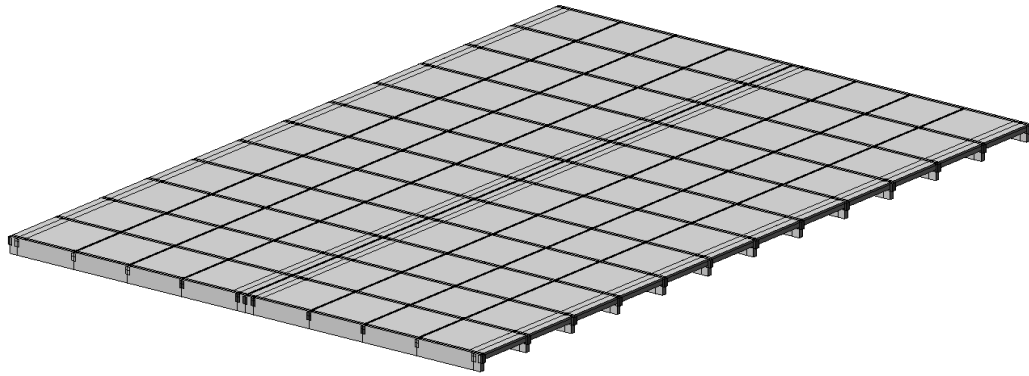


Рис. 2. 3D модель перекриття

Розрахункові статичні навантаження на залізобетонної ребристої плити перекриття визначались згідно норм розрахунку та проектування ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження та впливи». Динамічні навантаження – описувались гармонічними навантаження від працюючого обладнання на плиту перекриття. Вихідними даними для задання вузлового гармонічного навантаження є: вага обладнання 1,5 т; вага ротора – 0,5 т; число обертів ротора – 6000 об/хв (100 об/сек); коефіцієнт сінфазності – λ прийнятий рівним одиниці (із-за малої кількості обладнання з динамічним навантаженням); кругова частота вимушених коливань обладнання, що становить $\omega = 2 \cdot 3,1 \cdot 100 = 628$ рад/сек.

Для кожного скінченного елемента по кожному завантаженню та комбінації навантажень були визначені всі параметри напружено-деформованого стану плити перекриття (Рис. 3, 4).

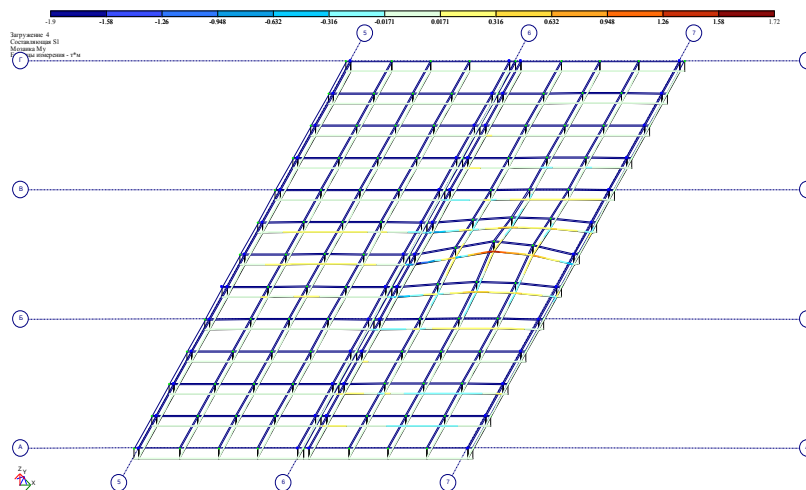


Рис. 3. Мозаїка M_u в стержневих СЕ плити від динамічного навантаження

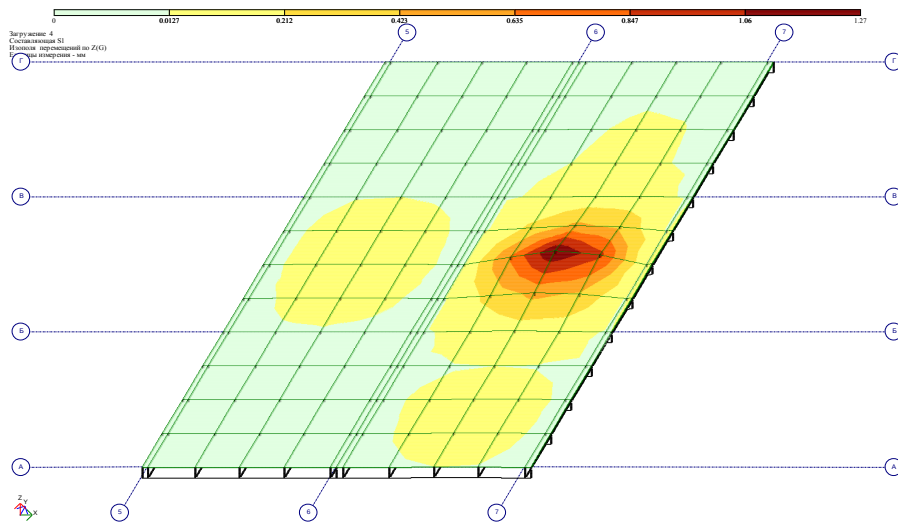


Рис. 4. Переміщення (мм) по осі Z від динамічного навантаження

Таблиця 1

Власні значення, частот і періодів коливань

№ п/п	Власні значення	Частоти		Періоди, с
		рад/с	Гц	
1	0.013016	76.83	12.23	0.0817
2	0.012961	77.15	12.29	0.0814
3	0.012351	80.96	12.89	0.0776
4	0.011668	85.71	13.65	0.0733
5	0.011544	86.62	13.79	0.0725
6	0.010660	93.81	14.94	0.0669
7	0.010611	94.25	15.01	0.0666
8	0.010044	99.56	15.85	0.0631
9	0.009396	106.43	16.95	0.0590
10	0.008952	111.70	17.79	0.0562
11	0.007907	126.47	20.14	0.0497

Висновок: Сумарний динамічний згинальний момент від статичної та динамічної складових становить 5,98 т·м, що не перевищує несучої здатності ребристої попередньо напруженої залізобетонної плити перекриття $[M]=10,8$ т·м. Максимальна амплітуда коливань від статичної та динамічної складових навантажень становить $z = 2,33$ мм, що перевищує гранично допустиму амплітуду коливання для даного типу обладнання, яка становить з врахуванням коефіцієнта перевантаження $k_d = 4$, $a_p = k_d \cdot a_n = 4 \cdot 0,03 = 0,12$ мм. Необхідно передбачити заходи, щодо зменшення впливу динамічного навантаження на конструкції плити перекриття. Для усунення впливу

динамічного навантаження на конструкції плити перекриття від сепаратора, необхідно передбачити захисну вібропоглинаючу плиту, див. рис. 5.

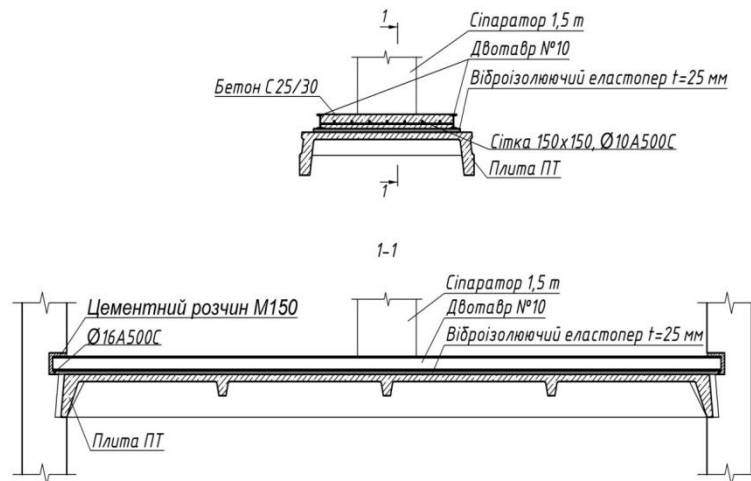


Рис. 5. Схема влаштування захисної вібропоглинаючої плити

УДК 378.147.624(079)

ПІДЛОГИ СПОРТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

Бакуліна В.М., ст. викл, Пазина А.А., студ.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вибір конкретного покриття підлоги залежить від багатьох факторів: вид спорту, закрите або відкрите приміщення, вимоги до жорсткості, універсальність, стаціонарність і тощо. Наприклад, на відкритому повітрі зазвичай роблять натуральний або штучний газон, ґрунтові й каучукові наливні підлоги і модульні системи. Для спортивних залів застосовують лінолеум, модулі з ПВХ, каучукові, дерев'яні, ламіновані і ворсові підлоги.

Існують певні вимоги до спортивних покриттів. Так до покриття незакритих спортивних об'єктах повинні мати такі характеристики:

- витримування великих навантажень.
- висока гігієнічність і легкість в прибиранні, пожежестійкість.
- високий рівень безпеки можливого травмування.
- хороша звукоізоляція.
- водонепроникність.

Сучасна спортивна підлога складається з декількох шарів:

- Амортизуюча система (найчастіше робиться з м'яких полімерів і гумової крихти);

- Основна частина покриття, може бути зроблено з багатьох матеріалів, вона виконує більшість функцій і має підвищену міцність.

Постіль під укладання повинно відповідати вимогам з СНиП 3.04.01-87 та 2.03.13-88, а саме:

- мати високу міцність (більше 20 МПа), бути рівною, сухою, гладкою і чистою без дефектів.
- вологість підлоги не повинна перевищувати 4%, а якщо воно сильно вбирає вологу, потрібно обробити його трутнівкою.
- шорсткі поверхні потрібно відшліфувати або вирівняти самонівелюють стяжкою.

Види спортивних підлог. Серед можливих варіантів найпоширенішими є наступні:

- Дерев'яні підлоги на системі лагів - найбільш часто конструкція що зустрічається. Система відповідає всім вимогам, що пред'являються до підлоги критої спортивної площадки. Вона забезпечує одночасно і хорошу пружність, і достатню жорсткість покриття, звукопоглинання.

- Дерев'яні підлоги на основі системи готових модулів. Модулі готуються в заводських умовах, збираються дуже швидко і часто не вимагають навіть якої додаткової фіксації. У модулів є ще одна прекрасна особливість - вони вже розмічені і розфарбовані під певні види спорту. Тому експлуатувати таку можна після завершення укладання вже через 10 хвилин.

- Багат шарова паркетна дошка. Тут теж заводська підготовка, але при цьому дошка вже оброблена декількома шарами лаку і пофарбована. У вашому розпорядженні спортивний настил, який готовий прийняти спортсменів негайно після завершення всіх робіт - розмітка, хоч під шахи, вже нанесена.

- Дерев'яні палубні підлоги. Такі виготовляються їх бруса хвойних порід дерева, причому покладеного на ребро. Підстава служить спеціальна підкладка, часто з використанням гідроізоляції. Зверху підлогу обов'язково покривається спеціальним лаком.

Особливості укладання.

Укладання спортивного лінолеуму

Спортивний лінолеум використовується тільки в опалюваних приміщеннях. У холодну пору року не можна відразу починати монтаж, інакше ПВХ покриття трісне. Воно повинно полежати в теплому приміщенні 1-2 доби. У приміщенні до і після робіт повинна бути температура повітря вище +15 градусів, а підлога - вище 12 градусів. Вологість повітря повинна бути в межах 35-65%.

Укладання паркету

Монтаж паркету може сильно відрізнятися в залежності від виду через різних амортизуючих шарів. Він може бути як у вигляді м'якої підкладки, так і складатися з дерев'яних пружинячих лаг.

У першому випадку такий паркет укладається майже як звичайний ламінат. Панелі стикуються за рахунок системи замків. Амортизація найчастіше вже наклеєна на нижній шар, але не на всю площу, а лише на її частину. Схема збірки паркету на пружинячих лагах складніше:

- Спочатку встановлюються пружні балки по периметру стін і стовпів. Біля стіни потрібно залишити технологічний зазор 18 мм.

- Решта пружинячі балки встановлюються під кутом в 45 градусів. Для цього потрібно відміряти від кута однакову відстань, наприклад, по 3 метра в кожную сторону.

- Кріплення діагональних лаг відбувається за допомогою обрізка дошки підходящої товщини. Вона змащується клеєм, вставляється між верхньою і нижньою лагами і закріплюється саморізами.

- Відстань між діагональними лагами повинне становити 35 см, а укладку потрібно робити зі зміщенням стиків мінімум на 50 см.

- Починаючи від кута, на лаги укладається паркет. Його потрібно зафіксувати за допомогою спеціальних скоб 50 x 10 мм. Вони промащуються клеєм і вбиваються під кутом 45°.

- Наступний ряд паркету укладають, як і ламінат, зі зміщенням стиків на 50 см. Для економії ви можете починати другий ряд з обрізка першого. Для отримання щільного покриття, на довгий торець наноситься клей.

Нанесення розмітки

Ключовою особливістю спортивних покриттів є спеціальна розмітка. Її лінії, розміри і кольори визначаються правилами федерацій, в залежності від виду спорту. Для розмітки використовують спеціальний інструмент, який дозволяє робити рівний радіус і прямі лінії. Як матеріали для розмітки використовують фарбу на основі поліуретану та самоклеїну стрічку.

Висновок. Паркет, лінолеум і полімерні покриття мають високу універсальність і широкий вибір кольорів, тому добре підходять для спортивних та тренажерних залів.

Щоб не сталося прогинів або навіть ям, які повсюдно закриваються вже покриттям підлоги, поставтеся до зведення підлог в спортивному залі з граничною відповідальністю у відповідності до норм.

ОЗДОБЛЕННЯ ФАСАДІВ СУЧАСНИМИ МАТЕРІАЛЕМИ

Бакуліна В.М., ст. викл., Скиба А.В., студ.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Фасадні панелі - оздоблювальний матеріал для поліпшення будівлі з точки зору архітектурної виразності та індивідуальності.

Облицювання фасаду будівлі штучним панельним матеріалом має ряд переваг перед іншими варіантами обробки, так як крім декоративної функції вони виконують роль додаткового захисту основних несучих конструкцій від шкідливого впливу навколишнього середовища та кліматичних умов. Фасадні плити можуть бути виконані з різних матеріалів, таких як метал, дерево, фіброцемент, та полімерів.

Полімерний сайдинг для зовнішньої обробки виготовляється на базі полівінілхлориду, з додаванням кількох компонентів, що поліпшують фізичні властивості основного матеріалу (довговічність, пластичність і еластичність, міцність). Зовнішня поверхня облицювальної вінілової сайдинга може бути структурною або гладкою, глянсовою або матовою, візуально імітуватимуть різну текстуру, або бути різнобарвною. У середині панелі мають стільникову структуру з великою кількістю пустот однакового розміру. Завдяки цьому сайдинг виконує додаткову теплоізоляційну і звукоізоляційну функцію.

До основних переваг можна віднести:

- Не вимагають спеціального догляду;
- Панелі виконують не тільки декоративну, але й захисну функцію;
- Панелі ПВХ забезпечують додаткову шумо- і теплоізоляцію;
- Найпоширеніший асортимент продукції дозволяє здійснити найсміливіші дизайнерські рішення по оформленню фасадів поверхні будівлі;
- Пластикова вагонка для облицювання дуже легка, вона не створює суттєве навантаження на несучі стіни. Мала вага елементів спрощує подачу на велику висоту;
- ПВХ плити оснащені спеціальним покриттям, забезпечує захист не тільки від впливу атмосферної вологи, а й від згубного впливу ультрафіолетового випромінювання;
- За допомогою вінілових плит можна приховати нерівності;
- Відноситься до Г1 класу пожежної безпеки;
- Матеріал можна розрізати відповідно до проектних розмірів;

- Температурний режим нормальної експлуатації знаходиться в межах від -50 до +50 °С;
- Матеріал не гниє і не кородує;
- Монтаж настільки простий що, що для його здійснення не потрібно наймати робітників, що спеціалізуються на зовнішній обробці;
- Плити стійкі до впливу біологічної корозії, а також не привабливі для гризунів;
- Можливість як горизонтального так і вертикального монтажу на фасаді;
- Гарантований термі експлуатації становить 25-50 років.

Якщо говорити про різновиди вінілових фасадних панелей, то всі його різноманітності можна поділити на:

ялина- такого роду панелі мають вигляд штучних дощатих елементів, розташований таким чином що кожен наступний елемент буде як би заходити внахлест на нижній профіль. Сайдинг може бути одинарним, подвійним, потрійним, монтаж таких вінілових панелей може вестись тільки в горизонтальному напрямку;

блок-хаус - такий вид сайдингу імітує обробку фасаду під колоду. Завдяки ретельно підбраному колірному рішенню можна домогтися максимальної натуральності дерев'яної структури;

камінь або цегла - вони відрізняються складною конструкцією, що допомагає збирати мозаїку. В результаті в обробці навіть не виявляються місця з'єднання окремих частин, що важливо для архітектурного ансамблю навколишньої забудови.

Технічні характеристики залежать від фірми-виробника сайдингу на полівінілхлоридної основі, габариту кожного з елементів.

Усереднені показники для даного виду матеріалу:

- Ширина одного елемента 0,23 – 0,27 м;
- Довжина листа 3,0 – 3,81 м;
- Робоча ширина поверхні однієї плити 0,2 - 0,25 м;
- Товщина панелі 0,7 - 1,2 мм;
- Вага погонного метра одного листа 1,8 – 2,24 кг;
- Площа одного елемента 0,7 – 0,85 м Кв;
- Маса плити 1,5 – 1,9 кг;
- Кількість листів в упаковці від 10 до 24 штук.

Висновок. Використання ПВХ панелей є економічно вигідно за рахунок зниження трудомісткості та за рахунок збільшення експлуатаційних властивостей(технічної експлуатації). Панелі ще є не тільки декоративним

оздобленням, а й шумо- і теплоізоляційними та гідроізоляційним матеріалом, що дає можливість збільшити довговічність будівлі

Список літератури:

1. <http://remstart.pp.ua/95-fasadni-paneli-pvx-vidi-oblicyuvannya-dlya-fasadu.html>

УДК 624.154

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СКЛАДЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Яковенко І.А., д.т.н., доц., Грищенко І.А., студ.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В останні роки вдосконалення залізобетонних складених конструкцій пов'язано з проведенням реконструкції будівель і споруд, в процесі якої часто виникає необхідність відновлення і посилення залізобетонних елементів. Цей напрям у будівництві стає одним з найважливіших при розрахунках та проектуванні таких конструкцій.

Побудова робочих гіпотез, які найбільш повно відображають дійсний напружено-деформований стан залізобетонних складених конструкцій на основі аналізу та узагальнення експериментів з урахуванням його обурення у швах при наявності усереднених умовних зосереджених зсувів, несумісних деформацій бетону та арматури і ефекту порушення суцільності бетону.

Розглянули стрижневі залізобетонні конструкції будівель та споруд складеного перерізу та фактичний напружено-деформований стан залізобетонних складених конструкцій.

Із виконаного огляду досліджень випливає, що є достатньо представницький клас залізобетонних конструкцій, розрахункова схема яких може бути представлена у вигляді складеного стрижня з податливими зв'язками зсуву. Встановлено, що подальший розвиток теорії опору залізобетонних конструкцій і пошук відповідних розрахункових моделей визначення напружено-деформованого стану відбувається в напрямку поглибленого дослідження природи і характеру тріщиноутворення і розробки аналітичного апарату, заснованого на оцінці дійсного напружено-деформованого стану.

Завдяки узагальненню та аналізу зібраних результатів експериментальних і теоретичних досліджень побудована розрахункова

модель визначення дійсного напружено-деформованого стану у складених залізобетонних конструкціях, що враховує несумісні деформації бетону та арматури, умовні зосереджені зсуви у шві між бетонами і подальше фізично нелінійне деформування з урахуванням тріщин і ефекту порушення

суцільності бетону, поздовжньої сили, рівня попереднього напруження і місцевих силових полів.

Отримані дослідні дані про характер і ефекти деформування, за мірою збільшення навантаження у залізобетонних складених конструкціях, плоского напружено-деформованого стану бетону, поздовжньої і поперечної арматури при різних схемах завантаження, характері армування, класах бетону. При цьому підтверджено, що арматура стримує розкриття тріщини, протидіючи розкриттю її берегів і виникаючі при цьому реакції викликають місцевий стиск у бетоні в околиці тріщини – ефект порушення суцільності, який і призводить до зміни профілю тріщини від трикутного до складного (тріщини мають максимальне розкриття не на рівні вісі арматури, а у деякій зоні, віддаленій від вісі арматури на два діаметра).

Експериментально підтверджена правомірність використання гіпотези плоских перерізів для середніх деформацій робочої арматури та стиснутого бетону в кожному зі складових стрижнів. У місці шву між бетонами відбуваються обурення деформацій, які представляється можливим замінити умовним зосередженим зсувом при екстраполяції гіпотези плоских деформацій кожного шару в місцевих зонах, прилеглих до шву.

Висновки. Отримані аналітичні залежності та робочі передумови, необхідні для визначення параметрів НДС залізобетонних складених конструкцій, які враховують податливість шва між різними бетонами, ефект порушення суцільності, і відносних зосереджених взаємних зміщень між різними бетонами, а також бетоном та арматурою. Ці передумови базуються на положеннях теорії залізобетону і механіки руйнування, що надає можливість значно наблизити параметри НДС до дійсних.

Гіпотези Томаса–Голишева і деформаційного ефекту між арматурою і бетоном дозволяють визначити відносні взаємні зміщення на поверхні зчеплення $\varepsilon_{q,s}(z)$ з прийнятною для практичних розрахунків точністю.

Отримані експериментальні дані, які доповнюють накопичений експериментальний матеріал і надають можливість перевірки запропонованих гіпотез деформування залізобетонних складених конструкцій з урахуванням нових ефектів деформування та перевіркою запропонованих розрахункових залежностей для подальшого ефективного проектування посилення залізобетонних конструкцій будівель та споруд або при проведенні їхньої реконструкції.

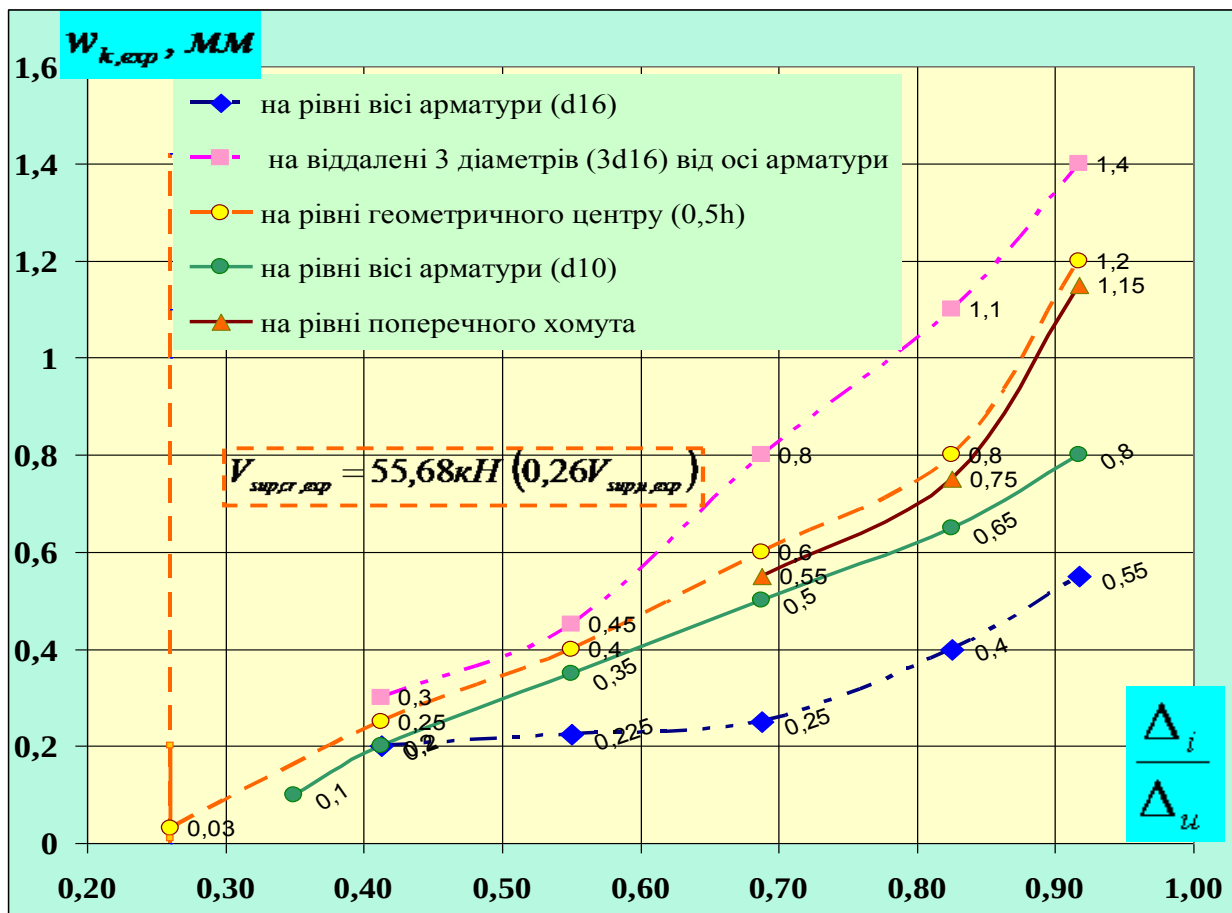


Рис. 1 Графіки залежностей ширини розкриття утвореної тріщини Тр1. першого рівня тріщиноутворення (сторона А) від Δ_i / Δ_u експериментальної складеної конструкції четвертої серії БС–IV–1,0–150 прольотом «зрізу» 1,0

Підтверджена доцільність використання гіпотези плоских перерізів у межах кожного із складених стержнів для середніх деформацій бетону і арматури у залізобетонних конструкціях на всьому діапазоні навантаження.

Експериментально підтверджено багаторівневу схему тріщиноутворення та отримані наступні експериментальні значення коефіцієнта жорсткості шва ξ : для швів між бетонами С16/20–С25/30, $\xi = 1982,2 \text{ kN} / \text{cm}^2$; для швів між бетонами С25/30–С25/30, $\xi = 2528,5 \text{ kN} / \text{cm}^2$.

Це надає змогу використовувати експериментально отримані значення коефіцієнта жорсткості шва у визначенні дійсних параметрів напружено-деформованого стану складених залізобетонних конструкцій, необхідних для їхнього раціонального проектування при реконструкції будівель та споруд.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ЗАПАСУ ПАЛІ ПРИ УМОВІ ЗБІЛЬШЕННЯ СЕЙСМІЧНОСТІ

Бакулін Є.А., к.т.н., доц., Герасименко М., магістр
Національний університет біоресурсів і природокористування України

При проектуванні будівель в сейсмічних районах слід використовувати пальову основу фундаментів без з'єднання паль із ростверком за рахунок влаштування проміжної подушки.

Інженерні вишукування для проектування пальових фундаментів мають бути доповнені матеріалами сейсмічного мікрорайонування майданчика будівництва.

Пальові фундаменти будівель і споруд з урахуванням сейсмічних впливів повинні розраховуватися на особливе сполучення навантажень за граничними станами І групи. При цьому необхідно передбачати:

- а) визначення несучої здатності палі на стиск, висмикування та горизонтальні навантаження;
- б) перевірку стійкості за властивостями ґрунтової основи з умови обмеження тиску, що передається на ґрунт бічними поверхнями паль;
- в) розрахунок паль за міцністю матеріалу на спільну дію розрахункових зусиль (поздовжньої сили, згинального моменту та поперечної сили), які визначаються залежно від розрахункових значень сейсмічних навантажень.

Розрахункове визначення несучої здатності паль на стиск або висмикування, навантаження F_{eq} допускається виконувати згідно з додатком Н (Зміни №1 ДБН В.2.1-10-2009) за значеннями R і f_i , помноженими на знижувальні коефіцієнти умов роботи ґрунту γ_{eq1} і γ_{eq2} , наведені у таблиці Н.7.1, або отримані спеціалізованою організацією в результаті випробувань паль імітованими сейсмічними впливами.

Несуча здатність палі F_{eq} , [кН], що працює на вертикальний стиск і висмикування, за результатами польових випробувань повинна визначатися з урахуванням сейсмічних впливів за формулою:

$$F_{eq} = k_{eq} F_d ;$$

де k_{eq} - коефіцієнт, що враховує зниження несучої здатності палі при сейсмічних впливах, який визначається розрахунком як відношення значення несучої здатності палі, обчисленої відповідно до пунктів 8.5.6.22 - 8.5.6.24 (Зміни №1 ДБН В.2.1-10-2009), з урахуванням сейсмічних впливів і значення

несучої здатності палі, визначеної згідно з вимогами підрозділу 8.5.2 без урахування сейсмічних впливів;

F_d - несуча здатність палі, [кН], визначена за результатами польових випробувань відповідно до пункту 8.5.3 (Зміни №1 ДБН В.2.1-10-2009) без урахування сейсмічних впливів.

Висновок. Для пальових фундаментів що працюють в сейсмічних районах, слід застосовувати палі всіх видів, крім паль без поперечного армування, булавоподібних і буроін'єкційних малого діаметра. Застосування буронабивних паль допускається лише в стійких ґрунтах, що не вимагає закріплення стінок свердловин, при цьому діаметр паль має бути не менше ніж 400 мм, а відношення довжини палі до її діаметра – не більше ніж 1/25.

UDC 725

ST. SOPHIA CATHEDRAL XXI CENTURY

Bakulina V.M., senior lecturer, Tokarev G.S., stud.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

St. Sophia Cathedral was founded in 1037 by Prince Yaroslav. Sofia Kyivska became the main temple of the country in which the first library in Russia was founded, there was a chronicle and the tombs of the Grand Dukes were located. Originally, St. Sophia Cathedral was a five-nave cross-cathedral church with 13 chapters. The cathedral had a pyramidal composition. The large central dome on a high drum with 12 window openings was surrounded by four smaller and lower, below which were placed the other eight domes.

In the XV-XVI centuries. The cathedral was generally without a roof - all this negatively affected the frescoes. To this day, from 5000 m frescoes were created in the XI century survived a little over 2000m. In the early 1930s, the Soviet authorities decided to destroy Sofia, only the intervention of France, which remembered that Queen Anna was the daughter of the founder of the temple of Yaroslav the Wise, ruined the destruction of this relic. The Sofia Museum-Reserve, was founded in 1934, where research and restoration works were started. In 1990, the St. Sophia Cathedral, as well as the Kiev-Pechersk Lavra, became the first listed UNESCO World Heritage Site as an architectural monument on the territory of Ukraine. Now St. Sophia Cathedral remains one of the largest European churches, and the building belongs to the main Christian shrines of Eastern Europe. Due to the fact that Sofia was included in the World Heritage, worship was

prohibited there. The exception was the Independence Day of Ukraine. However, in February 2016, after nearly 90 years of interruption, the Ministry of Culture restored the worship on the territory of the Farewell Church. On January 10, 2019, Tomas returned to Ukraine and was presented to people in the St. Sophia Cathedral. One of the most interesting news is a burial place with a pagan woman was discovered in the temple by archaeologists.



Fig.1. Excavations of the church of Sophia of Kiev 2018

The most surprising thing is that the burial site is older than the church, according to the information, the burial is dated approximately 9 centuries. In a woman found foot was cut off sharp object. At the moment, archaeologists are trying to establish whether this was a ritual punishment or cruelty of the attackers. Exactly experts can only say that the woman was a pagan. This is evidenced by the shape of the funeral pit, it is turf shaped, not rectangular, and it is at a slight depth.

We know that in the city of Yaroslav there was a Yazichy burial mound, perhaps this is a burial place from this burial ground, "said Vladimir Savitsky, Senior Researcher at the Sofia Kyivska Reserve. Archaeologists came to the burial place by accident: after the rain, the land began to sink on the territory of the reserve, and during excavations at a depth of 5 meters they discovered these finds. The greatest pride for archaeologists is the bronze stud. The decoration is beautifully preserved, although it is more than 800 years old. Such studs were from the Bronze Age and before the times of Kievan Rus, they were mostly women.

Now excavations are discontinued, but archaeologists plan to dig deep into the ground and hope to find the remnants of the house and everyday objects.

List of references:

1. <https://kiev.vgorode.ua/news/sobytyia/374924-na-terrytoryy-sofyiskoho-sobora-nashly-zakhoronye-starshe-samoho-khrama>
2. <https://kyiv.comments.ua/news/2018/09/13/163803.html>

UDC 624.012.45(076)

PROPERTIES OF CONCRETE WITH DETERMINING BOARDS

Bakulina V. M, senior lecturer, Pylypenko M., stud.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Building material requirements are constantly increasing. If several decades ago, all buildings and structures were built using a common formulation - sand, crushed stone, water and cement, then today a fundamentally different composition is used. Modern developments and novelties allow to provide concrete concrete quality requirements for certain conditions.

The addition of plasticizers to concrete allows you to achieve from the solution of the required plasticity and mobility, easy laying and at the same time maintain an important parameter - the strength and characteristics inherent in this concrete brand. The final result - the terms of the project are met, and the design strength corresponds to the documentation.

All types of chemical additives added to concrete are classified according to the interaction with the solution, physico-mechanical and operational characteristics.

Hydrofobizators. Used for protection of concrete from the influence of moisture (structures for basement floors, cellars, basins and buildings that are in appropriate climatic conditions).

Defrosters / hardening accelerators. Regulates the process of hydration of cement and its seizing at the most important stage. Additives are added to the solution when it is necessary to reduce the speed of the strength set or vice versa, to increase it.

Mobility regulators, plasticizers, superplasticizers. Used to increase the elasticity of the finished mixture. It also distinguishes a group of surfactants, the use of which allows to reduce the flow of water, while maintaining the strength and reliability of cement.

Inhibitors. The reinforcing rods are prone to corrosion, even if they are inside the concrete structure. Inhibitory supplements exclude corrosive effects, and therefore, the entire structure serves much longer.

Reinforcing. Not only the fittings are used for tandem with concrete; Polypropylene or basalt fibers, fiberglass and other special additives create a certain "mobility" of concrete with the preservation of strength. In other words - the appearance of shrinkage and deformation is excluded.

Anti-frost supplements.

A special segment in the market is a series of additives in concrete, which are introduced into the solution in the cold season. For the performance of work in the winter at significant low temperatures, these additives are used precisely at low temperatures, the hydration of cement is significantly reduced, and when the mark is reached -5°C is stopped due to freezing of water. The introduction of antifreeze additives (antifreeze) provides the preservation of the liquid phase and hydration of minerals Portland cement. So the finishing strength of the foundation and the construction in general will conform to the standards.

Each of these additives is used in construction and contributes to its application in the industry. Their use contributes to creeping work on the construction site and the construction industry. All project requirements, as well as terms according to the calendar plans, are met.

List of used literature:

1. :<https://megabud.com.ua/ua/articles/remont/klassifikatsiya-i-svoystva-dobavok-v-beton/>
2. «Anti-freeze additives in concrete»: <http://superbeton.com.ua/beton-proizvoditelia/vidy-dobavok-dlya-betona>

UDC 624.

RELIABLE WATERPROOFING - GUARANTEED DURABILITY OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Yarmolenko M., prof., Khutorianska Y., stud.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Water continues to damage or completely destroy more buildings and structures than war or natural disasters. Water and moisture infiltration is also responsible for mold formation. Adequately controlling groundwater, rainwater,

and surface water will prevent damage and avoid unnecessary repairs to building envelopes.

Site construction requires combining numerous building trades and systems into a building skin to prevent water infiltration. Our inability to tie together these various components effectively causes the majority of water and weather intrusion problems. Actual experience has shown that the majority of water intrusion problems occur within a relatively minute portion of a building's total exposed surface area. An inability to control installation and details linking various building facade components that form the building's exterior skin creates the multitude of problems confronting the design and construction industry.

It's necessary to protect the whole building external structure in order to prevent the water penetration. For that to happen, all the outside building lighting and mechanical equipment, even signage and other decorating elements have to be waterproof.

Each individual system then must act integrally with all others as a total system for complete effectiveness.

If we compare the experience of waterproof materials usage in Ukraine to England we can come up with the following conclusions:

1. English regulatory framework higher requirements for the waterproof systems choosing process and their further installation;
2. In England, it's much more common to use waterproofing that are made from modified materials on a polymeric basis;
3. We believe that conducted analysis allows us to assume that Ukraine should take the English experience that they have in buildings and structures waterproofing and improve it's regulatory framework.

If we compare Ukrainian structural and technological waterproofing solutions that can be applied to building foundation to English ones we can borrow next additional waterproofing elements:

1. perforated pipe that should be installed at the soil level and covers it with special moms that are located in the gravel ancient field;
2. overning tilt angle expansion (according to the Ukrainian norms - 2-3% and more than 4% according to English norms);
3. hydrospin installation at the junction between the foundation pillow and the foundation;
4. Waterproof cover should be protected with a special drain mat in order to prevent possible damage.

Waterproof materials and systems continuous improvement is reflected in the normative base of many states. Unfortunately we don't pay much attention neither to the development of new structural and technological solutions for

buildings and structures waterproofing nor to regulatory framework improvement. For several years, the Ministry of Regional Development and Construction did not approve the new waterproofing State Building Codes of Ukraine which was proposed by well-known specialists in this field (Bagley A., Garmash O., Yarmolenko M. and others). And today we have the most urgent need to create such a normative document.

Improper attention to specified details of terminations, junctures, and changes in materials during installation can cause water infiltration. Once construction begins, installation procedures must be monitored continuously to meet specified design and performance criteria and manufacturers' recommendations.

Object waterproofing is one of the most important indicators of quality of construction. Today, there are many cases of non-compliance in the work done that make the building waterproof. This work is usually performed by insufficiently qualified specialists. Waterproofing is usually made as a hidden constructive element that is really hard to repair. Its recovery can cost 2-3 times more than construction.

Conclusion. Buildings and structures durability, operational conditions and microclimate during the exploitation of premises depend on waterproofing reliability. At the same time, the installation of waterproofing is one of the most labor-intensive and least mechanized processes. Waterproofing installation is one of the most labor-intensive and the less mechanized processes at the same time. Our studies have confirmed that we need cardinal changes both in design and technological decisions, and in materials that are used. We should definitely consider English builders experience.

UDC 725

DEVELOPMENT OF TRANSPORTATION OF BUILDING MATERIALS ON A RIVER

Bakulina V. M., senior lecturer, Lavrynovych M. V., stud.
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Even during the construction of tombs in Egypt was necessary to deliver large heavy stone blocks to the harbor of Giza. Several quarries lie along the Nile, where they extracted various types of stone and carried them to the construction sites by boat. Granite from Aswan was supposed to cross the river Nile in large

barges about 934 km. Ships transporting limestone from the Tours were to cross the Nile, and then through the canals up to 13-17 km, until they reached the harbor of Giza. Frants Loner determined that the Egyptians combined two barges with a raft on which the stone was loaded for the transport of heavy stone blocks on the river. The raft lies between the longitudinal sides of the two ships and attached to them rigidly, so that the barges do not lean inward from the heavy load. The two barges and raft form a stable unit (Fig. 1).

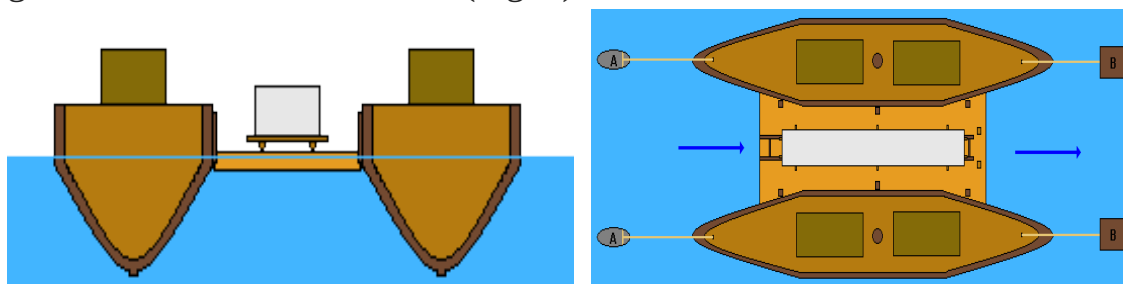


Fig.1. Illustration: small raft (B) in front of barges and stone (A) tied to a rope

A raft with heavy stone bricks will have a negative buoyancy, but barges give an extra boost and compensate for it. According to J. Goyon [3], Egyptian barges (or ships) have an average load of 40 tons. Having made the appropriate calculations Franz Lönner reduces this figure to 30-35t. With a combination of two barges and a rigidly mounted raft, the carrying capacity of the vessels increases to 60-70 tons. Such a technology of delivery of building structures was used in Ukraine during the construction of power plants, when the weight and dimensions of the construction could not be delivered in another way. The development of river transport in our time has great prospects.

УДК 624.012.45(076)

АНАЛІЗ СПІВСТАВЛЕННЯ ВАРІАНТІВ ПОКРИТТЯ МЕТАЛЕВОГО ТА ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КУПОЛА ДІАМЕТРОМ 36м.

Бакулін Є.А., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Оболонки являють собою просторові тонкостінні конструкції з криволінійними поверхнями. Просторова робота оболонки забезпечується жорсткими торцевими діафрагмами, які сприймають тангенціальні зусилля,

які виникають по краях оболонки. Як правило, такі оболонки великих прольотів мають невелику товщину (від 30 до 100 мм).

Для визначення оптимального варіанта покриття проведено аналіз співставлення роботи металевих та залізобетонних куполів при перекритті манежу діаметром 36 м. З цією метою виконуємо розрахунок двох куполів у ПК ЛІРА на дію постійних і тривалих навантажень за першою та другою групою граничних станів. На рис. 1 наведено розрахункову схему купола у залізобетонному варіанті з нумерацією вузлових елементів і схемою навантажень. Результати розрахунків залізобетонного купола (Рис. 2)

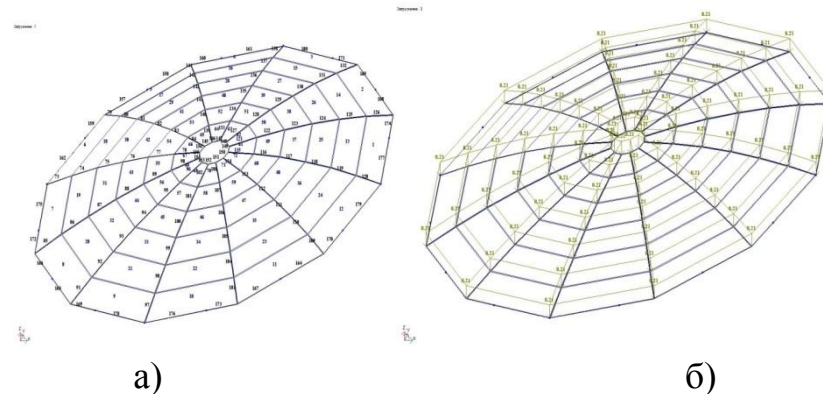


Рис. 1. Залізобетонний купол: *а* – розрахункову схему; *б* – схема навантажень

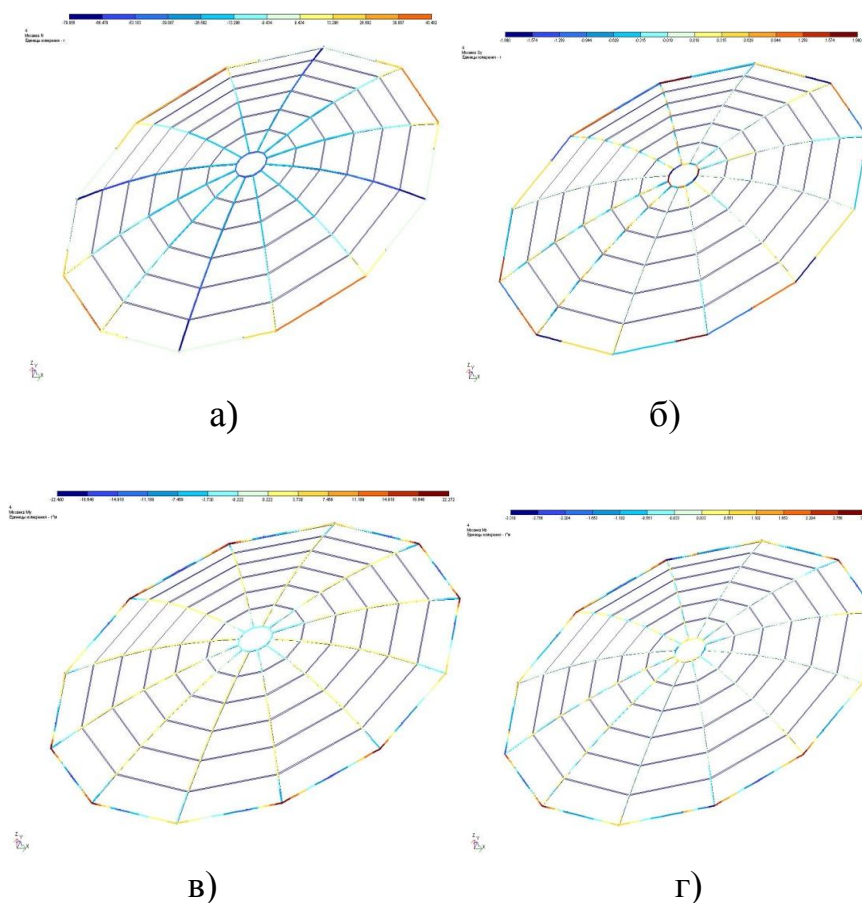


Рис. 2. Мозаїка зусиль: *а* – повздовжні зусилля N ; *б* – зусилля Q_y ; *в* – зусилля M_y ; *г* – зусилля M_y

Розрахунок варіанту металевого купола виконаний в ПК Ліра. На рис. 3 наведено розрахункову схему купола у металевому варіанті з нумерацією вузлових елементів і схемою навантажень. Результати розрахунків (Рис. 4).

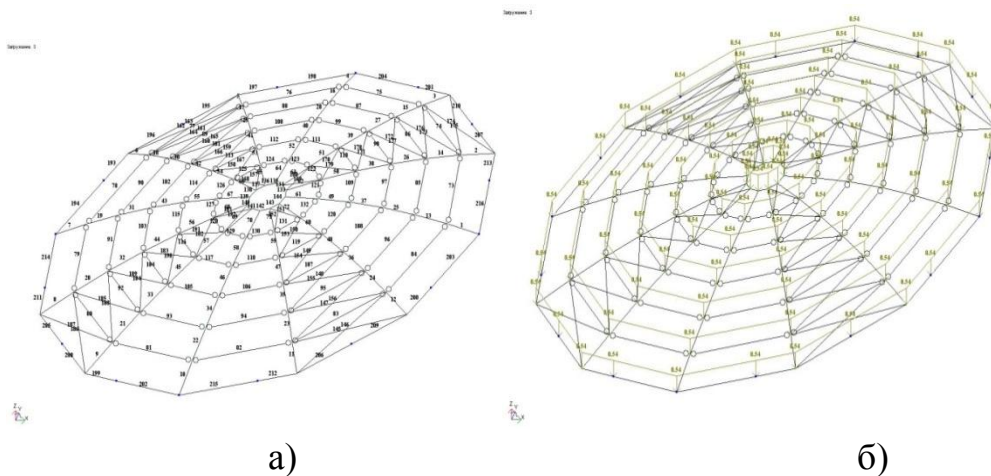


Рис. 3. Металевий купол: *а* – розрахункову схему; *б* – схема навантажень

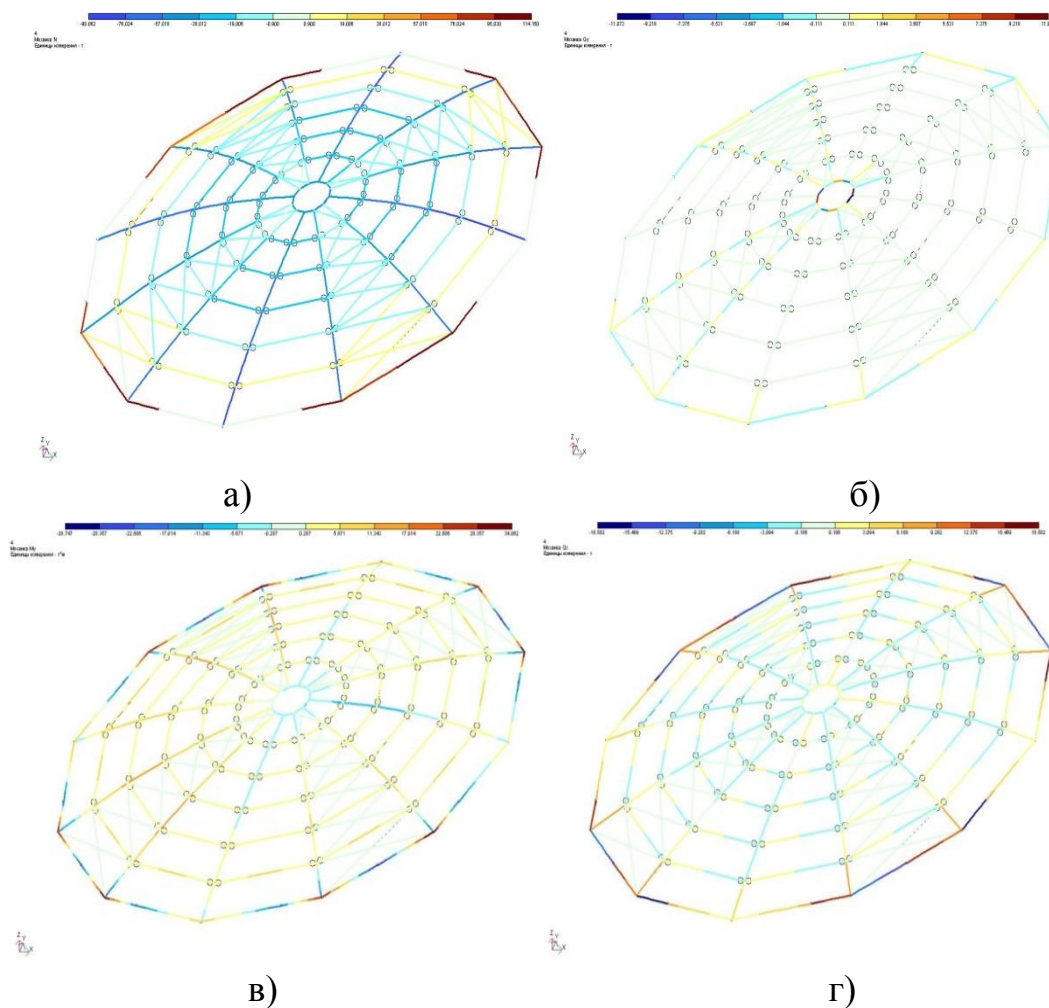


Рис. 3. Мозаїка зусиль: *а* – повздовжні зусилля N ; *б* – зусиль Q_y ; *в* – зусиль M_y ; *г* – зусиль M_y

Зусиль, що виникають в ребрах та опорному кільці двох варіантів куполів наведено в таб.1.

Таблиця 1

Порівняння зусиль

Зусилля	Одиниці вимірювання	Металевий купол	Залізобетонний купол	Різниця
N	тс	115	80	35
Q_y	тс	11	2	9
M_y	тс*м	35	23	12
Q_z	тс	19	14	5
M_z	тс*м	6	4	2

Висновок. За результатами проведених розрахунків варіантів металевих та залізобетонних куполів діаметром 36 м, визначено, що при порівнянні зусиль N , Q_y , Q_z , M_y , M_z які виникають в ребрах та опорних кільцях куполів, зусиллях в залізобетонному куполі майже в 1,5 разів менші зусильніж в сталевому куполі. Це свідчить про те, що влаштування залізобетонного куполу є економічно вигіднішим, так як витрати матеріалів і трудовитрат менші, ніж при влаштуванні металевих куполів.

УДК 624.012.45

МОНІТОРИНГ СТАНУ МІСЬКИХ ШЛЯХОПРОВОДІВ

Степанчук О.В., д.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вступ. Проблема технічної безпеки шляхопроводів є надзвичайно актуальною в великих і найбільших містах України, тому що аварійний або передаварійний стан споруди не тільки викликає загрозу безпеки руху по ньому, але й у випадку закриття шляхопроводу створює значні складності в міському вуличному русі, в результаті чого місто зазнає значних економічних втрат. Необхідно також відмітити, що 90% усіх шляхопроводів у містах України були збудовані в 60-70-х роках минулого століття і на даний час працюють на межі своїх можливостей. Негативним прикладом є та аварійна ситуація, яка склалася на Шулявському шляхопроводі в 2017 році. Тому одним із підходів щодо забезпечення надійності та безпеки функціонування шляхопроводів на міських вулицях є створення ефективної

системи спостереження та контролю за станом конструкцій і елементів мостових переходів, естакад та шляхопроводів.

Основна частина. На даний час контроль розвитку небезпечних ситуацій на міських шляхопроводах повинен здійснюватися за допомогою системи автоматизованого та неавтоматизованого моніторингу. Відповідний моніторинг дозволяє своєчасному виявленню критичних деформацій та напружень у конструкціях шляхопроводів з наступним прийняттям рішень щодо режимів та умов руху транспортних потоків, проведенню робіт по ремонту та підсиленню конструкцій.

Основною задачею проведення моніторингу транспортних споруд є визначення фактичного становища напружено-деформованого стану прольотних будов і опор шляхопроводів при різних зовнішніх факторах впливу. Така задача вирішується за допомогою комп'ютерно-вимірювальних систем, які дозволяють зібрати інформацію про стан конструкцій, за допомогою якої можна оцінювати умови функціонування споруд, накопичення деформації та ресурсів шляхопроводу. На даний час існує значна кількість різного роду приладів та пристроїв, які дозволяють з відповідною точністю визначити напружено-деформований стан конструкцій [1]. Серед них основну увагу необхідно приділити електронним приладам та приладам, які працюють з аналоговими цифровими перетворювачами, тому що вони дозволяють проводити вимірювання без безпосередньої участі людини з використанням комп'ютерної мережі для обробки та аналізу отриманої інформації.

Також важливою складовою моніторингу транспортних споруд є система геодезичного моніторингу [2]. Параметри, які контролюються при проведенні даного типу моніторингу, є переміщення прольотних будов і опор у різних точках конструкцій та територій, де знаходиться сам шляхопровід. Питання геодезичного моніторингу вирішуються традиційними методами: високоточного нівелювання, тахометричною зйомкою з побудовою різних геодезичних мереж. На даний час застосовуються як традиційні методи спостереження за деформаціями, а саме нівелювання та визначення горизонтальних і вертикальних зміщень, так і сучасні технології: лазерне сканування, застосування глобальних навігаційних супутникових систем.

Застосування відповідних методик моніторингу транспортних споруд дозволяє визначити критичні значення контрольованих параметрів; використання апарату математичного моделювання дозволяє підвищити технічну безпеку і надійність споруд, що дозволяє прогнозувати небезпечні ситуації протягом усього часу експлуатації транспортних споруд з подальшим проведенням заходів і робіт по ліквідації небезпечного впливу.

Висновок. Система моніторингу транспортних споруд повинна бути тісно пов'язана з системою їхньої експлуатації та із вимогами діючих будівельних норм та стандартів по забезпеченню вимог до їхньої експлуатації та утримання. Моніторинг повинен бути частиною системи утримання міських шляхопроводів і в автоматизованому вигляді видавати проекти рішення по забезпеченню умов функціонування міських шляхопроводів.

Список використаних джерел:

1. Хазанов Л.М. Анализ напряженно-деформированного состояния мостовых конструкций с использованием компьютерной измерительной системы: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.11/ Л.М. Хазанов.-М., 2007.-20с.
2. Азаров Б.Ф. Современные методы геодезических наблюдений за деформациями инженерных сооружений / Б.Ф. Азаров/ Ползунов. Вестн. – 2011.- №1.-С.19-29.

УДК 624.012.45(076)

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕКСПЛУАТОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА

Бакулін Є. А., к.т.н., доц., Одноліток К.О., студ.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Обстеження технічного стану будівельних конструкцій є самостійним напрямком будівельної діяльності, що охоплює комплекс питань, пов'язаних із забезпеченням експлуатаційної надійності будинків, з проведенням ремонтно-відновлювальних робіт, а також з розробкою проектної документації з реконструкції будівель та споруд.

В даному випадку ми розглядаємо обстеження технічного стану конструкції даху будівлі незавершеної реконструкції ДНЗ №658 по проспекту Голосіївський 94/96 у Голосіївському районі м. Києва. Метою обстеження було встановити відповідність та якість виконаних робіт по реконструкції об'єкта згідно проектної документації. Роботи виконувались в такій послідовності: *аналіз представлених документів і будівельно-нормативної літератури; візуальне обстеження та фотофіксація поточного стану об'єкта; аналіз-співставлення представлених документів на відповідність чинним*

будівельним нормам; співставлення *результатів візуального обстеження об'єкта та результатів аналізу представлених матеріалів.*

Провівши обстеження можна зробити такі висновки: роботи з влаштування даху та покрівлі не завершені. Несуча кроквяна система даху виконана не за проектними рішеннями (рис. 3,4). Судячи з проектного рішення існуючий консольний залізобетонний карниз повинен бути демонтований, для запобігання утворення «мостика холоду», з подальшим влаштуванням полегшеної карнизної підшивки по зовнішньому утеплюючому шару, що відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2016: Теплова ізоляція будівель. Фактично зазначені роботи не виконанні, що буде сприяти промерзанню стін та утворенню на них конденсату. Крім того, спирання «кобилок» крокв на залізобетонний консольний карниз, при дії снігового навантаження, може привести до його деформацій і руйнуванню.

На час проведення технічного огляду виявлені наступні відхилення від чинних будівельних норм:

- «видри», що обрамляють димо-вентиляційні канали не забезпечують належне водовідведення з покрівлі будівлі;
- недостатні випуски покрівлі слухових вікон;
- частково зруйновано обрамлення звисів покрівлі.

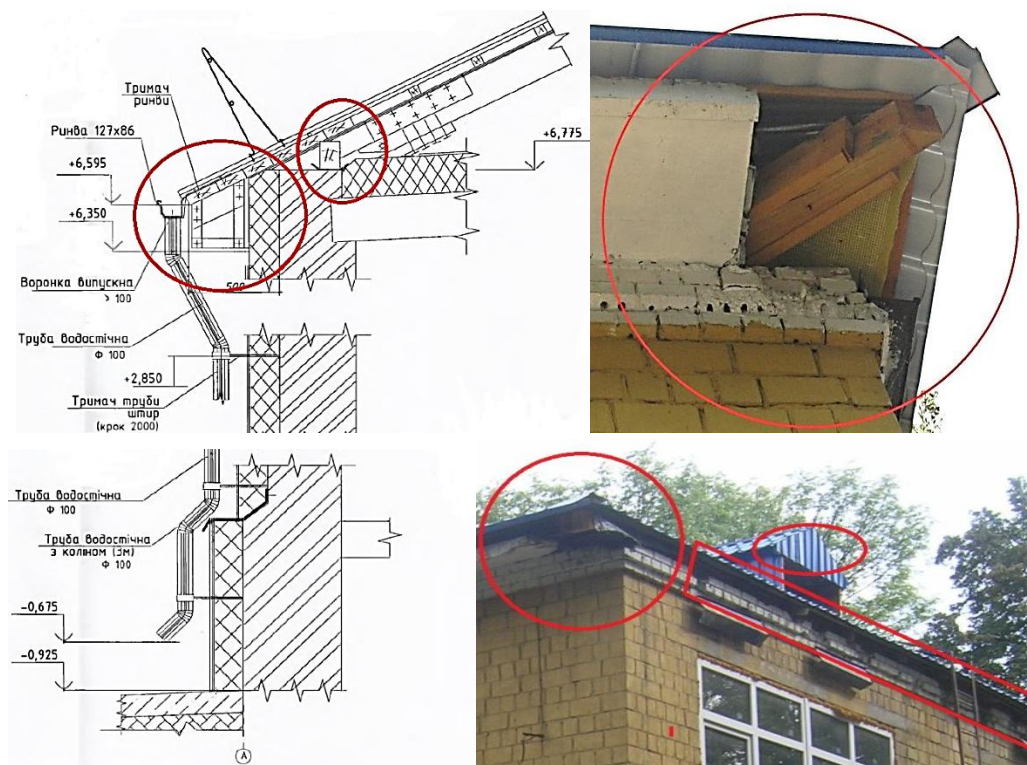


Рис. 3. Співставлення проектного рішення та фактичного виконання спирання кроквяної системи на зовнішні стіни будівлі

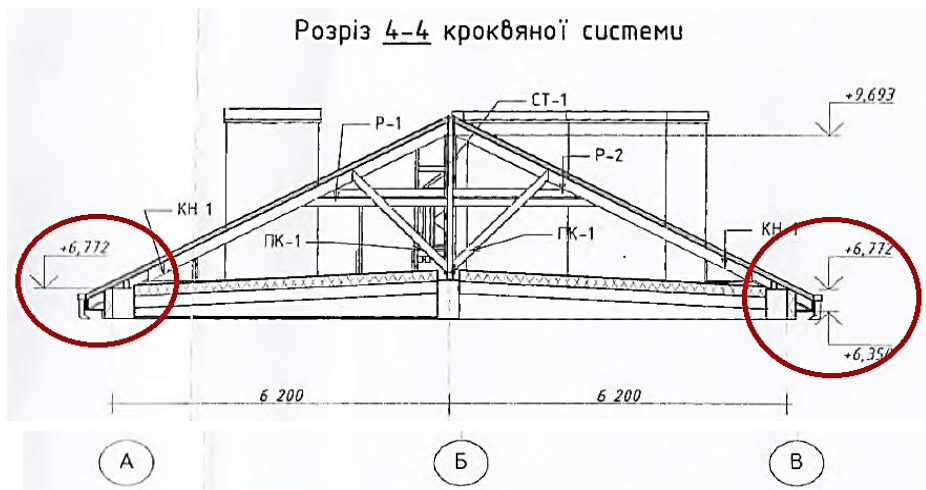


Рис. 4. Архітектурно-будівельні рішення кроквяної системи даху 1-09-ДН3656-503-АР.

З візуального огляду кроквяної системи даху не можливо визначити чи виконувались роботи з антисептичного та антипінного захисту деревини, а акти на приховані роботи не представлені. Аналізуючи проектне рішення кроквяної системи даху (рис. 4), треба зазначити, що воно має багато недоліків, зокрема:

- по периметру зовнішніх стін на позначки + 6,772 не передбачено влаштування монолітного залізобетонного поясу, якій необхідний для забезпечення просторової жорсткості будівлі, рівномірному перерозподілу напружень і запобіганню концентрації напружень від кроквяної системи даху та надійного кріплення «мауерлату»;

- за проектним рішенням ухили скатів покрівлі з металочерепиці становлять 18° та 20° . А для забезпечення належного відведення рідких та твердих опадів величини кута нахилу даху при використанні металочерепиці повинна дорівнювати не менш 22° . При двох прольотних базах будівлі по 6,0 м, кут нахилу даху повинен становити не менш 27° (рис. 5).

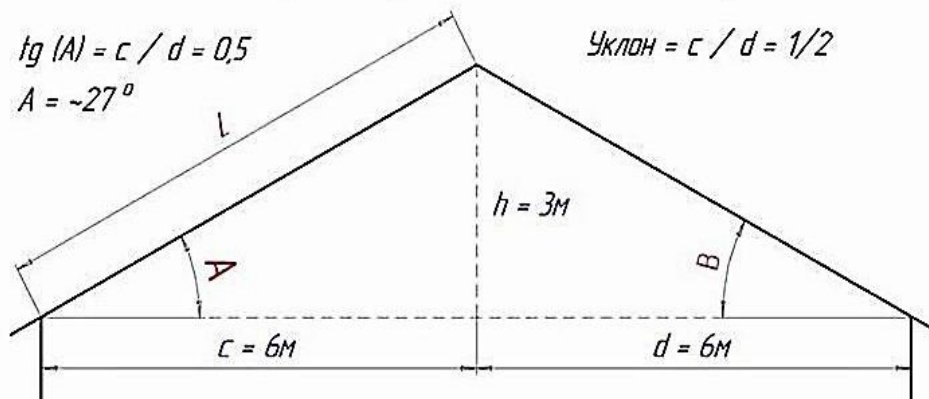


Рис. 5. Розрахунок кута ухилу скатів покрівлі

Висновок. Таким чином, по даху та покрівлі будівлі, можливо зазначити, що ні проектні рішення, ні якість виконаних робіт з їх реконструкції не відповідають вимогам нормальної документації експлуатації скатних покрівель з металочерепиці та не забезпечують надійне відведення рідких та твердих опадів. Тому технічний стан даху та покрівлі об'єкта можна віднести до III категорії технічного стану, тобто непридатний до нормальної експлуатації. До завершення заходів із відновлення експлуатаційної придатності (або до виведення з експлуатації) об'єкт має використовуватись за обмеженим режимом експлуатації, регламентованим спеціально розробленою програмою.

UDC 624.045.12

THE MODEL OF MULTILEVEL CRACK DEVELOPMENT IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

*Yakovenko I.A., Doctor of Engineering, Associate Professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

The main characteristic feature of bearing reinforced concrete structures is the presence of cracks in resisting its force and deformation influences [1].

In the case of a solid body whose strain-strain state is analyzed by the methods of the elasticity and plasticity theory, an elementary cube is distinguished. It describes the connection between stresses and deformations at a point [2]. Further, in the transition to a cross-section, the established link integrates across the cross-section. As a result, the problem is reduced to differential equations, the exact solution of which, as a rule, is very difficult. In the material resistance, a hypothesis of flat deformation for the entire cross section is adopted, which greatly simplifies the solution of the problem. For a non-permeable body with a crack (where body integrity is disturbed), when establishing a connection between stresses and displacements, the methods developed in the elasticity and plasticity theory and the resistance of materials are not applicable [2].

Nevertheless, the use of the basic cross-sectional method for cracking material brings its positive results [3]. This also applies to the approximate reception of the determination of the intensity coefficient of stresses; it can also be used for the allocation of a special two-cantilever element [4], which has found application in the fracture mechanics [2].

$$F_i = f(q_{sw}, x_B, \sigma_s, x, \sigma_c, \sigma_{s,l}, \sigma_{c,l}, C_2, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7), \quad (1)$$

where i is the index that determines the location of the desired cracks opening width or the minimum cracking load or load that corresponds to the minimum rigidity, etc.).

$$\left. \begin{aligned} &\frac{\partial f}{\partial x_1} + \lambda_1 \frac{\partial \theta_1}{\partial x_1} + \lambda_2 \frac{\partial \theta_2}{\partial x_1} + \dots + \lambda_m \frac{\partial \theta_m}{\partial x_1} = 0 \\ &\frac{\partial f}{\partial x_2} + \lambda_1 \frac{\partial \theta_1}{\partial x_2} + \lambda_2 \frac{\partial \theta_2}{\partial x_2} + \dots + \lambda_m \frac{\partial \theta_m}{\partial x_2} = 0 \\ &..... \\ &\frac{\partial f}{\partial x_n} + \lambda_1 \frac{\partial \theta_1}{\partial x_n} + \lambda_2 \frac{\partial \theta_2}{\partial x_n} + \dots + \lambda_m \frac{\partial \theta_m}{\partial x_n} = 0 \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

Then we may determine the distance between cracks s_r along the axes of the transverse reinforcement, knowing the stresses in the cross-sectional reinforcement in a section with a dangerous inclined crack (by the criterion of the maximum opening width at the level of the axis of the transverse reinforcement).

$$s_{rj} \leq \beta \cdot s_{rj-1}, \quad (3)$$

Thus, the process of formation of cracks continues until destruction of the reinforced concrete construction (RCC). There is not one, as it is accepted in a number of known techniques, and several levels of cracking:

$$\left. \begin{array}{l} s_r > s_{r,1} - RCC \text{ has no cracks;} \\ s_{r,1} > s_r > s_{r,2} - \textit{first level of cracks formation;} \\; \\ s_{r,n} > s_r > s_{r,n+1} - n\text{-level of cracks formation} \end{array} \right\}. \quad (4)$$

The following symbols are entered in the fig. 1: $s_{r,i}$ – the distance between i -th cracks; $s_{r,i,m}$ – the averaged distance between the projections of the cracks on the horizontal; Q_{sw} – transverse force in rebar; $w_{k,sw}$ – width of opening of cracks at the level of axis of transverse rebar; α_{cr} – angle of the crack inclination of in relation to the horizontal axes; A_{sw} – the area of the transverse rebar; stresses arising in the transverse rebar from the force Q_{sw} ; S – step of transverse rebar; $\tau_{i,m}$ & $\tau_{i+1,m}$ – corresponding tangential stresses acting along the cut volume of concrete.

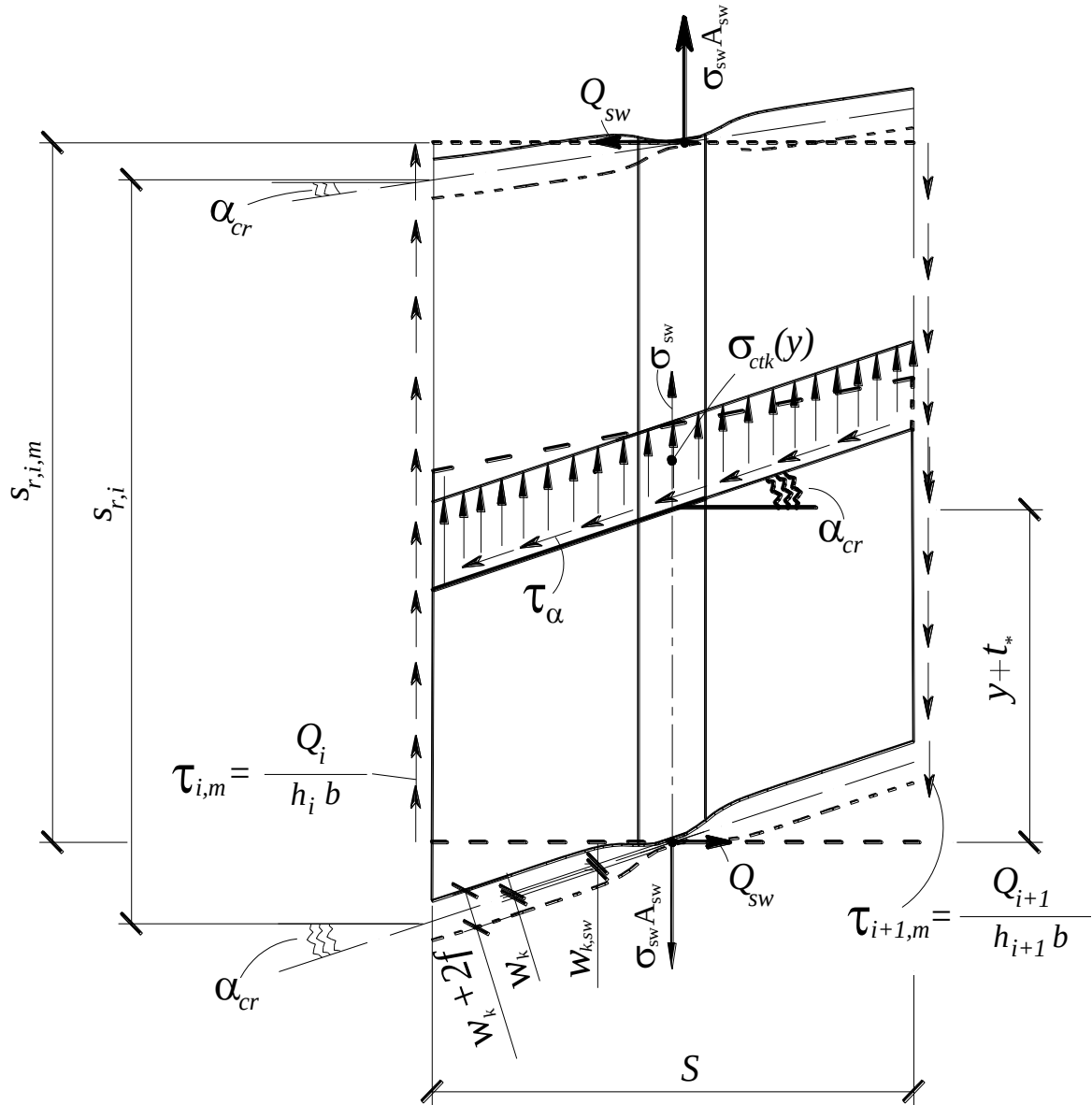


Fig. 1. Level model for determining the deformation of stretched concrete $\varepsilon_{ctk}(y)$ along the axis of the transverse of i -th level of the various cracks formation and the distance between them in RCC

The degree of crack's implementation (crossing these cracks transverse reinforcement or it will only cross the dangerous inclined crack) is determined from the consideration of the stress-strain state along the transverse rebar based on the

calculation scheme of the next level shown in Fig. 1. The volumes of concrete (formed by the thickness of the structure and the dimensions, compared with the step of the transverse reinforcement or with the double thickness of the protective layer of longitudinal reinforcement, respectively) are cut from the reinforced concrete structure. They include transverse or longitudinal reinforcement and are considered as level models. They are used to determine the deformations of the stretched concrete $\varepsilon_{stk}(y)$ along the axis of the transverse rebar of the i -th level of the of various cracks formation and the distance between them in reinforced concrete structures.

Conclusion

It is presented the model of multilevel cracks development in reinforced concrete structures. It is based on more subtle tools and basic provisions of fracture mechanics. It allows to bring the calculated and experimental parameters of distances between cracks into conformity. The presented calculating apparatus allows to determine the parameters of cracks formation, the resistance of stretched concrete between cracks and the distance between them.

References

1. Iakovenko I, Kolchunov V, Lyamar I, Rigidity of reinforced concrete structures in the presence of different cracks, MATEC Web of Conferences. 6th International Scientific Conference «Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings». Transbud-2017. Kharkiv, Ukraine, April 19–21, Vol. 0216, (2017), 12 p.
2. ACI Committee 446, Fracture Mechanics (1992), Fracture mechanics of concrete structures. Part I, State-of-Art Report (Edited by Z.P. Bažant), Elsevier Applied Science, London and New York: 1–140.
3. Bambura AM, Pavlikov AM, Kolchunov VI, Kochkarev DV, Iakovenko IA, Manual for the calculation of reinforced concrete structures in accordance with the current norms of Ukraine (State Building Standards 2.6.B-98:2009) and new deformation models developed for their replacement, Toloka Publ., (2017), pp: 113–249.
4. Iakovenko I, Kolchunov VI. “The development of fracture mechanics hypotheses applicable to the calculation of reinforced concrete structures for the second group of limit states”, Journal of Applied Engineering Science, Vol. 15(2017)3, article 455, (2017), pp. 366–375, doi:10.5937/jaes15-14662.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РУХУ МАТЕРІАЛЬНОЇ ЧАСТИНКИ ПО РАДІАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ ОБЕРТОВОМУ ЦИЛІНДРІ З УРАХУВАННЯМ ТА БЕЗ УРАХУВАННЯ ОПОРУ ПОВІТРЯ

Голуб Г.А., д.т.н., проф., О.А. Марус, к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Підвищення ефективності роботи пристроїв, що містять рух частинок по радіальних площинах закріплених у горизонтальному обертовому циліндрі, потребує обґрунтування методів визначення параметрів відцентрового руху частинок по радіальній площині, які дозволять встановити раціональні значення кутової швидкості та їх конструктивні параметри. За даним принципом працюють пристрої для перемішування біомаси, які все більше знаходять поширення особливо при розробці біотехнологічних процесів ферментації.

За результатами теоретичних досліджень отримано рішення диференційного рівняння, яке описує рух матеріальної частинки по радіальній площині в горизонтальному обертовому циліндрі із урахуванням опору повітря та має наступний вигляд для переміщення і відносної швидкості руху частинки по площині:

$$r = C_1 \exp(\lambda_1 t) + C_2 \exp(\lambda_2 t) + \frac{g}{w\sqrt{4w^2 + k_1^2}} \sin\left(B + \arctg \frac{4fw + k_1(1 - f^2)}{2[w(1 - f^2) - fk_1]} + wt\right); \quad (1)$$

$$v_R = \frac{dr}{dt} = \lambda_1 C_1 \exp(\lambda_1 t) + \lambda_2 C_2 \exp(\lambda_2 t) + \frac{g}{\sqrt{4w^2 + k_1^2}} \cos\left(B + \arctg \frac{4fw + k_1(1 - f^2)}{2[w(1 - f^2) - fk_1]} + wt\right). \quad (2)$$

де λ_1, λ_2 – корені характеристичного рівняння, c^{-1} .

Отримані рівняння переміщення та відносної швидкості дозволяють встановити параметри руху матеріальних частинок по радіальній площині обертового циліндра з урахуванням опору повітря.

Для прикладу, розрахуємо параметри руху матеріальної частинки, що відцентрово рухається по радіальних площинах в горизонтальному обертовому циліндрі при наступних вихідних параметрах: діаметр

горизонтального обертового циліндра – 2000 мм; радіус циліндра – 1000 мм; початковий радіус положення частинки на радіальній площині – 500 мм; прискорення сили тяжіння – $9,81 \text{ м с}^{-2}$; коефіцієнт тертя матеріалу по радіальній площині – 0,4; еквівалентний діаметр частинки – 0,001 м; щільність частинки – 1200 кг м^{-3} ; динамічна в'язкість повітря – $0,0000182 \text{ Н с м}^{-2}$.

Кутова швидкість для першого квадранта становила $4,16 \text{ рад с}^{-1}$, для другого – $4,34 \text{ рад с}^{-1}$, для третього – $5,13 \text{ рад с}^{-1}$, для четвертого – $4,71 \text{ рад с}^{-1}$.

Результати розрахунку параметрів руху матеріальної частинки в першому квадранті, що відцентрово рухається по радіальній площині в горизонтальному обертовому циліндрі при вищенаведених вихідних параметрах приведені на рисунку.

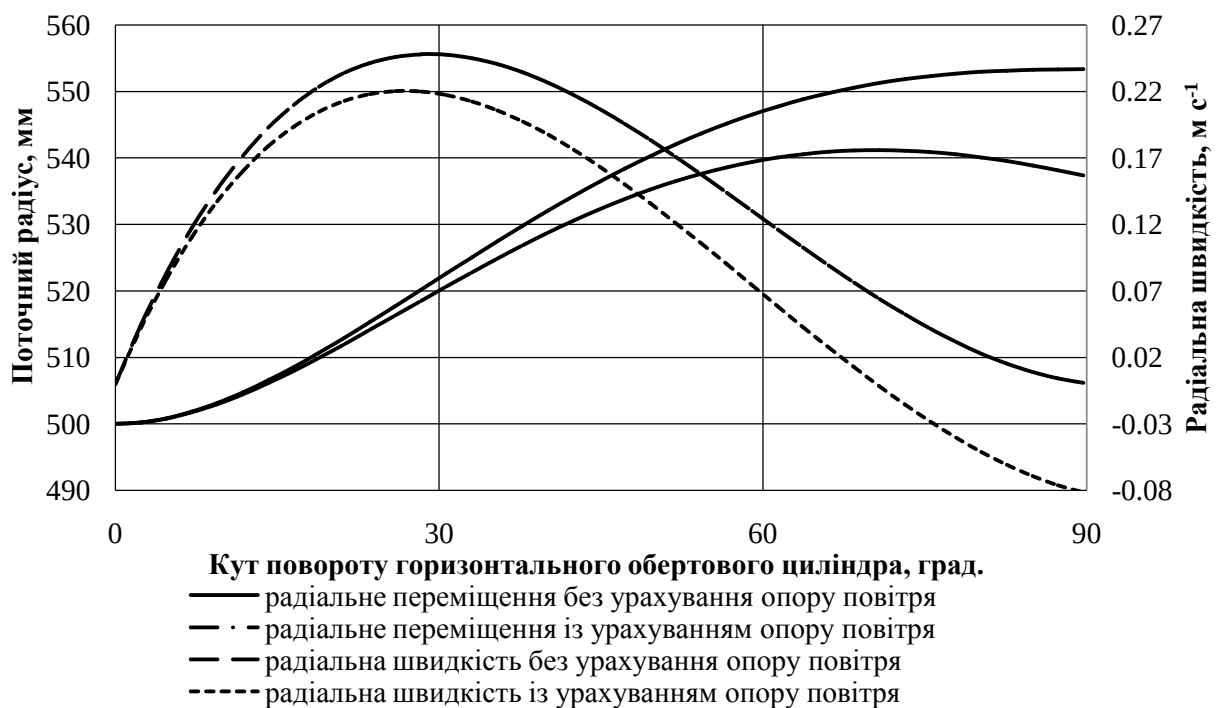


Рис. 1. Параметри руху частинки в 1-му квадранті (0-90 град.)

Із рис. 1 видно, що опір повітря впливає як на переміщення, так і на швидкість руху матеріальної частинки по радіальній площині. Причому радіальна швидкість, як з урахуванням, так і без урахування опору повітря зі зростанням кута повороту горизонтального обертового циліндра змінюється по різному. При зміні кута повороту горизонтального обертового циліндра від 0 до 30 градусів відбувається зростання радіальної швидкості, хоча з урахуванням опору повітря зростання радіальної швидкості має меншу величину. Це говорить про те, що відцентрова сила переважає сумарну силу тертя, а при зростанні кута повороту горизонтального обертового циліндра швидкість її починає знижуватись, оскільки сила тяжіння все в більшій мірі

протидіє руху матеріальної частинки в радіальному напрямку. При куті повороту радіальної площини в межах від 80 до 90 градусів матеріальна частинка із врахуванням опору повітря має від'ємну радіальну швидкість і починає рухатися у протилежну сторону. Радіальне переміщення матеріальної частинки із врахуванням опору повітря також змінюється на протилежне і вона починає рухатись по радіальній площині до центру горизонтального обертового циліндра.

UDC 621.87

SWINGING MODE OF THE BOOM CRANE OPTIMIZATION

Loveikin V., Romasevych Y., Kadykalo I.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

The work presents the method of solving the problem of elimination of load oscillations on a flexible suspension during the swing of a boom crane with simultaneous minimization of dynamic forces in the transmission mechanism. The essence of the method consists in the optimization of the crane swinging mode during transient processes (starting, braking). A complex integral dynamic criterion has been chosen as the optimization criterion. It includes the root-mean-square value of an elastic torque in the drive mechanism and the rate of its changing. The chosen criterion reflects the unwanted features of the drive mechanism of the crane boom system; therefore, its value has been minimized. As the optimization criterion is an integral functional, the variations calculus methods have been used to minimize it. The solution of the optimization problem is represented in the discrete form.

The ME-PSO method has been used for that purpose. It helped to obtain the minimum value of the optimization criterion and the discrete values of the kinematic, force and power characteristics (Fig. 1-3) of the boom system in compliance with the criterion's minimum.

The resultant optimal mode of the boom-system swing has made it possible to eliminate load oscillations on a flexible suspension, as well as to minimize the dynamic forces in the drive mechanism and metal structure of the crane. It has improved crane performance in terms of reliability and energy efficiency.

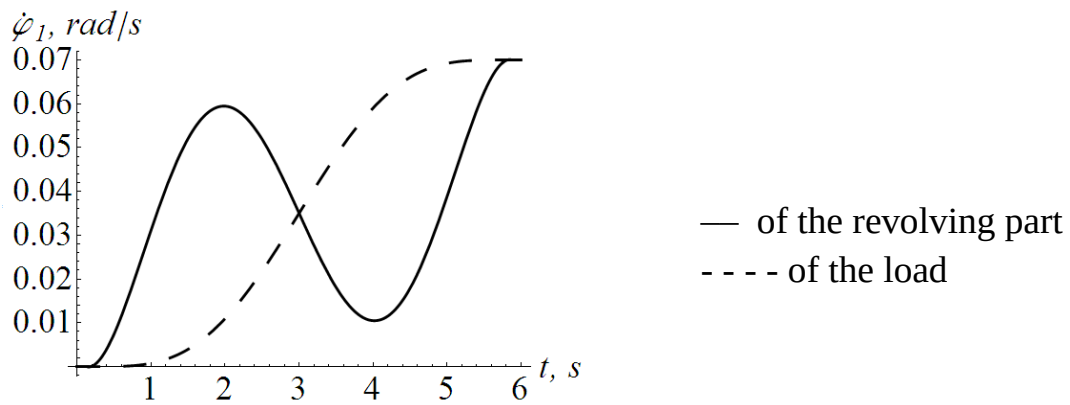


Fig.1. Dependences of angle rate changes

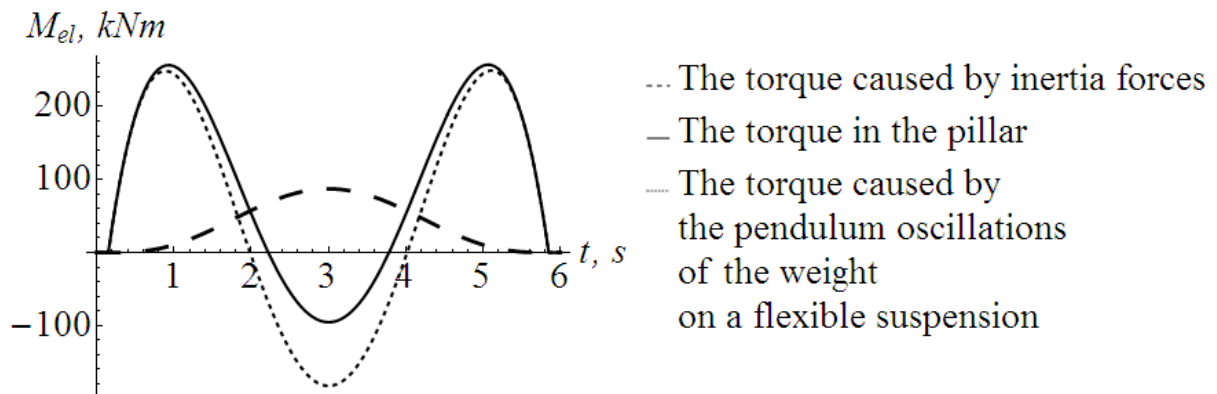


Fig.2. Dependences of torques changes

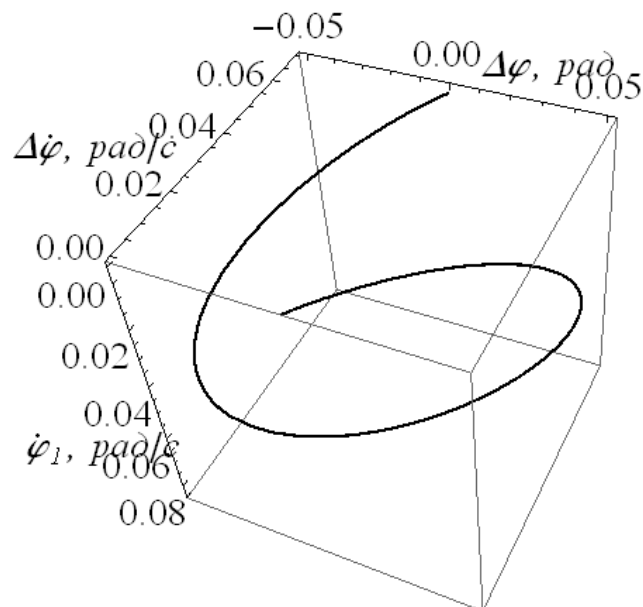


Fig.3. 3D phase picture

We can see from the graphical dependences of changes in the angle rate of the revolving part and the load (Fig. 1) obtained after solving the optimization problem using a complex dimensionless integral dynamic criterion, which takes into account the relative root-mean-square value of the elastic torque in the drive

mechanism and its rate, that the load speed within the pre-set 6-second interval is accelerated to the rated value of 0.07 rad/s smoothly, without any oscillations in the crane-load boom system as contrasted to the "natural" (uncontrolled) characteristic. It allows achieving a considerable reduction in both the forces in the pillar (Fig. 2) during the transient processes and the oscillations of the load (Fig. 3).

УДК 621.87

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ КОЛИВАНЬ ПРУЖНОЇ ОПОРИ МАНІПУЛЯТОРА НАВАНТАЖЕНОГО ТИПОВИХ РЕЖИМАМИ

Ловейкін В.С.¹, д.т.н., проф.; Міщук Д.О.², к.т.н., доц.

¹*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

²*Київський національний університет будівництва і архітектури*

В привідних механізмах маніпулятора на перехідних режимах його роботи виникають значні динамічні навантаження, які внаслідок пружності ланок набувають коливального характеру [1-3]. Для дослідження характеру впливу динамічних пружних коливань на роботу маніпулятора, розглянуто спрощену механічну систему (рис. 1) у якій маса стріли m_1 та маса опорної рами m_2 зосереджена в геометричному центрі їх мас, а маса вантажу разом з масою захоплювального пристрою m – на кінці абсолютно жорсткої стріли із довжиною l_1 . В нижній частині стріла закріплена на одному нерухомому шарнірі та через опорну жорстку ланку довжиною l_2 на пружній основі. На моделі пружна основа зображена у вигляді пружини жорсткістю c .

В роботі [2] була досліджена подібна механічна систем, проте там не було враховано масово-інерційні характеристики опорної ланки l_2 . В даному ж дослідженні пропонується розкрити поведінку динаміки коливань пружної опори даної механічної системи із урахуванням впливу маси опорної частина маніпулятора.

Розглядається плоска задача, де зміна вильоту стріли маніпулятора відбувається шляхом її повороту навколо нерухомого шарніра за рахунок висування штока гідроциліндра, що призводитиме до зміни його довжини q . На систему діють сила ваги (m_1g , m_2g , mg), сила пружини ($c\Delta y_2$), зовнішня привідна сила (F) та сили інерції.

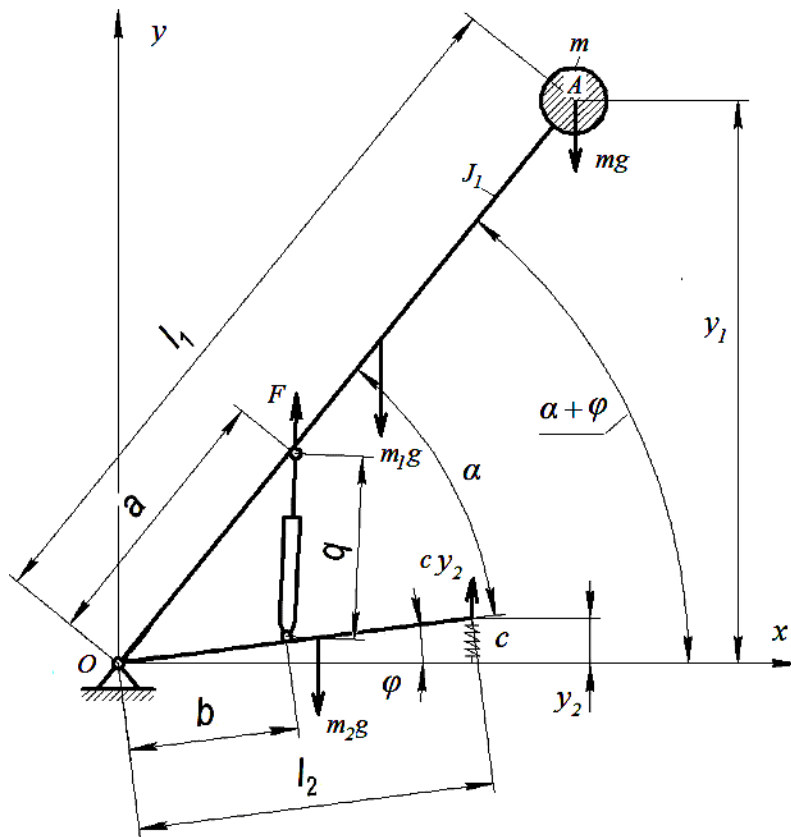


Рис. 1. Розрахункова схема маніпулятора встановленого на пружній основі

Дисипативні сили на першому етапі досліджень не враховувалися. Рівняння руху в такому разі матимуть наступний вид:

$$\begin{cases} (J_1 + ml_1^2)(\alpha + \varphi) = M - (m + \frac{m_1}{2})gl_1 \cos(\alpha + \varphi); \\ J_2\ddot{\varphi} = -M - \frac{m_2}{2}gl_2 \cos\varphi + cl_2^2(\varphi_0 - \varphi)\cos\varphi, \end{cases} \quad (1)$$

де $M = \frac{Fabsin(\alpha)}{\sqrt{a^2 + b^2 - 2ab\cos(\alpha)}}$ – рушійний момент створюваний приводом; φ_0 –

початковий кут відхилення стійки; $J_1 = \frac{m_1}{3}l_1^2$; $J_2 = \frac{m_2}{3}l_2^2$ – моменти інерції ланок.

На рис. 2 показано графіки, де відображено картину динамічних коливань пружної опори маніпулятора при навантаженні маніпулятора постійним привідним моментом (рис 2, в) та моментом зі стрибкоподібним характером зміни навантаження (рис 2, з).

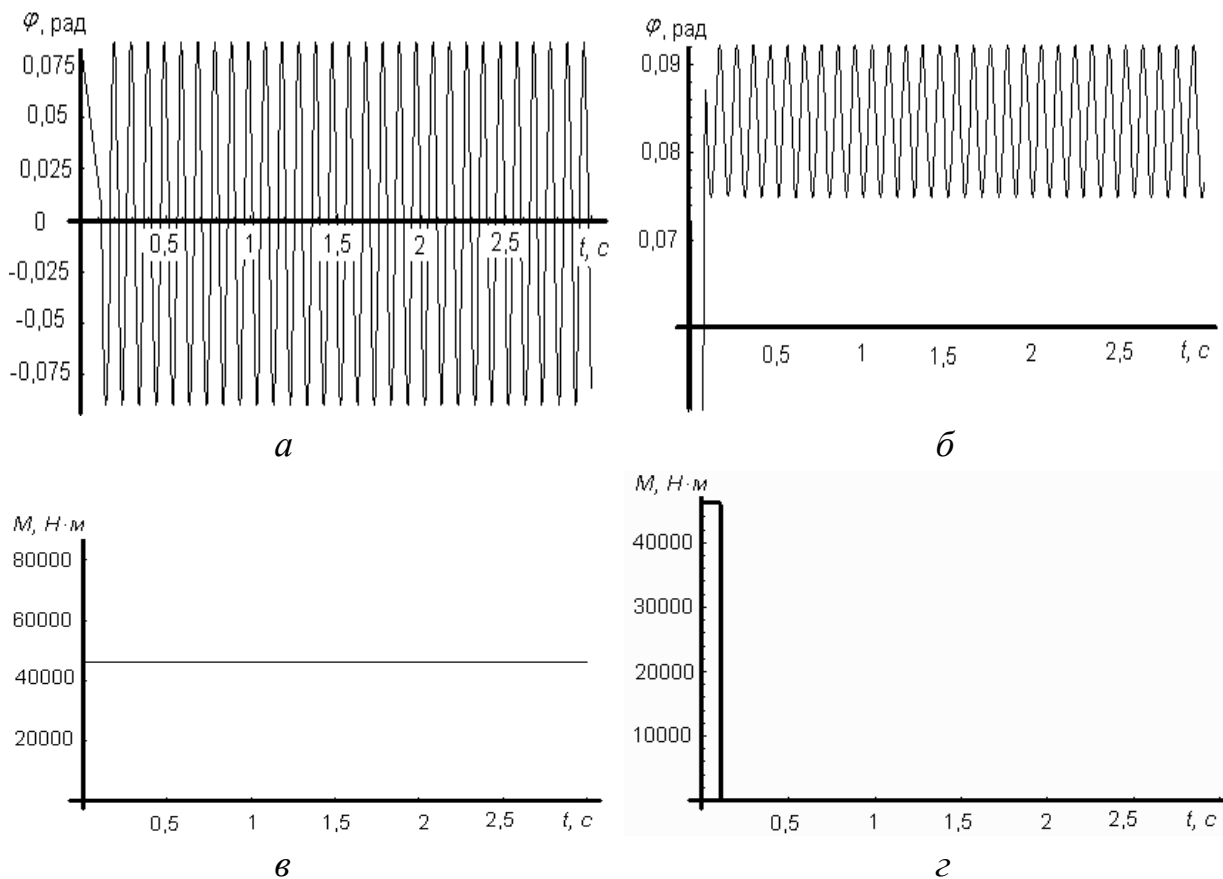


Рис. 2. Графіки зміни коливань пружної опори маніпулятора (*а, б*) при навантаженні його стріли постійним (*в*) та стрибкоподібним (*г*) моментом: графіки побудовано для таких параметрів системи $m_1 = 300$ кг; $m_2 = 100$ кг; $m_3 = 1000$ кг; $l_1 = 5$ м; $l_2 = 2$ м; $c = 135818$ Н/м; $\varphi_0 = 5^\circ$

Також досліджено динаміку коливань пружної опори з урахуванням дисипативних сил. Графіки коливань показано на рис. 3 для аналогічних варіантів дії зовнішнього привідного моменту приведенного на рис. 2, *в* та *г* при коефіцієнті дисипації $b = 100$ кг/с.

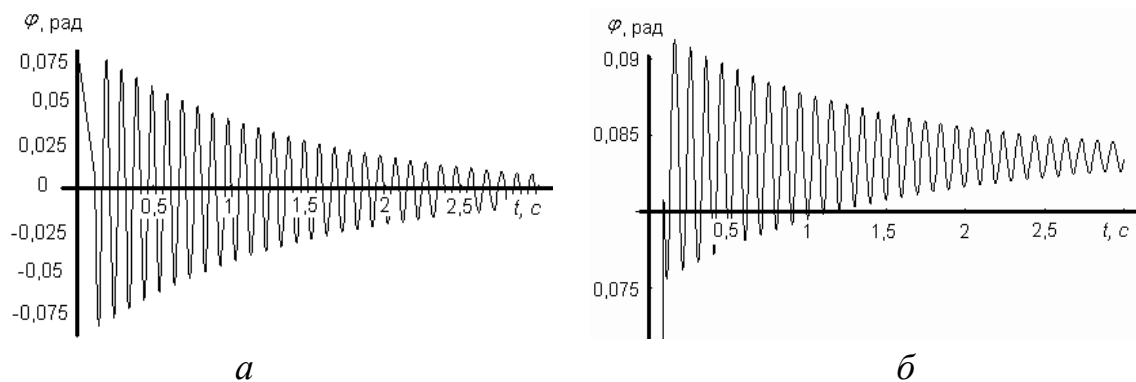


Рис. 3. Динаміка зміни коливань пружної опори маніпулятора з урахуванням дисипативних явищ: *а* – при дії постійного моменту; *б* – при дії стрибкоподібного моменту

Дослідження показали, що в опорній частині маніпулятора при його роботі виникають коливальні процеси, які можуть негативно впливати на якість, безпечність та надійність виконання підйомно-транспортних робіт, тому в подальшому планується дослідити динаміку маніпулятора за відомими оптимальними режимами його роботи [4, 5].

Список літератури:

1. Ловейкін В.С. Оптимізація режиму зміни вильоту маніпулятора з гідроприводом. Монографія / Д.О. Міщук, В.С. Ловейкін. – ЦП «КОМПРИНТ». – 2013. – 206 с.
2. Мищук Д.А. Синтез оптимального динамического режима движения стрелы манипулятора, установленного на упругом основании / В.С. Ловейкин, Д.А. Мищук // Наука и техника. – 2019. – Том 18, №1. – С. 55-61. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-1-55-61>.
3. Міщук Д.О. Дослідження динамічної моделі гідравлічного циліндра об'ємного гідроприводу / Д.О. Міщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2016. – №87. – С. 74-81.
4. Міщук Д.О. Визначення оптимальних режимів руху маніпулятора за процес пуску (гальмування) під час роботи за однією з узагальнених координат / Д.О. Міщук, В.С. Ловейкін // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2009. – №73. – С. 35-42.
5. Міщук Д.О. Обґрунтування параметрів та розробка системи керування маніпулятора для вантажних робіт / Д.О. Міщук, В.С. Ловейкін // Mechanical Engineering and Engineering Science. The Development of the Informational and Resource Providing of Science and Education in the Mining and Metallurgical and the Transportation Sectors. – 2014. – pp. 81-91.

УДК 669.14.018.25:620.18:539.374

ОСОБЛИВОСТІ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЛЕГОВАНИХ ЧАВУНІВ

Афтанділянц Е.Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В роботі досліджували процес виділення теплоти кристалізації легованих чавунів з метою уточнення механізму впливу хімічного складу на кінетику затвердіння виливків.

Дослідження проводили на чавунах марок 240X16, 260X28, 300X22, 300X12М 300X12Г5, 300X12Г3М методом диференціального термічного аналізу на термоаналізаторі ГДТД-24АВ фірми "Setaram" на зразках діаметром $3^{\pm 0,2}$ мм і довжиною $6^{\pm 0,5}$ мм. Параметри затвердіння (температури ликвидус (t_L) і солидус (t_c), теплота (L) і час (τ) кристалізації) легованих чавунів визначали при охолодженні зразків в гелії зі швидкістю $20\text{ }^\circ\text{C/хв}$.

Результати експериментів показують, що процес кристалізації досліджених легованих чавунів складається з наступних етапів:

1. Початок процесу виділення аустеніту зі збільшенням швидкості виділення теплоти кристалізації до локального максимуму;
2. Завершення процесу виділення аустеніту зі зменшенням швидкості виділення теплоти кристалізації до локального мінімуму;
3. Початок процесу виділення евтектики зі збільшенням швидкості виділення теплоти кристалізації до максимуму;
4. Завершення процесу виділення евтектики зі зменшенням швидкості виділення теплоти кристалізації до нуля в момент закінчення затвердіння.

Аналіз результатів показує, що в залежності від хімічного складу чавунів тривалість першого етапу затвердіння становить від 11 до 22% від загального часу затвердіння, другого – від 20 до 60%, третього – від 17 до 35%, четвертого – від 12 до 27%. Кількість теплоти кристалізації, що виділилася на першому етапі змінюється від 7 до 13% від загальної теплоти кристалізації, на другому - від 14 до 46%, на третьому - від 29 до 55% і на четвертому - від 17 до 29%.

УДК 621.873

РОЗВ'ЯЗОК ТА АНАЛІЗ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ «ВІЗОК-ВАНТАЖ» ПРИ НЕСИМЕТРИЧНИХ ОБМЕЖЕННЯХ НА КЕРУВАННЯ

Ловейкін В. С., д.т.н., проф., Ромасевич Ю. О., д.т.н., доц., Стехно О.В.,
аспір., м.н.с.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Для практичних та теоретичних цілей проблема оптимального керування системою «візок-вантаж» є дуже важливою. Якщо у якості критерія оптимізації є тривалість розгону системи до усталеної швидкості, то це є задача оптимальної швидкодії. Розв'язок такої задачі дає змогу спроектувати

систему яка б дозволяла керувати баштовими кранами з максимальною продуктивністю.

Рух системи «візок-вантаж» описується системою лінеаризованих диференційних рівнянь:

$$\begin{cases} m_1 \cdot \frac{d^2 x_1}{dt^2} + m_2 \cdot \frac{d^2 x_2}{dt^2} = F - W \cdot \operatorname{sign}\left(\frac{dx_1}{dt}\right); \\ \frac{d^2 x_1}{dt^2} + \frac{g}{l} \cdot (x_2 - x_1), \end{cases} \quad (1)$$

де m_1 – зведена маса вантажного візка; m_2 – зведена маса вантажу; x_1 та x_2 – узагальнені координати центрів мас m_1 та m_2 відповідно; g – прискорення вільного падіння; l – довжина гнучкого підвісу вантажу; F – рушійна або гальмівна сили, яка діє на візок; W – сила статичного опору, яка протидіє руху вантажного візка.

Початкові та кінцеві умови руху системи мають наступний вигляд:

$$\begin{cases} y_1(0) = -s_T; y_2(0) = y_3(0) = y_4(0) = 0; \\ y_1(T) = 0; y_2(T) = v_T; y_3(T) = y_4(T) = 0, \end{cases} \quad (2)$$

де v_T – усталена швидкість вантажного візка; T – тривалість розгону системи.

Початкові умови руху (2) означають стан спокою системи; кінцеві умови руху (2) вимагають усунення коливань вантажу у момент часу T .

Критерієм, який підлягає мінімізації є тривалість розгону вантажного візка:

$$\int_0^T dt = T \rightarrow \min. \quad (3)$$

Мінімізація часу T дозволить збільшити продуктивність баштового крана за рахунок зменшення тривалості виходу візка на усталену швидкість.

Для забезпечення кінцевих крайових умов (3.3) було розроблено термінальний критерій:

$$Ter = \|\Delta\| = \sqrt{y_1(T)^2 + (y_2(T) - v_T)^2 + y_3(T)^2 + y_4(T)^2}, \quad (4)$$

де Δ – вектор відхилення фазових координат від їх кінцевих (бажаних) значень (2).

Комплексний критерій мінімізації виглядає наступним чином:

$$Cr = \psi \cdot Ter + T \rightarrow \min, \quad (5)$$

де ψ – є ваговий коефіцієнт, який відображає необхідність забезпечення кінцевих умов (2). У проведених розрахунках ваговий коефіцієнт становить $\psi = 5 \cdot 10^5$. Таке значення ψ дозволяє знайти керування u , яке достатньо точно переводить систему в кінцевий стан (2). Це означає, що фазові координати системи в кінці розгону будуть майже рівні кінцевим значенням (2).

Для мінімізації критерію (5) використано метод (ME-PSO). Розв'язок оптимізаційної задачі відбувався для параметрів баштового крана КБ-674, у якого: $m_1 = 250$ кг; $m_2 = 5000$ кг; $g = 9,81$ м/с²; $l = 3$ м; $F = 14875$ Н; $W = 2575$ Н. В результаті використання методу (ME-PSO), задача оптимального керування рухом візка із вантажем на гнучкому підвісі у вигляді зворотнього зв'язку розв'язана. Для аналізу отриманих результатів, наведемо відповідні графіки функцій (рис. 2) отриманих результатів для першої задачі.

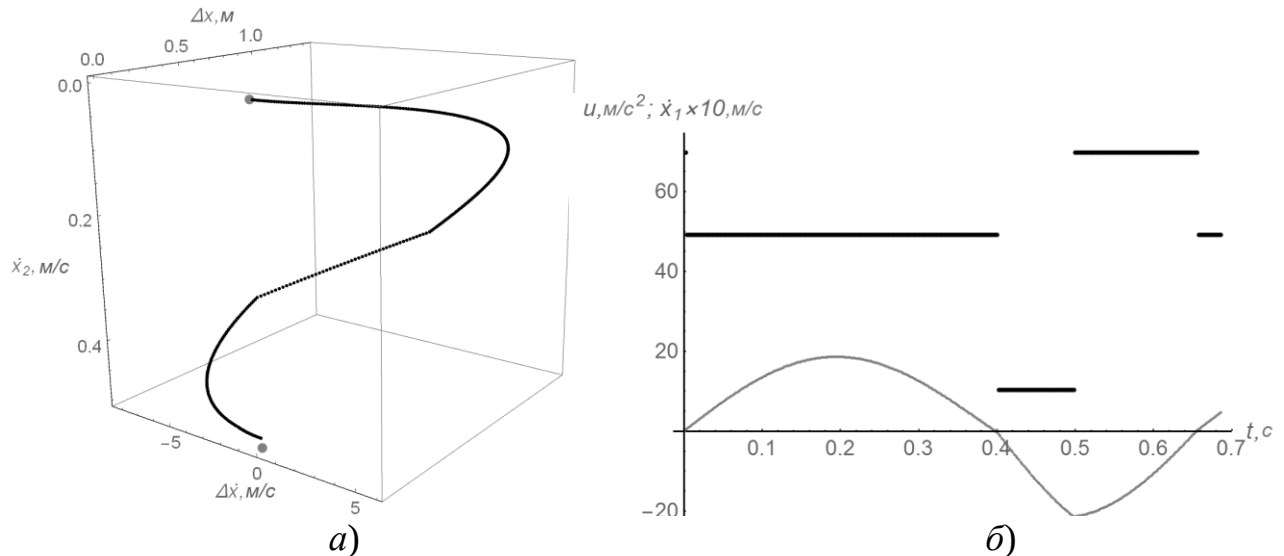


Рис. 2. Графічні інтерпретації отриманих результатів: а) – 3D фазовий портрет руху системи; б) – функція керування та швидкість вантажного візка

На рис. 2 а, сірі крапки позначають початковий та кінцевий стан системи. Ділянки на рис. 2 а, показують, що кінцеві граничні умови (2) виконуються не до кінця. Однак дане відхилення не значно вплине на подальший рух системи. Швидкість вантажного візка, яка позначена кривою сірого кольору на рис. 2 б, показує, що кінці розгону вона дорівнює значенню усталеної швидкості v_T .

УДК 621.87.001

АНАЛІЗ РОБОТИ КУЛЬКОВИХ МЕХАНІЗМІВ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ ПРИСТРОЇВ

Рибалко В.М., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У порівнянні із гвинтовими парами тертя ковзання передачі із тертям кочення мають значно кращі показники: вищий к.к.д., більша точність,

менше зношування, більша довговічність. Застосування таких механізмів у гвинтових домкратах значно підвищує загальний к.к.д. всього механізму, зменшує крутний момент та час на підйом-спуск вантажу.

Як правило, кульково-гвинтові пари виконують однозаходними із мінімально можливим кроком, кут підйому гвинтової лінії практично не впливає на к.к.д. пари та на утворення умови самогальмування.

Крутний момент на ведучій ланці визначають за залежністю:

$$T = F_a \frac{D_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\Psi + \rho_k)$$

де F_a – осьове зусилля веденої ланки, D_{cp} – діаметр кола, на якому розміщені центри кульок; Ψ – кут підйому гвинтової лінії; ρ_k – приведений кут тертя кочення. Приведений кут тертя $\rho_k = 0,004 \dots 0,005$ якщо обертається гвинт або $\rho_k = 0,006 \dots 0,007$, якщо обертається гайка, тому у будь-якому випадку $\rho_k \ll \Psi$, а значить, що навіть при малих кутах підйому Ψ , к.к.д. механізму буде у межах $0,8 \dots 0,9$. Мінімальні значення кута Ψ ($\Psi = 2^\circ \dots 3^\circ$) значно зменшують крутний момент на ведучій ланці механізму. Активна частина гвинтової кулькової пари складає $1 \dots 2,5$ витки, оскільки із збільшенням витків зменшується к.к.д. механізму, бо частина енергії витрачається на тертя кульок між собою. Кількість кульок у гвинтовій парі також має обмеження: $z_k \leq 65$, що забезпечує рівномірний розподіл навантаження між ними.

Кулько-гвинтові механізми домкратів підлягають двом основним видам навантажень: осьовому та радіальному. Обидва навантаження створюють на поверхнях тіл кочення та гвинтовій поверхні контактні напруження σ_{max} , величина яких залежить від багатьох факторів. Максимальні напруження у точці контакту визначають за питомим осьовим навантаженням:

$$p = \frac{F_a}{z_k d_k^2 \cdot \gamma \cdot u}$$

де F_a – осьове навантаження, z_k – кількість кульок у робочій частині; $\gamma = 0,8$ – коеф-т нерівномірності навантаження, u – кількість повних рядів (робочих);

Використовуючи графічні залежності p від σ_{max} при різних значеннях відносного зазору $\chi = \frac{\Delta}{d_k}$ визначають значення максимальних контактних напружень σ_{max} , [1]. Величину Δ – радіальний зазор приймають у межах $\Delta = 0,03 \dots 0,12$ мм. Аналіз графічної залежності p від σ_{max} показує, що величина контактних напружень σ_{max} зростає із зменшенням зазору Δ і у зазначених межах радіального зазору складає 19%. Аналіз графічної залежності кута контакту β кульки від контактних напружень σ_{max} показує, що із збільшенням напружень, збільшенням відносного зазору χ величина кута контакту β зростає.

Висновки:

- із зменшенням зазорів (радіальних і осевих) у кульково-гвинтові передачі навантажувальна здатність її збільшується;
- оскільки механічні властивості матеріалів гвинта і гайки у цій передачі мало відрізняється ($E_1 \approx E_2$), тому більшого впливу на умову міцності при розрахунках будуть мати геометричні параметри робочих поверхонь гвинта та гайки.

Використана література:

1. Чернавский С.А., Слесарев Г.А. Козинцев Б.А. и др. Проектирование механических передач. Учебное пособие по курсовому проектированию – М.: Машиностроение, 1984.- 546с.
2. Малащенко В.О., Гащук П.М, Сороківський О.І, Малащенко В.В. Кулькові механізми вільного ходу. Львів, Новий Світ – 2000, 2012, - 207с.

УДК 621.87.001

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ МЕХАНІЗМІВ ІЗ КУЛЬКОВО-ГВИНТОВОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ

Рибалко В.М., к.т.н., доц., Рибачок О.В., студ.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Гвинтові домкрати із трапецеїдальною або упорною різью гвинта широко використовують для піднімання вантажу вагою $G=0,5\ldots 12\text{кН}$, на висоту $H=0,3\ldots 0,4\text{м}$. Позитивною стороною таких домкратів є забезпечення умови самогальмування пари гвинт-гайка, що значно спрощує конструкцію домкрата та створює безпечні умови роботи.

При умові збільшення ваги вантажу, $G=20\ldots 30\text{кН}$ та збільшенні висоти підйому $H=1,5\ldots 1,7\text{м}$ значно ускладнюється кінематична схема домкрата, бо при малому к.к.д. домкрата ($\eta=0,3\ldots 0,5$) необхідно використовувати ряд послідовно розміщених передач. У конструкціях із ручним приводом, за рахунок передач можна досягти необхідних зусиль на рукояті, $F_p = 250\ldots 300\text{Н}$, але великі передаточні числа приводу домкрата значно збільшують час підйому-спуску вантажу.

Для зменшення зусиль у гвинтовій парі та зменшення часу на операцію підйому-спуску у гвинтових домкратах використовують кульково-гвинтову передачу. Ці передачі мають високий к.к.д. ($\eta_{\text{к.г.}}=0,8\ldots 0,95$),

характеризується малим зношуванням, високою точністю та довговічністю. К.К.Д. кульково-гвинтової передачі визначають за залежністю:

$$\eta_{\text{к.г.}} = (0,9 \dots 0,95) \frac{\operatorname{tg} \Psi}{\operatorname{tg}(\Psi + \rho_{\text{к}})}$$

де Ψ – кут підйому гвинтової лінії, $\rho_{\text{к}}$ – приведений кут тертя кочення.

Оскільки $\rho_{\text{к}} < \Psi$, то цій передачі навіть прималих кутах підйому гвинтової лінії ($\Psi = 4^{\circ} \dots 5^{\circ}$) к.к.д. – $\eta = 0,8 \dots 0,9$, але при цьому порушується умова самогальмування. Цю проблему відомі виробники підйомних механізмів – «BIBUS Holding» м. Цюрих, Швейцарія, або Benzlers BD – Швейцарія виготовляють гвинтові підйомники на основі кульково-гвинтової передачі та черв'ячної передачі, яка забезпечує умову самогальмування домкрата (підйомника).

Так кульково-гвинтові пари BDK – рухомий гвинт та BDKL – рухома чайка забезпечують піднімання вантажу вагою $G = 125 \text{ кН}$ на висоту $H = 1,6 \text{ м}$, швидкість підйому $v = 0,5 \dots 1,0 \text{ м/хв.}$ Аналогічні гвинтові підйомники із черв'ячними передачами MULI та JUMBO виготовляє компанія «БІБУС України».

Ці підйомники- модульного типу, тому їх можна використовувати як самостійні вантажо-підйомні пристрої, так і підйомні механізми більш складних машин комплексів.

За допомогою конічних редукторів та кардапних валів гвинтові домкрати Benzlers BD з'єднують у системи із двох та більше гвинтових пар, які працюють синхронно.

Висновки:

- використання у гвинтових домкратах кульково-гвинтової передачі дозволяє збільшити вантажність цих засобів, зменшити потужність приводу та час на підйом-спуск вантажу;
- використання у гвинтових домкратах із кульково-гвинтовою передачею черв'ячних редукторів, що забезпечують умову самогальмування не зменшує загальний к.к.д. всього механізму.

Використана література

1. Малащенко В.О., Гащук П.М, Сороківський О.І, Малащенко В.В. Кулькові механізми вільного ходу. Львів, Новий Світ – 2000, 2012, - 207с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ КОНДЕНСАТОРНОГО ЗВАРЮВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ

Ружило¹ З.В., к.т.н., доц., Троц¹ А.А., к.т.н., доц., Засулько¹ А.А., асист.,
Богомолов² М.Ф., к.т.н., доц.

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України

²Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»

Конденсаторне точкове зварювання є одним із способів зварювання акумульованою (накопиченою) енергією. Енергія накопичується в конденсаторах при їхній зарядці від джерела постійної напруги (випрямляча), а потім в процесі розряду перетворюється в теплоту, що використовується для зварювання. Ця теплота виділяється в контакті між деталями, які з'єднуються при протіканні струму. Даний спосіб зварювання володіє рядом переваг, основними із яких є:

- значне зниження споживаної із мережі потужності, яке досягається тим, що накопичення електричної енергії в конденсаторі проходить відносно повільно, а її витрата здійснюється за більш короткий час;

- практично постійна та контрольована кількість електричної енергії, яка витрачається на кожну зварювальну операцію, що забезпечує високу стабільність результатів зварювання.

- короткий час зварювання (соті та тисячні долі секунди) і концентроване виділення тепла, що забезпечує мінімальну зону термічного впливу; концентроване виділення тепла, дозволяє зварювати метали з високою електро- і теплопровідністю (алюмінієві та мідні сплави, срібло тощо), а також метали з різними теплофізичними властивостями.

При безтрансформаторному ударному зварюванні конденсатор під'єднаний безпосередньо до зварюваних деталей. Розряд конденсатора відбувається в момент удару деталі по деталі. Розряд оплавляє торці деталей, які зварюються, під дією сили осадки.

При зварюванні двох тонких однорідних за своїм складом металевих пластинок однакової товщини утворюється нормальна зварна точка, у якій діаметр ядра практично дорівнює діаметру контактної поверхні електрода а висота ядра залежить від параметрів режиму зварювання і умов тепловиділення з електродів. При однакових товщині та марці зварюваного металу деталей, а також рівних умовах тепловиділення в електродів в

однакових формах їх кінців та діаметрах кожна із зварюваних деталей проплавляється на певну глибину.. При точковому конденсаторному мікрозварюванні застосовуються дуже малі значення часу зварювання і нагрівання.

Суть самого процесу полягає в тому, що апарат точкового зварювання виробляє струмовий імпульс, який необхідно певний час витримати безпосередньо на поверхні заготовок, які з'єднуються, в результаті чого і відбувається їх точкова фіксація. На якість з'єднання впливає сила зварювального струму, вироблене зусилля при стисненні, а також реальний стан лицьових поверхонь заготовки.

На кафедрі надійності техніки розроблено лабораторний пристрій для точкового зварювання тонких об'єктів безпосередньо за місцем встановлення. Після вдосконалення пристрій може бути впроваджений в сферу бортової електроніки транспортних засобів.

UDC 681.515

MAIN TENDENCIES IN PID-CONTROLLERS DEVELOPMENT (ANALYSIS OF PATENTS)

Romasevych Yu.O., Loveykin V.S.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Proportional-Integral-Derivative (PID) controllers are widely used in many areas of state-of-the-art industries. They allow to increase the automated process quality indicators. The formal law of PID-control was found in the work by engineer Nicolas Minorsky in 1922. Since then the great many of modifications of PID-algorithm have been introduced as well as tuning (adjusting) rules for calculation of proportional, integral and derivative coefficients (gains) of controller.

Nowadays many companies and research institutions are continuing to investigate different processes under PID-control.

The results they have obtained are usually presented in the form of patents. Thus, analyzing the patents in the area of PID-controllers one may to figure out the main tendencies in it.

In order to present some of them the observation has been carried out. We used the class of patents G05B11/42 (Automatic controllers. Electric. With provision for obtaining particular characteristics, e.g. proportional, integral,

differential. For obtaining a characteristic which is both proportional and time-dependent, e.g. P. I., P. I. D.). Retrospectiveness of the search is ten years. All the data are given in table 1.

Table 1. Number of patents received on period from 2009 to 2019 years (request to patents class G05B11/42*

Country (organization)	Patent reference	Years										
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ukraine	UA	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Russian Federation	RU	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-
Australia	AU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Canada	CA	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
China	CN	20	17	22	22	32	25	25	35	53	65	52
USA	US	2	3	2	2	2	1	3	5	3	5	10
Germany	DE	-	1	2	-	-	-	3	-	1	1	-
Japan	JP	1	1	-	-	-	-	-	3	-	1	3
South Korea	KR	-	3	2	3	3	1	1	2	2	8	-
World Intellectual Property Organization	WO	1	1	-	2	2	-	2	-	2	-	2
European Patent Office	EP	-	-	2	2	1	2	2	-	-	3	5
Overall number: 465	-	25	26	29	29	40	27	34	45	62	80	68

* at date 09.08.2019.

Analysis of the data has shown that there is strong tendency of increasing the number of patents all over the world. The leader in that area is China. This country has ahead all the other countries in the number of PID-controller tuning techniques, which are described in patents.

The content of the patents is devoted to calculation both general and particular application of tuned PID-controllers. The great attention in the patents (especially, for recent patents) is devoted to intelligence techniques. It is the main of the modern tendency in this sphere.

In Ukraine we have a very much to do to reach the European countries in that particular science area. Here we meant not only PID-controllers development but investigation of algorithms and devices for modern technical processes automation.

DETERMINATION OF PARAMETERS OF THE HYDRAULIC SYSTEM IN THE TRANSITION PERIOD OF MOTION

Loveykin, V.S., Romasevych Yu.O., Spodoba O.O.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

In the process of operation of a crane-manipulator with a hydraulic drive the necessity of controlling of parameters of motion of the elements of power cylinders appears. In order to execute such a controlled movement the elements of the jib system should be moved by determined law. In particular the speed of movement of the hydraulic cylinder and due to that the jib system crane-manipulator are controlled.

In hydraulic systems, for control of crane-manipulators the most common is throttle control. It is due to its simplicity. In this case, unregulated pumps are used. Control of speed of the hydraulic cylinder shaft varies depending on the area of the passage channel and the geometric parameters of the hydraulic distributor.

In order to determine the parameters of the hydraulic system of the crane-manipulator in the transition period of motion, with a throttle control the kinematic scheme of the lifting mechanism of the jib system (Fig. 1) has been used.

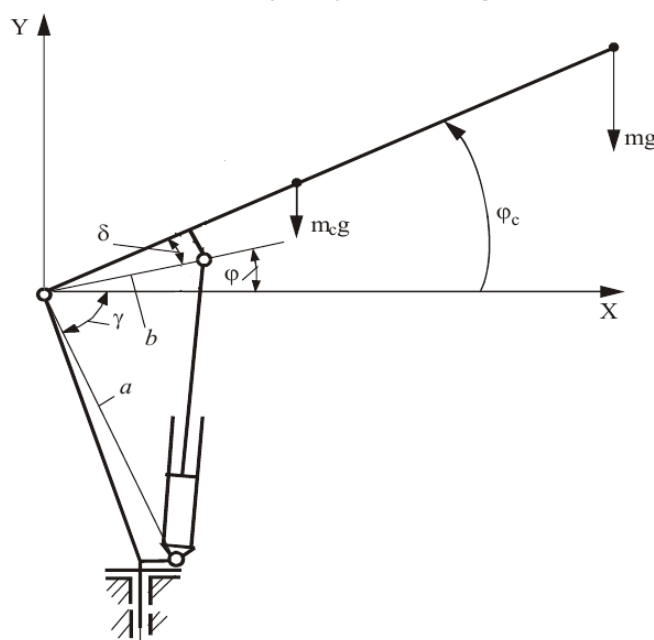


Fig. 1. Kinematic scheme of the lifting mechanism of the jib system

In fig. 1 the following notations are used: m_c - weight jib system, kg, m - weight of cargo, kg, γ, φ, δ - Angles are formed by geometric parameters of the jib system, rad. J - moment of inertia of the jib system kg/m^2 .

Motion of the elements of the system (Fig. 1) is described by the system of nonlinear differential equations:

$$\begin{cases} J\alpha'' + m_c \left(x_1'' \frac{\partial x_1}{\partial \alpha} + y_1'' \frac{\partial y_1}{\partial \alpha} \right) + m \left(x_2'' \frac{\partial x_2}{\partial \alpha} + y_2'' \frac{\partial y_2}{\partial \alpha} \right) = F \frac{\partial U}{\partial \alpha} - \left(m_c \frac{\partial y_1}{\partial \alpha} + m'' \frac{\partial y_2}{\partial \alpha} \right); \\ m \left(x_2'' \frac{\partial x_2}{\partial \beta} + y_2'' \frac{\partial y_2}{\partial \beta} \right) = -m_c \frac{\partial y_2}{\partial \beta} g. \end{cases} \quad (1)$$

where J - moment inertia of the jib system, kg/m^2 ; F - the effort that the hydraulic cylinder develops; x_1, x_2, y_1, y_2 - the coordinates of the centres of mass of the jib system and cargo.

The length of the hydraulic cylinder for the jib lifting, depending on the angular position of the jib system, is calculated with the formula:

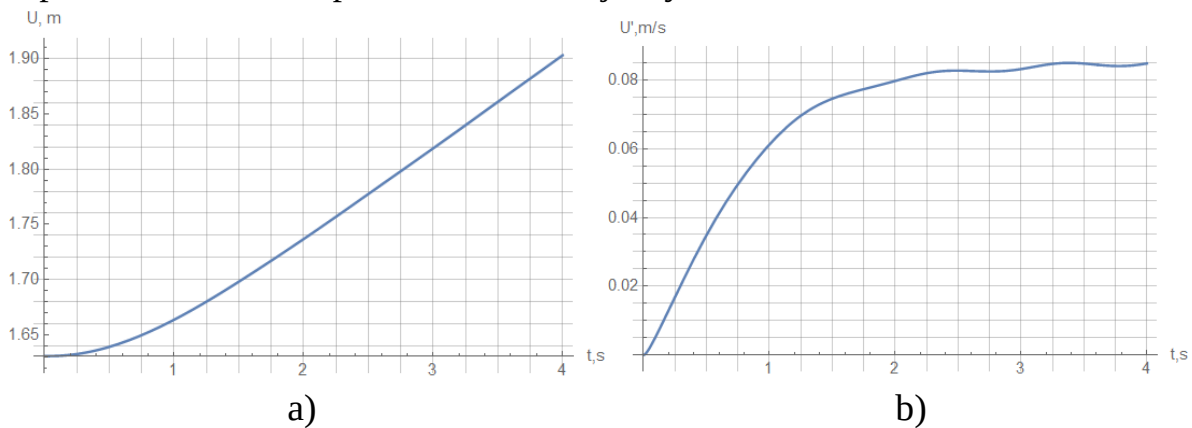
$$U = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos(\gamma + \varphi)}. \quad (2)$$

The static mechanical characteristic of the hydraulic system of the crane-manipulator may be presented in the following form:

$$P = \left(P_n - \frac{Q^2 \rho}{2f^2 \mu^2 g} \right) A. \quad (3)$$

where P_n - the pressure of the pump, kg/m^2 ; Q - pump capacity, m^3/s ; ρ - specific gravity of the liquid kg/m^3 ; f - passing area of the hydraulic distributor, m^2 ; μ - the flow rate of the liquid through the hydraulic distributor; g - gravitational constant, m/s^2 ; A - area of the hydraulic cylinder piston, m^2 .

Substituting values and solving the system of differential equations, we have obtained graphic dependencies, which are given on Fig. 2. They show that the piston of the hydraulic cylinder reaches the steady movement for 1.8 s (Fig. 2.b). The angular velocity of the jib system increases throughout all the displacement time (Fig. 2.e). This effect is caused by inertial forces that arise as a result of the no uniform rotation of the jib system with uniform movement of cylinder piston. It depends of kinematic parameters of the jib system.



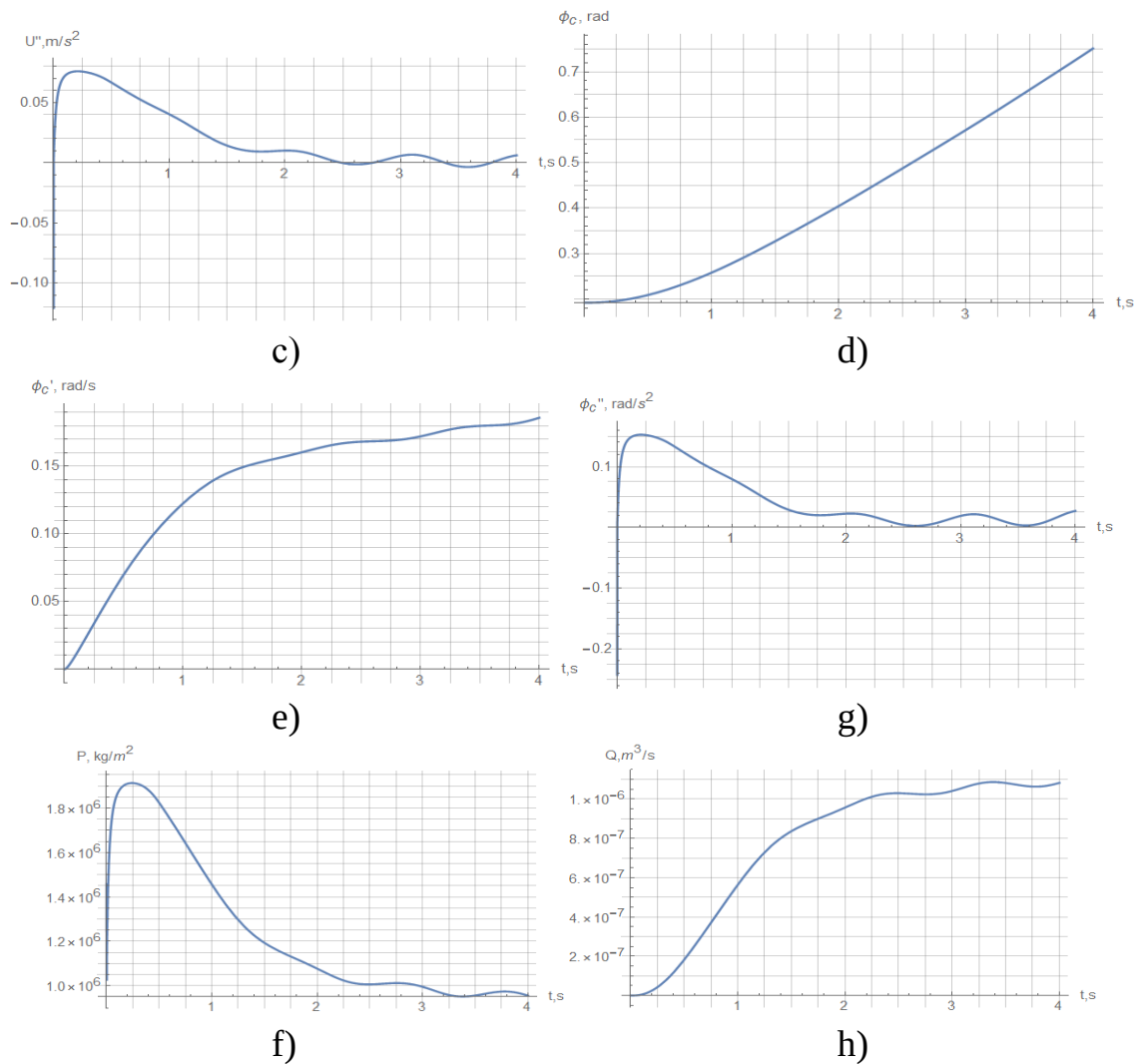


Fig. 2 Graphic dependencies ($\varphi_c = -0,192$, rad):

- a) movement of the hydraulic cylinder; b) velocity of the hydraulic cylinder;
- d) angular movement of the jib system; e) angular velocity of the jib system;
- f) angular acceleration of the jib system; g) pressure in the hydraulic cylinder head end; h) pump capacity

УДК 656.091: 631.374: 656.071.8

ДОЗВІЛЬНА ТА ТЕХНІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ НА РЕМОНТ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

Мельник В.І., к.е.н., доц., Новицький А.В., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Згідно техніки безпеки навантажувально-розвантажувальні роботи повинні обов'язково бути механізованими, якщо маса вантажу більше 50 кг

або якщо його необхідно піднімати на висоту більше 3 м. У виняткових випадках допускається перенесення вантажів на ношах горизонтальним шляхом на відстані не більше 50 м. Перенесення вантажу на ношах сходами і драбинами забороняється.

До найпоширеніших видів вантажопідйомних машин і механізмів щодо конструктивних особливостей, що використовуються на підприємствах аграрного сектору, можна віднести домкрати, лебідки і талі (вантажопідйомністю до 10 т), підйомники (вантажопідйомністю до 50 т), крани та механізми з ручним приводом або крани, що керуються з підлоги за допомогою кнопочового пульта. Перелічені підймальні пристрої не потребують обов'язкової реєстрації в органах Держнагляду, окрім вантажозахоплюючих пристроїв.

Обслуговування вантажопідйомних машин і механізмів передбачає проведення щозмінної перевірки справності, первинного і вторинного технічного обслуговування, здійснення поточного і капітального ремонтів із заміною комплектуючих. Ці заходи спрямовані на забезпечення і підтримання працездатності пристроїв.

Згідно галузевих і міжгалузевих нормативних вимог, а також чинних нормативних актів для проведення ремонтних робіт розробляється ремонтно-технологічна документація.

Обслуговування зазначених машин і механізмів включає проведення періодичних і позачергових технічних оглядів (див. рис. 1).

Періодичному повному технічному огляду вантажопідйомні машини та механізми підлягають не рідше одного разу на три роки. Після проведення ремонтних робіт, до моменту пуску в роботу обов'язковим є позачерговий повний технічний огляд. У відповідності до «Правил будови і безпечної експлуатації вантажопідйомних машин», що затверджені Державним департаментом з нагляду та охорони праці Міністерства праці та соціальної політики України (Держпраці), повний технічний огляд передбачає здійснення огляду, статичного та динамічного випробування. Останнє полягає у проведенні повторних підйомів і опускань вантажу, масою що перевищує гранично допустиму на 10 % і є актуальним лише за умови задовільних результатів статичного випробування. Періодичний частковий технічний огляд передбачено проводити один раз на рік

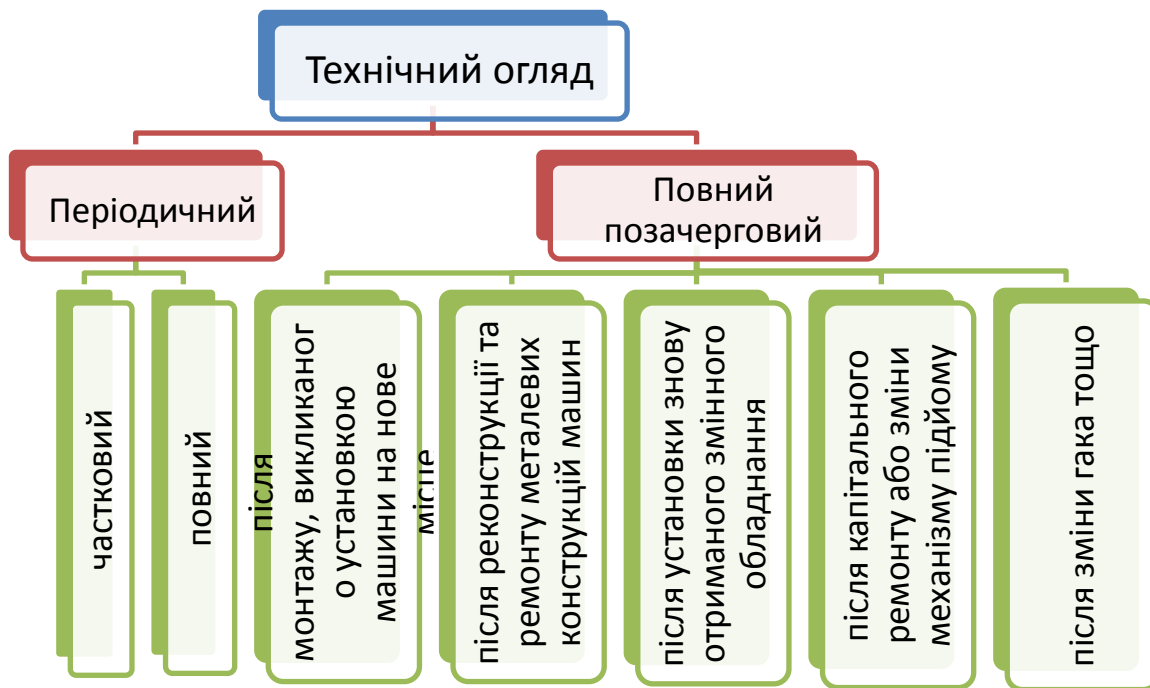


Рис. 1 Класифікація технічного огляду вантажопідйомних машин і механізмів

Дозвільна документація на здійснення ремонтних робіт вантажопідйомних машин і механізмів вимагає отримання дозволу на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію машин, механізмів і устаткування підвищеної небезпеки, який видається Держпраці згідно наказу «Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації вантажопідйомних кранів, підйимальних пристроїв і відповідного обладнання від 19.01.2018 року № 62.

Ручні та електричні талі, лебідки для піднімання вантажу, вантажозахоплюючі органи знаходяться під наглядом Держпраці і експлуатуються у відповідності до Правил ДНАОП 0.00-1.03-02. До переліку документів, необхідних для отримання дозволу, окрім заяв про оформлення дозволу та проведення експертизи, відомостей про структуру підприємства, свідоцтва про державну реєстрацію, дозвільних документів персоналу та керівництва включено перелік машин, механізмів і устаткування підвищеної небезпеки, сертифікати походження, відповідності, технічні паспорти машин і механізмів.

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ РУХУ ТІЛА ЗМІННОЇ МАСИ ПО ПОВЕРХНІ СПІРАЛЬНОГО СЕПАРАТОРА КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ

Ружи́ло З.В., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Очищення бульб картоплі від ґрунтових домішок та рослинних решток при їх викопуванні з ґрунту є складним, актуальним завданням технологічного процесу збирання. Для цього у світі широко застосовують різні очисники картопляного вороху від ґрунтових і рослинних домішок. Як показали результати конструкторських розробок та виробничих випробувань найбільш ефективним є розроблений нами спіральний сепаратор картопляного вороху [1, 2].

Технологічний процес роботи даного спірального очищувача картопляного вороху здійснюється таким чином. Маса вороху викопаних з ґрунту бульб картоплі разом зі значною кількістю ґрунтових та інших рослинних домішок подається транспортером і потрапляє на сепаруючу поверхню, утворену декількома очисними спіралями, які встановлені консольно і обертаються в одному напрямку. При цьому дана маса картопляного вороху надалі починає транспортуватися в напрямку навивок самих спіралей (тобто в осьовому їх напрямку) і в радіальному напрямку, при цьому дрібні ґрунтові домішки відразу просіюються крізь сепаруючі отвори між навивками самих спіралей. При значному надходженні ґрунтової маси вона може опускатися донизу, але накопичуватися у внутрішніх просторах самих спіралей, в результаті чого нижні внутрішні поверхні спіралей також будуть транспортувати їх усередині спіралей до їх вихідних кінців і повністю просіювати ґрунтові домішки донизу за межі очищувача.

Розглянемо аналітично, одиничну грудку ґрунту, що рухається по сепаруючій поверхні спірального очищувача як тіло змінної маси, що знаходиться під впливом системи сил, що виникають в результаті взаємодії даного тіла з робочою поверхнею спірального очищувача. Для цього спочатку побудуємо еквівалентну схему, на якій відтворимо рух матеріальної частки у вигляді грудки ґрунту (рис.). Розглянемо дві очисні спіралі. При цьому на еквівалентній схемі показані встановлені консольно в точках D і D_1 дві спіральні приводні пружини 1 і 2, повздовжні осі яких паралельні і вони здійснюють обертальні рухи з однаковими кутовими швидкостями ω в

одному напрямку. Спіральні пружини 1 і 2 мають форми циліндрів з однаковими радіусами R , їх навивки, що мають однаковий крок гвинтової лінії S , спрямовані в один бік (в сторону, протилежну від їх консольних кінців, показані стрілками), вони встановлені зі взаємним перекриттям. Кут підйому гвинтової лінії (кут між площиною поперечного перерізу спіралі і напрямком гвинтової лінії) кожної спіралі 1 і 2 однаковий і дорівнює γ . Центри спіральних пружин 1 і 2 позначені точками O і O_1 відповідно.

Частка ґрунту (грудка довільної форми), позначена на еквівалентній схемі M , як тіло змінної маси, що знаходиться в довільний момент часу t на певному витку спіралі 1 і контактує з ним в точці K .

Для дослідження процесу переміщення зазначеного тіла M по поверхні спірального очищувача, тобто по поверхні очисної спіралі застосуємо основні положення динаміки руху тіла змінної маси. Для складання диференціального рівняння руху тіла змінної маси виберемо необхідну просторову систему декартових координат $xOyz$. Початок системи координат $xOyz$ (точка O) розташуємо на повздовжній осі спіралі 1, вісь Oz направимо вздовж повздовжньої осі спіралі 1, осі Ox та Oy розмістимо в площині поперечного перерізу спіралі 1, причому вісь Ox направимо горизонтально вправо, перпендикулярно осі Oz , а вісь Oy направимо вертикально вгору, перпендикулярно площині zOx . Будемо вважати цю систему координат абсолютною (нерухомою) і в цій системі координат розглянемо рух зазначеного тіла M змінної маси.

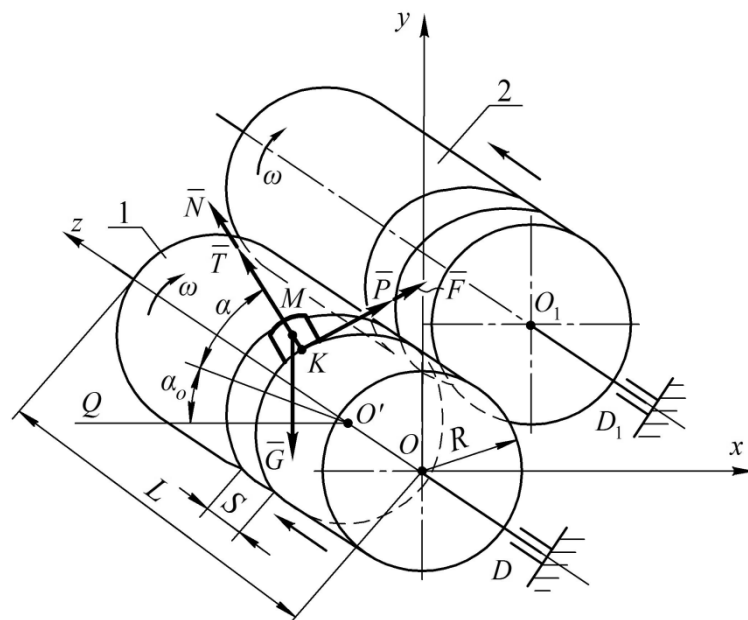


Рис. Еквівалентна схема взаємодії частинки ґрунту картопляного вороху з поверхнею спірального очищувача: 1 – перша очисна спіраль; 2 – наступна очисна спіраль

Крім координат x , y та z , що визначають положення тіла M змінної маси на очисній поверхні, враховуючи, що спіраль 1 має форму циліндра, введемо також додаткові параметри – кути α_0 та α , що визначають положення тіла M змінної маси в поперечному перерізі спіралі 1. Зазначений поперечний переріз проходить через точку K контакту грудки ґрунту M з витком спіралі 1 і перетинає якраз вісь цієї спіралі 1 в точці O' .

Таким чином, α_0 – це кут, який вказує початкове (при $t = 0$) становище точки K контакту грудки ґрунту M з витком спіралі 1 в розглянутому поперечному перерізі. Тоді кут $\alpha_0 + \alpha$ вказує положення точки K контакту грудки ґрунту M в довільний момент часу t . Відлік кута α_0 робимо від горизонтального променя $O'Q$, паралельного осі Ox , в бік напрямку обертання очисної спіралі 1 (за годинниковою стрілкою). Відлік кута α здійснюється після відліку кута α_0 в тому ж напрямі. За даних умов, якщо $t = 0$, то й $\alpha = 0$.

Нехай довжина спіралі 1 буде L . При цьому нехай поточна маса зазначеного тіла M є функцією від часу, тобто $m = m(t)$, її початкове значення дорівнює m_0 .

Покажемо сили, які діють на тіло M змінної маси. Це, перш за все це:

$\bar{G}$ – сила ваги тіла змінної маси;

$\bar{F}$ – сила тертя;

$\bar{T}$ – сила від прискорення осцилюючого руху спіралі, що виникає через наявність прогину повздовжньої осі спіралі, під дією ваги картопляного вороху, що надходить на очисну поверхню.

Після підстановлення всіх величин у вихідні рівняння динаміки отримана система диференціальних рівнянь руху матеріальної частинки змінної маси в просторі такого виду:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= -N \cos(\alpha_0 + \omega t + \varphi) + f N \cos \gamma \cdot \sin(\alpha_0 + \omega t + \varphi) - \\ &- m \cdot \omega^2 \cdot A \cdot \sin(\alpha_0 + \omega t) \cdot \cos(\alpha_0 + \omega t + \varphi) - \dot{x} \frac{dm}{dt}, \\ m\ddot{y} &= N \sin(\alpha_0 + \omega t + \varphi) + f N \cos \gamma \cdot \cos(\alpha_0 + \omega t + \varphi) + \\ &+ m \cdot \omega^2 \cdot A \cdot \sin(\alpha_0 + \alpha) \cdot \sin(\alpha_0 + \omega t + \varphi) - \dot{y} \frac{dm}{dt} - mg, \\ m\ddot{z} &= -f N \sin \gamma - \dot{z} \frac{dm}{dt}. \end{aligned} \right\}$$

Таким чином, отримана система диференціальних рівнянь руху тіла M змінної маси (грудки ґрунту) в найзагальнішому вигляді.

Після подальших перетворень нами було отримано диференціальне рівняння процесу поступового зменшення маси грудки ґрунту M , яка поступає на робочу поверхню спірального очисника картопляного вороху як функції від часу його переміщення по спіралі очисного вальця з урахуванням конструктивних і кінематичних параметрів очисника.

Рішення отриманого диференціального рівняння на ПК буде предметом подальших досліджень.

Література:

1. V. Bulgakov, S. Nikolaenko, V. Adamchuk, Z. Ruzhylo, J. Olt. Theory of retaining potato bodies during operation of spiral separator. – Agronomy Research. 2018, Volume 16, No 1. – pp. 41-51.
2. V. Bulgakov, S. Nikolaenko, V. Adamchuk, Z. Ruzhylo, J. Olt. Theory of impact interaction between potato bodies and rebounding conveyor. – Agronomy Research. 2018, Volume 16, No 1. – pp. 52-53.

УДК 543.070

ПІДХОДИ ДО ВИКОНАННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Булгаков В.М., д.т.н., проф., академік НААН України

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Загальновідомо, що наукові співробітники всіх країн світу, в усіх галузях наук, фактично працюють в двох головних напрямках:

- отримання нових знань для світової науки (це проведення фундаментальних досліджень і отримання нових наукових результатів);
- нове вирішення конкретних актуальних наукових проблем і питань для відповідних галузей промисловості, сільського господарства, транспорту та ін. (це проведення прикладних досліджень і отримання таких результатів, що є актуальними і корисними саме в даний час в даних галузях).

Крім деяких винятків і фундаментальні і прикладні дослідження у всьому світі проводяться на замовлення. На замовлення держави, галузі, заводу, фабрики, фірми, навіть приватної особи («приватного бізнесу»). Замовник наукових досліджень якщо йде на це, то твердо знає і впевнений, що це йому потрібно, дуже потрібно і він витрачає на це гроші усвідомлено.

Усвідомлено замовляють наукові дослідження і держава, і фірма, і підприємство. Термін «замовник твердо знає» не тривіальний термін – це

його впевненість в тому, що в підсумку це принесе йому прибуток, переваги над конкурентами, які компенсують всі витрати на цю «куплену» науку, на всі перетворення, які ця наука буде в подальшому давати, і хоча у подальшому це зумовить фактично нові його витрати, які однак повинні обернутися значними прибутками, але замовник науки ніби то дивиться на перспективу і йому це дуже потрібно. Звичайно, можуть бути і такі винятки – «замовили науку», витратили гроші, але на жаль нічого не отримали. Але тут хоча б є тверда впевненість про те, що замовнику немає необхідності рухатися в цьому напрямі. Це теж матиме значення. А може бути й таке – оплачені, проведені дослідження несподівано можуть відкрити «нові горизонти», про існування яких ніхто й гадки не мав!

Такий стан, за деякими нечисленними і не принциповими винятками, діє вже давно в усьому цивілізованому світі і діє дуже успішно.

А тепер давайте проаналізуємо, як це відбувається у нас, де ж зараз ми знаходимося у вирішенні цих глобальних для суспільства проблем?

Перше. Як наша держава сьогодні замовляє розв'язання наукових питань своїм науковим співробітникам? Раніше на чолі Міністерства науки і технологій стояв як мінімум академік. Він спирався в своїх рішеннях на помічників, теж крупних вчених, в його розпорядженні навіть була Державна наукова рада. На чолі Департаментів завжди стояли як мінімум доктори наук. До речі сказати, відповідні Департаменти інших Міністерств очолювали також кандидати або доктори наук.

Адже за великим рахунком «сама держава» має бачити перспективи свого науково-технічного прогресу! Стверджувати, що у нас в країні такі перспективи означені, помітні поки немає підстав. Тому залишається риторичне запитання: «Чи може зараз наша держава робити замовлення своїм науковцям в проривних галузях науки»? На наш погляд – поки ні! Наберуся сміливості сказати, що зараз держава дає гроші несвідомо, навіть фінансуючи державні академії.

Далі, так здається, що її не цікавить як вони витрачені, що досягнуто, і, головне, як сама держава в подальшому використовуватиме наукові результати, на які вона ж сама витратила значні кошти. Деякі підсумкові результати річної роботи державних академій потрапляють у вигляді коротких звітів до Уряду, але сучасні державні чиновники, які їх приймають (і, природно, оцінюють) до науки, як правило, відношення не мають і мало в чому можуть розібратися і сприяти подальшому просуванню результатів досліджень далі. Але, напевно, від них зараз цього ніхто і не вимагає.

Зараз у нас в країні складається напевно парадоксальна ситуація: фінансування, наприклад, Національної академії аграрних наук з кожним

роком змінюється (як правило у бік зменшення). Обумовлено це тим (і про це вже говорять відкрито), що депутати Верховної Ради після формування бюджету країни Урядом, можуть зрізати перед затвердженням значні суми з фінансування саме тієї академії, що відноситься до галузі, яка в бюджет країни дає половину доходів. Закономірним є питання – як таке може бути?

Друге. А що ж інші галузі, інші Міністерства та Відомства? Чи замовляють вони проведення для своїх потреб сучасних наукових досліджень? Наразі, на мій погляд, у нас немає таких галузей які замовляють конкретну науку вченим нашої країни. Принаймні Мінагрополітики України не замовляє зараз для своїх цілей якихось наукових досліджень.

Заводи, фабрики, фірми, підприємства? Може вони зараз замовляють наукові дослідження? За деяким невеликим винятком – ні! А якщо говорити відверто, то в нашій країні немає свого власного, високотехнологічного виробництва, тобто немає власного споживача такої продукції.

То хто ж тоді в нашій країні замовлятиме й потребуватиме ґрунтовного наукового вирішення якихось нових проривних питань? Все що зараз у нас працює і випускається фактично засноване на зарубіжних технологіях, зарубіжному обладнанні, зарубіжних матеріалах – майже все не наше.

Так, де ж «споживач» тієї науки, яка робиться в стінах численних НДІ та університетів нашої країни? Науково-технічний потенціал, яким колись пишалась наша держава, зараз ніяким чином не реалізується на практиці.

І останнє, немає у нас і приватних осіб, які б замовляли виконання будь-якого наукового дослідження. Так, їх і раніше не було. А якщо говорити відверто у нас немає ніякої конкуренції між виробниками, яка б змушувала шукати шляхи подальшої постійної інтенсифікації виробництва, в тому числі за рахунок новітніх фундаментальних і прикладних досліджень. В цьому разі можна стверджувати, що у нас немає так званої «боротьби за ринки збуту».

Так як зараз працюють вчені в високорозвинених країнах світу у нас поки не виходить. Тоді виникає питання: а що ж все-таки у нас?

А у нас, також візьму на себе сміливість стверджувати, що вся наука фактично «робиться на полицю»! Виникає закономірне питання, як це можливо і кому це потрібне? Відповіді немає.

Тоді виникає таке питання: «Ну а те, що «робиться на полицю» має хоч якийсь рівень або значення для вітчизняної або світової науки»?

Зараз Міністерство освіти і науки України пропонує, кожному з нас, пройти атестацію власного наукового рівня, всім науковим установам країни. А як же сьогодні, нам пропонується робити оцінку проведених наших наукових досліджень і нових отриманих результатів нашими науковцями?

Якщо зараз не представляється можливим оцінити результати досліджень вітчизняних науковців в реально-працюючому виробництві нашої країни, то залишається єдиний шлях такої оцінки – за результатами рейтингової оцінки тих наукових статей наших вчених, які опубліковані в журналах, що входять до наукометричних баз світу. Або ж користуватися так званим індексом цитування робіт конкретного виконавця в західних виданнях. Таким чином, питання про значущість отриманих в нашій країні наукових результатів, українськими вченими, ми можемо визначати за непрямыми показниками західних інформаційних порталів.

А в більшості високорозвинених країн світу робота вченого оцінюється по тому наукомісткого внеску в виробничу сферу, який дає колосальні прибутки, частина яких знову ж повертається в науку і в значній мірі її стимулюючи. Головним показником ефективності роботи вченого в високорозвинених країнах світу – це скільки дають йому замовлень на виконання конкретних наукових досліджень, в скількох проектах він бере участь? А журнали Скопус, за кордоном вже на другому місці.

Статі в журналах Скопус, надруковані нашими вченими, фактично поки нічого не дають конкретного науковцю або викладачеві, хіба, що використовуються при його переобранні за конкурсом. А якщо в країні немає власного споживача високоємної наукової продукції, то ми нібито «даруємо» безкоштовно усьому світові свої наукові розробки. Мало того, що робимо це не безкоштовно, оскільки за цей друк ми повинні сплачувати, як автори, чималі кошти. Тобто ми ще й самі оплачуємо цей наш дар!

Таким чином, зараз в нашій країні нібито діє таке гасло: «якщо ти багато «даруєш» заходу своїх власних думок, своїх яскравих ідей, своїх творчих розробок – ти гарний науковець. Якщо мало, або зовсім на «даруєш» – то ні, ти погано працюєш в науці!

Що ж пропонується нам зараз робити?

По-перше, це наполегливо виходити у своєму усвідомленні про стан тієї галузі науки якою ти займаєшся. Потрібно читати, вивчати, аналізувати все, що зроблено в цій галузі за кордоном. Як кажуть «виходити на світовий рівень» стану проблеми.

І, по-друге, наполегливо працювати над якимись проривними питаннями, але друкувати не все, а частково, що в кінцевому випадку може призвести до того, що хтось на заході зацікавиться цими дослідженнями та купить їх.

По-третє, шукати можливості входити зі власними науковими пропозиціями до виконання грантових проектів, які фінансуються Європейським Союзом. Іншого шляху, на мій погляд, немає.

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ МАТЕРІАЛЬНОЇ ЧАСТИНКИ МІНЕРАЛЬНОГО ДОБРИВА ПО ЛОПАТЦІ ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗКИДАЛЬНОГО ОРГАНУ

Адамчук О.В., інж.

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації
сільського господарства» Національної академії аграрних наук України*

Ефективність виробництва різних сільськогосподарських культур неабиякою мірою залежить від застосування мінеральних добрив, які найчастіше вносять на поля поверхневим способом, розкиданням, за допомогою машин, обладнаних відцентровими розсіючими робочими органами.

Ці робочі органи, маючи безперечні переваги перед іншими типами робочих органів, проте вимагають подальшого удосконалення, яке торкається, передусім, рівномірності розподілу добрив по поверхні поля.

Запропоновані нами нові конструкції відцентрових розсіювальних робочих органів з осями обертання, нахиленими під кутом до горизонтальної площини, підвищують деякі показники ефективності, проте дослідження і подальший пошук їх оптимальних конструктивних і кінематичних параметрів представляє актуальне науково-технічне завдання.

Нами проведені теоретичні дослідження за визначенням максимальної абсолютної швидкості сходу частки добрива з лопатки на основі побудови розрахункової математичної моделі цього процесу.

Була розроблена еквівалентна схема руху частинки мінерального добрива вздовж лопатки розсіювального апарата, яка представлена на рис. 1.

В результаті проведеного теоретичного дослідження отримано нове диференціальне рівняння руху матеріальної частки добрива уздовж лопатки відцентрового робочого органу з урахуванням кута нахилу розсіювального диска.

Це дало можливість отримати нові теоретичні залежності для визначення абсолютної швидкості часток добрив у момент їх сходу з розсіювального диска, який має нахил у повздовжньо-вертикальній площині відцентрового розсіювального робочого органу.

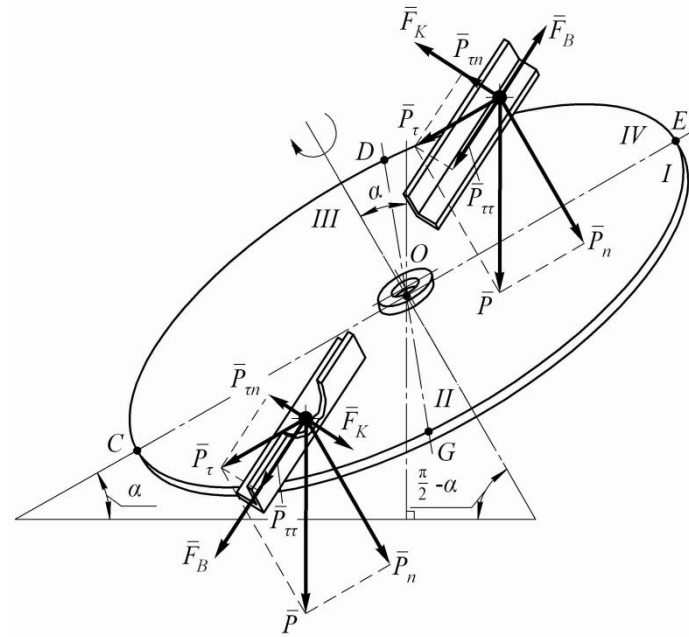


Рис. Еквівалентна схема руху частинки добрива вздовж лопатки розсіювального диска, який нахилений під кутом α до горизонту

За результатами перетворень було отриманий вираз кінцевої швидкості V_{BC} сходу частинки добрива з лопатки розсіювального апарата такого вигляду:

$$\begin{aligned}
 V_{BC} = \frac{dL}{dt} = & \left[-\frac{(1-f_f^2)U\lambda_2 \sin \gamma_o}{2\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} - \frac{f_f U \lambda_2 \cos \gamma_o}{\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} + \right. \\
 & + \frac{K\lambda_2}{\omega^2(\lambda_2-\lambda_1)} + \frac{(1-f_f^2)U \cos \gamma_o}{2\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} - \left. \frac{f_f U \sin \gamma_o}{\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} \right] \lambda_1 \cdot e^{\lambda_1 t} + \\
 & + \left[-\frac{(1-f_f^2)U \cos \gamma_o}{2\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} + \frac{f_f U \sin \gamma_o}{\omega(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} + \right. \\
 & + \frac{(1-f_f^2)U\lambda_1 \sin \gamma_o}{2\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} + \frac{f_f U \lambda_1 \cos \gamma_o}{\omega^2(1+f_f^2)(\lambda_2-\lambda_1)} - \left. \frac{K\lambda_1}{\omega^2(\lambda_2-\lambda_1)} \right] \lambda_2 \cdot e^{\lambda_2 t} + \\
 & + \frac{(1-f_f^2)U}{2\omega^2(1+f_f^2)} \cos(\gamma_o + \omega t) - \frac{f_f U}{\omega(1+f_f^2)} \sin(\gamma_o + \omega t).
 \end{aligned}$$

Таким чином фактично отриманий закон зміни відносної швидкості V_{BC} відносного переміщення частинки мінерального добрива вздовж лопатки відцентрового розсіювального робочого органу в довільний момент часу t в межах сектора IV.

Використання цього виразу відносної швидкості дало можливість у подальшому отримати нові теоретичні залежності для визначення абсолютної швидкості частинок добрив в момент їх сходу з розсіює диска. Використання отриманих залежностей і їх подальше чисельне рішення на РС дали можливість встановити вплив конструктивних і кінематичних параметрів і режимів роботи похилого відцентрового розкидача на значення абсолютної швидкості сходу частинок добрив і кута їх розгону.

УДК 669.14.018.25:620.18:539.374

СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БІМЕТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ

Афтанділянц Є. Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Проблема економії високолегованих сталей і сплавів, збільшення ресурсу роботи машин і міжремонтних термінів роботи безперервно діючих комплексів обладнання, що працюють в умовах абразивного зношування, є завжди актуальна. В умовах дефіциту в країні хрому, молібдену, ванадію, нікелю і інших елементів біметалеве литво в конструкціях машин є практично єдиним рішенням при створенні виробів з комплексом диференційованих і спеціальних властивостей. Однак оптимальні умови отримання біметалевих виливків на основі сплавів заліза вивчені недостатньо. Тому метою цієї роботи було розробка оптимальних умов отримання біметалевих виливків на основі сплавів заліза та зміцнення біметалевих виливків.

Відомі способи одержання біметалевих виливків, що включають заливку в ливарну форму розплаву першого металу біметалевої пари, його кристалізацію, формування контактної поверхні за допомогою моделі, що газифікується, та заливку на контактну поверхню розплаву другого металу, а також покриття поверхні заготовок флюсом, її нагрівання і заливку на цю поверхню перегрітого розплавленого металу, в якому з метою підвищення якості дифузійної взаємодії і з'єднання металу, що заливається, з поверхнею заготовки, в шлак, який розташований на її поверхні, перед заливкою розплавленого металу вводять нітрат натрію.

Недоліком таких способів є наявність оксидних плівок, які впливають на міжфазні процеси, перешкоджаючи дифузійній взаємодії між сплавами,

значно ускладнюють формування надійної перехідної зони, зменшують міцнісні характеристики біметалевих виливків, а також низькі технологічні можливості, складність технологічного процесу та обладнання, наявність у залитих сплавів ливарних дефектів, що призводить до зниження міцнісних характеристик біметалевих заготовок.

Оптимізація технологічних параметрів виготовлення біметалевих виливків з прогнозованими властивостями є зворотним завданням керування, яка може вирішуватися методом покоординатного спуску і інтерпретацією даних в процесі обчислень.

Поставлена задача вирішується тим, що виплавляють сталі, з вуглецевим еквівалентом ($C_{\text{екв}}^{\text{ст}}$) від 0,3 до 1,2 %, визначають перед заливкою у ливарну форму температури солідус сталі, заливки чавуну та його вуглецевого еквіваленту ($C_{\text{екв}}^{\text{чав}}$), за яким визначають хімічний склад чавуну, заливання сталі у ливарну форму, нанесення флюсу на затверділу поверхню сталі, виплавку та заливку, з визначеної температури, легованого чавуну, визначеного хімічного складу, в ливарну форму на сталеву основу. При цьому вуглецевий еквівалент легованого чавуну ($C_{\text{екв}}^{\text{чав}}$) повинен бути в межах від 3,0 до 4.6 %, та відповідати співвідношенню

$$C_{\text{екв}}^{\text{чав}} > 2.59 + 1.17 \cdot C_{\text{екв}}^{\text{ст}}, \quad (1).$$

Якісне дифузійне з'єднання сталевісної основи і чавунного робочого шару (взаємне проникнення, в результаті дифузії, атомів матеріалу основи і робочого шару один в одного) робочих органів дробарок відбувається в результаті контакту затверділою, після заливки, сталевісної основи з чавунним робочим шаром в процесі його формування після заливки. При цьому міцність дифузійного шару, яка визначається міжатомними силами зв'язку матеріалу, що утворився в результаті дифузії, є ізотропною по поверхні контакту, що підвищує надійність роботи біметалевих робочих органів дробарок.

Проте надійне з'єднання робочого шару і основи за допомогою дифузійного шару є необхідним, але недостатньою умовою для підвищення міцності та зносостійкості робочих органів дробарок, оскільки істотний вплив на працездатність біметалевих виливків надає матеріал основи і робочого шару.

За своїм функціональним призначенням робочі органи дробарок повинні поєднувати високу твердість, зносостійкість, теплостійкість робочих шарів з конструкційною міцністю, ударною в'язкістю, пластичністю матеріалу основи. Для забезпечення високої зносостійкості та міцності матеріали основи та робочого шару повинні мати високий рівень таких властивостей, як опір стиску, згину, зсуву, зрізу, зминанню,

теплопровідність, стійкість проти корозії, а також високу та рівномірну твердість при відсутності крихкості, невелику відмінність коефіцієнтів теплового розширення та стабільну макро – та мікроструктуру основи та робочого шару.

Нашими дослідженнями встановлено, що вищезгаданий рівень властивостей сталевій основи досягається у разі застосування сталей що містять (мас. %) від 0,2 до 0,4 вуглецю; від 0,15 до 0,9 кремнію; від 0,25 до 1,4 марганцю; від 0,20 до 2,5 хрому; від 0,1 до 1,0 нікелю; до 0,025 сірки; до 0,02 фосфору.

Необхідний рівень властивостей чавунного робочого шару досягається у разі застосування чавунів, які містять (мас. %) від 2,3 до 3,3 вуглецю; від 0,5 до 0,75 кремнію; від 0,5 до 5,0 марганцю; від 11,0 до 24,0 хрому; до 2,4 молібдену; до 0,04 сірки; до 0,05 фосфору.

Високоякісне дифузійне з'єднання чавунного робочого шару і сталевій основи, тобто формування дифузійного перехідного шару без пор, тріщин усадкових і інших дефектів відбувається тільки у тому випадку, коли рідкий чавун заливається на тверду основу.

Ця умова виконується тоді, коли температура закінчення твердіння сталевій основи (температура солідус ($t_{\text{сол}}^{\text{CT}}$)) більше температури заливання чавуну робочого шару ($t_{\text{зал}}^{\text{Чав}}$).

Співвідношення 1 дає можливість при відомому значенні температури солідус сталевій основи ($t_{\text{сол}}^{\text{CT}}$) шляхом варіювання значеннями вуглецевого еквіваленту чавуну ($C_{\text{екв}}^{\text{Чав}}$) і температурою заливки чавуну ($t_{\text{зал}}^{\text{Чав}}$) визначити їх оптимальні параметри для отримання якісного дифузійного з'єднання чавунного робочого шару і сталевій основи конкретних біметалевих робочих органів дробарок та умов виробництва.

Розроблений новий спосіб виробництва біметалевих виливків в наслідок оптимізації умов отримання дозволяє збільшити міцність робочих органів дробарок в 2,3 – 2, 4 рази.

Оптимальні умови реалізуються якщо після виплавки сталі, з вуглецевим еквівалентом ($C_{\text{екв}}^{\text{CT}}$) від 0,3 до 1,2 %, перед її заливкою, визначають температуру солідус сталі, заливки чавуну та його вуглецевий еквівалент ($C_{\text{екв}}^{\text{Чав}}$) за яким визначають хімічний склад чавуну, який виплавляють та заливають в ливарну форму на сталеву основу. При цьому вуглецевий еквівалент чавуну ($C_{\text{екв}}^{\text{Чав}}$) повинен бути в межах від 3,0 до 4,6 та відповідати співвідношенню 1.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОХОЛОДЖЕННЯ БІМЕТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ

Афтанділянц Е. Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Моделювання процесів, що відбуваються при охолодженні біметалевих виливків завжди було актуальною проблемою оскільки дає можливість шляхом комп'ютерного експерименту вивчати теплофізичні та масообмінні процеси з метою дослідження й оптимізації технології виготовлення біметалевих і багатошарових виливків. Однак при моделюванні охолодження литва спостерігається велика помилка визначення параметрів, наприклад, вмісту елементів і температури. Тому метою цієї роботи було моделювання вмісту елементів та зменшення помилки визначення температури ділянок біметалевих виливків.

Зниження помилки при визначенні температури та визначення перерозподілу елементів у основі та робочому шарі досягається тим, що визначають наступні параметри:

- хімічний склад основи та робочого шару після розплавлення матеріалів у плавильної печі;
- температури розплавів основи та робочого шару при їх заливанні у ливарну форму, які приймають, як початкові температури основи та робочого шару;
- ефективний тепловміст, густину та теплопровідність ділянок виливка, за задалегідь складених рівняннях, значення яких включають в рівняння теплопровідності та визначають розрахункові температури та дифузійну рухливість елементів, значення яких включають в задалегідь складене рівняння та визначають вміст елементів в ділянках біметалевого виливку.

Нашими дослідженнями встановлені закономірності впливу хімічного складу матеріалу і температури на теплопровідність, теплоємність і густину матеріалів, які застосовують для основи та робочого шару, при виготовленні біметалевих виливків.

Використання при розрахунках встановлених закономірностей є більш переважним, ніж експериментальне визначення, оскільки дозволяє прискорити та зменшити вартість процесу визначення значень теплопровідності, теплоємності та густини будь яких сплавів основи та робочого шару.

Встановлені закономірності впливи хімічного складу і температури на теплопровідність, теплоємність і густину сплавів основи і робочого шару, в рідкому і твердому станах дають можливість прискорити і підвищити точність розрахунків температурних полів біметалевих виливків, зокрема зміну температури контактної поверхні основи і робочого шару.

Перевірка розроблених закономірностей при виробництві біметалевих виливків відбувалася наступним чином. Після розплавлення у плавильній печі матеріалів сталі основи та чавунного робочого шару визначають їх хімічний склад, а перед випуском розплавів з печі температури заливання у ливарну форму розплавів основи та робочого шару, які приймають, як початкові температури основи та робочого шару. Значення вмісту елементів та температури включають в встановлені рівняння та визначають ефективний тепловміст, густину та теплопровідність ділянок виливка, значення яких включають в рівняння теплопровідності, яке покрокове вирішують і розраховують температури будь яких ділянок біметалевого виливка та перехідного шару. Після цього визначають дифузійну рухливість елементів та визначають вміст елементів в будь яких ділянках біметалевого виливку.

В першій індукційній плавильній печі ІСТ-016 виготовляли сталь для отримання основи, а в другій плавильній печі ІСТ-016 виготовляли чавун для отримання робочого шару біметалевого молотка. Після отримання у плавильних печах розплавів сталі та чавуну з печей брали проби для визначення хімічного складу розплавів, відповідно до ДСТ 7565 - 81, ДСТ 12344 -78 – ДСТ 12365 - 84.

Після визначення хімічного складу розплав сталі нагрівали до температури $t_{\text{зст}}=1580\text{ }^{\circ}\text{C}$ і заливали у пісочну ливарну форму, для отримання основи біметалевого молотка.

В місці аналізу встановлювали термопару ТПП, яка виготовлена відповідно до ГОСТ 3044-84, для експериментального визначення температури при охолодженні біметалевого молотка після заливання розплавів та її запису на потенціометрі КСП-4. Після охолодження виливка з місця аналізу відрізали зразок та виготовляли мікро шліфи на яких, за допомогою електронного растрового аналізатора, визначали вміст хрому на контактній поверхні, в основі та робочому шарі на різній відстані від контактної поверхні.

Порівняння середній помилки апроксимації температур показує, що відхилення значень температури від експериментальних даних складає 3,04 %, а за розробленою методикою – 1,01 %, тобто у 3 рази менш.

АЛГОРИТМ ОТРИМАННЯ БІМЕТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ

Афтанділянц Е. Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Оптимізація технологічних параметрів виготовлення біметалевих виливків з прогнозованими властивостями є зворотним завданням керування, яка може вирішуватися методом покоординатного спуску і інтерпретацією даних в процесі обчислень.

Розрахунок оптимальних технологічних параметрів виготовлення біметалевих виливків починається з визначення необхідного технічного ресурсу роботи виливки (τ_3), вибору дробильно-розмельного устаткування, аналізу креслення деталі робочого органу, виду і твердості матеріалу (HV), що подрібнюється.

Наступним етапом є розрахунок роботи одноразового удару біметалевого виливка (A) по матеріалу, що подрібнюють, обраного дробильно-розмельного устаткування і введення значень HV і A в рівняння 1

$$\tau = -47636786 - 10,7 \cdot HV - 1399 \cdot D_{\text{кчТО}} + 284478 \cdot D_{\text{мчТО}} + 709922 \cdot D_{\text{ачТО}} + 0,102 \cdot A, \quad R = 0,978, \quad (1)$$

де $D_{\text{кчТО}}$, $D_{\text{мчТО}}$ і $D_{\text{ачТО}}$ розмір карбідів, голок мартенситу і зерен аустеніту в робочому шарі після термічної обробки, відповідно.

Після визначення постійних членів (τ_3 , HV, A) рівняння 1 перетворювали в рівняння наступного виду:

$$f(D_{\text{кчТО}}, D_{\text{мчТО}}, D_{\text{ачТО}}) = f(\tau_3, A, HV) = C_0, \quad (2)$$

де C_0 – постійна, що залежить від значень τ_3 , A і HV.

Ефективність впливу розмірів карбідів ($D_{\text{кчТО}}$) на ресурс роботи біметалевого виливка в 1,7 рази вище, ніж пакетів мартенситу ($D_{\text{мчТО}}$) і зерен аустеніту ($D_{\text{ачТО}}$) і становить відповідно 48, 26 і 26%. Приймаючи відповідний внесок структурних факторів у значення C_0 , рівняння (2) перетворювали в систему наступних рівнянь:

$$F_1(D_{\text{кчТО}}^0) = 0,48 \cdot C_0, \quad (3)$$

$$F_2(D_{\text{мчТО}}^0) = 0,26 \cdot C_0, \quad (4)$$

$$F_3(D_{\text{ачТО}}^0) = 0,26 \cdot C_0, \quad (5)$$

Розміри карбідів ($D_{\text{кчТО}}$), пакетів мартенситу ($D_{\text{мчТО}}$) і зерен аустеніту ($D_{\text{ачТО}}$) в робочому шарі після термічної обробки є функціями вуглецевих еквівалентів чавуну ($C_{\text{эч}}$) і матриці чавуну ($C_{\text{эмч}}$), а $D_{\text{кчТО}}$, також, функцією

розмірів карбідів в робочому шарі в литому стані ($D_{кч}$). Підставляючи залежності $D_{кчТО}$, $D_{мчТО}$ і $D_{ачТО}$ в рівняння (3), (4) і (5), визначали початкові значення $C_{эч}^0$, $C_{эмч}^0$ і $D_{кч}^0$ шляхом вирішення системи наступних рівнянь:

$$F_1(f_1(C_{эч}^0, C_{эмч}^0, D_{кч}^0)) = 0,48 \cdot C_0, \quad (6)$$

$$F_2(f_2(C_{эч}^0, C_{эмч}^0)) = 0,26 \cdot C_0, \quad (7)$$

$$F_3(f_3(C_{эч}^0, C_{эмч}^0)) = 0,26 \cdot C_0, \quad (8)$$

Виходячи з відомої залежності вуглецевого еквіваленту чавуну ($C_{эч}$) від його хімічного складу і розмірів карбідів в робочому шарі в литому стані ($D_{кч}$) визначали хімічний склад робочого шару, а після аналізу креслення виливка і умов експлуатації - масу робочого шару ($m_{рс}$) і основи (m_o), а також хімічний склад сталі і її вуглецевий еквівалент ($C_{эст}^0$).

При виборі сталі і чавуну необхідно враховувати, що високоякісне дифузійне з'єднання робочого шару та основи, тобто формування дифузійного перехідного шару без пор, тріщин, усадкових та інших дефектів формується при заливці рідкого чавуну на затверділу основу. Ця умова реалізується у випадку, коли температура закінчення затвердіння сталеві основи (температура солидус ($t_{сол}^{оч}$)) більше температури заливання чавунного робочого шару ($t_{зал}^{рш}$), тобто, коли реалізується така нерівність

$$t_{сол}^{оч} > t_{зал}^{рш}, \quad (9).$$

Після визначення вихідних даних за формою (1) розраховується технічний ресурс роботи виливки (τ_p), який порівнюється із заданим ресурсом роботи (τ_3). У випадку, коли відмінність становить менше заданого рівня помилки, оптимізація технологічних параметрів виготовлення біметалевих виливків припиняється. В іншому випадку визначається значення постійної C_1 за формулою

$$f(D_{кчТО1}, D_{мчТО1}, D_{ачТО1}) = f(\tau_p, A, HV) = C_1, \quad (10)$$

де $D_{кчТО1}$, $D_{мчТО1}$, $D_{ачТО1}$ – значення розмірів карбідів, пакетів мартенситу і зерен аустеніту, що отримані при реалізації прийнятих вихідних даних.

Після визначення C_1 розраховується різниця $\Delta C = C_0 - C_1$. Залежно від знаку ΔC значення $D_{кчТО1}$, $D_{мчТО1}$, $D_{ачТО1}$ збільшуються чи зменшуються і розрахунки повторюються до тих пір, поки відмінність заданого і розрахованого технічного ресурсу роботи біметалевих виливків становить не менше заданої помилки.

Блок-схема алгоритму оптимізації технологічних параметрів виготовлення біметалевих виливків з прогнозованими властивостями наведена на рис.1.

Розроблений алгоритм оптимізації технологічних параметрів виготовлення біметалевих виливків дозволяє прогнозувати структуру

біметалевих виливків в литому і термообробленому стані та моделювати їх властивості та експлуатаційні характеристики.

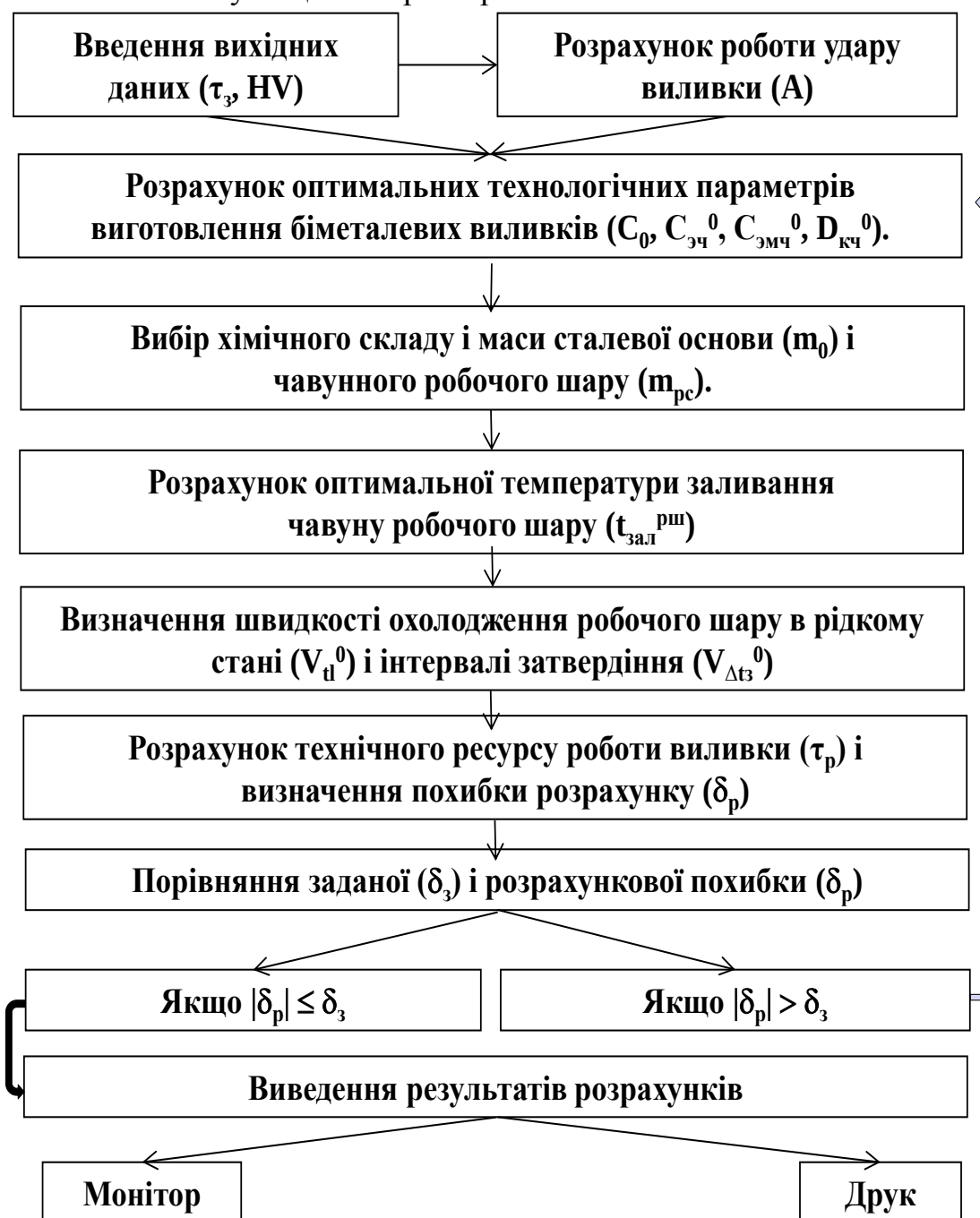


Рис. 1. – Блок-схема алгоритму оптимізації технологічних параметрів виготовлення біметалевих виливків з прогнозованими властивостями

На прикладі біметалевих молотків дробарки СМД-147 показано, що реалізація запропонованого алгоритму дозволяє в чотири рази збільшити технічний ресурс молотків в процесі дроблення перліту, при цьому помилка експлуатаційних і розрахованих значень складає 0,21%.

ОРГАНІЗАЦІЯ ІНЖИНІРИНГОВОГО СУПРОВОДУ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ, КОМПЛЕКТУЮЧИХ, ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ТА ІНСТРУМЕНТІВ

Каратник І.Р., к.т.н., доц.

Національний лісотехнічний університет України

Активне провадження заходів інжинірингу для машинобудівних і ремонтних виробництв, у переважній більшості випадків, здатне забезпечити одержання замовникам послуг позитивних фінансових результатів, що є наслідком професійної та обґрунтованої реалізації науково-технічного супроводу проектів і програм з техніко-технологічної модернізації виробництва. Згідно вказаного постає потреба у попередньому обґрунтуванні доцільності реалізації комплексу інжинірингових послуг для визначеного машинобудівного чи ремонтного підприємства та у спільному формуванні напрямків і шляхів впровадження інжинірингових проектів, наприклад за певним планом удосконалення цілого виробництва або його визначених технологічних ділянок. Суть інжинірингового проекту для підприємства при цьому слід розцінювати як інноваційний, що реалізується спільно і приносить технічний і технологічний розвиток виробництва, причому реалізуватися такий проект початково може на підставі наприклад пропозиції виготовлення виробів від самої профільної інжинірингової компанії, яка при цьому може запропонувати технологію, інструментальне і технологічне оснащення для наявного операційного устаткування підприємства.

Гарантією успішного впровадження передових технічних засобів і технологічних процесів для замовлення виготовлення виробів стає суб'єкт інжинірингової діяльності, якому необхідно враховувати особливі потреби споживача продукції, мінімізувати витрати на неї, забезпечити високий рівень ефективності виробництва, і супутньо підвищити техніко-технологічний рівень виробника. Тому співпраця інжинірингової компанії (фірми) з підприємствами машинобудування і ремонту техніки для розширення можливостей спільної діяльності у сфері технічного і технологічного забезпечення, раціональної організації виробництва, розвитку прибуткових розробок і розширення інноваційно-технологічних заходів доцільна для системи інжинірингової діяльності та послуг.

Приклади співпраці інжинірингової компанії ТОВ "Полідек-Тех" (м. Львів) з різними машинобудівними і ремонтними підприємствами

показують, що пропозиції з надання інжинірингових послуг неактивно сприймаються споживачами через невпевненість у отриманні прогнозованих позитивних результатів. Такі обставини зумовлюють обмежену співпрацю із замовниками згідно нетривалих проектів, а також часто на підставі власних завдань-замовлень, згідно яких і пропонуються виробникам прогресивні проектні, технічні і технологічні заходи для їх реалізації та подібних до них, що можуть мати місце у роботі підприємства-виробника.

При цьому був сформований один з напрямків діяльності ТОВ “Полідек-Тех” – здійснення інжинірингового супроводу виготовлення спеціалізованих конструкцій (різних обсягів виробництва), який полягає у аналізі проектно-технічної документації на вироби, обґрунтуванні раціональних методів та способів її виготовлення, часткової або повної проектно-технологічної підготовки виробництва виробів, розроблення номенклатури технічного та інструментального забезпечення, аналізування та вибір технологічних об’єктів (підприємств) виготовлення виробів.

Робота у цьому напрямку починається з аналізу документації технічного проекту, який перш за все покликаний виявити можливості покращення конструктивності і технологічності спроектованого виробу. Для цього, з метою технологічної і технічної доцільності, можуть пропонуватися певні корективи складу конструкції і, згідно спільного аналізу і погоджень з розробником, приймаються раціональні і достатні рішення для простішого виготовлення виробів зі збереженням їх функціональної здатності.

Аналізування технічної документації може мати поглиблений характер із застосування програмних продуктів систем автоматизованого проектування (наприклад SolidWorks) – для аналізування конструкцій і виявлення напрямків раціонального подальшого проектування, а також технологічних засад виготовлення агрегатів та їх елементів, що є прогресивним інструментарієм для інженерного обґрунтування технічних систем.

На даний час програмні продукти автоматизованого проектування використовуються ТОВ “Полідек-Тех” для різних способів моделювання конструкцій, а активна параметризація тривимірних моделей з використанням значного обсягу банків конструктивних рішень як стандартних елементів і складних конструкцій, так і реалізованих попередньо, нормалізованих пропонуються у напрямках уніфікації і типізації конструктивних рішень. Для виготовлення проєктованих виробів реалізуються креслення на них, додатки з інженерними розрахунками, рекомендації і керівні матеріали для роботи на сучасних обробних

верстатах. В значній мірі документація проектування також адаптована для створення технологічних маршрутів виготовлення деталей, для автоматизованого визначення параметрів заготовок, раціональних допусків та припусків і для розроблення технологічних карт на їх виготовлення відповідно до новопропонованих конструктивних матеріалів та, наприклад, верстатних парків, що прогножуються для реалізації виробів.

У схемі інжинірингового супроводу виготовлення виробів з використанням засобів автоматизованого проектування є раціональним і доцільним заходом, який разом з тим вимагає підготовленості виробничих потужностей підприємств машинобудування чи ремонту техніки (за складом технологічного підготовки виробництва, матеріального забезпечення, оснащення основним, допоміжним і додатковим технологічним устаткуванням, необхідним для виконання певного завдання-замовлення). Виконуючи аналізування і вибір техніко-технологічної бази виготовлення певного виробу на рівні інжинірингового підготовки як документації, так і необхідного матеріально-технічного забезпечення, обов'язково приймаються до уваги економічно-організаційні фактори вигідної (не затратної) реалізації проекту (від оцінки складу конструкції, її удосконалення і до її виготовлення).

Запропоновано ТОВ “Полідек-Тех” застосування методик техніко-економічного обґрунтування виготовлення виробів машинобудування, що дозволяє компанії приймати відповідальні рішення щодо урівноваженого забезпечення інструментальними і технічними засобами підприємств-споживачів або власними силами організовувати виготовлення технологічного оснащення для обробних виробництв, конструкцій технологічного устаткування; рекомендувати для них залучення зовнішніх постачальників чи підприємства з виготовлення конструкцій чи технічних засобів різного рівня складності.

У діяльності ТОВ “Полідек-Тех” на даний час запроваджена низка заходів, згідно яких виконується автономний вибір інструментального забезпечення для певних видів обробляння заготовок за техніко-економічними показниками, а саме за мінімумом витрат на виготовлення виробів відносно застосування доцільних інструментів; при цьому є можливість орієнтуватися на певну верстатну базу (обрання певної з них пов'язано з верстатними парками машинобудівних і ремонтних підприємств). Такий вибір виконується на підставі програмних продуктів, які пропонуються виробниками інструментів і якими користуються під час інжинірингової підготовки до виконання завдань-замовлень (SANDVIK і KNUTH (системи CoroPak 18.2, Coromant CoroPlus, CoroGrip, Varilock та

НСК)). При цьому вибір інструментів може базуватися на мінімумі витрат на придбання інструменту, або на економних показниках роботи верстатів, за умови застосування однакового для них інструменту (вказані економічні фактори обробних процесів визначені виробниками устаткування з огляду на середньо- і багатосерійне виробництво виробів у приведенні до однієї операції). На підставі методик інструментального забезпечення також запропоновано розширення інжинірингового супроводу виробництв-партнерів за напрямками:

- прогнозування потреби інструментів і технологічних засобів для виконання виробничих завдань визначених обсягів для окремих підприємств-споживачів (у т. ч. і для реалізації власних завдань-замовлень);

- аналізування витрат на створення страхового запасу інструментальних засобів, пов'язаних із рівнем надійності виконання виробничих програм;

- прогнозування та визначення потреби у конкретних видах інструментів і технологічного оснащення згідно погоджених методик їх розрахунку з підприємствами-партнерами;

- системне аналізування ринку постачальників інструментів, оснащення і верстатного устаткування; для підприємств-партнерів пропонуються критерії оцінювання постачальників та якості інструментів.

- на замовлення виконуються обґрунтування і розрахунки фінансових витрат для придбання засобів інструментального господарства, їх заміну і реставрування (без або разом з механізмами сервісу і технічного обслуговування) з врахуванням факторів для дотримання різних рівнів надійності реалізації завдань-замовлень і ширших виробничих програм.

УДК 631.358:62

ВИПРОБУВАННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ ЯМЗ-238 НА КАВІТАЦІЙНІ РУЙНУВАННЯ

Солодовнік О.В., Ференсов В.Е., студ., Сиволапов В.А., ст. викл.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Кавітаційні руйнування блоків і гільз циліндрів наступають після значного терміну служби дизельних двигунів. В експлуатації руйнування відзначаються після наробітку 2000 мото-годин. При моторних випробуваннях кавітаційні явища протікають кілька інтенсивніше і

руйнування виникають в деяких випадках вже після 1000 год роботи через застосування проточної води для охолодження двигунів.

Розробниками систематично ведуться роботи по підвищенню кавітаційної стійкості блоків і гільз. З цією метою проводяться випробування для оцінки ефективності різних конструктивних і технологічних змін. Оскільки явища кавітації розвиваються дуже повільно, то для оцінки кожного варіанту в разі проведення звичайних стендових або експлуатаційних випробувань необхідно 2..3 роки. Щоб скоротити терміни, необхідні для оцінки, був проведений комплекс робіт для розробки методу форсованих випробувань. Оскільки багатьма дослідниками було встановлено, що головним джерелом кавітації в двигунах є вібрація стінок гільз, що виникає при «перекладанні» поршня близько в.м.т. в основу методу було покладено збільшення вібрації гільз, інтенсивність якої визначається прискоренням і амплітудою коливань їх стінок. Прискорення стінки гільзи

$$a = A(2\pi f_{вк})^2, \quad (1)$$

де A - амплітуда коливань гільзи;

$f_{вк}$ - частота вільних коливань гільзи.

Частота вільних коливань гільз залежить від їх розмірів і фізичних властивостей матеріалу.

На амплітуду коливань впливають: величина максимальної бічної сили і період її зміни, жорсткість гільзи і всього блоку двигуна, а також жорсткість сполучення гільзи з блоком.

Величина бічної сили визначається максимальним тиском циклу і протіканням процесу розширення, площею поршня і ставленням радіуса кривошипа колінчастого вала до довжини шатуна.

У зв'язку з «перекладанням» поршня в процесі роботи двигуна певне значення при порушенні коливань гільзи має характер її контакту з поршнем, обумовлений величиною зазору в сполученні поршень-гільза. Розглянемо фактори, що впливають на прискорення a . Зміна конструктивних розмірів гільзи і фізичних властивостей її матеріалу для штучного збільшення прискорення коливань є неприйнятним, тому що при цьому докорінно повинна бути змінена конструкція досліджуваного дизеля. Результати таких випробувань не можна перенести на базовий дизель. Отже, не можна змінювати жорсткість гільзи і блоку і їх посадки з метою збільшення амплітуди коливань. З тих же причин неможливо змінювати площа поршня, а також ставлення радіуса кривошипа до довжини шатуна.

Максимальні значення [бічної сили або її імпульсу можна змінювати тільки зменшуючи або збільшуючи середнє ефективне тиск або зазор в сполученні поршень-гільза. Можливості підвищення середнього ефективного тиску обмежені і для значного збільшення бічної сили, а отже, і для форсування розвитку кавітації не можуть бути реалізовані. Вплив зазору в сполученні поршень-гільза на прискорення визначали при роботі дизеля на стенді. Вимірювання вібрацій проводилося п'єзоелектричним датчиком прискорення в комплекті з попереднім підсилювачем або катодним повторювачем і аналізатором. Датчики за допомогою перехідників були пов'язані з гільзою (рис. 1). Вплив перехідників і ущільнювачів на роботу датчиків незначно. Датчики були закріплені в двох точках гільзи на навантаженої стороні. Послідовно в гільзу встановлювалися поршні з зазором 0,12; 0,19; 0,285 і 0,7 мм і записувалися графіки вібрацій у всьому діапазоні робочих частот обертання при прокручуванні вала двигуна балансирної машиною, на холостому ході і при роботі по швидкісній характеристиці. При аналізі результатів досліджень було відзначено, що найбільші вібрації виникають в нижній частині гільзи при роботі двигуна на холостому ході. Зі збільшенням зазору в парі поршень-гільза інтенсивність вібрацій зростає на всіх режимах.

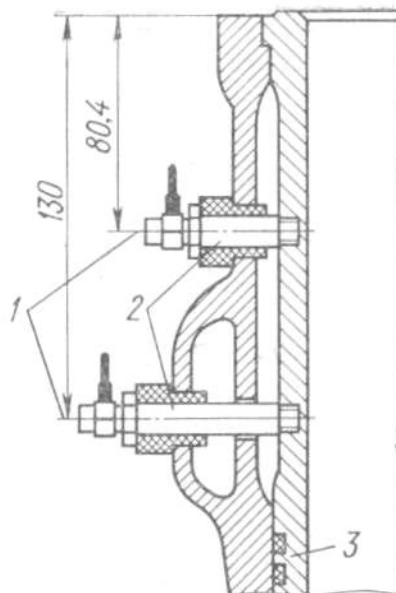


Рис. 1. Схема установки вібрдатчиків на гільзі циліндра: 1 вібрдатчик; 2 болт-перехідник; 3 - гільза циліндра

На рис. 2 приведена залежність інтенсивності вібрацій p від зазору A поршень-гільза при різній частоті обертання колінчастого вала на холостому ході. Як випливає з графіка, інтенсивність вібрацій в досліджуваному

діапазоні зазорів пари поршень-гільза змінюється в дуже широких межах: зростають в 10 разів при збільшенні зазору від 0,12 до 0,7 мм.

Щоб вибрати режим форсованих випробувань і зазорів в парі поршень-гільза, був проведений розрахунок очікуваної інтенсивності кавітаційного руйнування в залежності від вібраційного прискорення. Розрахунок проводився з використанням емпіричної залежності, отриманої в результаті досліджень серійних дизелів і зразків, що піддавалися кавітаційного руйнування на магнітострикційному вібраторі.

Відносна втрата маси

$$\bar{Y} = \frac{Y_x}{Y_0} = 5 \cdot 10^{-5} \cdot \bar{t}^{1,45} \cdot \bar{a}^{\left[0,6 - \frac{10}{(\bar{a}-15)^2}\right]} \quad (2)$$

де Y_x - втрата маси гільзи за час її роботи в кг;

Y_0 - втрата маси гільзи, прийнята за нульовою поріг, в кг;

$\bar{t}$ - безрозмірний коефіцієнт, що характеризує час роботи гільзи;

$\bar{t} = t_x/t_0$ - час роботи гільзи; t_0 - час роботи гільзи, прийнятий за нульовий поріг, при якому починається кавітація; $t_0 = 1$ год);

$\bar{a}$ - відносне прискорення; $\bar{a} = a/g$ (g - прискорення вільного падіння).

Аналізуючи залежність, отриману в результаті розрахунку (рис. 30), можна відзначити, що розрахункова інтенсивність кавітації руйнування прямо пропорційна прискоренню. При зміні прискорення в межах, виміряних на двигуні, інтенсивність руйнування може підвищитися в 8-10 разів.

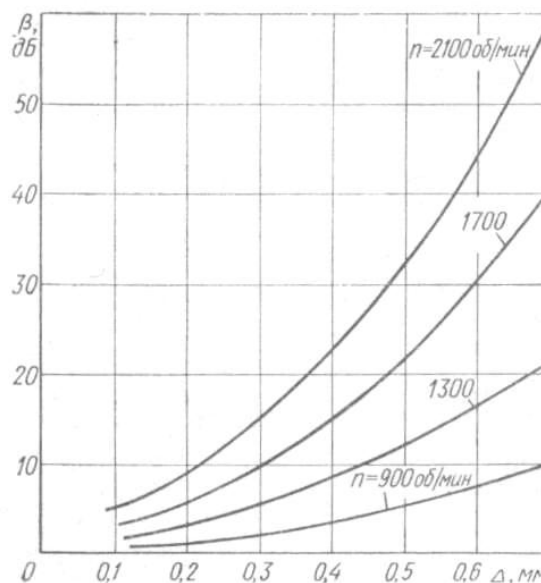


Рис. 2. Залежність інтенсивності вібрацій β гільзи від зазору в парі поршень

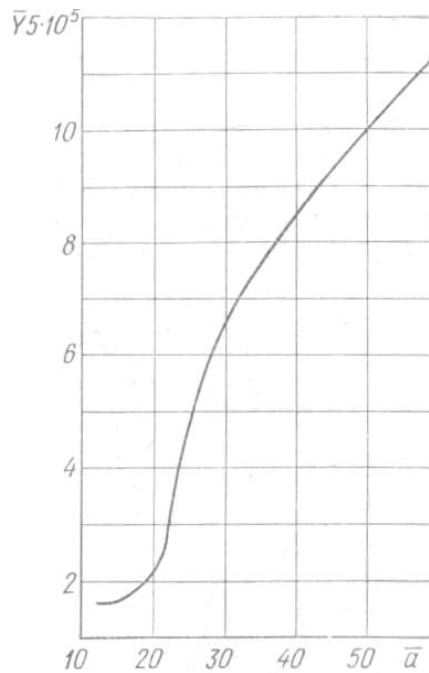


Рис. 3. Залежність кавітаційного руйнування від відносного прискорення гільзи циліндра

З зіставлення графіків на рис. 2 і 3 випливає, що форсовані випробування доцільно вести при швидкісному режимі, близькому до номінального при зазорі в парі поршень-гільза 0,6...0,7 мм. На інтенсивність кавітаційних руйнувань може впливати також температура охолоджуючої води і її корозійні властивості. Максимальна інтенсивність кавітаційних руйнувань відзначається при температурі води 55° С. З огляду на це все форсовані випробування даної групи проводилися при температурі води 50...55° С. Для оцінки впливу корозійних властивостей води при випробуванні в якості охолоджуючої рідини використовували 3% -ний розчин №С1 в воді. В даному випадку інтенсивність кавітаційних явищ не збільшилася в порівнянні з результатами випробувань при застосуванні звичайної води. Не було помічено посилення інтенсивності кавітації і під час випробувань на магнітострікторе при використанні різних водних розчинів. В кінцевому підсумку був розроблений наступний метод форсованих випробувань:

- складання двигуна з зазором в сполученні поршень-гільза 0,7 мм;
- випробування на режимі холостого ходу при $n = 2100$ об/хв при температурі охолоджуючої рідини 50...55 ° С протягом 150 годин.

При випробуваннях даної тривалості виникають кавітаційні руйнування гільз і блоків циліндрів, аналогічні таким на дизелях в експлуатації через 6...8

тис.год. роботи). Отже, коефіцієнт еквівалентності K_e форсованих випробувань досягає 40.

УДК 621.87

ЛАБОРАТОРНІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ БАШТОВОГО КРАНА

Ловеїкін В.С., д.т.н., проф., Кадикало І.О., асист.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Проведений динамічний аналіз механізму повороту баштового крана показав, що в елементах приводу та металоконструкції з вантажем на гнучкому підвісі під час руху механізму повороту, виникають динамічні навантаження, які значно перевищують навантаження в процесі усталеного руху [1,2].

Для виявлення динамічних навантажень в фізичній моделі механізму повороту стрілового крана проведено експериментальні дослідження динаміки руху механізму повороту під час процесу пуску та порівняно їх з результатами, отриманими теоретичним шляхом. При проведенні експериментальних досліджень на лабораторній установці (рис. 1) підібрано необхідне вимірйовально-реєструюче обладнання (рис.2).

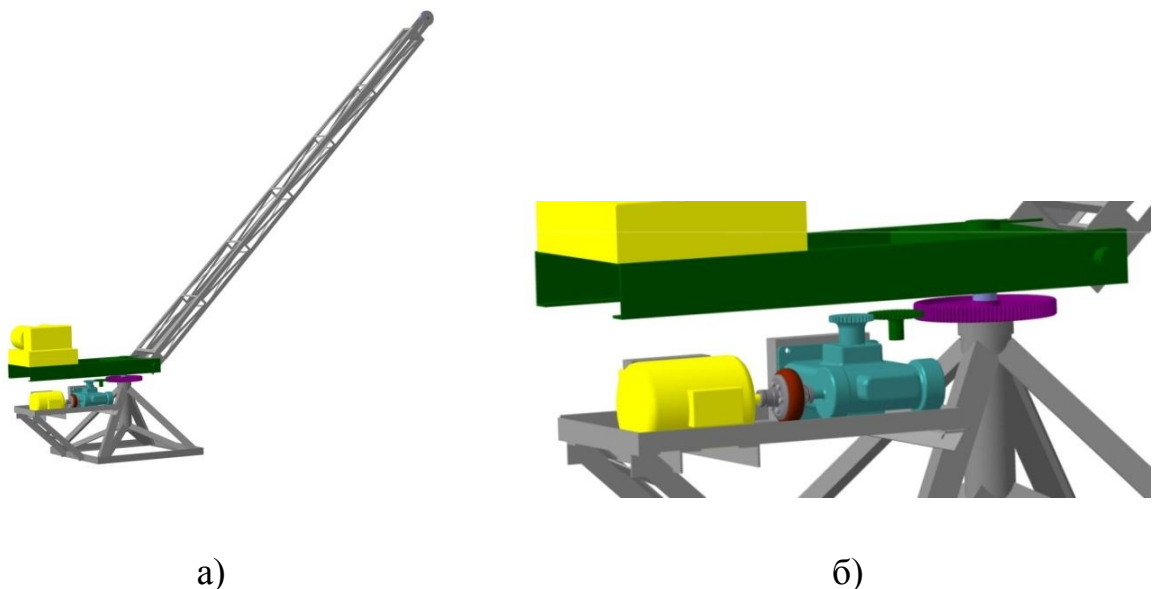


Рис. 1. Схема лабораторної установки стрілового крана:

а) загальний вигляд крана; б) механізм повороту стрілового крана

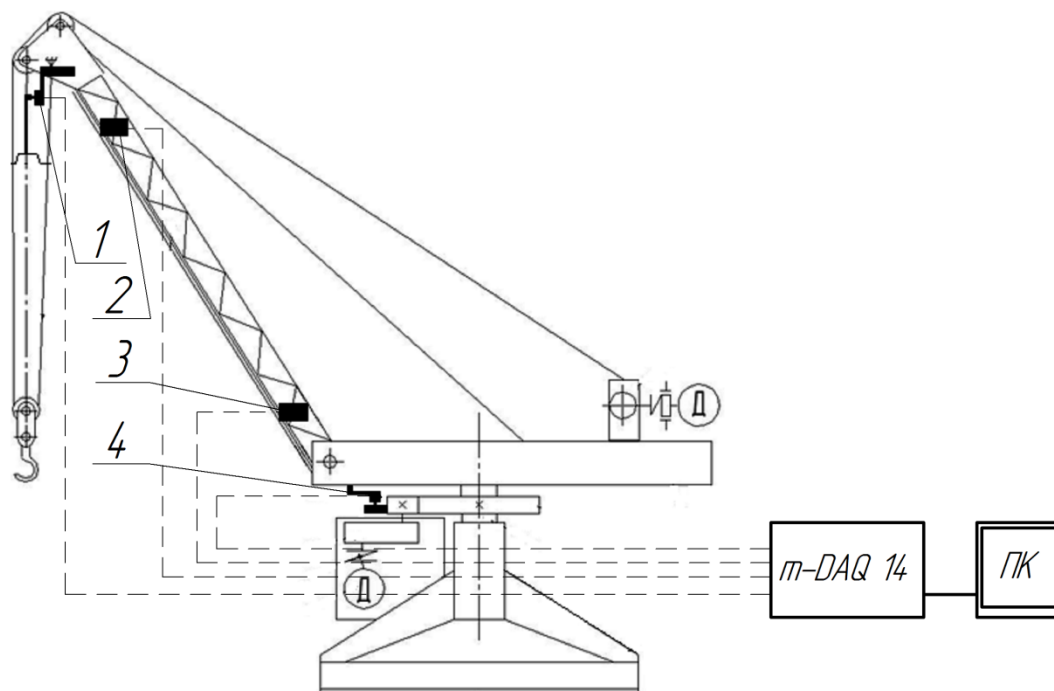


Рис. 2. Схема розташування датчиків для дослідження механізму повороту стрілового (баштового) крана:

- 1 – датчик для вимірювання амплітуди кутового відхилення гнучкого підвісу та вантажу; 2,3 – датчик прискорення стрілової системи;
4 – датчик визначення швидкості поворотної частини.

Для збору даних використано наступне реєструюче обладнання, а саме аналого-цифровий перетворювач m-DAQ 14 та комп'ютер зі встановленим на нього певним програмним забезпеченням. Цей пристрій підключається до комп'ютера за допомогою USB-порту і тим самим забезпечує збір даних з вимірювального обладнання, котрі поступають з датчиків у вигляді аналогових електричних сигналів та записуються і зберігаються у файлі, розширення якого «.txt». В якості вимірювального обладнання використані наступні датчики. Для вимірювання амплітуди кутового відхилення гнучкого підвісу з вантажем від вертикалі використано кутовий енкодер Megatron-Impulsgeber MOL40 6 3600 – BZ N [3]. Енкодер приєднується до оголовка стріли за допомогою плеча (штанги), яке кріпиться до енкодера за допомогою муфти, сприймає кутові відхилення канату та вантажу під час пуску механізму повороту стрілового крана.

Для визначення прискорення вібрацій в стріловій системі баштового крана під час роботи механізму повороту у горизонтальній площині обґрунтовано використання акселерометра MMA7260QT [4]. Акселерометр розміщений у корпусі, який виготовлено із пластмаси та кріпиться

безпосередньо до стріли крана, один датчик знаходиться на кінці стріли 2, а інший на її початку 3 (рис. 2). Для визначення швидкості поворотної частини баштового крана під час роботи механізму повороту також використано інкрементальний енкодер Megatron-Impulsgeber MOL40 6 3600 – BZ N, який за допомогою шестерні, що знаходиться на валу енкодера, сприймає оберти, які виникають в поворотній частині під час пуску та роботи механізму повороту баштового крана. Під час збору даних для реєструючого обладнання використано стабілізований блок живлення з малим рівнем пульсацій – HYelec HUA YI ELECTRONICS DC POWER SUPPLY HY3003M-3 [5]. Вибране вимірювально-реєструюче обладнання дало змогу провести експериментальні дослідження динаміки механізму повороту баштового крана.

Список використаних джерел:

1. Ловейкін В.С., Пилипака С.Ф., Кадикало І.О. Динамічний аналіз механізму повороту стрілового крана. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК.Київ. 2017. Вип. 258. С. 192–202.
2. Loveikin, V.S., Loveikin, Ju.V., Kadykalo, I.O. (2018). Analysis of Modes of Motion of Rotation Mechanism of Jib Crane. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. Vol. 18. No 1. 15-25.
3. Інструкція: URL: <https://micropribor.com.ua/product/mol40> (дата звернення 11.03.2019)
4. Інструкція <http://html.alldatasheet.com/html-pdf/246043/FREESCALE/MMA7260QT/488/1/MMA7260QT.html> (дата звернення 11.03.2019)
5. Інструкція <https://toolboom.com/en/triple-dc-power-supply-hyelec-hy3003m-3/> (дата звернення 11.03.2019)

УДК 621.835

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РУХУ КУЛАЧКОВИХ МЕХАНІЗМІВ

Ловейкін В.С.¹, д.т.н., проф.; Почка К.І.², к.т.н., доц.

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України

²Київський національний університет будівництва і архітектури

Основними тенденціями в розвитку сучасного машинобудування є підвищення продуктивності, надійності машин та механізмів, а також

підвищення якості виконання технологічних процесів. Значне поширення в машинах-автоматах легкої, харчової та інших галузях виробництва отримали кулачкові механізми. При розрахунку та проектуванні таких механізмів виникають задачі, без розв'язку яких неможливо задовольнити вимоги сучасного виробництва. При підвищенні робочих швидкостей кулачкові механізми працюють в більш жорсткому динамічному режимі, що обмежує подальше зростання їхньої продуктивності. В цих умовах для отримання сприятливих експлуатаційних характеристик при проектуванні кулачкових механізмів необхідно розв'язувати задачі динамічного аналізу та синтезу. На роботу кулачкових механізмів при перетворенні неперервного обертального руху ведучої ланки в усталений нерівномірний рух веденої ланки (робочого органу) значний вплив має закон їхнього руху. Вибір закону руху кулачкового механізму дозволяє зменшити інерційні навантаження, підвищити динамічний коефіцієнт корисної дії та рівномірність руху, зменшити габарити та вагу. Тому вибір динамічно оптимальних законів руху кулачкових механізмів є важливою науковою задачею.

При кінематичному та динамічному синтезі кулачкових механізмів необхідно знати закони (режими) руху ведучої та веденої ланок [1]. В практиці розрахунку та проектування кулачкових механізмів значне поширення отримали типові закони руху: постійної швидкості; постійного прискорення; змінного прискорення за лінійним, трапецеїдальним, косинусоїдальним, синусоїдальним і поліноміальним законами [2]. Кожний з цих режимів забезпечує ті чи інші властивості кулачкового механізму. Для комплексного забезпечення певних властивостей кулачкового механізму необхідно враховувати комплекс властивостей режимів руху ведучої та веденої ланок. Вибір таких режимів руху кулачкових механізмів може бути здійснений тільки при наявності інтегральних динамічних критеріїв [3, 4].

Оскільки режими руху кулачкових механізмів являють собою функціональні залежності переміщення, швидкості, прискорення тощо веденої ланки від часового чи просторового аргументів, що характеризують ведучу ланку протягом усього циклу руху, то критерій повинен мати вигляд інтегрального функціоналу. Крім того, процедура порівняння допустимих режимів руху можлива тільки в тому випадку, коли критерій має вигляд скалярної величини і для кожного режиму приймає конкретне число.

Усім перерахованим вимогам до критеріїв оцінки режимів руху кулачкових механізмів відповідає структура критерію у вигляді дії [5]:

$$I_n = \int_{t_0}^{t_1} F_n \left(t, S, \dot{S}, \dots, S^{(n)} \right) dt, \quad (1)$$

де t – час; t_0, t_1 – початковий та кінцевий моменти часу закінченого циклу руху; F_n – «енергія» прискорень $n-1$ -го порядку кулачкового механізму; $S, \dot{S}, \dots, \overset{(n)}{S}$ – координати вихідної ланки кулачкового механізму та їхні похідні включно до n -го порядку.

Назва «енергія» прискорень взята за аналогією з кінетичною енергією, але є цілком умовною і не відповідає відомому поняттю енергії.

Для випадку, коли $n=1$ функція $F_n = F_1$ є функцією кінетичної енергії кулачкового механізму і критерій (1) оцінює енергетичні витрати для створення руху. При $n=2$ функція $F_n = F_2$ відповідає «енергії» прискорень першого порядку, яка має назву функції Гіббса [6]. В цьому випадку критерій (1) відображає інерційну складову потужності руху кулачкового механізму.

При $n=3$ функція $F_n = F_3$ є «енергією» прискорень другого порядку або «енергією» ривків (пульсу) і критерій (1) оцінює ефективну величину динамічних навантажень кулачкового механізму зважених по пульсу вихідної ланки.

Для оцінки режимів руху можуть бути використані критерії у формі (1) з підінтегральними функціями у вигляді «енергії» прискорень більш високих порядків (третього, четвертого і тому подібне). Вони враховуються при виборі режимів руху кулачкових механізмів з пружними ланками.

Виходячи із виразу (1) розраховано функції зміни переміщення, швидкості, прискорення та ривка на ділянках віддалення, повернення, дальнього та ближнього стояння штовхача при оптимальному енергетичному, оптимальному динамічному, оптимальних за прискореннями другого (ривка) та третього порядків режимах руху.

З аналізу отриманих функцій можна зробити висновок, що на відміну від оптимального енергетичного режиму, оптимальний динамічний режим доцільно використовувати на практиці.

Однак при цьому режимі руху в 2,25 рази збільшуються енергетичні витрати на створення власне руху порівняно з оптимальним енергетичним режимом.

Крім того, цей режим має максимальні прискорення на початку і в кінці руху на ділянках віддалення та повернення, які зростають і спадають миттєво, що приводить до виникнення м'яких ударів [1, 2].

Такий режим руху не доцільно використовувати в швидкохідних кулачкових механізмах, оскільки він може викликати виникнення коливань в ланках механізму.

При оптимальних режимах руху за прискореннями другого (ривка) та третього порядків функції всіх кінематичних характеристик штовхача

змінюються плавно протягом усього циклу руху. Переміщення, швидкості та прискорення оптимальних режимів руху штовхача за прискореннями другого та третього порядків є неперервними функціями, характер зміни яких є досить близьким, разом з тим характер зміни ривка штовхача для цих режимів є принципово різним.

На відміну від оптимального ривкового режиму, оптимальний за прискореннями третього порядку режим руху забезпечує плавну зміну ривка до нульового значення в крайніх положеннях штовхача на ділянках віддалення та повернення. А це значить, що при такій зміні ривка в пружних елементах кулачкового механізму будуть відсутні коливальні процеси. З наведеного можна зробити висновок, що залежність зміни ривка штовхача є однією з основних характеристик режиму руху кулачкових механізмів.

Приведений аналіз режимів руху кулачкових механізмів показує, що отримані режими руху є відомими функціями і знайшли значне поширення при синтезі кулачкових механізмів.

Однак запропонована методика синтезу оптимальних режимів руху дозволяє отримати будь-які режими, що залежать від виду підінтегральної функції в критерії (1) і відображають ті або інші властивості кулачкового механізму.

Кожний з таких режимів руху кулачкових механізмів покращує одні їхні властивості і одночасно погіршує інші.

Тому більш перспективним слід вважати комплексні оптимальні режими руху, що враховують одночасно декілька властивостей кулачкових механізмів, наприклад, енергетичні витрати, динамічну складову потужності та інтенсивність зміни динамічних навантажень.

Такі оптимальні режими руху можуть бути отримані на базі комплексних критеріїв з урахуванням вище зазначених оптимальних режимів руху кулачкових механізмів за одиничними інтегральними критеріями.

Список використаних джерел:

1. Попов Н.М. Расчёт и проектирование кулачковых механизмов. / Н.М. Попов. – М.: Машиностроение, 1965. – 304 с.
2. Тир К.В. Комплексный расчёт кулачковых механизмов. / К.В. Тир. – М.: Машгиз, 1958.
3. Горский Б.Е. Динамическое совершенствование механических систем. / Б.Е. Горский. – К.: Техніка, 1987. – 200 с.
4. Горский Б.Е. Критерии динамического совершенства механических систем. / Б.Е. Горский, В.С. Ловейкин // Теория машин металлургического и горного оборудования. – Свердловск: УПИ, 1989. – Вып. 13. – С. 98-102.

5. Ловейкін В.С. Критерії синтезу режимів руху механізмів і машин. / В.С. Ловейкін // Техніка будівництва. – К.: КНУБА, 2005. – № 17. – С. 58-62.
6. Кильческий Н.А. Курс теоретической механики. Т.2. / Н.А. Кильческий. – М.: Наука, 1977. – 543 с.

УДК 681.518:55:622

МЕХАТРОННІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ГЕОТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Шаленко В.О., к.т.н., доц., Корнійчук Б.В. к.т.н., доц., Маслюк А.А., аспір.
Київський національний університет будівництва і архітектури

На сучасному етапі розвитку засобів визначення властивостей і діагностування стану геотехнічних об'єктів характерним є застосування останніх досягнень механіки, інформаційних технологій, електротехніки і теорії керування. Застосування таких напрямів розвитку науки і техніки в поєднанні з географією і геологією дозволило створити якісно нові напрями технічного прогресу: геоінформатику (геоінформаційні системи), телеметрію свердловин, внутрішньотрубну дефектоскопію та ін.

Дані системи представляють собою інтегровані комп'ютерні системи, що знаходяться під управлінням спеціалістів-аналітиків, які здійснюють збір, зберігання, маніпулювання, аналіз, моделювання та відображення просторово-співвіднесених даних.

В загальному випадку дані системи можливо класифікувати, як мехатронні, з причини наявності всіх характерних ознак: ІТ-технології, електронні системи, системи керування, різні типи датчиків, механічних, оптичних та інших систем збору інформації.

Особливий інтерес с точки зору автоматизації вимірювання деформацій на поверхні геотехнічних об'єктів з метою створення автоматизованих систем геомеханічного моніторингу викликає створення вітчизняного профілометра на основі багатоцільового геомехатронного комплексу.

Подібні роботизовані геоінформаційні комплекси успішно зарекомендували себе в дослідженнях, при яких присутність людини ускладнена: розвідування вулканів, свердловин, пустель, морського дна, нафто-газосховищ та інші.

МЕТОДИ НАПІВСУХОГО ФОРМУВАННЯ ЦЕГЛИ

Шаленко В.О., к.т.н., доц., Корнійчук Б.В. к.т.н., доц., Маслюк А.А., аспір.,
Кобилинський, Д.М. студ.

Київський національний університет будівництва і архітектури

Напівсухий спосіб формування отримав широке застосування, оскільки багато необхідних людині матеріалів виготовляються саме цим способом. Методом напівсухого формування виготовляються: вогнетривка цегла – необхідна для роботи та розвитку металургійної галузі; силікатна цегла – використовується для будівництва житлових будівель, а також об'єктів промислового, сільсько-господарського, комунального призначення; керамічна цегла. Останнім часом за кордоном і в Україні все більшого застосування знаходить цегла з бетону: цементно-пісчаний, із цементу і гранвідсіву, шлакоцементний.

Суть напівсухого формування полягає у підготовці сировини у вигляді порошку, який має вологість $W=6-12\%$, процесу формування напівфабрикату та його подальшій обробці, як правило, термічній.

Найбільш розповсюдженими являються два методи реалізації способу напівсухого формування: пресування та вібропресування.

Напівсухе пресування характеризується пресовим тиском порядку 10-40 МПа, високою міцністю сирцю (більше 0,25 МПа), яка достатня для укладки в пакети в 10-12 рядів.

Напівсухе вібропресування характеризується на два порядки меншим тиском (0,1-0,3 МПа), включає в себе віброкомпонент з частотою $300-600\text{ с}^{-1}$ та амплітудою $A=0,4-1\text{ мм}$. Сирець при цьому методі має значно меншу міцність, тому не може бути знятий з піддону та укладений в пакет. При цьому вібропресова технологія потребує більшої кількості піддонів, необхідних для твердіння сирцю, великих площ під стелажі, на які укладаються піддони та ін.

Прес для напівсухого пресування значно важче та дорожче вібропреса, однак метод пресування не має вище згаданих недоліків вібропресування і тому в цілому вигідніший як за капітальними затратами, так і за поточними.

Напівсухе пресування є найкращим методом виробництва шлакоцементної цегли на технологічних лініях малої потужності – мінілініях, з річною продуктивністю 1-3 млн. шт. цегли. У порівнянні з вібропресуванням, основною перевагою є висока міцність сирцю і можливість керувати нею.

БЕЗОПАЛУБНЕ ФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОНИХ ВИРОБІВ

Маслюк А.А., аспір., Шаленко В.О., к.т.н., доц.

Київський національний університет будівництва і архітектури

На сьогодні одним з сучасних енергоефективних технологій виготовлення будівельних виробів з попередньо напруженого залізобетону є безопалубне формування на довгих стендах, що успішно себе зарекомендував на ринку виробництва будівельних виробів.

Безопалубне формування збірного залізобетону набуває широкого поширення. При процесах виробництва плит безопалубного формування на обладнанні різних виробників складається в основному з однакових технологічних операцій: підготовка стендів – чищення і змащування стендів, розтягування армуючих елементів за допомогою багатофункціональної сервісної машини; натяг арматури (проводиться за допомогою гідропресів); адресна автоматична подача бетонної суміші; формування плит на стендах бетоноформуючим агрегатом; термообробка після формування плити для запобігання передчасної втрати вологи з виробу; твердіння на стендах (плити залишаються на формуючих стендах до досягнення виробом 70-80% міцності від кінцевої розрахункової); розділення на вироби не необхідної довжини та конфігурації (орієнтовно через 10-12 годин після термообробки готове залізобетонне полотно розрізається різальною машиною з дисковою пилкою під прямим або будь-яким іншим кутом в залежності від потреб замовника); транспортування виробів на склад готової продукції за допомогою спеціальних траверс-захватів. До переваг такого виробництва будівельних виробів з попередньо напруженого залізобетону відносять: повна відмова від форм; можливість отримання на одному стенді вироби різної довжини шляхом використання спеціальних формувальних агрегатів, що одночасно виконують операції укладання і ущільнення бетонної суміші під дією вібрації, трамбування та екструзії; застосування водної пластифікації суміші на заздалегідь підігрітій поверхні стенда. У порівнянні з агрегатно-поточною технологією при безопалубному стендовому формуванні собівартість виробів зменшується у середньому на 25% при практично бездоганній якості виробів. Це досягається за рахунок того, що зникає необхідність пропарювання, і лінію обслуговує всього 6-8 робітників (замість 12-14), металоємність знижується майже втричі за рахунок відсутності пару форм та практично повної механізації і автоматизації процесу.

МЕТАЛО-ФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ПОКРАЩЕННЯ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ ВТ 22 ЗА РАХУНОК УДАРНО-КОЛИВАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Пилипенко А.П., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В попередніх дослідження встановлено, що пластична деформація титанового сплаву ВТ 22 може коливатися у доволі широких межах залежно від інтенсивності імпульсного введення енергії. Очевидно, що причиною таких різких коливань пластичних властивостей є певні структурні зміни зумовлені режимом ударно-коливального навантаження. Досліджено структурно-фазовий стан титанового сплаву ВТ22 у вихідному стані та після ударно-коливального навантаження з наступним статичним розтягом за допомогою методів оптичної, аналітичної растрової мікроскопії (СЭМ-515 фірми «PHILIPS», Голландія), а також мікродифракційної просвітлювальної електронної мікроскопії (JEM-200CX фірми «JEOL», Японія) із прискорювальною напругою 200 кВ. Фольгу для просвітлювальної мікроскопії потоншували в два етапи – попереднім електрополіруванням з подальшим багаторазовим іонним утоненням іонізованими потоками аргону на спеціально розробленій установці. Виявлено, що основною причиною таких позитивних впливів є подрібнення (фрагментація) зерен β -фази, а також вирівнювання розмірів диспергованих структур. Ці дані узагальнені на рис 1, 2.

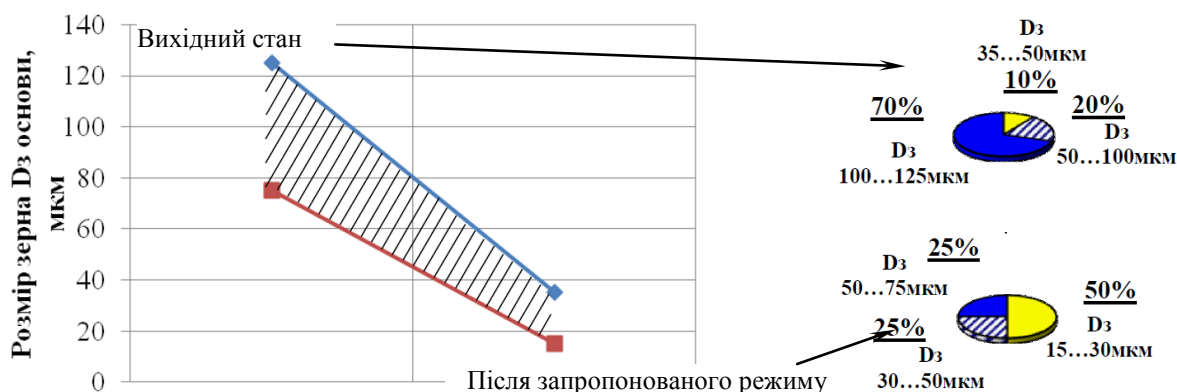


Рис. 1. Об'ємна частка (V_d , %) зерен різних розмірів (D_3)
 β – фази сплаву у вихідному стані та після ДНП

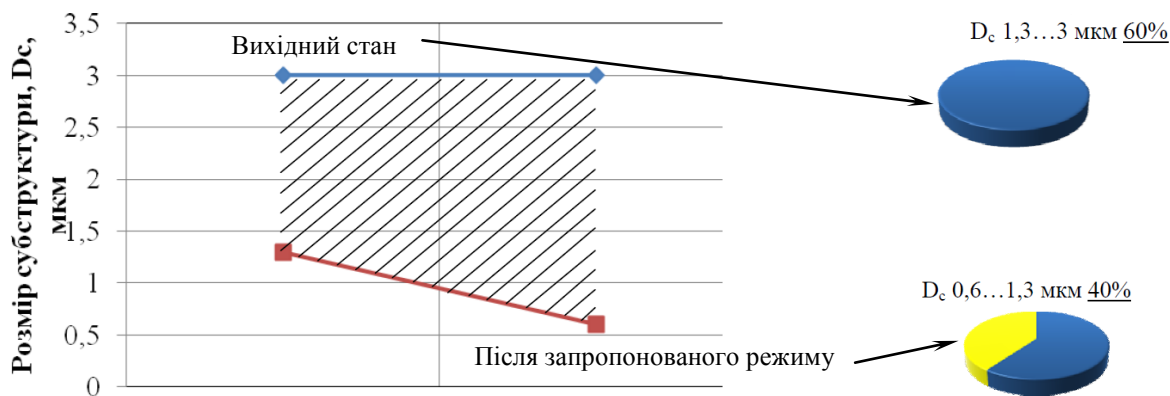


Рис. 2. Об'ємна частка (V_d , %) субзерен різних розмірів (D_c) у β -фазі сплаву у вихідному стані та після ДНП

УДК 539.3

ПРО ФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ВТОМНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ЗА РАХУНОК ПОПЕРЕДНЬОГО УДАРНО - КОЛИВАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Чаусов М.Г., д.т.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Листові алюмінієві сплави Д16 і 2024-Т3 широко застосовують для виготовлення авіаційних і ракетних конструкцій. Протягом експлуатації вони піддаються складним видам навантаження, зокрема, циклічним. Тому завдання підвищення втомної довговічності алюмінієвих сплавів є дуже актуальним.

В роботі апробований новий ефективний спосіб підвищення втомної довговічності алюмінієвих сплавів Д16 і 2024-Т3 за рахунок попереднього імпульсного введення силової енергії в сплави. Основна ідея запропонованої методики полягає у високошвидкісному розтязі матеріалу з накладенням на нього коливального процесу з високою частотою (кілька кілогерц), яка відповідає власній частоті випробувальної машини. Подальші дослідження сплавів на установці «Instron-8802» з частотою 15 герц та коефіцієнтом асиметрії циклу $R = 0,1$; показали, що при заданій інтенсивності імпульсного введення енергії втомна довговічність сплавів була збільшена до 65 %.

Опираючись на результати механічних випробувань проаналізовано фізичні аспекти виявлених механічних ефектів.

Експериментально виявлені два фізичних механізми, які сприяють підвищенню втомної довговічності алюмінієвих сплавів після реалізації ударно-коливального навантаження.

По-перше, встановлено, що реалізація динамічних незрівноважених процесів (ДНП) в листових алюмінієвих сплавах призводить до створення дисипативних структур в об'ємі сплавів, щільність яких менше щільності основного матеріалу. В результаті, проявляються ефекти мікроекструзій менш щільних дисипативних структур на поверхні сплавів і структура поверхневих шарів стає гібридною з чередуванням м'яких і твердих мікрозон, що може сприяти зупинці зародження і поширення мікротріщин на поверхні зразків при циклічному навантаженні і таким чином позитивно впливати на підвищення втомної довговічності алюмінієвих сплавів.

По-друге, показано, що фазовий склад сплавів, який включає крім твердого розчину на основі алюмінію зміцнюючі фази у вигляді дисперсних частинок Al_2Cu (т.зв. Θ - фаза) і $CuAl_2Mg$ (т.зв. S - фаза), сприятливе змінюється таким чином, що різко зменшується концентрація частинок S - фази і збільшується концентрація частинок Θ - фази. Це пов'язано з тим, що пластична деформація, яка відбувається далеко від термодинамічної рівноваги, супроводжується синергетичним структуроутворенням у випадку припинення дислокаційного ковзання. За таких умов реалізується альтернативний механізм пластичної течії, який пов'язаний з самоорганізацією структури у вигляді каналів гідродинамічної течії з рідиноподібною структурою всередині. Така структура, насичена вакансійними дефектами, сприяє розчиненню частинок S - фази і виділенню частинок Θ - фази. Доведено, що такий фазовий склад сплаву має більший опір до зародження втомних тріщин і тому зростає його втомна довговічність.

УДК 621.436:621.43.001.4.002.5:621.1.018.86

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ПІДСИЛЮВАЧА СИГНАЛУ ТЕНЗОРЕЗИСТИВНОГО ДАТЧИКА ТИСКУ ГАЗІВ В ЦИЛІНДРІ ДВЗ

Бешун О.А., к.т.н., доц.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Для аналізу процесів, що мають місце в камерах згоряння ДВЗ досить часто виникає необхідність в проведенні індиціювання двигуна, яке полягає у реєстрації поточного значення тиску у надпоршневій порожнині для побудови експериментально отриманої розгорнутої одиночної, або усередненої (на основі подальшого статистичного оброблення) індикаторної діаграми.

Враховуючи те, що індикатори повинні забезпечувати надійну роботу в досить тяжких умовах (максимальний тиск в циліндрі може сягати в окремих випадках значення 12,0 МПа, а максимальна температура – 2900 К), вони є специфічним обладнанням, яке має велику вартість, а виробництвом їх займається в світі обмежена кількість фірм. Наприклад, спеціалізований вимірювач тиску МВГ комплектний виробництва ВАТ «МВГ» (Російська Федерація, м. Санкт-Петербург) для тривалого моніторингу стану циліндро-поршневої групи призначений для обробки і відображення інформації при сумісній роботі з датчиками тиску ДМВГ-160-500 в мінімальній комплектації (одно каналний) коштує понад 22000 грн. Також варто відмітити, що виробництвом широкого спектру охолоджуваних і неохолоджуваних п'єзореzystивних датчиків тиску для індиціювання ДВЗ займається фірма Kistler (Німеччина) та інші. Проте їх продукція ще значно дорожча. Тому враховуючи вище викладене автором даної роботи на кафедрі тракторів, автомобілів та біоенергосистем НУБіП України було розроблено конструкцію і виготовлено оригінальний тензорезистивний датчик тиску з водяним охолодженням і підсилювачем сигналу, який можливо подавати і обробляти з використанням USB-осцилографа, наприклад 6-канального USB Autoscope III. На рис. 1 наведено загальний вигляд змонтованого на дизелі моделі 4Ч12/14 тензометричного датчика тиску (а), підсилювача з блоком живлення (б) і процесу тарирування датчика. Тарирування датчика тиску було виконано на приладі КИ-3333. Тарирувальна залежність напруги на виході підсилювача від тиску представлена на рис. 2. Як видно з тарирувальної залежності, розроблений тензодатчик має прямолінійну залежність вихідної напруги від тиску, що діє на мембрану і здатен забезпечити надійну роботу в діапазоні тисків від 0 до 18 МПа. Стійкість сигналу забезпечується системою рідинного охолодження датчика, вхід якої з'єднується з водяною мережею стенду, а вихід з каналізацією.

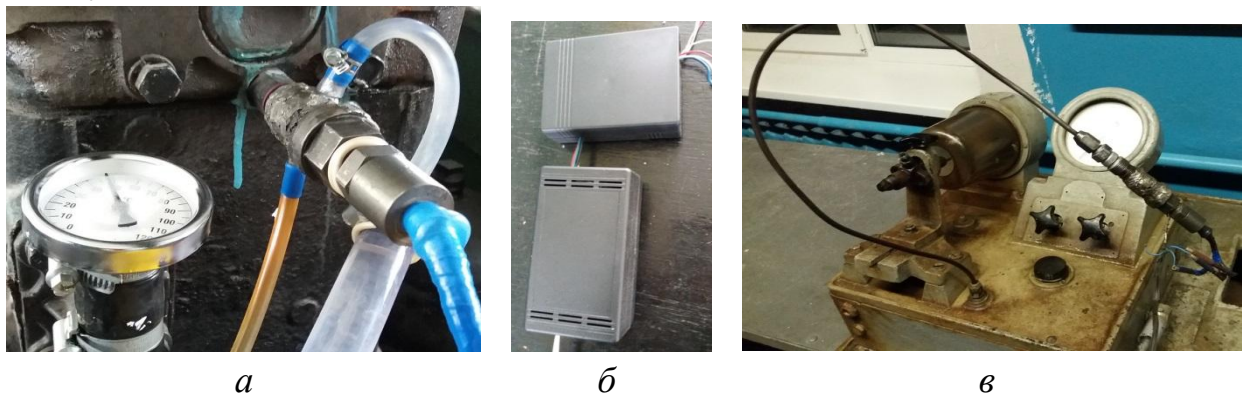


Рис. 1. Загальний вигляд змонтованого на дизелі моделі 4Ч12/14 тензометричного датчика тиску (а), підсилювача з блоком живлення (б) і процесу тарирування датчика на приладі КИ-3333 (в)

ХАРАКТЕРНІ ДЕФЕКТИ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ ТА ПРИЧИНИ ЇХ ВИНИКНЕННЯ

Новицький А.В., к.т.н., доц., Харьковський І.С., к.т.н., Гульоватий Я.Ю. студ.
Національний університет біоресурсів та природокористування

Основними корпусними деталями двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) є: блоки циліндрів, головки циліндрів, картери зчеплень, кришки розподільчих шестерень та інші деталі. Для виготовлення вказаних деталей використовують сірий чавун (СЧ18), алюмінієвий сплав (АЛ4).

Блок циліндрів (БЦ) є однією з базових деталей, яка орієнтує рухомі деталі ДВЗ в процесі його роботи. Основними визначальними ознаками БЦ є: коробчаста форма, яка необхідна для утворення закритого робочого об'єму з метою розміщення різних механізмів агрегату; жорсткі стінки з ребристими приливами, що піддаються статичним і динамічним навантаженням; довгі отворів, які виконані в зібраних деталях, коли площа з'єднання проходить через вісь отворів; наявність стикових площин; мала шорсткість; висока точність розмірів, форми й розташування основних циліндричних і плоских поверхонь [1].

До БЦ ДВЗ пред'являються досить високі технологічні вимоги: твердість повинна складати не менше НВ 170-240; межа міцності при вигині не менше 3600 кг/см²; можливість зняття залишкових напруг термічною обробкою; здатність захисту стінок деталі від корозії.

Основними дефектами БЦ є: тріщини в стінках; проломи; викривлення або знос стиків; деформація або знос напрямних і опорних елементів; руйнування різей; корозія. Необхідно пам'ятати, що БЦ з тріщинами, які проходять через приливи з отворами, підлягають вибраковуванню.

Поява дефектів в БЦ може бути викликана природними і аварійними причинами. До природних причин можна віднести старіння деталі в процесі накопичення пошкоджень у вигляді зносу, деформації, втомних пошкоджень кородування, наростоутворень та інших. Після лиття в БЦ завжди залишаються внутрішні напруги, що особливо характерно для чавунних деталей.

Порушення умов експлуатації автотракторних ДВЗ також може призвести до порушення нормальної роботи. Так, перегрівання двигуна в процесі експлуатації сприяє прискореному утворенню тріщин між перемичками БЦ.

Дослідження ремонтного фонду та аналіз дефектів БЦ різних марок автотракторних ДВЗ показав, що крім основних дефектів, які є наслідком природного накопичення пошкоджень в процесі експлуатації та старіння деталей, є цілий ряд дефектів, коефіцієнти повторюваності яких невелика і становить менше 0,02 – 0,03. Серед них особливе місце займають: газова ерозія площини прилягання головки циліндрів; задири на поверхні корінних опор; знос гнізда під опорний борт гільзи циліндра.

Але, як показують дослідження ремонтного фонду БЦ, вказані дефекти також впливають на їх ресурс, потребують розробки технологій відновлення, підбору обладнання, інструменту та оснастки, обґрунтування режимів виконання технологічних операцій.

В сьогоденнішніх умовах особливого значення набуває розробка науково обґрунтованих технологій і рекомендацій щодо підвищення ресурсу відремонтованої техніки та ресурсозбереження на ремонтних підприємствах з використанням інноваційних технологій [2].

№ досліджу	Тиск, кгс/см ²	Напруга, мВ
1	0	0
2	10	39
3	20	81
4	30	126
5	40	180
6	50	226
7	60	273
8	70	322
9	80	363
10	90	410
11	100	460
12	110	505
13	120	550
14	130	600
15	140	642
16	150	687
17	160	730
18	170	777
19	180	825

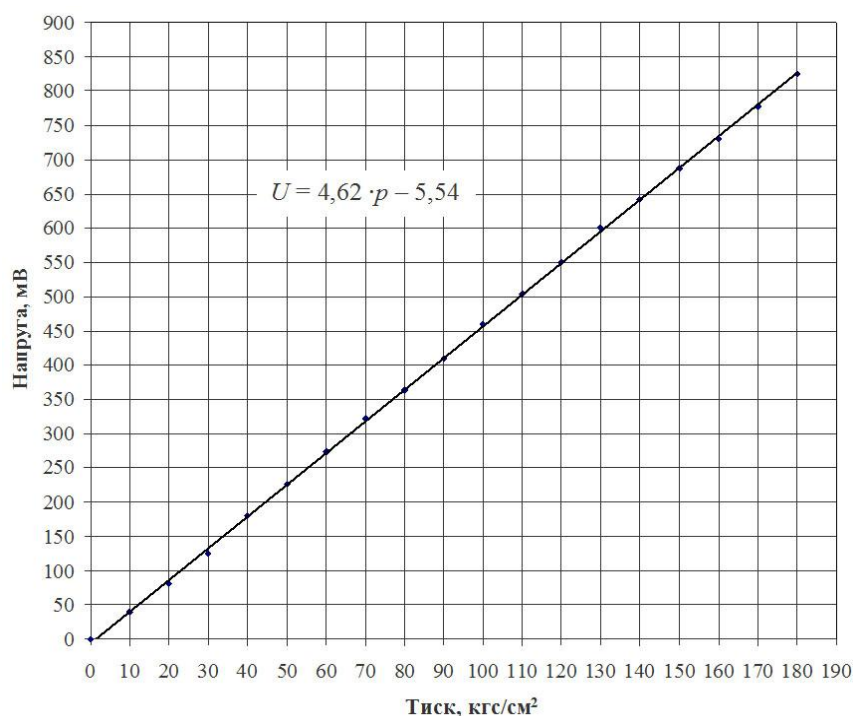


Рис. 1. Залежність напруги на виході диференційного підсилювача індикатора (тензометричного датчика тиску в циліндрі ДВЗ)

Експериментальні дослідження датчика тиску на моторному стенді підтвердили його роботу здатність і можливість використання під час індиціювання дизельних ДВЗ, в яких максимальний тиск на номінальному режимі більше ніж в 2 рази вищий ніж в бензинових двигунів.

Список літературних джерел:

1. Новицький А.В. Особливості конструкції та характерні дефекти головок циліндрів автотракторних двигунів // А. В. Новицький, Є. А. Потебня / Збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 110-ї річниці від дня народження д. т. н., професора, члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віце-президента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 16-17 лют. 2017 р., м. Київ / МОН України, НУБіПУ, ННЦ «ІМЕСГ» НААН. – К.: Видавничий центр НУБіПУ, 2017. – С. 67. – 68.
2. Новицький А. В. Відновленні корпусних деталей двигунів електроіскровою обробкою / А. В. Новицький, С.Г. Микитюк // Збірник тез III Всеукраїнська науково-практична конференція «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 29-30 березня 2017 року м. Житомир. – Житомир: ЖАТК, 2017. – С. 207 – 208.

УДК 631.3:62-144-049.32

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ТА ПРИСТОСУВАНЬ ПРИ РЕМОНТІ ДВИГУНІВ

Новицький А.В., к.т.н., доц., Харьковський І.С., к.т.н., Лелека А.В., студ.
Національний університет біоресурсів та природокористування

В процесі проведення складних ремонтів двигунів мобільних енергетичних засобів велике практичне значення займає вимірювальний інструмент та наявність спеціальних пристосувань. Відомо, що відсутність приладів не дозволяє домогтися якісного ремонту та забезпечити високу надійність двигунів в експлуатації практично неможливо.

Номенклатура інструментальної бази ремонтних підприємства і пристосувань дозволяє ефективно провести оцінку технічного стану деталей сільськогосподарських машин в процесі дефектування, особливо, двигунів, визначити їх несправності, пошкодження і дефекти із необхідною достовірністю. Невміння використання навіть простими засобами вимірювань може привести руйнувань деталей, які відновлюють, а також до встановлення зношених деталей на машину, що приведе до її непрацездатності.

Для перевірки валів використовуються повірочні плити різних розмірів. Бажано, щоб довжина плити була не менше ніж 600 мм, а ширина мала дещо менше значення. У пазах плити закріплюються призми. Слід пам'ятати, що перед встановленням на призми вал необхідно промити і змастити чистою оливою, інакше через досить короткий час на опорних гранях призми з'являться сліди зносу, а на шийках валів будуть залишатись подряпини. На призмах складно перевіряти вали, які мають опорні шийки різного діаметру, однак в цілому даний спосіб є основним як при дефектуванні, так і при перевірці відновлених валів перед складанням двигуна.

Повірочні плити також ефективно використовуються для попередньої перевірки деформації корпусних деталей (блоків циліндрів та головок циліндрів) та невеликих деталей (шатунів, кришок, піддонів та ін.) Перевірка таких деталей на плиті проводиться методом «погойдування».

Окремі деталі двигунів вимагають про перевірки прямолінійності і перпендикулярності поверхонь. Так, для перевірки площин головок і блоків циліндрів використовуються лекальні трьох - або чотирьохгранні лінійки - довжиною 350÷1000 мм (рис. 6). Для визначення величини деформації лінійка встановлюється на площину корпусної деталі, а під її середню частину підкладається відповідний щуп з набору 0,02÷0,50 мм. Лекальні лінійки дозволяють також перевіряти і вимірювати деформацію «постелі» блоків циліндрів з точністю до 0,02 мм.

Для перевірки перпендикулярності поверхонь служать лекальні кутники. За допомогою лекального кутника можна наближено визначити, наприклад, неперпендикулярність отвору шатуна до його бічної поверхні або ж циліндра до верхньої площини блоку циліндрів.

У практиці ремонту двигунів необхідне точне вимірювання товщини деталей. Як правило, товщина плоских деталей визначається мікрометром. Для криволінійних деталей (вкладишів) та втулок малих діаметрів в умовах СТО можна використовувати мікрометри з кулькою або ж спеціальні мікрометри. Для вимірювання товщини подібних деталей в умовах ремонтних підприємств доцільно використовувати спеціалізовані прилади - товщиноміри. Товщиноміри аналогічні мікрометрам, але мають одну або дві вимірювальних поверхні сферичної форми. Вимірювання товщини деталей можна також ефективно проводити на стійці з вимірювальним столом та вимірювальною головкою.

ЗМІСТ

ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ РУХУ МЕХАНІЗМІВ ЗМІНИ ВІЛЬОТУ ТА ПОВОРОТУ БАШТОВОГО КРАНА З БАЛОЧНОЮ СТІЛОЮ...	3
ЗАСТОСУВАННЯ ВОДНЮ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ОКАЛИНИ З ПОВЕРХІ СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ.....	5
ТЕРМІЧНА ОБРОБКА СТАЛЕЙ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ВОДНЮ.....	6
КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД.....	8
ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНІ КОНСТРУКЦІЇ – ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ.....	11
ПОРІВНЯННЯ РІЗНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ КЛАСУ A500C З БЕТОНОМ У РАМКАХ АНАЛІТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЗА НАЯВНІСТЮ ДИСКРЕТНИХ ТРІЩИН.....	14
ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ КЛАСУ A500C З БЕТОНОМ ПРИ ДЕФОРМАЦІЙНОМУ РЕЖИМІ НАВАНТАЖЕННЯ.....	16
ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ТА ПАСПОРТИЗАЦІЇ ПРИЙНЯТИХ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ ОБ’ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА.....	17
ДЕЯКІ АСПЕКТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТРУБОПРОВОДІВ.....	20
ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ КУПОЛУ ДОДАТНЬОЇ КРИВИЗНИ ІЗ ЗБІРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	22
ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГРАНЧАСТОГО РИГЕЛЯ ПОКРИТТЯ З УМОВ ЗБІЛЬШЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ.....	24
ПЕРЕВІРОЧНІ РОЗРАХУНКИ ПЕРЕКРИТТЯ ІЗ ЗБІРНИХ РЕБРЕСТИХ ПЛИП НА СТАТИЧНІ ТА ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ.....	27
ПІДЛОГИ СПОРТИВНИХ БУДІВЕЛЬ.....	31

ОЗДОБЛЕННЯ ФАСАДІВ СУЧАСНИМИ МАТЕРІАЛЕМИ.....	34
ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СКЛАДЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	36
ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ЗАПАСУ ПАЛІ ПРИ УМОВІ ЗБІЛЬШЕННЯ СЕЙСМІЧНОСТІ.....	39
ST. SOPHIA CATHEDRAL XXI CENTURY.....	40
PROPERTIES OF CONCRETE WITH DETERMINING BOARDS.....	42
RELIABLE WATERPROOFING - GUARANTEED DURABILITY OF BUILDINGS AND STRUCTURES.....	43
DEVELOPMENT OF TRANSPORTATION OF BUILDING MATERIALS ON A RIVER.....	45
АНАЛІЗ СПІВСТАВЛЕННЯ ВАРІАНТІВ ПОКРИТТЯ МЕТАЛЕВОГО ТА ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КУПОЛА ДІАМЕТРОМ 36м.....	46
МОНІТОРИНГ СТАНУ МІСЬКИХ ШЛЯХОПРОВОДІВ.....	49
ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕКСПЛУАТОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА.....	51
THE MODEL OF MULTILEVEL CRACK DEVELOPMENT IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES.....	54
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РУХУ МАТЕРІАЛЬНОЇ ЧАСТИНКИ ПО РАДІАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ ОБЕРТОВОМУ ЦИЛІНДРІ З УРАХУВАННЯМ ТА БЕЗ УРАХУВАННЯ ОПОРУ ПОВІТРЯ.....	58
SWINGING MODE OF THE BOOM CRANE OPTIMIZATION.....	60
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ КОЛИВАНЬ ПРУЖНОЇ ОПОРИ МАНІПУЛЯТОРА НАВАНТАЖЕНОГО ТИПОВИХ РЕЖИМАМИ...	62
ОСОБЛИВОСТІ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЛЕГОВАНИХ ЧАВУНІВ.....	65
РОЗВ'ЯЗОК ТА АНАЛІЗ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ «ВІЗОК-ВАНТАЖ» ПРИ НЕСИМЕТРИЧНИХ ОБМЕЖЕННЯХ НА КЕРУВАННЯ.....	66

АНАЛІЗ РОБОТИ КУЛЬКОВИХ МЕХАНІЗМІВ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ ПРИСТРОЇВ.....	68
АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ МЕХАНІЗМІВ ІЗ КУЛЬКОВО-ГВИНТОВОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ.....	70
ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ КОНДЕНСАТОРНОГО ЗВАРЮВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ.....	72
MAIN TENDENCIES IN PID-CONTROLLERS DEVELOPMENT (ANALYSIS OF PATENTS).....	73
DETERMINATION OF PARAMETERS OF THE HYDRAULIC SYSTEM IN THE TRANSITION PERIOD OF MOTION.....	75
ДОЗВІЛЬНА ТА ТЕХНІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ НА РЕМОНТ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ.....	77
ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ РУХУ ТІЛА ЗМІННОЇ МАСИ ПО ПОВЕРХНІ СПІРАЛЬНОГО СЕПАРАТОРА КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ.....	80
ПІДХОДИ ДО ВИКОНАННЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В СУЧАСНИХ УМОВАХ.....	83
ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ МАТЕРІАЛЬНОЇ ЧАСТИНКИ МІНЕРАЛЬНОГО ДОБРИВА ПО ЛОПАТЦІ ВІДЦЕНТРОВОГО РОЗКИДАЛЬНОГО ОРГАНУ.....	87
СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БІМЕТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ.....	89
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОХОЛОДЖЕННЯ БІМЕТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ.....	92
АЛГОРИТМ ОТРИМАННЯ БІМЕТАЛЕВИХ ВИЛИВКІВ.....	94
ОРГАНІЗАЦІЯ ІНЖИНІРИНГОВОГО СУПРОВОДУ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ, КОМПЛЕКТУЮЧИХ, ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ТА ІНСТРУМЕНТІВ.....	97
ВИПРОБУВАННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ ЯМЗ-238 НА КАВІТАЦІЙНІ РУЙНУВАННЯ.....	100

ЛАБОРАТОРНІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ БАШТОВОГО КРАНА.....	105
ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РУХУ КУЛАЧКОВИХ МЕХАНІЗМІВ.....	107
МЕХАТРОННІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ГЕОТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	111
МЕТОДИ НАПІВСУХОГО ФОРМУВАННЯ ЦЕГЛИ.....	112
БЕЗОПАЛУБНЕ ФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОНИХ ВИРОБІВ.....	113
МЕТАЛО-ФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ПОКРАЩЕННЯ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ ВТ 22 ЗА РАХУНОК УДАРНО-КОЛИВАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....	114
ПРО ФІЗИЧНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ВТОМНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ЗА РАХУНОК ПОПЕРЕДНЬОГО УДАРНО-КОЛИВАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ...	115
РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ПІДСИЛЮВАЧА СИГНАЛУ ТЕНЗОРЕЗИСТИВНОГО ДАТЧИКА ТИСКУ ГАЗІВ В ЦИЛІНДРІ ДВЗ.....	116
ХАРАКТЕРНІ ДЕФЕКТИ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ ТА ПРИЧИНИ ЇХ ВИНИКНЕННЯ.....	118
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ТА ПРИСТОСУВАНЬ ПРИ РЕМОНТІ ДВИГУНІВ...	120

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

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

(20-22 березня 2019 року)

Відповідальний за випуск:

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

Верстка – кафедра конструювання машин і обладнання НУБіП України.

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

Матеріали тез друкуються у авторській редакції.

Тираж виготовлено з оригінал-макету замовника.

Підписано до друку 19.03.2019. Формат 60x84 1/16.

Ум. друк. арк. 7,87.

© НУБіП України, 2019