

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

*До 100 річчя з дня народження професора, доктора технічних наук
Миколи Яковича Говоруценка*

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
**ІІІ ВСЕУКРАЇНСЬКОГО НАУКОВО-
ПРАКТИЧНОГО ОНЛАЙН-СЕМІНАРУ**
**«ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ
МАШИНОБУДІВНИХ ТА РЕМОНТНИХ
ПІДПРИЄМСТВ»**

29 травня 2024 р., м. Харків



Харків, 2024

**ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ
ІІІ ВСЕУКРАЇНСЬКОГО НАУКОВО-ПРАКТИЧНОГО
СЕМІНАРУ «ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ
МАШИНОБУДІВНИХ ТА РЕМОНТНИХ ПІДПРИЄМСТВ»**

29 травня 2024 р., м. Харків

Богомолов Віктор Олександрович – ректор ХНАДУ, д.т.н., професор, академік Транспортної академії України, голова організаційного комітету семінару;

Дмитрієв Ілля Андрійович – проректор ХНАДУ з наукової роботи, д.е.н., професор, академік Транспортної академії України, заступник голови організаційного комітету семінару;

Леонтьєв Дмитро Миколайович – декан автомобільного факультету ХНАДУ, д.т.н., професор, заступник голови організаційного комітету семінару;

Подригало Михайло Абович – зав. кафедри технології машинобудування і ремонту машин ХНАДУ, д.т.н., професор, академік Транспортної академії України, заступник голови організаційного комітету семінару.

ЧЛЕНИ ОРГКОМІТЕТУ

Полянський Олександр Сергійович – професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин ХНАДУ, д.т.н., професор, академік Транспортної академії України;

Сахно Володимир Прохорович – зав. кафедри автомобілів Національного транспортного університету, м. Київ, д.т.н., професор, академік Транспортної академії України;

Клець Дмитро Михайлович – Старший менеджер проекту – Реформа дорожньої галузі, Команда підтримки реформ Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України, д.т.н., професор;

Гецович Євген Мойсейович – професор кафедри Трактори і сільгоспмашини Сумського національного аграрного університету, д.т.н., професор, член-кореспондент Транспортної академії України;

Лебедєв Сергій Анатолійович – директор Харківської філії державної установи "Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого", к.т.н.

СЕКРЕТАРІАТ СЕМІНАРУ

Абрамов Дмитрій Володимирович – відповідальний секретар семінару, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин ХНАДУ, д.т.н., професор;

Дубінін Євген Олександрович – відповідальний секретар семінару, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин ХНАДУ, д.т.н., професор;

Шейн Віталій Сергійович – відповідальний секретар семінару, доцент кафедри технології машинобудування і ремонту машин ХНАДУ, к.т.н., доцент.

Контактна інформація:

Дубінін Євген Олександрович – професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин ХНАДУ, д.т.н., професор; тел. 0972239199; e-mail: dubinin-rmn@ukr.net.

Життя в науці

Заслужений діяч науки, доктор технічних наук, професор Микола Якович Говорущенко народився 24 травня 1924 р. в сім'ї селянина-колгоспника. В 1940 р. поступив на перший курс Харківського автомобільно-дорожнього інституту, але, на жаль, навчання тривало недовго: почалася Велика Вітчизняна війна. Невдовзі Микола Якович почав військову службу, де пройшов довгий бойовий шлях від рядового піхотинця до офіцера штабу полку. Брав участь у бойових діях на 3-му і 4-му Українських фронтах, займав посади топографа, військового перекладача, завідувача таємним діловодством, комсорга штабу полку.

Після закінчення ВВВ продовжив навчання в ХАДІ і як відмінник навчання продовжив навчання в аспірантурі та в 1954 захистив кандидатську дисертацію. Працював деканом заочного та автомобільного факультетів. Щоденна кропітка організаційна робота не стала на заваді подальшим науковим пошукам ученого і в 1965 р. захистив докторську дисертацію. Під керівництвом Миколи Яковича склалася потужна наукова школа захищено 5 докторських та понад 40 кандидатських дисертацій

За наказом міністра автомобільного транспорту УРСР в 1965 р. при кафедрі експлуатації автотранспорту було створено галузеву лабораторію з основних проблем експлуатації автомобілів, де вирішувалися питання з теорії діагностики та методів і режимів технічного обслуговування та ремонту автомобілів. М.Я. Говорущенку належать перші розробки автоматизованих станцій діагностики, розпочаті у 1965р. У 1974р. за постановою Держкомітету з науки і техніки СРСР та Ради Міністрів України було організовано єдину в СРСР Проблемну науково-дослідну лабораторію з діагностики і прогнозування технічного стану автомобілів.

За перші 15 років роботи Проблемної лабораторії під керівництвом М.Я. Говорущенко розроблені та впроваджені на АТП та СТО близько 30 найменувань діагностичного обладнання. Крім того, розроблено та впроваджено станції комплексної діагностики легкових автомобілів на СТО-3 м. Київ, таксомоторному парку в м. Черкаси, станції комплексної діагностики вантажних автомобілів в містах Краматорську, Одесі, Омську, Куйбишеві, Чимкенті, Новосибірську, Архангельську, Первомайську, а також у 23 містах СРСР впроваджені розроблені кафедрою комбіновані тягово-гальмівні стенди з біговими барабанами.

М.Я. Говорущенко – автор понад 300 наукових праць, в тому числі понад 40 монографій, підручників та навчальних посібників, отримав понад 50 авторських свідоцтв. За заслуги у підготовці висококваліфікованих спеціалістів і розвиток наукових досліджень проф. М.Я. Говорущенко був нагороджений орденом «Знак пошани» і Почесною грамотою Президії Верховної Ради УРСР. За досягнення науки в виробництво проф. М.Я. Говорущенку було присуджено

звання «Заслужений діяч науки і техніки Української РСР». Вся діяльність М.Я. Говорущенка – це зразок працелюбства, ініціативи, пошуку нових шляхів у науці, в навчальному процесі. За 34 роки керівництва кафедрою Микола Якович неодноразово був відзначений Почесними грамотами, подяками, преміями. На кафедрі за безпосередньою участю М.Я. Говорущенка підготовлено близько 8500 інженерів, 61 кандидат та 9 докторів наук. Отримано близько 80 авторських свідоцтв та пакетів на винаходи.

Микола Якович Говорущенко завжди з оптимізмом дивився у майбутнє автомобільного транспорту, справі розвитку якого він присвятив усе своє сповнене творчого горіння життя.

Зміст

<i>Лебедєв А.Т., Шуляк М.Л., Подлесний А.В.</i> Аналіз методів оцінки працездатності тракторів	8
<i>Ловська А.О., Діжо Ян, Кравченко О.П.</i> Дослідження вертикальної динаміки вагона-платформи, завантаженого зйомними модулями для довгомірних вантажів	11
<i>Подригало М.А., Аврунін Г.А., Подригало Н.М., Байцур М.В.</i> Подальше дослідження ефектів, що аналогічні ефекту Зоммерфельда	13
<i>Ловська А.О., Діжо Ян</i> Особливості визначення міцності зйомного модуля для перевезень гусеничної техніки залізницею	13
<i>Павлов Я.В.</i> Впровадження нових інформаційних технологій у вирішення проблеми своєчасного відновлення пошкоджених зразків автобронетанкової техніки	15
<i>Подригало М.А., Клец Д.М., Дубінін Є.О., Шеїн В.С., Омельченко В.І., Литвин В.А.</i> Результати експериментальних досліджень динамічних параметрів повнопривідних автомобілів	18
<i>Рогозін І.В.</i> Шляхи модернізації рухомих майстерень технічного обслуговування та ремонту автомобільних шасі озброєння та військової техніки	21
<i>Аврунін Г. А., Мороз І.І.</i> Стендові післяремонтні випробування об'ємних гідроприводів трансмісій мобільних машин	22
<i>Подригало М.А., Вахнюк С.А., Рябушко І.А.</i> Послідовне встановлення двох ДВЗ на автомобілі як метод зниження нерівномірності крутного моменту	24
<i>Мірний В.Ю., Погорілий С.П.</i> Адаптація шасі повноприводного автомобіля до вимог сільськогосподарського виробництва	27
<i>Третяк В.М., Компанець С.В., Подоляка Н.О.</i> Нові методи вимірювання габаритних розмірів автотракторної техніки що була у користуванні та після переобладнання	29
<i>Подригало М.А., Вахнюк С.А.</i> Оцінка вібростійкості моторно-трансмісійних установок автомобіля з двома двигунами внутрішнього згорання	32
<i>Шуляк М.Л.</i> Аналіз методів і засобів діагностування рульового керування	34
<i>Кухаренко В.М.</i> Штучний інтелект та доброчесність	36
<i>Абрамов Д.В., Савченко І.О.</i> Результати експериментальних досліджень впливу окремих параметрів плазмового різання листового металу на якість виготовлених деталей	38
<i>Нікорчук А.І.</i> Актуальні питання розроблення наземних безпілотних роботизованих комплексів для підрозділів Національної Гвардії України	42
<i>Коряк О.О.</i> Рівняння руху хрестовини шарніра Гука	42
<i>Полянський О.С., Пелешенко Є.С.</i> Дослідження впливу зусилля закріплення деталі при виготовленні на експлуатаційні властивості матеріалу	45
<i>Дідюк Н.О., Токарев В.С.</i> Реалізація творчого потенціалу студента у питанні автомобіль і екологія	47

Полянський О.С., Карабут Б.Р. Підвищення якості робочої поверхні деталей при температурно-пластичній деформації	48
Рибалко І.В., Кучков Р.Ю. Підвищення зносостійкості деталей як спосіб підвищення надійності машин	50
Подригало М.А., Полянський О.С., Краснокутський М.В. Оцінка впливу нелінійності типу «зона нечутливості» на керованість регульованої системи	54
Воронков С.В., Дудукалов Ю.В., Гуцин І.В. Класифікаційні характеристики дефектів FDM-друку полімерними композиційними матеріалами виробів складної геометричної форми	57
Полянський О.С., Журавльов Я.О., Лузан С.О. Види зламів деталей та можливі причини їх виникнення	60
Дудукалов Ю.В., Сорокін В.Ф., Самойленко Р.О., Цапков В.Д. Метод нечіткого моделювання об'єктів в процесах керування якістю ремонту засобів транспорту	62
Полянський О.С., Дідюк Н.О. Інформаційні та комунікаційні аспекти сучасної педагогіки	65
Черніков О.В., Яровий Г.Г., Горелишев С.А. 3D-моделювання при проектуванні бронювання колісної машини	68
Кавуля І.В., Дудукалов Ю.В., Власов Я.О. 3D-принтери для бездефектного FDM-друку з модифікацією електромагнітним полем виробів із полімерних матеріалів	70
Полянський О.С., Молодан А.О., Полтавський М.В., Бєлов Д.О., Соколовський О.В., Шульга М.Ю. Прогнозування надійності колісних машин за результатами поточного контролю технічного стану	72
Сахно В.П., Поляков В.М., Шарай С.М., Паламарчук О.В. До порівняльної оцінки триланкових автопоїздів-контейнеровозів за маневреністю	74
Шемигон А.О., Коробко А.І. Дослідження споживчих якостей тракторів	77
Котова Ю.М., Якимовський А.С., Коробко А.І. Дослідження показника якості випробувань	79
Полянський О.С., Слюсаренко В.О., Гладкий М.І. Контроль з дворазовою вибіркою у технологічному процесі ремонту	80
Полянський О.С., Прибилов Д.Д., Рябисько В.О. Ефективність використання модульного принципу базування у технології ремонту машин	82
Полянський О.С., Лагоденко П.І., Литвинов І.О. Особливості маршрутної технології агрегатного ремонту деталей та вузлів	84
Полянський О.С., Гридасов Я.В., Кушнір П.С. Вплив розсіювання технологічних параметрів на точність і стабільність процесу обробки	86
Абрамов Д.В., Солдатенко І.О., Анацький М.О. Динамічні випробування безпілотного колісного візка, обладнаного сніговідвалом	88
Подригало М.А., Косьмін Д.С. Дорожні випробування дистанційно керованого безекіпажного колісного візка з електроприводом	90
Дубінін Є.О., Антонов М.О., Луговий Д.В. Підвищення надійності технологічного обладнання авторемонтних підприємств	93

Лебедєв Анатолій Тихонович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри агроінжинірингу, Сумський національний аграрний університет, tiaxntusg@gmail.com;

Шуляк Михайло Леонідович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри агроінжинірингу, Сумський національний аграрний університет, m.l.shulyak@gmail.com;

Подлесний Анатолій Володимирович, здобувач PhD кафедри агроінжинірингу, Сумський національний аграрний університет, podlesnyjanatolij85@gmail.com

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТРАКТОРІВ

Експлуатаційно-технологічні показники трактора визначаються в основному його працездатністю, тобто його станом, при якому значення всіх його параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції відповідають встановленим вимогам. У зв'язку з цим обґрунтування методів оцінки працездатності тракторів із забезпеченням стабільності функціональних показників за швидкістю руху, стійкістю напрямку руху і гальмування [1, 2] дозволить підвищити ефективність їх роботи під час експлуатації.

Відомі методи оцінки працездатності тракторів базуються в основному на нормативних матеріалах визначення допустимого відхилення параметрів технічного стану і прогнозування залишкового ресурсу його агрегатів. При цьому технічний стан трактора оцінюється в процесі діагностування сукупністю якісних і кількісних характеристик його властивостей, що розглядаються в певних умовах експлуатації. На кінцевому етапі діагностування визначається технічний стан трактора, його агрегатів і систем [3]. При цьому немає можливості оцінити взаємозв'язок технічного стану трактора з його функціонуванням, тобто працездатністю. Основними кількісними характеристиками слугують встановлені допуски на рівень і точність настроювання по контрольованому (технологічному, енергетичному, техніко-економічному, технічному) параметру, а також контрольні допуски, що визначають граничні межі параметрів, перевищення яких в процесі експлуатації призводить до втрати працездатності трактора (ДСТУ ГОСТ ISO 5725-1, 2005).

Для оцінки ефективності функціонування, тобто працездатності технічних систем, зокрема рухомих об'єктів і технологічних процесів, ефективно використовується метод зміни стану, заснований на понятті стану [3]. За даним методом за стан системи у момент часу t_0 прийнятий такий мінімальний набір відомостей про поведінку системи, інформації якого разом з деякою вхідною функцією $U(t)$, заданої для інтервалу часу $t_0 \leq t \leq t_k$, $t_k \geq 0$. Нестабільність параметрів стану систем трактора обумовлена, в основному, зносом, порушенням регулювань, тощо, їх елементів, що призводять до несправного стану трактора. При кваліметричному оцінюванні трактора [3] і його елементів необхідно вимірювати значення показників його стану з необхідною точністю, яка оцінюється за різницею вихідного сигналу при початковому значенні параметру системи $\beta = 0$ і деяким його відхиленням $\beta = \beta_i$ від номінального стану. Суттєва особ-

ливість вимірювання працездатності трактора не отримала належного висвітлення в технічній літературі.

Рішення проблеми впливу нестабільності технічного стану трактора на його експлуатаційні властивості висвітлена у ряді робіт закордонних видань [4], в яких визначається перспективність досліджень у напрямку підвищення працездатності трактора за нестабільних параметрів стану.

На трактор при виконанні технологічного процесу діють на вході вектора-функції управління $u(t)$ і збурення $F(t)$, на виході – вектор-функція динамічних властивостей трактора $w(t)$, яка визначається нестабільністю функціональних показників: $v(t)$ – швидкості руху; $y_n(t)$ і $y_m(t)$ – стійкості напрямки руху і гальмування (рис. 1).

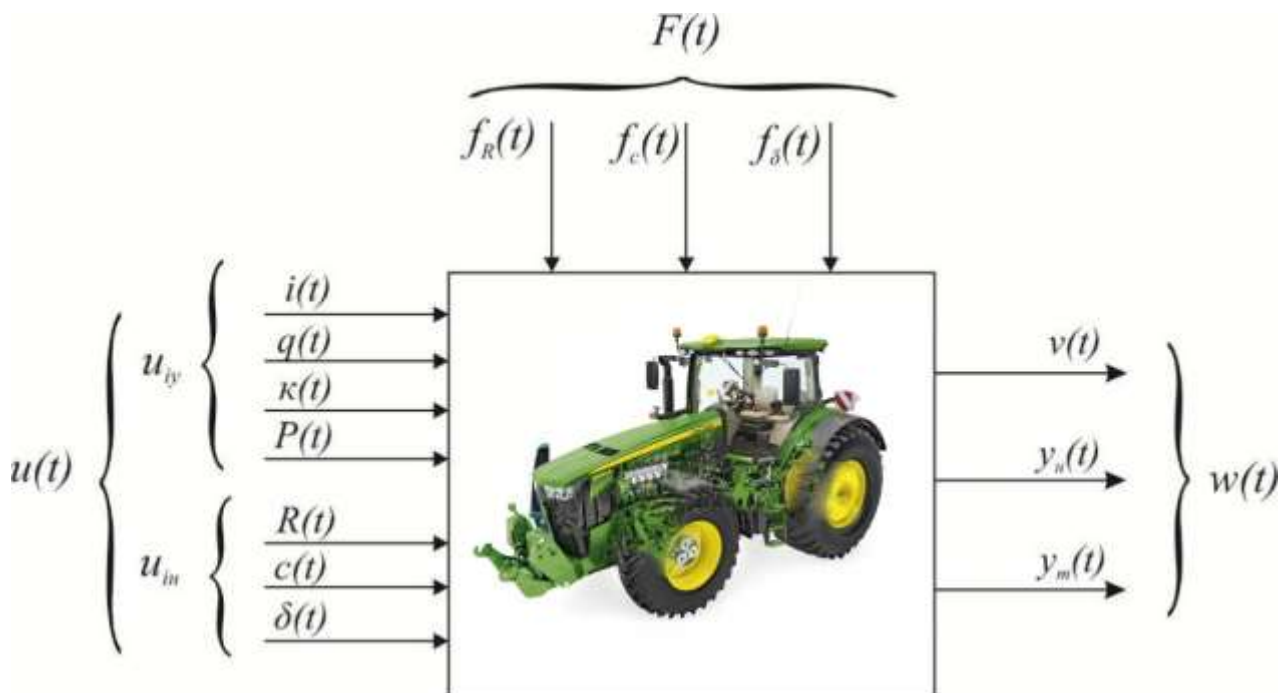


Рисунок 1 – Функціональна схема трактора

На трактор діють як керовані входні вектор-функції керування u_{iy} [$i(t)$ – передавальне число трансмісії, $q(t)$ – подача палива у двигун, $\kappa(t)$ – інтенсивність впливу на рульове керування, $P(t)$ – зусилля на органи керування гальмами], так і не керовані u_{in} [$R(t)$ – опір руху, $C(t)$ – рельєф місцевості, $\delta(t)$ – буксування рушіїв]. Збурювання $F(t)$ визначаються в основному некерованими змінними $u_{in}(t)$ внаслідок нестабільності опору руху трактора $f_R(t)$, зміни рельєфу місцевості $f_c(t)$ і нестабільності буксування рушіїв $f_\delta(t)$.

Функціональний показник $v(t)$ характеризується, в основному, входніми функціями керування $i(t)$ та $q(t)$ і визначає тягово-енергетичні властивості трактора; показники $y_n(t)$ та $y_m(t)$ взаємопов'язані в основному з $v(t)$, керованими $\kappa(t)$, $P(t)$ і некерованими $R(t)$, $C(t)$, $\delta(t)$ входніми перемінними та направлені на забезпечення безпеки руху трактора.

Трактор буде працездатним якщо його технічний стан забезпечує зміна координат $v(t)$, $y_n(t)$ і $y_m(t)$ у межах, обумовлених нормативно-технічною документацією.

При цьому працездатні всі системи, що входять в нього, а при непрацездатності хоч би однієї системи – трактор непрацездатний. При зміні технічного стану трактора координати $v(t)$, $y_n(t)$ і $y_m(t)$ наближаються до деяких граничних значень, при яких трактор буде непрацездатним, тобто $\bar{x} = (v_i, \dots, v_n; y_{ni}, \dots, y_{nn}; y_{mi}, \dots, y_{mr})$. У цьому випадку вектор $\bar{x}$ буде характеризувати працездатність трактора.

Оцінюючі працездатність трактора критичні значення векторів руху швидкості $\bar{v}$, прямолінійної стійкості $\bar{j}$ і глибини $\bar{z}$ робочого органу агрегатованої сільгоспмашини зазвичай вибираються за експериментальними даними. Так $\bar{v}$ вибирається виходячи з оптимального завантаження двигуна $x = 0,95$ на енергоємних роботах; вектор $\bar{j}$ оцінюється запасами стійкості прямолінійного руху, наприклад для трактора з шарнірно-зчленованою рамою на оранці, по фазі $\Delta\Phi \geq 1,5^\circ$ і по амплітуді $\Delta L \geq 12$ дБ; вектор $\bar{z}$ обґрунтовується агротехнічними вимогами, наприклад при силовому регулюванні орного агрегату допустимим коефіцієнт варіації для глибини оранки повинен бути не більше $V_{don} \leq 15$ %. Дані нормативи працездатного стану трактора формується при умові відсутності несправностей елементів і збереження його працездатності.

Перелік посилань

1. DSTU 7463:2013. (2013): Silskohospodarska tekhnika. Traktory silskohospodarski. Klasyfikatsiia pokaznykiv. [Agricultural machinery. Agricultural tractors. Classification of indicators]. Kyiv., Natsionalnyi standart Ukrainy. 11 p. (in Ukrainian).
2. OECD, Code 2. (2012): Standard code for the official testing of agricultural and forestry tractor performance. Organisation for Economic Co-operation and Development, Available at. Paris, France. (URL <http://www.oecd.org>).
3. Лебедев А.Т., Лебедев С.А., Коробко А.І. Кваліметрія та метрологічне забезпечення випробувань тракторів. Харків: Вид-во «Міськдрук», 2018, 394с.
4. Lebedev A, Shuliak M, Khalin S, Lebedev S, Szwedziak K, Lejman K, Niedbała G, Łusiak T. (2023): Methodology for Assessing Tractor Traction Properties with Instability of Coupling Weight. *Agriculture*. 2023; 13(5):977. <https://doi.org/10.3390/agriculture13050977>

Ловська Альона Олександрівна, докт. техн. наук, професор, Український державний університет залізничного транспорту, alyonalovskaya.vagons@gmail.com
Діжо Ян, PhD, доцент, доцент, Жилінський університет в Жиліні, jan.dizo@fstroj.uniza.sk

Кравченко Олександр Петрович, докт. техн. наук, професор, Вінницький національний технічний університет, avtoap@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ ДИНАМІКИ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ, ЗАВАНТАЖЕНОГО ЗЙОМНИМИ МОДУЛЯМИ ДЛЯ ДОВГОМІРНИХ ВАНТАЖІВ

Вже тривалий час залізничний транспорт є провідною галуззю транспортної системи, яка забезпечує стає функціонування економіки багатьох європейських країн. Аналіз статистичних даних перевезень вантажів залізничним транспортом дозволив зробити висновок, що одним із найбільш поширених серед них є лісові. Перевезення їх залізницею здійснюється здебільшого на спеціальних вагонах-платформах, які оснащені вертикальними стійками для утримання вантажу.

Нестача таких вагонів-платформ в експлуатації призвела до ситуаційної адаптації універсальних вагонів-платформ до перевезень довгомірних вантажів. Однак це повністю не вирішує проблеми забезпечення транспортної галузі рухомим складом для перевезень таких вантажів.

Тому питання створення та впровадження в експлуатацію зйомних модулів для перевезень довгомірних, в тому числі лісових вантажів, є досить актуальним питанням.

Для підвищення ефективності перевізного процесу запропоновано впровадження в експлуатацію зйомного модуля для перевезень довгомірних вантажів [1]. Особливістю зйомного модуля є те, що його конструкція виконана каркасною. Вантажний майданчик представлений рамою, яка складається з основних повздовжніх балок, основних поперечних балок та ряду проміжних поперечних балок. Для утримання вантажу від переміщень у повздовжній площині зйомний модуль має торцеві надбудови. Ці надбудови утворені сукупністю поперечних та вертикальних балок.

Для утримання вантажу від поперечних переміщень зйомний модуль оснащено боковими стійками. При цьому кутові стійки взаємодіють з першою стійкою з боку консолі похилими поясами. Для кріплення зйомного модуля на транспортних засобах в його кутових частинах передбачені фітингові упори. Маса зйомного модуля складає близько 4,8 т.

Для визначення вертикальної навантаженості вагона-платформи при перевезенні зйомних модулів у завантаженому стані використано математичну модель, наведену у роботі [2]. Дана модель характеризує переміщення вагона стиковою нерівністю. При цьому враховано, що зйомні модулі мають однакову завантаженість вантажем і не мають власного ступеня вільності, тобто вони повторюють траєкторію переміщень вагона-платформи.

Враховано, що зйомні модулі перевозяться вагоном-платформною моделі 13-401 на візках 18-100. Даний тип вагона-платформи є універсальним, однак існує його модернізація, яка полягає у постановці на раму фітингових упорів. Таке рішення дозволяє адаптувати дану модель вагона-платформи до перевезень контейнерів, в тому числі і зйомних модулів.

Розрахунок проведено при швидкості руху вагона-платформи 80 км/год. Розв'язок математичної моделі здійснено за методом Рунге-Кутта, який реалізує програмний комплекс MathCad.

Результати розрахунку показали, що максимальне прискорення в центрі мас вагона-платформи виникає при проходженні стика і дорівнює $1,64 \text{ м/с}^2$. Дана величина прискорення у відповідності до нормативного документу [3] відповідає “відмінному” ходу вагона. Прискорення в зонах спирання вагона-платформи на візки склало $4,1 \text{ м/с}^2$. Максимальна сила, що виникає в ресорному підвішуванні візків вагона-платформи, дорівнює близько 60 кН. Коефіцієнт вертикальної динаміки склав близько 0,2. Тобто, за цим показником рух вагона також оцінюється як “відмінний”.

Розрахунок проведено і за умови руху вагона-платформи в інших діапазонах швидкостей. Встановлено, що показники динаміки вагона-платформи на різних швидкостях руху, знаходяться в межах допустимих значень [3].

Також розрахунок основних показників динаміки вагона-платформи проведено за умови перевезення зйомних модулів у порожньому стані. Результати цих розрахунків показали, що максимальні прискорення в центрі мас несучої конструкції вагона-платформи склали $3,2 \text{ м/с}^2$. В зонах спирання на візки максимальні прискорення дорівнюють $5,0 \text{ м/с}^2$. При цьому максимальні сили в ресорному підвішуванні візків дорівнюють 56 кН. Коефіцієнт вертикальної динаміки склав 0,47. Розрахунок показників динаміки вагона-платформи проведено і для інших швидкостей його руху. Проведені розрахунки встановили, що хід вагона-платформи за умови перевезення порожніх зйомних модулів можна оцінити як “добрий”.

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо проектування сучасних транспортних засобів контейнерних перевезень та підвищенню ефективності експлуатації транспортної галузі.

Перелік посилань

1. Juraj Gerlici, Alyona Lovska, Mykhailo Pavliuchenkov. Study of the Dynamics and Strength of the Detachable Module for Long Cargoes under Asymmetric Loading Diagrams. Applied Sciences. 2024. Vol. 14, 3211. <https://doi.org/10.3390/app14083211>

2. Дьомін Ю. В., Черняк Г. Ю. Основи динаміки вагонів: навч. посіб. Київ: КУЕТТ, 2003. 269 с.

3. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Київ, 2015. 162 с.

Подригало Михайло Абович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, pmikhab@gmail.com

Аврунін Григорій Аврамович, канд. техн. наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, griavrunn@ukr.net

Подригало Надія Михайлівна, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Байцур Максим В'ячеславович, канд. техн. наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПОДАЛЬШЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТІВ, ЩО АНАЛОГІЧНІ ЕФЕКТУ ЗОММЕРФЕЛЬДА

При роботі ексцентрикового вібратора коливання пружної системи помітно впливають на величину кутової швидкості валу електродвигуна, що має невелику потужність, в наслідок чого кутова швидкість електродвигуна також коливається відносно деякого середнього значення. Це явище отримало назву «ефект Зоммерфельда».

В докладі розглянуто ефект, який можна вважати зворотнім щодо явища, відкритого Зомерфельдом. Такий «зворотній ефект» полягає в тому, що коливання кутової швидкості валу приводу ексцентрикового вібратора, призводить до коливань пружної системи.

В результаті дослідження цього нового явища теоретично обґрунтовано появу коливань пружно встановленого на підвісці автомобіля колеса з еластичною шиною, внаслідок коливань його кутової швидкості. При цьому кутова частота збуджуючої сили, якою є нормальна реакція дороги на колесо, дорівнює круговій частоті коливань кутової швидкості колеса.

Важливо, що ефект коливань пружно підвішеної маси може виникнути навіть при русі еластичних коліс по абсолютно гладкій дорожній поверхні.

При збіганні кругової частоти коливань кутової швидкості колеса з круговою частотою власних (вільних) коливань підвіски може виникнути резонанс.

Ловська Альона Олександрівна, докт. техн. наук, професор, Український державний університет залізничного транспорту, alyonalovskaya.vagons@gmail.com

Діжо Ян, PhD, доцент, доцент, Жилінський університет в Жиліні, jan.dizo@fstroj.uniza.sk

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ ЗЙОМНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ГУСЕНИЧНОЇ ТЕХНІКИ ЗАЛІЗНИЦЕЮ

Залізничний транспорт є провідною галуззю транспортної системи, яка забезпечує розвиток економіки багатьох країн. При цьому важливою складовою залізничного транспорту є вантажні перевезення [1, 2]. Наразі парк вантажних вагонів сформований великою кількістю різних за конструкційними особливос-

тями та технологією обробки вагонів. Перевезення колісної та гусеничної техніки здійснюється здебільшого на вагонах-платформах.

Внаслідок нестачі вагонів-платформ виникає необхідність ситуаційної адаптації існуючого парку вагонів до подібних перевезень. Одним із таких вагонів може бути напіввагон. Однак при цьому необхідним є пристосування його конструкції до перевезень гусеничної техніки. У зв'язку з цим, питання ситуаційної адаптації напіввагонів до перевезень гусеничної техніки є досить актуальним.

Для адаптації кузова напіввагона до перевезень гусеничної техніки запропоновано конструкцію зйомного модуля. Даний модуль встановлюється в кузов напіввагона та виступає проміжним адаптером між ним та одиницею гусеничної техніки, яка перевозиться. Кріплення зйомного модуля в кузові напіввагона здійснюється за допомогою кутових фітингів. При цьому необхідним є постановка в кузов напіввагона фітингових упорів. Закріплення гусеничної техніки на зйомному модулі здійснюється через кріпильні скоби. Є можливим застосування стропів або розтяжок. До складу несучої конструкції зйомного модуля входять чотири повздовжні балки, дві консольні балки та п'ять проміжних поперечних балок.

Для визначення міцності зйомного модуля проведено його розрахунок. У якості розрахункового застосовано метод скінчених елементів. Він реалізований у SolidWorks Simulation. Враховано, що модуль сприймає вертикальне навантаження, яке включає вертикальну статичну та динамічну складову, а також навантаження, які діють на нього від засобів закріплення. У зв'язку з тим, що вони розміщуються під кутом до горизонтальної площини зйомного модуля, то дане навантаження розкладалося на дві складові – вертикальну та горизонтальну. Дані складові визначалися з урахуванням кута нахилу стропа – 45° .

Скінчено-елементну модель утворено тетраедрами. Закріплення моделі здійснювалося за кутові фітинги.

Встановлено, що найбільш навантаженими зонами зйомного модуля є кутові частини. При цьому максимальні напруження, які виникають в ньому складають 114,3 МПа, що нижче за допустимі [3]. Максимальні переміщення виникають в другому з боку консолі секторі зйомного модуля і дорівнюють 2,4 мм. Отже міцність зйомного модуля при розглянутій схемі навантажень його конструкції забезпечується.

Проведені дослідження сприятимуть підвищенню ефективності експлуатації залізничного транспорту та стануть корисними напрацюваннями при проектуванні сучасних концептів зйомних модулів багатофункціонального призначення.

Перелік посилань

1. Sergii Panchenko, Juraj Gerlici, Glib Vatulia, Alyona Lovska, Mykhailo Pavliuchenkov, Kateryna Kravchenko. The Analysis of the Loading and the Strength

of the FLAT RACK Removable Module with Viscoelastic Bonds in the Fittings. Applied Sciences. 2023. Vol. 13(1), 79. <https://doi.org/10.3390/app13010079>

2. Ayman Al-Sukhon, Mostafa SA ElSayed. Design optimization of hopper cars employing functionally graded honeycomb sandwich panels. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part F. Journal of Rail and Rapid Transit. 2021. Vol. 236(8). <https://doi.org/10.1177/09544097211049640>.

3. ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Київ, 2015. 162 с.

Павлов Ярослав Володимирович – кандидат педагогічних наук, доцент, начальник факультету логістики, Національна академія Національної гвардії України, palych.yaroslav@gmail.com

ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ СВОЄЧАСНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ЗРАЗКІВ АВТОБРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ

Номенклатура автобронетанкової техніки Національної гвардії України (НГУ) має дуже великий спектр марок, тому й обсяг запасних частин та агрегатів має велике значення. Кількість інформації про стан технічного забезпечення, замовлення запасних частин наращується пропорційно кількості автобронетанкової техніки, її стану, навантаженню й інтенсивності службово-бойових дій. Інформаційні потоки щодо організації технічного забезпечення угруповання НГУ набувають великих обсягів. Оптимізація й автоматизація інформаційних потоків, що циркулюють у системі технічного забезпечення, дозволять підвищити ефективність вирішення їх завдань управління.

Недостатність інформації призводить до неправильного прийняття рішення або до невизначеності, надлишок інформації – до підвищення трудомісткості вирішення завдань управління. У цих умовах найбільш повно проявляє себе залежність ефективності управління технічним забезпеченням від обсягу та якості використовуваної при цьому інформації. Достовірність залежності підтверджується збігом із законом залежності ефективності вирішення завдань управління від повноти інформації.

Збільшення інформації спочатку підвищує ефективність рішення, але у разі подальшого зростання обсягів інформації якість рішення зменшується через перевантаження системи управління, яка має також власні обмеження. Зі збільшенням обсягу використовуваної інформації збільшується кількість варіантів технічного забезпечення, що підлягає розгляду. При цьому прогнозована ефективність технічного забезпечення збільшується унаслідок зростання обґрунтованості прийнятого рішення.

Одним із шляхів вирішення цих питань є пошук і впровадження в теорію і практику процесу відновлення автобронетанкової техніки нових, перспектив-

них способів ведення технічної розвідки, заснованих на застосуванні сучасних, більш ефективних засобів добування, обробки та оперативного виводу інформації щодо місць їх виходу з ладу. Так, до значного підвищення можливостей підрозділів технічної розвідки може привести використання сучасних технічних засобів, а саме спеціалізованих камер та сенсорів для збору високоякісного зображення пошуку пошкоджених зразків автобронетанкової техніки та визначення місць їх розташування. Алгоритми комп'ютерного зору та штучного інтелекту в додатку до GPS дозволяють ефективно розпізнавати об'єкти на землі.

Основними компонентами інформаційних технологій у забезпеченні якісної та точної інформації технічної розвідки є:

1. Камери, які використовуються для отримання візуальних даних оперативної обстановки, яка склалася.
2. Лазерні далекоміри, що можуть бути використані для вимірювання відстаней та створення точних тривимірних карт обстановки.
3. Глибинні камери, що вимірюють відстані до об'єктів та дозволяють оцінити глибину об'єктів на зображенні.
4. Системи обробки даних та алгоритми, що аналізують вхідні дані та використовують їх для визначення положення та створення карти.
5. Штучний інтелект та машинне навчання – ці методи використовуються для розпізнавання об'єктів. Вони можуть виявляти та класифікувати об'єкти на зображеннях.

Інформаційні технології можуть допомогти аналізувати дані про місцезнаходження та стан пошкодженої автобронетанкової техніки, які транспортні засоби потребують негайної евакуації, а які можуть почекати. Ідентифікувати їх пошкодження та дефекти, визначати потреби в ремонті та технічному обслуговуванні, а також визначити пріоритетність процедур евакуації. Це може допомогти забезпечити евакуацію найважливішої автобронетанкової техніки, мінімізуючи ризик подальшого їх ушкодження або взагалі втрати.

Використання інформаційних технологій також може знайти своє місце навіть під час евакуації пошкоджених зразків автобронетанкової техніки, що є дуже важливим етапом її відновлення. Надаючи дані в режимі реального часу про місцезнаходження та стан пошкодженої автобронетанкової техніки, інформаційні технології можуть допомогти забезпечити швидке та ефективне залучення необхідних ресурсів та мінімізувати будь які ризики, які можуть виникати в умовах ведення бойових дій. Крім того, інформаційні технології можна використовувати для моніторингу стану пошкодженої автобронетанкової техніки, надаючи важливі дані про такі фактори, як рівень палива, ступінь зарядженості акумуляторних батарей, справність двигуна та ін.

Оскільки технології продовжують розвиватися, цілком ймовірно, що з'являться нові рішення, які допоможуть подолати проблеми, пов'язані з евакуацією пошкодженої автобронетанковою технікою. Наприклад, використання безпілотних евакуаційних засобів може стати більш поширеним, що дозволить проводити більш швидку, ефективну та безпечну евакуацію. Крім того, це може допомогти вирішити проблеми із сумісністю та безпекою, полегшуючи коорди-

націю зусиль команд евакуації. Продовжуючи дані дослідження та розробки, можна створити майбутнє, де евакуація пошкодженої автобронетанкової техніки буде безпечнішою та ефективнішою.

Незважаючи на потенційні переваги інформаційних технологій для евакуації пошкодженої бронетехніки, існують також значні проблеми, пов'язані з їх впровадженням. Однією з основних проблем є відсутність інфраструктури в багатьох районах, де така евакуація необхідна. У деяких випадках на місцевості може бути важко орієнтуватися, що ускладнює розгортання необхідних технологій. Крім того, можуть виникати проблеми із сумісністю між різними технологіями, що ускладнює їх інтеграцію в єдину систему. Нарешті, можуть бути занепокоєння щодо безпеки конфіденційної інформації, такої як місцезнаходження пошкодженої автобронетанкової техніки, якою може скористатися противник. Ці проблеми необхідно вирішити, якщо інформаційні технології мають бути ефективно реалізовані при евакуації пошкодженої бронетехніки.

Впровадження інформаційних технологій в технічне обслуговування та ремонт автобронетанкової техніки є великим етапом у покращенні процесу їх відновлення. Це охоплює використання різних програмних засобів для діагностики, обслуговування та ремонту техніки. Інформаційні технології зменшують ефективність роботи технічних служб, скорочують час на проведення ремонтних робіт та зменшують витрати на їх обслуговування. Однією з таких технологій є доповнена реальність, яка може надавати механікам інформацію та вказівки в режимі реального часу під час процесу ремонту, дозволяючи їм швидко виявляти та вирішувати проблеми. Використання доповненої реальності також може допомогти зменшити потребу в спеціалізованому навчанні, оскільки технологія може надати покрокові інструкції щодо ремонту автобронетанкової техніки.

Розвиток штучного інтелекту і машинного навчання має потенціал для значного покращення технічного обслуговування та ремонту автобронетанкової техніки. Завдяки інтеграції цих технологій у процес діагностування та обслуговування автобронетанкової техніки можна проводити їх ремонт більш ефективніше. Алгоритми штучного інтелекту можуть аналізувати дані з датчиків та інших джерел, щоб виявити потенційні проблеми, перш ніж вони стануть серйозними, дозволяючи своєчасно та ефективно ремонтувати.

Однак, використання інформаційних технологій не дозволяють забезпечити безпеку обробки технічної інформації та запобігти її втраті чи пошкодженню. Автоматизація процесів оброблення, зберігання, передачі інформації, що циркулює в системі технічного забезпечення, досі не знайшла вирішення, що теж зменшує ефективність її застосування.

Перелік посилань

1. Теорія підготовки й прийняття рішень органами військового управління : монографія / Г. А. Дробаха та ін. Харків : ХУПС, 2008. 545 с.

2. В.В. Єманов. Проблемні питання систем експлуатації та відновлення автобронетанкової техніки Національної гвардії України. Честь і закон № 2 (81)/2022. С.63-71

Подригало Михайло Абович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, pmikhab@gmail.com

Клец Дмитро Михайлович, д-р техн. наук, професор, Старший менеджер проекту – Реформа дорожньої галузі, Команда підтримки реформ Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України, d.m.klets@gmail.com

Дубінін Євген Олександрович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, dubinin-rmn@ukr.net

Шейн Віталій Сергійович, канд. техн. наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, [sheinvitalis@gmail.com](mailto:shein Vitalis@gmail.com)

Омельченко Василь Іванович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Литвин Віталій Анатолійович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОВНОПРИВІДНИХ АВТОМОБІЛІВ

Методика дорожніх випробувань для оцінювання динамічних параметрів машин може змінюватися залежно від поставлених завдань. Загальним принципом є одержання статистичних характеристик процесу, прийнятих у якості критеріїв. У процесі експериментальних досліджень здійснювалася перевірка теоретичних положень, що відносяться до оцінювання динамічних параметрів повнопривідних автомобілів при виконанні транспортної роботи з використанням мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу, адаптованого для такого оцінювання. Для оцінювання експлуатаційних властивостей колісних машин були використані мобільні реєстраційно-вимірювальні комплекси, розроблені на кафедрі технології машинобудування і ремонту машин ХНАДУ [1, 2].

Виконувалася реєстрація динамічних параметрів, а саме: вертикальних, бічних і поздовжніх лінійних прискорень, що діють на автомобіль за різних режимів руху. Дорожні випробування проводилися на повнопривідному автомобілі Nissan X-Trail (рис. 1).



а



б

а – повнопривідний автомобіль Nissan X-Trail 2.0D; б – встановлення давців прискорень на автомобілі

Рисунок 1 – Об'єкт для проведення експериментальних досліджень

Заїзди відбувалися у декілька етапів з різними режимами, а саме:

1. З включеним переднім приводом:
 - розгін до швидкості 40 км/год на 1 та 2 передачах, вибіг, гальмування (заїзд №1);
 - розгін до швидкості 50 км/год на 1 та 2 передачах, вибіг, гальмування (заїзд №2).
2. З включеним повним приводом:
 - розгін до швидкості 40 км/год на 1 та 2 передачах, вибіг, гальмування (заїзд №3);
 - розгін до швидкості 50 км/год на 1 та 2 передачах, вибіг, гальмування (заїзд №4).

Вихідні дані були відфільтровані за допомогою фільтра Баттерворта відповідно до вимог [3]. Отримані графіки кутових прискорень, швидкостей і гістограми розподілу кутових швидкостей, отриманих після обробки результатів експериментів.

В результаті проведеного експерименту отримані лінійні прискорення при розгоні досліджуваного автомобіля. Швидкість повнопривідного автомобіля та потужність, що витрачається при розгоні, були обчислені за відповідними методиками.

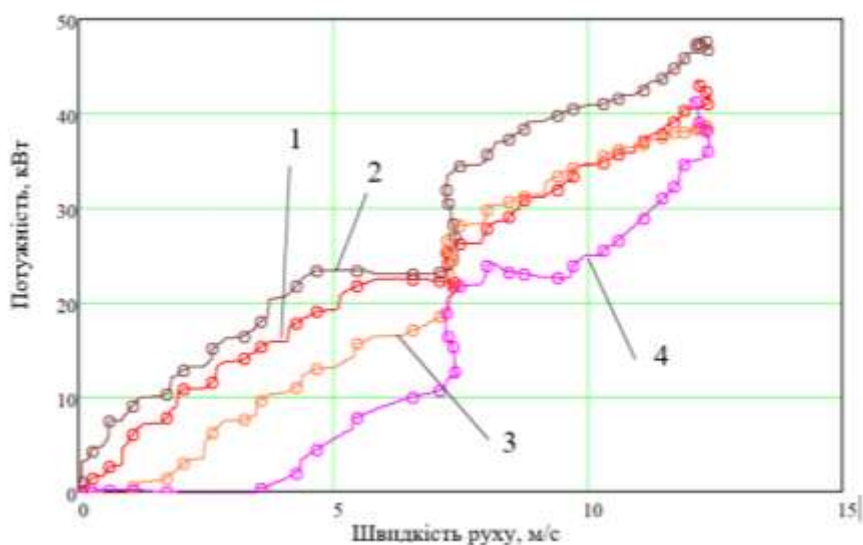
Потужність на розгін N_p була отримана за допомогою аналітичної залежності [4] (рис. 2)

$$N_p = m_a \cdot V'_a \cdot V_a,$$

де m_a – маса автомобіля, $m_a = 1750$ кг;

V'_a – прискорення автомобіля;

V_a – швидкість автомобіля.



1 – заїзд №1, 2 – заїзд №2, 3 – заїзд №3, 4 – заїзд №4

Рисунок 2 – Потужність, що витрачається при розгоні автомобіля

Був застосований підхід з апроксимацією потужності на основі експоненційної залежності у вигляді $y = a \cdot e^{b \cdot x} + c$, де y – потужність, що витрачається при розгоні (кВт), x – лінійна швидкість автомобіля (км/год). Параметри моделі для кожного заїзду наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри моделі

№ заїзду	Тип приводу	Показники моделі		
		a	b	c
1	Передній	$1,753 \cdot 10^4$	$1,584 \cdot 10^{-5}$	$-1,753 \cdot 10^4$
2		$8,932 \cdot 10^3$	$3,107 \cdot 10^{-5}$	$-8,932 \cdot 10^3$
3	Повний	$9,023 \cdot 10^3$	$3,077 \cdot 10^{-5}$	$-9,023 \cdot 10^3$
4		$1,41 \cdot 10^4$	$1,969 \cdot 10^{-5}$	$-1,41 \cdot 10^4$

В результаті проведених досліджень було встановлено, що потужність, яка витрачається на розгін, для досліджуваного автомобіля з включеним повним приводом більше на 15-20%, ніж у цього ж автомобіля тільки з переднім приводом при русі на швидкості 45-50 км/год та при звичайних дорожніх умовах. Це свідчить про менші втрати енергії автомобіля в колісному русі при усіх ведучих колесах ніж при одному передньому включеному мості. Що підтверджує отримані раніше теоретичні результати.

Перелік посилань

1. Пат. 51031 Україна, МПК G01P 3/00. Система для визначення параметрів руху автотранспортних засобів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях / Подригало М. А., Коробко А. І., Клец Д. М., Файст В. Л.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. університет. – №u201001136; заявл. 04.02.10; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.

2. Пат. 146080 Україна, МПК G01P 3/00, G01P 15/00. Мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс для оцінювання експлуатаційних властивостей колісних машин / Клец Д.М., Дубінін Є.О., Подригало М.А., Полянський О.С., Холодов А.П., Слинченко І.В.; заявник і патентовласник Харківський нац. автом.-дорожній ун-т. – № u202004875; заявл. 22.09.20; опубл. 21.01.21, Бюл. №3.

3. Электронные системы контроля устойчивости: ECE/TRANS/180/Add.8. – [Введены в Глобальный регистр. 2008-06-26] – Женева: Глобальный регистр. Организация объединённых наций, 2008. – 116 с.

4. Клец Д. М. Концепция обеспечения стабильности показателей устойчивости и управляемости автомобилей: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.22.20 / Клец Дмитрий Михайлович. – Х., 2015. – 528 с.

ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ РУХОМИХ МАЙСТЕРЕНЬ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНИХ ШАСІ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВИЙ ТЕХНІКИ

Досвід бойових дій під час відсічі збройної агресії Російської Федерації вказує те, що від справності та готовності озброєння та військової техніки (ОВТ) залежить виконання завдання за призначенням частинами та підрозділами Збройних Сил України[1]. Крім цього, досвід триваючої війни вказує на поширення застосування ворогом безпілотних літальних апаратів типу FPV-камікадзе, що дозволяють з відносно невисокими витратами знищувати або здійснювати руйнівні ушкодження ОВТ [2]. Це викликає збільшення кількості несправних (пошкоджених) машин та, відповідно, потреби у відновленні зразків ОВТ. Велика кількість сучасного ОВТ змонтовано на базі автомобільних шасі, що робить їх однією з найважливіших складових у забезпеченні бойової готовності підрозділів та частин Збройних Сил України та інших військових формувань. Надана проблема викликає супереч між потребою з запобігання ураженню високоточною зброєю (необхідністю розосередження ОВТ та рухомих ремонтних майстерень) та збільшення швидкості виконання операцій з ремонту та технічного обслуговування у тому числі автомобільних шасі [1-4].

Аналіз сучасних напрямків з виробництва новітніх зразків рухомих майстерень ремонту та технічного обслуговування вказує на поширення їх виробництва з високим ступенем уніфікації по базовим автомобільними шасі і кузовам-фургонам. У роботі проаналізована система забезпечення процесу технічного обслуговування та ремонту рухомими майстернями у районах ведення бойових дій. Визначено орієнтовний перелік операції, що потребуються для усунення несправностей, які у першу чергу впливають на рухомість автомобільних шасі ОВТ [3-4].

У доповіді надається варіант модернізації рухомих майстерень технічного обслуговування та ремонту автомобільних шасі ОВТ. Запропоновано здійснювати безпосереднє виконання операцій технічного обслуговування та ремонту шляхом використання малогабаритних рухомих ремонтних модулів (МРРМ). Надано варіант розподілу обладнання рухомої майстерні на МРРМ у залежності від завдання, що виконується. Визначено перелік операцій з технічного обслуговування та ремонту автомобільних шасі ОВТ, що може виконуватися кожним набором обладнанням, що входить до МРРМ.

Проведені орієнтовні розрахунки вказують, що у випадку поширення застосування рухомих майстерень шляхом використання МРРМ час на виконання операцій з технічного обслуговування та ремонту автомобільних шасі ОВТ може суттєво знизитися. Одночасно, використання у районах ведення бойових дій МРРМ, які за своїми параметрами мають відносно малий розмір, може знизити ймовірність їх ураження та ураження особового складу, що виконує роботи.

Наданий варіант рухомої майстерні надає можливість комплексно вирішувати проблеми забезпечення безвідмовної експлуатації ОБТ, покращити технологію технічного обслуговування та ремонту, швидко здійснюючи його в умовах ведення бойових дій. Запропонована рухома майстерня з використанням МРРМ може дозволити покращити технологію технічного обслуговування та ремонту ОБТ та автомобільної техніки цивільного призначення.

Перелік посилань

1. Воєнно-історичний опис російсько-української війни (січень 2023 року). Sprotyvg7: веб-сайт. URL: https://sprotyvg7.com.ua/wp-content/uploads/2023/04/11_воєнно-історичний_опис_Січень_2023.pdf
2. Козацький О. FPV-дрони: зброя, що змінила сучасну війну. Мілітарний <https://mil.in.ua/uk/articles/fpv-drony-zbroya-shho-zminyla-suchasnu-vijnu/>
3. Шаша І.К., Рогозін І.В., Новічонок С.М. Математичні методи оцінки експлуатаційної надійності засобів рухомості озброєння та військової техніки. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2020. № 2 (64). С. 135-140.
4. Рогозін І.В., Новічонок С.М., Куренко О.Б. Визначення діагностичних параметрів гальмової системи для її діагностування під час руху автомобільного шасі. Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців: міжнародна наук.-практ. та наук.-метод. конф. – Х.: ХНАДУ, 2022. – С. 104 – 106 с.

Аврунін Григорій Аврамович, канд. техн. наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, griavrunn@ukr.net

Мороз Ірина Іванівна, старший викладач кафедри вищої математики, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, irinamoroz1@ukr.net

СТЕНДОВІ ПІСЛЯРЕМОНТІ ВИПРОБУВАННЯ ОБ'ЄМНИХ ГІДРОПРИВОДІВ ТРАНСМІСІЙ МОБІЛЬНИХ МАШИН

Стендові випробування комплектних об'ємних гідроприводів трансмісій мобільних машин, що складаються з насосів та гідромоторів за різними машинними схемами регулювання, є потрібними на етапах завершення проектування при створенні нової техніки, а також післяремонтних робіт. Тому важливим є розгляд цієї частини випробувань, яка вперше внесена в вітчизняний стандарт «Методи випробування та подання основних сталих робочих характеристик», регламентований ДСТУ ISO 4409:2007:2013 [1]). (Об'ємні гідроприводи. Насоси об'ємні, гідромотори та гідропередачі). При цьому слід відзначити, що скасовані ГОСТ 14658-86 і ГОСТ 20719-83 у частині методів випробування

насосів і гідромоторів, відповідно, не передбачали методик випробування комплектних гідроприводів.

Згідно ДСТУ ISO 4409 випробування комплектних об'ємних гідроприводів слід виконувати за принциповою гідравлічною схемою, приведеною на рис. 1, що включає насос Н1 і гідромотор М, в якому насос Н1 обертається від приводного двигуна Д1, а гідромотор М навантажується гальмівним пристроєм Г. До складу основного контуру ОГП входять зворотні клапани 3К1 і 3К2 системи підживлення від насосу Н2. Насос підживлення Н2 обертається від приводного двигуна Д2, всмоктує оливу з гідробака Б та нагнітає її через зворотні клапани 3К1 і 3К2 в одну з ліній між насосом Н1 і гідромотором М, яка в даний час є лінією зливною, тобто низького тиску. Тиск в системі підживлення налаштовується запобіжним клапаном КЗ.

Слід відмітити, що на цій схемі умовно не показані запобіжні клапани основного контуру між насосом Н1 і гідромотором М, а також гідроприсрої місцевого охолодження, які є штатними в сучасних ОГП.

Система кондиціонування оливи включає фільтр Ф в лінії нагнітання насоса підживлення Н2 та олива охолоджувач АТ.

При випробуваннях ОГП контролюються такі параметри;

- частота обертання насоса Н1 і гідромотора М за допомогою перетворювачів ДЧОН і ДЧОМ, відповідно;
- крутний момент на обертання насоса Н1 вимірювачем ВМн;
- крутний момент на виході гідромотора М вимірювачем ВМм;
- витрата РР на виході з запобіжного клапану КЗ витратоміром ВР1;
- витрата РР на виході з дренажного отвору ОГП витратоміром ВР2;
- перепад тисків в оГП за допомогою манометрів МН1 і МН2;
- тиск в лінії всмоктування насоса підживлення манометром МН3;
- температура РР на окремих ділянках гідросистеми термометрами Т1...Т5.

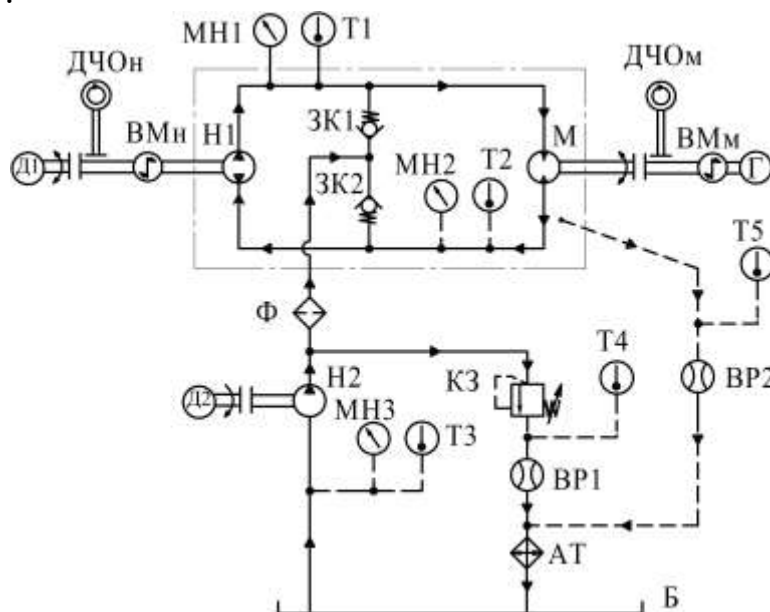


Рисунок 1 – Гідравлічна принципова схема для випробування об'ємного гідропривода

Загальний ККД гідропривода розраховують за формулою:

$$\eta_t^T = \frac{n_2 \cdot T_2}{n_1 \cdot T_1} \cdot 100, \% , \quad (1)$$

де n_1 і n_2 – частоти обертання насоса і гідромотора, відповідно, хв^{-1} ,
 T_1 і T_2 – крутний момент насоса і гідромотора, відповідно, Н.м.

При виконанні вимог щодо точності застосованих приладів такі стендові випробування дають об'єктивну оцінку технічного стану гідравлічної трансмісії мобільної машини.

В зв'язку з поширеним застосуванням гідравлічних трансмісій в мобільних машинах, які експлуатуються в вітчизняних галузях техніки, а також проведення робіт щодо проектування перспективних вітчизняних будівельно-дорожніх машин, представляється необхідним введення методики стендових випробувань гідроприводів в відповідні дисципліни для бакалаврів та магістрів.

Перелік посилань

1. Національний стандарт України. Об'ємні гідроприводи. Насоси об'ємні, гідромотори та гідропередачі. Методи випробувань та подання основних сталих робочих характеристик. (ISO 4409:2007, IDT), ДСТУ ISO 4409:2013. БЗ- № 11-2013/410. - 22 с.

Подригало Михайло Абович, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, pmikhab@gmail.com
Вахнюк Сергій Анатолійович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, vakhniuk.ser@gmail.com
Рябушко Іван Андрійович, асистент кафедри технології машинобудування та ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, ivanr19950515@gmail.com

ПОСЛІДОВНЕ ВСТАНОВЛЕННЯ ДВОХ ДВЗ НА АВТОМОБІЛІ ЯК МЕТОД ЗНИЖЕННЯ НЕРІВНОМІРНОСТІ КРУТНОГО МОМЕНТУ

Дослідженню ефективності використання на автомобілях силових установок із двома послідовно встановленими ДВЗ присвячено значну кількість наукових робіт. Однак таке технічне рішення розглядалося як альтернатива методу вимкнення частини циліндрів при зниженні зовнішнього навантаження на автомобіль [1].

Встановлення послідовно двох ДВЗ дає змогу також зменшити витрату палива за рахунок зниження нерівномірності крутного моменту на вхідному валу трансмісії. Останнє можливе за певної відносної кутової орієнтації колінчастих валів обох двигунів внутрішнього згоряння.

У цій статті визначено кути взаємного розташування колінчастих валів обох ДВЗ залежно від числа циліндрів.

Двигун внутрішнього згоряння є джерелом механічних коливань у трансмісії автомобіля, оскільки генерує крутний момент, що змінюється за періодичним законом.

У роботі [2] запропоновано апроксимувати дійсні криві зміни індикаторного крутного моменту гармонійним законом

$$M_i = \overline{M}_i \left[1 + \frac{k_i}{2} \sin \left(\overline{\omega}_e \frac{i_y}{2} t \right) \right], \quad (1)$$

де M_i - індикаторний крутний момент;

$\overline{M}_i$ - середнє за цикл коливань значення індикаторного крутного моменту;

k_i - коефіцієнт нерівномірності крутного моменту,

$$k_i = \frac{M_{i\max} - M_{i\min}}{\overline{M}_i}; \quad (2)$$

де $M_{i\max}; M_{i\min}$ - максимальне та мінімальне значення індикаторного крутного моменту за цикл роботи ДВЗ;

$\overline{\omega}_e$ - середня кутова швидкість колінчастого валу за цикл роботи ДВЗ;

i_y - число циліндрів двигуна;

t - час.

Залежність (1), враховуючи, що кут повороту колінчастого валу дорівнює

$$\varphi_B = \overline{\omega}_e t, \quad (3)$$

можна перетворити до вигляду

$$M_i = \overline{M}_i \left[1 + \frac{k_i}{2} \sin \left(\varphi_B \frac{i_y}{2} \right) \right]. \quad (4)$$

У роботі Д.В. Абрамова [3] визначено, що додаткові витрати енергії $\square W$ на рух автомобіля, спричинені нерівномірністю крутильного моменту M_i і, відповідно, тягової сили, визначаються такою залежністю:

$$\square W = \frac{A_{pk}}{\pi} \cdot S, \quad (5)$$

де A_{pk} - амплітуда коливань тягової сили P_k автомобіля, що визначається амплітудою коливань A_{M_i} індикаторного крутного моменту;

π - число Піфагора, $\pi = 3,1416$;

S - шлях, пройдений автомобілем.

Професором Р.О. Кайдаловим [4], під час дослідження комбінованого електромеханічного приводу автомобілів, введено показник $\eta_{\square W}$ - коефіцієнт непродуктивних витрат енергії, що враховує вплив нерівномірності індикаторного крутного моменту

$$\eta_{\square W} = \frac{0,04 + \frac{7,22}{i_y}}{\pi} (1 - K_{eo}), \quad (6)$$

де 0,04; 7,22 - коефіцієнти регресії;

K_{ed} - частка крутного моменту на ведучих колесах, створювана електродвигунами,

$$K_{ed} = \frac{M_{ed}n}{r_o \sum P_c} ; \quad (7)$$

M_{ed} - момент, створюваний одним електродвигуном;

n - число електродвигунів;

r_o - динамічний радіус ведучих коліс;

$\sum P_c$ - сумарна сила опору руху автомобіля.

У роботі [4] показано, що зі збільшенням числа циліндрів i_u ДВЗ і коефіцієнта k_{ed} відбувається зниження коефіцієнта непродуктивних витрат $\eta_{\square w}$ (таблиця 1 [4]).

Зазначене зниження коефіцієнта $\eta_{\square w}$ зумовлене зниженням амплітуди коливань A_{M_i} індикаторного крутного моменту M_i та амплітуди коливань A_{pk} тягової сили P_k автомобіля.

З метою підвищення енергоефективності автомобілів шляхом встановлення двох двигунів внутрішнього згоряння за рахунок раціональної синхронізації їхніх робочих циклів необхідно вирішити завдання вибору раціонального кута взаємного розташування колінчастих валів обох ДВЗ.

Таблиця 1 – Коефіцієнт непродуктивних витрат енергії [4].

i_u	$\eta_{\square w}$					
	$K_{ed} = 0$	$K_{ed} = 0,2$	$K_{ed} = 0,4$	$K_{ed} = 0,6$	$K_{ed} = 0,8$	$K_{ed} = 1,0$
1	2,310	1,849	1,386	0,924	0,462	0
2	1,162	0,929	0,697	0,464	0,232	0
4	0,587	0,470	0,352	0,235	0,117	0
6	0,396	0,317	0,237	0,158	0,079	0
8	0,300	0,240	0,180	0,120	0,060	0
10	0,242	0,194	0,145	0,097	0,048	0
12	0,204	0,163	0,123	0,082	0,040	0

Висновки за результатами проведеного дослідження:

1. Запропоновано метод підвищення енергетичної ефективності автомобілів шляхом використання двох послідовно встановлених ДВЗ, колінчасті вали яких встановлені відносно свого початкового кутового положення з різницею Ψ .

2. Величина зазначеного кута Ψ зменшується зі збільшенням числа циліндрів i_u і визначається за формулою

$$\psi = \frac{2\pi}{i_u} . \quad (8)$$

3 Використання запропонованого методу дає змогу зменшити непродуктивні втрати енергії на 116% для 2-х циліндрових двигунів, 58,7% - 4-циліндрових двигунів, 39,6% - 6-ти циліндрових двигунів, 30% - 8-ми циліндрових двигунів,

24,2% - 10-ти циліндрових двигунів і 20,4% - 12-ти циліндрових двигунів. Для одноциліндрових двигунів (у разі встановлення двох ДВЗ) зазначене зменшення становитиме 231%.

Перелік посилань

1. Молодан А.О. Наукові основи забезпечення надійності і функціональної стабільності колісних машин в режимі відключення частини циліндрів: автореферат дис. на отримання наукового ступеня доктора технічних наук: спец. 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. / А.О. Молодан. - Харків, 2021. 40 с.

2. Подригало Н.М. Концепція забезпечення ефективності та контролю функціональної стабільності моторно-трансмісійних установок транспортно-тягових засобів: автореферат дис. на отримання наукового ступеня доктора технічних наук: спец. 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. / Н.М. Подригало. - Харків, 2016. 36 с.

3. Абрамов Д.В. Концепція покращення функціональної стабільності динамічних та енергоперетворюючих властивостей автомобілів: автореферат дис. на отримання наукового ступеня доктора технічних наук: спец. 05.22.02 Автомобілі та трактори. / Д.В. Абрамов. - Харків, 2018. 40 с.

4. Кайдалов Д.В. Наукові основи створення автомобілів з комбінованою енергетичною установкою: автореферат дис. на отримання наукового ступеня доктора технічних наук: спец. 05.22.02 Автомобілі та трактори. / Р.О. Кайдалов. - Харків, 2018. 40 с.

Мірний Валерій Юрійович, аспірант, Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України,
mirnyivalera@gmail.com

Погорілий Сергій Петрович, д.т.н., с.н.с, Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України,
pogorilyy_sergiy@ukr.net

АДАПТАЦІЯ ШАСІ ПОВНОПРИВОДНОГО АВТОМОБІЛЯ ДО ВИМОГ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Аграрні підприємства формуються на землях, які розміщуються на великих відстанях. Плече переїздів може становити більше 100 км. Для дотримання виконання технологічних операцій в агрономічні терміни необхідно використовувати ефективні тягові машини як в полі так і на транспортних роботах. Географічне розміщення сільськогосподарських земель потребує постійного переїзду машинно-тракторних агрегатів з одного поля на інше. Транспортна швидкість руху тракторів не перевищує 30 км/год, деякі закордонні трактори розвивають швидкість до 60 км/год. Загострюється проблема при виконанні технологічних операцій, на які відведено невеликі за тривалістю проміжки часу, і

які мають визначальний вплив на формування майбутнього врожаю, зокрема: сівба, внесення органічних добрив, внесення засобів захисту рослин, закриття вологи, тощо.

З огляду на вищезазначене виникає необхідність створення мобільних технологічних агрегатів, які мають високу мобільність та можуть ефективно використовуватись як на сільськогосподарських операціях так і на транспортних операціях.

Одним із шляхів вирішення згаданих проблем є використання вантажних автомобілів підвищеної прохідності типу ГАЗ-66 на виконанні сільськогосподарських операцій. За технічними характеристиками цю машину можна віднести до тягового класу 1,4-2. Маса автомобіля ГАЗ-66 становить 3500 кг, потужність двигуна внутрішнього згорання 88,3 кВт (115 к.с.), колісна формула 4х4, максимальна швидкість руху 90 км/год.

Обладнавши такий МЕЗ системою агрегування для розміщення технологічних модулів на рамі, це дає можливість без додаткового вантажопідйомного обладнання і за короткий проміжок часу змінювати їх та виконувати іншу технологічну операцію. На раму автомобіля є можливість встановлювати різного роду кузова та місткості з технологічним матеріалом (масою до 4 т). Завдяки цьому можна ефективно виконувати: внесення твердих органічних та гранульованих добрив, міжрядне підживлення рослин, і все це шляхом встановлення технологічних модулів на раму мобільного енергетичного засобу. Маса технологічного матеріалу дає можливість збільшити зчіпні властивості автомобіля.

В задній частині рами є місце для встановлення навісної системи. За допомогою якої можна здійснювати агрегування як начіпних так і причіпних сільськогосподарських машин чи знарядь. Конструкційно-компонувальна схема такого мобільного енергетичного засобу дає можливість агрегувати комбіновані машини та знаряддя та виконувати за оди прохід кілька технологічних операцій.

Використання вантажних автомобілів в якості мобільного енергетичного засобу тягового класу 1,4-2 для формування на його базі мобільного сільськогосподарського агрегату для виконання сільськогосподарських операцій зменшить собівартість продукції рослинництва за рахунок збільшення річного завантаження, збільшення робочих і транспортних швидкостей, застосування прямих технологій внесення технологічного матеріалу. Також зменшиться номенклатура технічних засобів для виконання технологічних операцій та підвищить ефективність їх використання.

Перелік посилань

1. Погорілий С., Присяжний В., Мірний В. Ю. Обґрунтування параметрів технологічних модулів до мобільного енергетичного засобу МЕЗ-115 «Автотрактор». *Механіка та автоматика агропромислового виробництва* : загальнодерж. зб. / ІМА АПВ НААН. Глевах, 2023. Вип. 1 (115). С. 135–142. <https://doi.org/10.37204/2786-7765-2023-1-14>.

2. Погорілий С.П та ін. Перспективи використання мобільних енергетичних засобів тягового класу 1,4; 2 в агропромисловому виробництві / *Механізація та електрифікація сільського господарства* : загальнодерж. зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2022. Вип. № 15 (114). С. 108–114. <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2022-15-13>.

3. Погорілий С. П., Присяжний В. Г., Мірний В. Ю. Обґрунтування параметрів навісного пристрою мобільного енергетичного засобу типу «Автотрактор» тягового класу 1,4. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету* : електронне наукове фахове видання. 2023. Вип. № 13. Т. 2. С. 109–116. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-2-10>.

4. Погорілий С. П., Присяжний В. Г., Мірний В. Ю. Дослідження взаємозв'язків між параметрами технологічних модулів та мобільного енергетичного засобу типу «Автотрактор». *Механіка та автоматика агропромислового виробництва* : загальнодерж. зб. / ІМА АПВ НААН. Глеваха, 2023. Вип. 2 (116). С. DOI: <https://doi.org/10.37204/2786-7765-2023-2-18>

Третьак Віктор Михайлович, канд. техн. наук, доцент, заступник начальника відділу випробувань колісних транспортних засобів та сільськогосподарської техніки лабораторії оцінки відповідності продукції Державного науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України, viktor_tretyak@ukr.net

Компанець Сергій Володимирович, начальник відділу випробувань колісних транспортних засобів та сільськогосподарської техніки лабораторії оцінки відповідності продукції Державного науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України, kompan_ес@ukr.net

Подолька Назар Олексійович, експерт відділу випробувань колісних транспортних засобів та сільськогосподарської техніки лабораторії оцінки відповідності продукції Державного науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України, p.nazar1997@gmail.com

НОВІ МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ГАБАРИТНИХ РОЗМІРІВ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ ЩО БУЛА У КОРИСТУВАННІ ТА ПІСЛЯ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ

Після знищення російськими загарбниками основних підприємств України з виготовлення автотракторної техніки значно зросла кількість імпорту бувших у використанні тягово-транспортних засобів різного призначення та перероблення них до нагальних потреб господарювання.

При переробленні автомобілів необхідно виконувати вимоги відповідно до Технічного регламенту затвердження типу сільськогосподарських і лісогосподарських транспортних засобів від 12 січня 2024 р. № 28, Технічного регламенту затвердження типу сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та

окремих технічних вузлів від 28 грудня 2011 р. № 1367 та Технічного регламенту щодо складових частин і характеристик колісних сільськогосподарських та лісгосподарських тракторів від 28 грудня 2011 р. № 1368. В цих Регламентах однією з вимог є визначення нових габаритних розмірів, наказ Мінінфраструктури №521 “Про затвердження Порядку затвердження конструкції транспортних засобів, їх частин та обладнання та Порядку ведення реєстру сертифікатів типу транспортних засобів та обладнання і виданих виробниками сертифікатів відповідності транспортних засобів або обладнання”.

Відповідно до ДСТУ ГОСТ 7057-2003 Трактори сільськогосподарські. Методи випробування вимірювання лінійних розмірів необхідно проводити з точністю 0,005 від його величини (0,5 %).

Кабінет Міністрів України 9 лютого 2022 року вніс зміни до постанови Кабінету Міністрів України від 10 жовтня 2001 року № 1306 “Про Правила дорожнього руху”. Де рух транспортних засобів та їх составів допускається у разі, коли їх параметри не перевищують зовнішніх габаритів:

Зовнішній габарит	Максимальне значення параметра, метрів
Ширина:	2,6
сільськогосподарської техніки, яка рухається за межами населених пунктів, дорогами сіл, селищ, міст районного значення, без винесення габариту на смугу зустрічного руху	3,75
Висота від поверхні дороги:	4
транспортних засобів спеціалізованого призначення (контейнеровозів), що здійснюють перевезення одного або більше контейнерів, на маршрутах, встановлених Укравтодором, Укртрансбезпекою, Національною поліцією	4,35
Довжина:	
вантажного автомобіля	12
автопоїзда	22
автомобіля (тягача) з напівпричепом	18,75
маршрутного транспортного засобу	18,75
Виступ вантажу за задній габарит транспортного засобу	2

Колишній ГОСТ 26025-83 передбачав нанесення двох перпендикулярних ліній на тверду опорну поверхню (бетон) з повздовжніми та поперечними нахилами не більше 0,5 %, як базові для проведення вимірювань. Висоту машини визначають вимірюванням відстані між найбільш високою точкою за допомогою лінійки або нівелірної рейки. Точка переноситься на рейку за допомогою поперечної планки та кутника.

Колишній ГСОТ 22748-77 – “Автотранспортні засоби. Номенклатура зовнішніх розмірів. Методи вимірювань.” вказував, що повинні використовуватись такі засоби вимірювань:

- Металеві рулетки,
- Металеві лінійки
- Штангенрейсмус з інтервалом вимірювань 100-1000 мм,
- Виски,
- Оптичний квадрант типу КО-1М,
- Оптичний кутомір.

Зважаючи на викладене, гарантувати точність вимірювання висоти навіть автомобіля категорії N1 в 0,5 % (для висоти 2000 мм це 10 мм) – неможливо. А для автотракторної техніки з додатковим обладнання (підйомні крани, цистерни, навантажувачі) такі вимірювання приводять до суттєвих ускладнень з витратою значного часу.

Поява на ринку якісних лазерних нівелірів дозволяє проводити вимірювання габаритних розмірів автотракторної техніки з більшою точністю при менших витратах часу. Наприклад німецький лазерний нівелір типу 4D BL-16 XL має похибку 0,3 мм на відстані 10 м, а товщину лінії – 2 мм на 10 м. Тому відділом випробувань колісних транспортних засобів та сільськогосподарської техніки лабораторії оцінки відповідності продукції Державного науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України запропоновано нові методики вимірювання габаритних розмірів автотракторної техніки з використанням сучасної бази лазерних оптичних приладів.

Перелік посилань

1. Правила дорожнього руху.
2. ДСТУ ГОСТ 7057-2003 Трактори сільськогосподарські. Методи випробування.
3. ДСТУ 7322:2013 Трактори сільськогосподарські. Загальні технічні умови.
4. Прокопченко С. В., Воскресенський В. Б. 3D відеовимірювальна система для контролю виготовлення деталей підвищеної точності обробки. Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України, Київ, Україна. Тези доповідей XX Міжнародна науково-технічна конференція “ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи”, 18-19 травня 2021 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна.
5. І. Рій, к. е. н., О. Бочко, к. е. н. Точність відлічування нівелірних рейок. Вісник львівського національного аграрного університету. Архітектура і сільськогосподарське будівництво № 22.

Подригало Михайло Абович, д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, rmikhab@gmail.com
 Вахнюк Сергій Анатолійович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, vakhniuk.ser@gmail.com

ОЦІНКА ВІБРОСТІЙКОСТІ МОТОРНО-ТРАНСМІСІЙНИХ УСТАНОВОК АВТОМОБІЛЯ З ДВОМА ДВИГУНАМИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Дослідження питань, пов'язаних з використанням в моторно-трансмісійних установках автомобілів двох двигунів внутрішнього згорання (далі - ДВЗ) проводяться вже дуже довго. Спочатку використання двох ДВЗ розглядалось як альтернатива методу відключення частини циліндрів при зниженні розходу потужності двигуна автомобіля на малих навантаженнях. Обидва методи дозволяють зменшити витрату палива. Спочатку на легковий автомобіль 3-го класу послідовно встановлювали два двигуна меншої розмірності. Згодом на бронетранспортери почали встановлювати дві цілком ідентичні, моторно-трансмісійні установки, кожна з яких керувала одним бортом машини. В останній час з'явилися розробки чотиривісних броньованих машин в яких встановлюються два ДВЗ різної розмірності, які приводять до руху колеса, що розташовані на різних вісях. В цьому випадку з'являється проблема функціональної нестабільності роботи трансмісії через взаємовплив двох коливальних систем одна на одну та погіршення вібростійкості останніх.

Дослідженню питань забезпечення вібростійкості моторно-трансмісійних установок автомобілів та тракторів посвячені роботи[1-4].

В роботі [1] визначено новий показник енергетичної ефективності моторно-трансмісійної установки – цикловий пружно-динамічний ККД

$$\left(\eta_{mp}^{ypr}\right)_{цикл} = 1 - \frac{A_{M_i} \left(1 - \frac{A_{M_i}}{2M_i}\right)}{\pi J_{np} \overline{\omega_e} \omega_M \left(\frac{k^2}{\omega_M^2} - 1\right)}, \quad (1)$$

де A_{M_i} – амплітуда коливань індикаторного крутного моменту ДВЗ;

$\overline{M_i}$ – середнє значення індикаторного крутного моменту ДВЗ;

J_{np} – приведений до колінчастого валу двигуна момент інерції трансмісії та поступово рухомої маси автомобіля або трактора;

$\overline{\omega_e}$ – середня за цикл роботи ДВЗ кутова швидкість колінчастого валу;

ω_M – кругова частота коливань крутного моменту [1],

$$\omega_M = 0,5 \overline{\omega_e} i_{\psi}, \quad (2)$$

i_{ψ} – кількість циліндрів ДВЗ;

k – кругова частота власних (вільних) коливань вхідного валу трансмісії

$$k = \sqrt{\frac{C_{np}}{J_{np}}}. \quad (3)$$

При використанні двох моторно-трансмісійних установок, що підключено паралельно, загальний ККД моторно-трансмісійних установок буде дорівнювати

$$\left(\eta_{\text{мту}}^{\text{нр}}\right)_{\text{цикл}} = \frac{A_{\text{дв1}} \left(\eta_{\text{тр}}^{\text{нр}}\right)_{\text{цикл1}} + A_{\text{дв2}} \left(\eta_{\text{тр}}^{\text{нр}}\right)_{\text{цикл2}}}{A_{\text{дв1}} + A_{\text{дв2}}}, \quad (4)$$

де $A_{\text{дв1}}, A_{\text{дв2}}$ – роботи першого та другого двигунів, здійснені за рівний проміжок часу;

$\left(\eta_{\text{тр}}^{\text{нр}}\right)_{\text{цикл1}}; \left(\eta_{\text{тр}}^{\text{нр}}\right)_{\text{цикл2}}$ – цикловий пружний ККД моторно-трансмісійних установок з першим та другим двигунами, відповідно.

Вирішуючи завдання отримання $\left[\left(\eta_{\text{тр}}^{\text{нр}}\right)_{\text{цикл}}\right]_{\text{max}}$ методами класичного математичного аналізу, визначимо, що для цього необхідно забезпечити рівність

$$\left(\eta_{\text{тр}}^{\text{нр}}\right)_{\text{цикл1}} = \left(\eta_{\text{тр}}^{\text{нр}}\right)_{\text{цикл2}} \quad (5)$$

на будь-яких режимах роботи обох двигунів.

При використанні двох однакових моторно-трансмісійних установок, кожна з яких керує колесами одного борту машини, проблеми вирівнювання ККД немає, оскільки обидва двигуни працюють в однаковому режимі. Також немає проблеми з визначенням частини маси, приведеної до колінчастого валу одного двигуна, оскільки наведена маса ділиться навпіл між обома двигунами.

Проблема виникає при встановленні на автомобіль двох двигунів зі своїми трансмісіями, що керують різними групами мостів машини.

З метою підвищення енергоефективності автомобілів з двома незалежними моторно-трансмісійними установками шляхом узгодження параметрів трансмісії та режимів роботи двигунів необхідно вирішити такі завдання:

- визначити розподіл маси автомобіля, що поступово рухається, між двома паралельно встановленими коливальними системами;
- визначити цикловий пружний ККД моторно-трансмісійної установки автомобіля з двома паралельно встановленими ДВЗ, що керують різними групами мостів.

Висновки за результатами проведеного дослідження:

1. При використанні двох моторно-трансмісійних установок, підключених паралельно, їх загальний цикловий пружно-динамічний ККД має набути максимального значення при рівності значень ККД обох моторно-трансмісійних установок.

2. Для визначення циклового пружно-динамічного ККД кожної з двох моторно-трансмісійних установок необхідно коректне визначення приведеної до кожної з них поступальної маси автомобіля, оскільки модель коливальної системи, що розглядається, має два ступені свободи.

3. Розроблена методика приведення поступально-рухомої маси автомобіля до першої та другої моторно-трансмісійних установок, дозволяє більш коректно визначити наведені до колінчастих валів моменти інерції трансмісії та пружно-динамічний ККД моторно-трансмісійної установки.

Перелік посилань

1. Подригало Н.М. Концепція забезпечення ефективності та контролю функціональної стабільності моторно-трансмісійних установок транспортно-тягових засобів: автореферат дис. на отримання наукового ступеня доктор технічних наук : спец. 05.22.20 Експлуатація та ремонт засобів транспорту. / Н.М. Подригало. - Харків, 2016. 36 с.

2. Podrigalo, M., Kholodov, M., Baitsur, M., Podrigalo, N., Koryak, A. et al., "Methods of Evaluating the Efficiency and Vibration Stability of Vehicles with Internal Combustion Engine," SAE Technical Paper 2021-01-1025, 2021, doi: 10.4271/2021-01-1025.

3. Артёмов М.П. Динамічна стабільність мобільних сільськогосподарських агрегатів 6 автореферат дис. На здобуття наукового ступеня доктор технічних наук 6 05.05.11/М.П. Артёмов. - Харків, 2014. 41 с.

4. Тарасов Ю.В. Наукові основи забезпечення технічного рівня автотранспортних засобів при проектуванні та модернізації: автореферат дис. на отримання наукового ступеня доктора технічних наук / Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Харків, 2020. 40 с.

Шуляк Михайло Леонідович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри агроінжиніринг, Сумський національний аграрний університет, m.l.shulyak@gmail.com

АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

Об'єкти діагностування. На сьогодні в експлуатації знаходяться автомобілі з різною конструкцією рульового керування. Рульове керування сучасного автомобіля складається з механічної системи, гідравлічних систем і насоса, електрогідравлічного підсилювача, систем електронного керування, механічної системи датчика кута повороту рульового колеса.

У більшості випадків причинами появи несправностей рульового керування є: великий пробіг, погана якість доріг, паркування на бордюрах тощо. При цьому найчастіше пошкоджуються рульова тяга, наконечники рулевих тяг, кульові опори, сайлентблоки, сполучна тяга.

Основними загальними діагностичними параметрами рульового керування різних конструкцій є:

- зусилля повороту рульового колеса, що вимірюється на ободі рульового колеса;
- сумарний кутовий зазор (люфт) рульового колеса;
- зазори у сполученнях деталей рульового керування (в шарнірних сполученнях рулевих тяг, цапф у шворні, зачеплення в редукторі рульового механізму, шестірні та рейки рейкової передачі);
- зазори в зачеплення ролика і черв'яка рульового механізму по поздовжньому переміщенню валу рульової сошки при відділеній рульовій тязі;
- зазор в підшипниках черв'яка рульового колеса відносно колонки;
- тиск масла в гідросистемі;
- рівень і якість масла в бачку насоса гідропідсилювача (колір, наявність повітряних бульбашок та сторонніх продуктів забруднення і спрацьованості деталей);
- зусилля повороту валу сошки з одного крайнього положення в інше;
- нерівномірність прикладеного зусилля на ободі рульового колеса при повороті у крайні положення;
- кут повороту рульового колеса з одного крайнього положення в інше;
- натяг ремня привода насоса;
- деформація деталей рульового привода;
- наявність витоків масла;
- температура механізму привода та інших вузлів рульового керування;
- високий рівень шуму;
- високий рівень вібрації.
- осьовий зазор підшипників черв'яка рульового колеса відносно колонки;
- осьовий зазор валу рульової сошки і зачеплення ролика з черв'яком;
- зусилля спрацювання клапана гідропідсилювача;
- герметичність трубопроводів;
- пошкодження електропривода рульового керування;
- електричні й електронні параметри сигналів швидкості (спідометра або системи АБС, мікропроцесорного керування електрогідравлічно-го перетворювача, що визначає гідравлічні дії на клапани регулювання моменту зусилля руля, потужність насоса).

Допустимі значення цих діагностичних параметрів рульового керування автомобілів указуються в експлуатаційній документації на відповідний автомобіль.

При перевірці системи рульового керування слід пам'ятати, що вона пов'язана з передніми колесами, підвіскою, осями і рамою. Тому до прийняття рішення про причину несправності слід перевірити всі згадані елементи. Рульове керування повинне забезпечувати надійне та легке керування автомобілем на будь-яких ділянках дороги. При цьому всі його деталі повинні бути надійно закріплені, зашплінтовані та змащені.

Загальними вимогами до контролю технічного стану рульового керування при ТО є перевірка наявності всіх передбачених конструкцією автомобіля елементів, а також відсутності змін основних діагностичних параметрів.

Діагностування органів керування полягає у перевірках ступеня спрацьованості та люфтів сполучених деталей, відсутності деформації важелів і тяг, порушення регулювань. Максимальний поворот рульового колеса повинен обмежуватися лише пристроями, передбаченими конструкцією дорожнього транспортного засобу. Рульове колесо слід повертати, у двох протилежних. У момент досягнення зусилля на рульовому колесі 10 Н або початку повертання будь-якого з керованих коліс слід зафіксувати кути повороту рульового колеса. Фіксується також максимальне зусилля на рульовому колесі у всьому діапазоні кута повороту керованих коліс. Допускається визначати максимальне зусилля на автомобілі, що рухається зі швидкістю не більше 10 км/год. Значення сумарного кутового зазору в рульовому керуванні визначають як суму кутів повороту у протилежних напрямках. Різниця цих кутів не повинна перевищувати 20% більшого з них.

Перелік посилань

1. Діагностика легкових автомобілів : навч. посіб. для здобувачів ступеня вищої освіти ЗВО / В. Д. Мигаль, М. Л. Шуляк, С. О. Гаврилов; Харків: Вид-во «Майдан», 2021. 267 с.
2. Теорія технічної експлуатації автомобілів: навч. посіб. / В. Д. Мигаль, А. Т. Лебедев, М. Л. Шуляк. Харків: Вид-во «Майдан», 2019. 276 с.

Кухаренко Володимир Миколайович, канд. техн. наук, доцент, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, kukharrenkovn@gmail.com

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ТА ДОБРОЧЕСНІСТЬ

Використання штучного інтелекту виглядає випадковим, нерівним, нерівномірним, експериментальним і в основному керується окремими викладачами, хоча підтримується деякими загальноінституційними ініціативами. Процес використання ШІ іде дуже активно і він стане звичайною частиною вищої освіти. Ефективне та коректне використання ШІ залежить від наявності у навчальному закладі інструкцій та рекомендацій з використання ШІ та Кодексу етики ШІ студента та викладача.

Академічна неправомірна поведінка – це будь-яка поведінка, за допомогою якої студент отримує або намагається отримати несправедливу академічну перевагу чи вигоду, тим самим підриваючи цілісність навчального процесу. Інструменти ШІ прямо не згадуються в положеннях про порушення правил академічної поведінки, але їх використання може розглядатися як спроба отримати

несправедливу академічну перевагу, а також як несанкціонований спосіб виконання завдання чи оцінювання, доступ до веб-сайту, який заборонено, або інше, в залежності від конкретного випадку.

ШІ слід використовувати як допоміжний засіб, а не як заміну власної роботи студента. Заборонено [1]:

1. **Подання роботи, створеної штучним інтелектом, як власної.**
2. **Покладання виключно на ШІ для навчання:** використання ШІ як єдиного джерела інформації, що перешкоджає здатності критично мислити.
3. **Обхід можливостей для навчання:** використання штучного інтелекту, щоб уникнути роботи зі складним навчальним матеріалом або для обходу процесів навчання.
4. **Ігнорування обмежень штучного інтелекту:** переоцінка можливостей штучного інтелекту та відсутність перевірки точності його результатів.

При інтегруванні ШІ у курсову діяльність необхідно враховувати наслідки для конфіденційності. Існує кілька детекторів ШІ (GPTZero, Turnitin і AI Content Detector), але вони не захищені від помилок [2]. Викладачі не повинні використовувати ці інструменти для оцінювання будь-яких робіт студентів, які містять ім'я студента або будь-яку іншу особисту інформацію студента чи третіх осіб.

При використанні ШІ необхідно дотримуватись таких правил:

1. Використання інструментів ШІ вирішується на рівні курсу чи програми, і немає загальної заборони на використання інструментів ШІ під час викладання та навчання.
2. Якщо використання інструментів ШІ під час виконання курсових робіт було заборонено викладачем, використання цих інструментів вважатиметься академічним порушенням
3. Якщо використання генеративних інструментів ШІ не обговорювалося і не вказувалося викладачем, то це вважатиметься забороненим.
4. Студенти не повинні вважати, що всі доступні технології дозволені. Якщо вони не впевнені, чи дозволені інструменти ШІ, то повинні попросити свого викладача надати ясність і поради.
5. Викладачі та студенти можуть використовувати ШІ як частину навчання студентів. В цьому випадку викладачі повинні надати студентам чіткі вказівки щодо того, як їм дозволено працювати з інструментами.
6. Для збереження конфіденційності і безпеки необхідно [1]:
 - a. **Не повідомляйте конфіденційну інформацію :** уникайте введення особистої, фінансової або конфіденційної інформації в інструменти ШІ та уникайте підказок, які можуть вимагати розкриття таких деталей.
 - b. **Будьте в курсі політики щодо даних.**
 - c. **Будьте обережні з даними закладу.**

d. **Негайно повідомляйте про будь-які проблеми** з неправильним використанням даних або порушенням конфіденційності під час використання ШІ.

7. Академічну доброчесність пояснює ступінь участі ШІ у роботі. Необхідно [1]:

a. **Чітко вкажіть внески штучного інтелекту:** у тексті вказати, які частини були створені за допомогою ШІ.

b. **Надайте деталі про інструмент штучного інтелекту :** укажіть назву інструменту штучного інтелекту і версію, якщо є.

c. **Поясніть роль ШІ :** Коротко опишіть, як використовувався ШІ.

d. **Документуйте взаємодії ШІ для перегляду :** зберігайте передагований запис (наприклад, знімок екрана) взаємодії ШІ, включно з поставленими запитаннями та отриманими відповідями.

e. **Визнайте ШІ, як звичайну довідку:** Визнайте використання інструментів ШІ у своєму завданні таким чином, щоб підтримувати академічну доброчесність. Це включає точні посилання на джерела штучного інтелекту, а не лише загальне згадування «AI» або «ChatGPT».

Розглянуті рекомендації з використання штучного інтелекту можуть бути використані як Кодекс етики штучного інтелекту студента кафедри. Для ефективного використання ШІ студентами та викладачами планується створити відповідні дистанційні курси і проводити поточні семінари.

Перелік посилань

1. James Hodgkinson. Learner Guidance for FE. 2024 <https://nationalcentreforai.jiscinvolve.org/wp/2024/01/18/generative-ai-student-guidance-for-fe/>

2. Thinking about ChatGPT? <https://academicintegrity.ubc.ca/chatgpt-faq/>

Абрамов Дмитрій Володимирович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, varan_mail@ukr.net

Савченко Ігор Олександрович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ОКРЕМИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАЗМОВОГО РІЗАННЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ НА ЯКІСТЬ ВИГОТОВЛЕНИХ ДЕТАЛЕЙ

На якість виготовлення деталей з листового металу плазмовим різанням впливає правильність призначення місць входу та виходу струменю плазми у контур деталі, що виготовляється. Вхід плазмового струменю в контур деталі

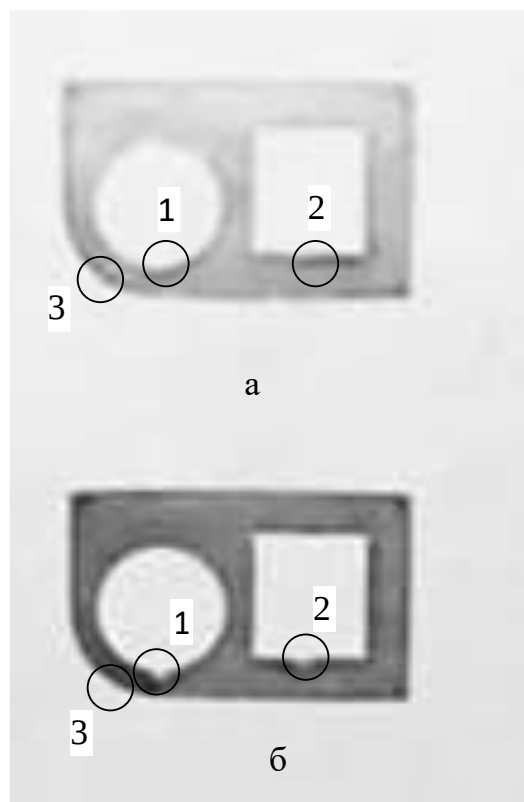
зазвичай знаходиться в тій же точці, що і вихід. Причому вхід і вихід представляють собою прямолінійні або криволінійні ділянки траєкторії довжиною 5-9 мм, які розташовуються поза тілом готової деталі. Таким чином, на кромці деталі є точка, через яку плазмовий струмінь проходить двічі, що призводить до локального перегрівання металу та утворення каверни (рис. 1). Причому кут траєкторії входу і виходу плазмового струменю по відношенню до контуру деталі впливатиме на час його проходження точки, навколо якої і утворюється каверна, а отже і на розмір самої каверни.

Одним із шляхів запобігання виникненню каверни на кромці деталі, що виготовляється з листового металу плазмовим різанням, у місцях входу та виходу плазмового струменю є створення у віртуальному контурі деталі (контурі, що закладається у пам'ять верстата з ЧПУ) штучного виступу визначеного радіусу. Цей штучний виступ в процесі плазмового різання може повністю усуватися під дією посиленого плазмового струменю у точці входу-виходу останнього у контур деталі, що виготовляється.

Проведено експериментальне дослідження впливу величини радіусу штучного (віртуального) виступу у місцях входу та виходу плазмового струменю на величину каверни, що утворюється для визначення його оптимального розміру.

Виготовлення деталей (рис. 1) в процесі експериментального дослідження здійснювалося з листового металу марки Ст3кп (Е235-А за стандартом ISO 630) товщиною 1,5 мм із застосуванням технології плазмового різання. В межах експериментального дослідження у місці входу плазмового струменю на кромці деталі примусово (віртуально) зображувався виступ радіусу r . Величина радіуса штучного (віртуального) виступу r змінювалася в діапазоні від 0,5 мм до 3 мм з кроком 0,5 мм.

Результати вимірювань величини каверни на кромці деталі, виготовленої з листового металу плазмовим різанням, при різному радіусі штучного виступу на кромці деталі при вході струменю плазми за прямою траєкторією за результатами проведення експериментального дослідження представлені в таблиці 1. За даними, наведеними у таблиці 1 побудовано графіки зміни розміру каверн на кромках деталей від радіусу штучного (віртуального) виступу в точці входу плазмового струменю в контур деталі, які представлені на рисунку 2.



1 – місце входу плазмового струменю в контур деталі на внутрішній криволінійній поверхні (отвір у вигляді кола);

2 – місце входу плазмового струменю в контур деталі на внутрішній прямолінійній поверхні (отвір у вигляді прямокутника);

3 – місце входу плазмового струменю на зовнішній дугоподібній поверхні

Рисунок 1 – Деталі, які були виготовлені плазмовим різанням з листового металу, в процесі експериментального дослідження:

а – деталь без каверн у місцях входу плазмового струменю у контур за лінійною траєкторією; б – деталь з кавернами у місцях входу плазмового струменю у контур за лінійною траєкторією

Таблиця 1 – Результати експериментального визначення впливу радіусу штучного виступу на кромці деталі, виготовленої плазмовим різанням, на величину каверни в місцях входу струменю плазми у контур деталі за прямою траєкторією

Величина (радіус) штучного виступу r , мм	На внутрішній кромці деталі		На зовнішній кромці деталі
	Отвір у вигляді кола	Отвір у вигляді прямокутника	
3	-0,5	-0,4	-0,5
2,5	-0,3	-0,2	-0,3
2	0,9	0	0,3
1,5	1,4	1,0	0,8
1	1,8	1,4	1,0
0,5	2,1	1,9	1,4

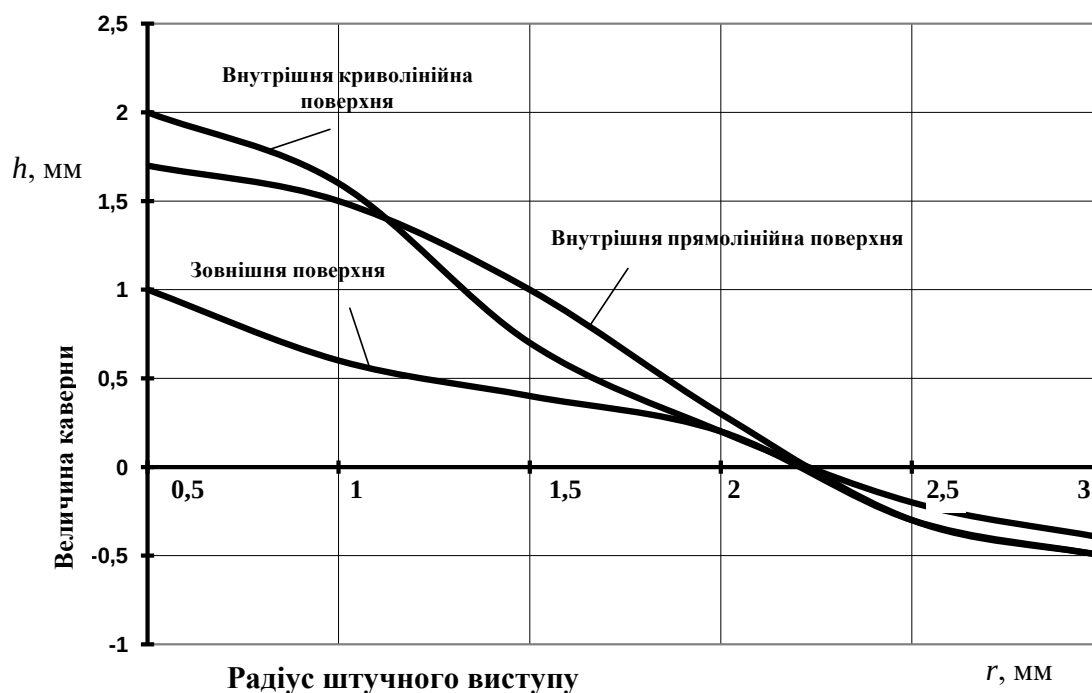


Рисунок 2 – Графіки залежності величини каверни на кромці деталі від радіусу штучного виступу в точці входу плазмового струменю в контур деталі з нульовою довжиною траєкторії входу (вхід у точці), побудовані за результатами експериментального дослідження

В результаті проведених досліджень було встановлено, що при вході плазмового струменю в контур деталі за лінійною траєкторією довжиною 8 мм оптимальне значення радіусу штучного виступу склало, $r_{\text{опт}} = 2,0 - 2,3$ мм:

- для зовнішнього контуру деталі, $r_{\text{опт}} = 2,2$ мм;
- для внутрішнього плоского контуру деталі (отвір у вигляді прямокутника) $r_{\text{опт}} = 2,0$ мм;
- для внутрішнього криволінійного контуру деталі (отвір у вигляді кола) $r_{\text{опт}} = 2,3$ мм.

При вході плазмового струменю в контур деталі в точці (довжина лінійної траєкторії врізання 0 мм) оптимальне значення радіусу штучного (віртуального) виступу склало, $r_{\text{опт}} = 2,2$ мм:

- для зовнішнього контуру деталі, $r_{\text{опт}} = 2,2$ мм;
- для внутрішнього плоского контуру деталі (отвір у вигляді прямокутника) $r_{\text{опт}} = 2,2$ мм;
- для внутрішнього криволінійного контуру деталі (отвір у вигляді кола) $r_{\text{опт}} = 2,2$ мм.

Перелік посилань

1. ISO 630:1995 Structural steels — Plates, wide flats, bars, sections and profiles (Конструкційні сталі. Прокат товстолистовий, широкоштабовий, сортові та фасонні профілі)

Нікорчук Андрій Іванович, канд. техн. наук, начальник кафедри автобронетанкової техніки факультету логістики Національної академії Національної Гвардії України, полковник

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ РОЗРОБЛЕННЯ НАЗЕМНИХ БЕЗПІЛОТНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ПІДРОЗДІЛІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ

Повномасштабне вторгнення рф в Україну 24 лютого 2022 року суттєво вплинуло на пріоритети розвитку військової техніки та впровадження новітніх технологій у військову сферу. Обмеженість людських ресурсів для симетричного протистояння збройній агресії рф проти України, з одного боку, та реальні можливості використання новітніх технологій з іншого, обумовлюють потребу робити ставки на нові технології. Одним з таких напрямків є застосування наземних безпілотних комплексів для виконання бойових (спеціальних) завдань Національної гвардії України.

На цей час існують проблемні питання, пов'язані з проведенням досліджень з визначення потреб та необхідності в розробленні (закупівлі) новітніх зразків наземних безпілотних комплексів. Невирішеність цих питань породжує протиріччя між розробниками наземних безпілотних комплексів та користувачами (державними замовниками).

Не зважаючи на те, що роботизація є світовим трендом, користувачі іноді скептично відносяться до можливостей наземних безпілотних комплексів ефективно вирішувати завдання в реальних бойових умовах, а вітчизняні виробники, які розробляють їх, як правило, за своїм баченням, намагаються довести користувачу, що запропоновані ними зразки дозволять ефективно виконати завдання.

З метою удосконалення формування вимог до тактико-технічних та експлуатаційних характеристик наземних безпілотних комплексів пропонується дослідити вплив їх застосування на ефективність виконання бойових (спеціальних) завдань.

Конкретизація завдань, які виконуватимуть наземні безпілотні комплекси та умов їх експлуатації дозволить формувати тактико-технічні вимоги до них відповідно до реальних потреб та виробничо-економічних можливостей.

Коряк Олександр Олексійович, канд. техн. наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, alexanderalexkor@gmail.com

РІВНЯННЯ РУХУ ХРЕСТОВИНИ ШАРНІРА ГУКА

Як показав аналіз літературних джерел, деякі питання кінематичного і силового аналізу шарніра Гука висвітлені недостатньо повно. Це, зокрема, стосується кінематичних і динамічних характеристик сферичного руху хрестовини.

Слід визнати, що в глибокому аналізі сферичного руху хрестовини шарніра Гука в переважній більшості випадків немає практичної необхідності. Це пояснюється відносно незначною масою хрестовини, через що вона майже не впливає на динаміку карданної передачі. Сферичний рух хрестовини зі змінним, відносно миттєвої осі обертання, моментом інерції позначається на нерівномірності обертання валів карданної передачі. Проте цей вплив досить незначний і ним зазвичай нехтують. Але, при точних розрахунках високошвидкісних карданних передач все ж слід враховувати масово-геометричні параметри хрестовини та особливості її руху.

На рис. 1 представлена схема універсального шарніра Гука і показана орієнтація осей прямокутних систем координат: нерухомих $Ox_1y_1z_1$ і $Ox_3y_3z_3$, в яких напрямки осей ординат Oy_1 і Oy_3 збігаються з напрямками відповідних векторів кутових швидкостей $\vec{\omega}_1$ і $\vec{\omega}_3$ ланок 1 і 3, і рухомої $Ox_2y_2z_2$, пов'язаної з хрестовиною 2. Всі системи координат мають загальний початок (т. O), розташований в центрі хрестовини.

Зазначимо, що осі рухомої системи координат $Ox_2y_2z_2$ співпадають з головними центральними осями інерції хрестовини, моменти інерції відносно яких позначимо I_{2x2} , I_{2y2} і I_{2z2} відповідно. Можна вважати, що для переважної більшості хрестовин реальних карданних шарнірів $I_{2x2} = I_{2z2} < I_{2y2}$. Позначимо коефіцієнт, який пов'язує моменти інерції хрестовини відносно різних осей

$$k_I = I_{2x2} / I_{2y2} = I_{2z2} / I_{2y2}. \quad (1)$$

Складемо диференційні рівняння сферичного руху хрестовини карданного шарніра в проєкціях на осі рухомої системи координат, враховуючи, що вони співпадають з її головними осями інерції [1]:

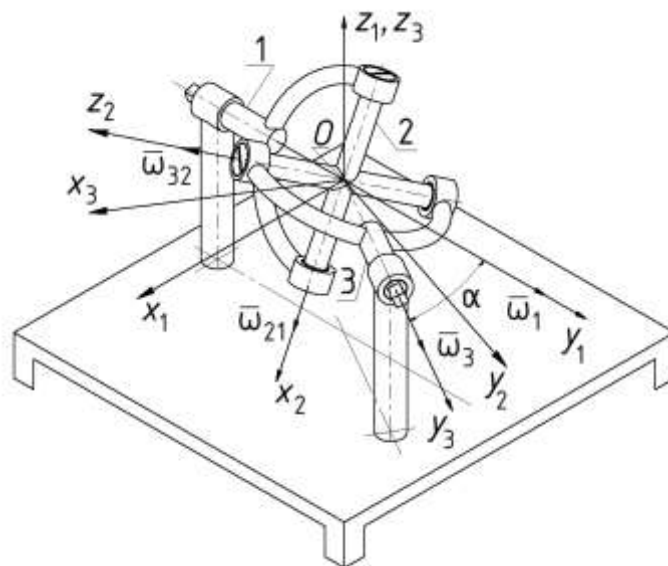


Рисунок 1 – Схема шарніра Гука

$$\begin{cases} I_{2x2} \frac{d\omega_{2x2}}{dt} + (I_{2z2} - I_{2y2})\omega_{2y2}\omega_{2z2} = M_{2x2}; \\ I_{2y2} \frac{d\omega_{2y2}}{dt} + (I_{2x2} - I_{2z2})\omega_{2z2}\omega_{2x2} = M_{2y2}; \\ I_{2z2} \frac{d\omega_{2z2}}{dt} + (I_{2y2} - I_{2x2})\omega_{2x2}\omega_{2y2} = M_{2z2}, \end{cases} \quad (2)$$

де $\omega_{2x2}; \omega_{2y2}; \omega_{2z2}$ – проекції вектора $\bar{\omega}_2$ абсолютної кутової швидкості хрестовини на координатні осі системи координат $Ox_2y_2z_2$;

$M_{2x2}; M_{2y2}; M_{2z2}$ – проекції на відповідні осі рухомої системи координат $Ox_2y_2z_2$ вектора $\bar{M}_2$ головного моменту зовнішніх сил, які діють на хрестовину, відносно т. O .

Приймаючи до уваги (1), система рівнянь (2) спроститься і прийме вид:

$$\begin{cases} I_{2x2} \left(\varepsilon_{2x2} + \frac{k_I - 1}{k_I} \omega_{2y2}\omega_{2z2} \right) = M_{2x2}; \\ I_{2y2} \varepsilon_{2y2} = M_{2y2}; \\ I_{2z2} \left(\varepsilon_{2z2} + \frac{1 - k_I}{k_I} \omega_{2x2}\omega_{2y2} \right) = M_{2z2}. \end{cases} \quad (3)$$

де $\varepsilon_{2x2}; \varepsilon_{2y2}; \varepsilon_{2z2}$ – похідні за часом проекцій вектора $\bar{\omega}_2$ на координатні осі рухомої системи координат $Ox_2y_2z_2$, які являють собою відповідні проекції вектора абсолютного кутового прискорення $\bar{\varepsilon}_2$ хрестовини.

В результаті дослідження отримано залежності для визначення складових, які входять до системи рівнянь (2) сферичного руху хрестовини шарніра Гука. Це може знадобитися при точних розрахунках високошвидкісних карданих передач з урахуванням масово-геометричних параметрів хрестовини.

Перелік посилань

1. Павловський М. А. Теоретична механіка. – Київ: «Техніка», 2002. – 511 с.

Полянський Олександр Сергійович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com
Пелешенко Євген Станіславович, бакалавр, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗУСИЛЛЯ ЗАКРІПЛЕННЯ ДЕТАЛІ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛУ

Зміну форми та взаємного розташування поверхонь при виготовленні у ряді випадків не можна пояснити їх зносом або релаксацією напружень, оскільки процес наростання похибок відбувається порівняно швидко. Причину таких явищ слід шукати навіть у технологічній спадковості.

Якщо встановлено причину, необхідно вжити заходів щодо зменшення чи ліквідації шкідливих явищ. Такими заходами можуть бути вибір технологічної бази обробки, способи кріплення, що знижують залишкові технологічні внутрішні напруги, вибір шорсткості поверхонь, термічної обробки, правильний вибір конструктивних форм деталей та інші заходи.

Деталі, що надійшли на складання, мають властивості, що сформувалися в ході технологічного процесу виготовлення. Якщо ці властивості підвищують надійність, необхідно прагнути до того, щоб під час процесу виготовлення деталей вони були збережені на наступних технологічних операціях. Нажаль у багатьох випадках виникають похибки у вигляді відхилень геометричної форми поверхонь, поверхневих напруг, неоднорідності структури та інші, що знижують надійність виробів.

Чинники впливу технологічної спадковості на експлуатаційні властивості деталей при виготовленні наведені на рисунку 1.

Дія затискних сил викликає похибки, які можуть мати спадковий характер. Обробка, зазвичай, неспроможна відбуватися без закріплення заготовок. Саме закріплення викликає похибки, що стійко зберігаються до операцій складання, і негативно впливають її якість. У практиці відомі випадки, коли для забезпечення високої точності нежорстких заготовок їх обробляють при закріпленні за спеціально передбачені хвостовики, припливи тощо, щоб сила закріплення не передавалася на найбільш відповідальні елементи деталі.



Рис. 1. – Фактори впливу технологічної спадковості на експлуатаційні властивості деталей

Для зменшення, а в окремих випадках, ліквідації ефекту наслідування, що особливо важливо для високоточних деталей, слід дотримуватися низки рекомендацій. Рекомендації за параметрами центрових отворів передбачають вибір довжини утворювальної, використання отворів з криволінійними утворюючими, забезпечення необхідного співвідношення кутів центрових отворів і центрів. Повинна бути забезпечена точність форми центрових отворів; краще розточувати центрові отвори, а не обробляти їх центровим свердлом.

Хороші результати дає правка отворів граненими твердосплавними центрами з трьома або п'ятьма гранями, а також обтискання отворів центрами з криволінійною утворюючою. Якщо матеріал заготівлі погано піддається редагуванню, доцільно використовувати пристосування для безцентрового шліфування центрових отворів. Центри, що застосовуються для обробки високоточних заготовок, повинні бути атестовані за некруглістю поперечних перерізів та кутами конусів.

Проведені дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. Дія затискних сил викликає похибки, які можуть мати спадковий характер. Встановлено, що близько 20% відмов відбувається під впливом технологічної спадковості.

2. Технологічна спадковість може грати як позитивну, так і негативну роль залежно від цього, які властивості зберігаються і передаються готовому виробу.

3. У процесі збирання можливе зниження впливу технологічної спадковості попередніх операцій вибором раціональних маршрутів складання та забезпечення вихідних параметрів машини технологічними методами.

4. Для зменшення похибки виконання технологічних операцій, пропонується використання теоретичних точностних діаграм, які ураховують показники стійкості і зносу інструменту, технічних умов на заготовки, точності і жорстко-

сті верстата, похибки роботи устаткування і дії затискних сил при типових технологічних процесах.

Дідюк Наталія Олександрівна, старший викладач, Харківський національний університет радіоелектроніки

Токарєв Віталій Сергійович, магістр, Харківський національний університет радіоелектроніки

РЕАЛІЗАЦІЯ ТВОРЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ СТУДЕНТА У ПИТАННІ АВТОМОБІЛЬ І ЕКОЛОГІЯ

Як відомо, на Землі змінюється клімат, і причиною цього, в значній мірі, є діяльність людини.

Щоб запобігти природним катаклізмам, вчені наголошують: світ має зменшити підвищення температури повітря на планеті на 2 градуси за Цельсієм, а також обмежити викиди парникових газів в атмосферу. За останні 100 років людина збільшила викиди газів на 30%. Це означає, що на Землі щороку зростає кількість оксидів вуглецю, сірки, азоту, вуглеводню. Як наслідок, в атмосфері виникає смог – забруднене хімією повітря, що є однією з найбільших проблем цивілізації. Щоб досягти балансу газів, кажуть науковці, до 2050 року викиди у світі треба скоротити щонайменше наполовину, порівняно з рівнем 1990-го року. Таку мету ставлять перед собою і учасники Кіотського протоколу – міжнародної угоди зі зміни клімату, до якої приєдналися 186 країн.

Слід зазначити, що на чистоту повітря впливають не лише підприємства, а й кожна окрема людина. Автомобіль, заправлений бензином, щороку викидає в атмосферу близько тонни шкідливих газів. Отож водії переходять на альтернативні види палива, свої автівки забезпечують екологічно чистими двигунами, зокрема електродизельними чи дизельно-газовими

Висунення студентів на передній план екологічного виховання не є випадковим.

Нинішні студенти – це завтрашні керівники виробництва, пропагандисти екологічних знань, суб'єкти дбайливого ставлення до природи, її ресурсів, а в кінці кінців – це екологічні кадри.

Справедливо зазначити, що ними проблеми екологічного виховання та підготовки висококваліфікованих кадрів – екологів для України в основному вирішуються.

Успіх екологічного виховання забезпечується «комплексним підходом, стрункою системою» впливу на студентів протягом всього періоду навчання, з перших днів навчання навчальний заклад забезпечує спадковість, розпочату ще в сім'ї, дитсадку, школі тощо.

При цьому слід пам'ятати, що на період перебування молодшої людини у навчальному закладі припадає пік формування світогляду. Завдання із завдань педагогів університету, всієї системи виховання студентів полягає у тому, щоб

світоглядна довершеність виховання носила екологічну направленість, мала екологічні виміри.

Неможливо проводити екологічне виховання студентів, не враховуючи профілю навчального закладу. Викладання профілюючих дисциплін є однією з дієвих форм наближення екологічних проблем до аудиторії, тієї чи іншої спеціальності. Ефективною формою екологічного виховання є спеціалізація з екології на відповідних кафедрах навчального закладу. Для таких студентів читаються не тільки нормативні курси, а й спецкурси з екології. Проблемний виклад матеріалу, пошук і застосування неординарних методів активізації навчального процесу, створення проблемних ситуацій, постановка проблемних питань, вирішення спеціальних екологічних вправ тощо – все це дає змогу значно поглибити знання студентів з екології, виробити навички науково-дослідницької роботи, активно й професійно діяти в сфері охорони та збереження навколишнього середовища.

Екологічне виховання у навчальному закладі дає змогу сформувати у студентів любов до природи, рідної землі, повагу до прадавніх традицій і звичаїв свого народу, розвиток особистості, готовність до екологічної діяльності та відповідальності за екологічно небезпечні дії, допоможе випрацювати негативне ставлення до проявів екологічного беззаконня, розширить кругозір особистості, загальну культуру та сприятиме гармонізації відносин з довкіллям на засадах екологічної моралі і екологічної культури.

Полянський Олександр Сергійович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com

Карабут Богдан Романович, бакалавр, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНО-ПЛАСТИЧНІЙ ДЕФОРМАЦІЇ

Підвищення запасу надійності технологічного процесу можна забезпечити за рахунок введення спеціальних видів обробки, що підвищують зносостійкість, втомну міцність, корозійну стійкість виробів. Встановлено, а практикою підтверджено, що при застосуванні методів поверхневої пластичної деформації в результаті наклепу в поверхневих шарах видозмінюються форма і розміри кристалічних зерен, підвищується твердість, і утворюються напруги, що стискають, сприяють підвищенню зносостійкості і опору втомним руйнуванням.

Для цих цілей застосовуються технологічні процеси, зміцнюючі поверхневий шар, що додають йому особливі властивості. Сюди відносяться як процеси хіміко-термічної обробки (загартування, цементация, азотування, ціанування і інші), так і зміцнюючі технології, засновані на пластичній деформації поверхонь, а також різні спеціальні методи. Методи поверхневого зміцнення можна розділити на наступні види: пластичне деформування (наклеп) робочих повер-

хонь; хіміко-термічна обробка; поверхневе гартування; наплавка металу; наплення металу; гальванічні покриття; лакофарбові покриття; пластмасові покриття; дифузійна металізація; електроіскрове, електродугове і лазерне зміцнення.

Пластичне деформування поверхневого шару деталей при обкатці здійснюється в результаті переміщення по оброблюваній поверхні ролика або кульки під певним тиском.

Чистова обробка металів тиском заснована на властивості металів пластично деформуватися в холодному стані. Суть її полягає в тому, що під тиском твердого металевого інструменту (ролик, куля, прошивка або протяжка) виступаючі мікронерівності оброблюваної поверхні пластично деформуються, при цьому шорсткість поверхні зменшується.

Схема деформації нерівностей поверхні при чистовій обробці обкочуванні роликом (найбільш широко застосовуваний спосіб чистової обробки тиском) показана на рисунку 1. Метал виступів нерівностей, переміщується в обох напрямках від місця контакту з деформуючим елементом, висота вихідних нерівностей $R_{\text{вих}}$ зменшується, утворюється поверхня з новими нерівностями висотою R , що представляють собою слід руху ролика.

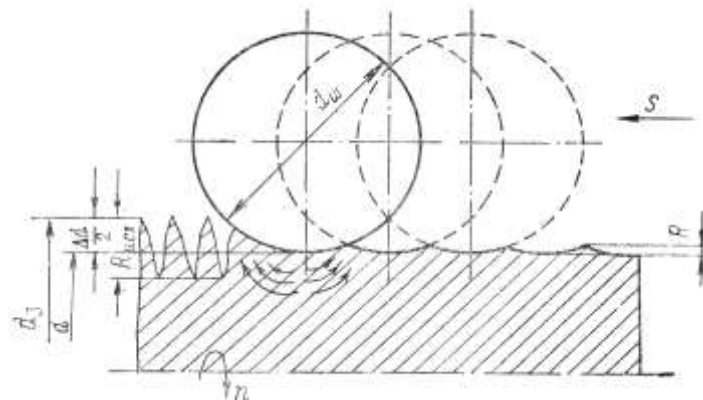


Рис. 1 – Схема деформації поверхневих нерівностей при обкатуванні роликом

Як видно зі схеми, метал виступів вихідних нерівностей перемещується в обох напрямках від місця контакту з деформуючим елементом, до якого прикладено певне зусилля, і «затікає» в суміжні западини. При цьому метал з западин видавлюється вгору. Відбувається як би процес, зворотний накочуванню різьблення. Утворюється нова поверхня з нерівностями, висота, форма і крок яких визначаються основними параметрами режиму обкатування.

Існують різні конструкції накаток і спеціальних пристосувань для обкатки. Обкатка циліндричних поверхонь найбільш часто проводиться на свердлильних, токарних і револьверних верстатах, а плоских – на стругальних. Обкатка значно підвищує втомну міцність і чистоту поверхні.

Застосовують два режими обкатки. При зміцнюючій обкатці, яку виробляють при високих питомих тисках, досягається висока інтенсивність і глибина наклепу з великими залишковими напруженнями стискання в поверхневому шарі. Шорсткість поверхні при цьому зростає. Зміцнююче-згладжуюча обкатка,

поряд з підвищенням втомної міцності, забезпечує зниження вихідної шорсткості на 2-3 класи.

Кінцеві результати зміцнення залежать від тиску ролика, подачі, швидкості обкатки, числа проходів і властивостей оброблюваного матеріалу.

При зміцнюючій обкатці підвищення твердості досягає 20...40% і глибина наклепу становить 0,02-0,04 діаметра деталі, що значно збільшує ресурс цих деталей.

Застосування чистової обробки методом поверхневого пластичного деформування забезпечує отримання наклепу і підвищення чистоти поверхневого шару до 9-10 класу (Ra 0,20-0,10).

Поєднання високого ступеня чистоти поверхні з зміцненням поверхневого шару, зумовлює високі експлуатаційні властивості деталей, оброблених тиском.

Проведені дослідження дозволили зробити наступні висновки. Високі техніко-економічні показники дозволяють вважати метод поверхневого пластичного деформування найбільш перспективним та доцільним для широкого впровадження у виробництво. Використання низьких температур при виконанні технологічних процесів на підприємстві визначається можливістю розширення номенклатури деталей, а також використання охолодження та інших технологічних цілей.

Рибалко Ірина Вільгельмівна, к.т.н., доцент кафедри технології машинобудування і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, rybalko_irina@ukr.net

Кучков Руслан Юрійович, студент групи ТПТ-36т1-21, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ЯК СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН

В сучасному машинобудуванні однією з ключових задач є забезпечення надійності продукції. Надійність машин та механізмів безпосередньо залежить від зносостійкості їх складових частин. Тому підвищення зносостійкості деталей є важливим напрямом у розвитку машинобудівних технологій.

Знос – це процес поступового руйнування та втрати матеріалом своїх властивостей внаслідок механічного, теплового або хімічного впливу. В машинобудуванні розрізняють декілька основних видів зносу:

- абразивний знос – відбувається через контакт поверхонь з твердими частинками;
- адгезійний знос – виникає при безпосередньому контакті поверхонь, що ковзають одна відносно одної;
- кавітаційний знос – зумовлений впливом ударних хвиль в рідині;

– ерозійний знос – спричиняється потоками рідини або газу, що несуть тверді частинки;

– корозійний знос – відбувається через хімічну реакцію матеріалу з навколишнім середовищем.

Для підвищення зносостійкості деталей машин застосовують різноманітні методи, які можна розділити на наступні групи: конструкційні, технологічні та експлуатаційні.

Конструкційний спосіб підвищення зносостійкості деталей машин полягає в проектуванні та виготовленні деталей з урахуванням їх експлуатаційних умов, механічних навантажень та можливих джерел зношування. Ось деякі ключові аспекти конструкційного підходу до підвищення зносостійкості:

Вибір високоякісних матеріалів. Вірний вибір матеріалів для конструкції деталей є одним з найважливіших кроків у підвищенні їх зносостійкості. Використання високоміцних сталей, спеціальних сплавів або композитних матеріалів може значно збільшити міцність та стійкість до зношування деталей.

Оптимізація форм та розмірів. Проектування деталей з мінімальними точковими навантаженнями та рівномірним розподілом напружень допомагає зменшити тертя та знос. Використання зігнутих або закруглених форм, а також заокруглених кутів, може допомогти уникнути концентрації напружень та зменшити ризик виникнення тріщин.

Впровадження амортизуючих систем. Додавання амортизуючих матеріалів або систем поглинання ударів до конструкції деталей допомагає зменшити вплив ударних навантажень, які можуть спричинити знос. Наприклад, використання гумових або полімерних вставок у вузлах з'єднання може покращити амортизацію та знизити знос.

Удосконалення систем змащення. Ефективна система мащення є важливою для зменшення тертя та зносу деталей. Використання автоматизованих систем мащення забезпечує рівномірне розподілення мастила та знижує ризик виникнення зносу внаслідок недостатнього змащення.

Врахування робочих умов. Під час проектування деталей необхідно враховувати робочі умови, такі як температура, вологість, агресивні середовища тощо. Використання матеріалів та покриттів, які стійкі до окремих факторів, дозволяє збільшити тривалість служби деталей.

Використання антивібраційних систем. Впровадження антивібраційних систем дозволяє зменшити вплив вібрацій на деталі машин, що може спричинити знос. Використання амортизуючих опор або спеціальних амортизаторів може покращити умови експлуатації деталей та збільшити їхню тривалість служби.

Загальний підхід до конструкційного підвищення зносостійкості полягає в уважному аналізі умов експлуатації та виборі оптимальних матеріалів та конструкційних рішень, які забезпечать максимальну тривалість служби деталей машин.

Технологічний метод підвищення зносостійкості деталей машин включає в себе використання новітніх технологій обробки матеріалів та застосування

спеціальних покриттів, що дозволяє збільшити тривалість служби та знизити рівень зносу. Ось деякі з найпоширеніших методів.

Термічна обробка. Термічна обробка включає процеси закалки, відпуску та нормалізації, які змінюють мікроструктуру матеріалу, підвищуючи його міцність та стійкість до зношування. Наприклад, закалка може змінити структуру металу, зробивши його більш міцним та стійким до тертя.

Покриття зносостійкими матеріалами. Нанесення покриттів на робочі поверхні деталей може значно збільшити їхню зносостійкість. Такі покриття можуть включати нітриди, карбіди, кераміку або полімерні матеріали. Наприклад, нанесення покриття з карбідом кремнію на інструменти різання забезпечує високу міцність та стійкість до зношування.

Використання передових технологій обробки. Сучасні технології обробки, такі як електроерозійна обробка, лазерна обробка та абразивна обробка, дозволяють досягти високої точності та якості поверхні деталей. Це допомагає зменшити тертя та знос та збільшити тривалість служби.

Удосконалення процесів обробки. Оптимізація параметрів обробки, таких як швидкість різання, подача, глибина різання тощо, може значно вплинути на якість та зносостійкість оброблюваних деталей. Впровадження сучасних систем керування обробкою, таких як ЧПУ, дозволяє досягти високої точності та повторюваності обробки.

Ці технологічні методи, використовуючи передові розробки в області матеріалознавства та обробки, дозволяють створювати деталі машин з високою зносостійкістю та тривалістю служби, що є важливим фактором для підвищення надійності та ефективності технічних систем.

Експлуатаційний спосіб підвищення зносостійкості деталей машин базується на правильній організації процесу їх використання та обслуговування. Цей метод передбачає раціональне використання обладнання та заходи щодо підтримання його в належному технічному стані. Ось деякі ключові аспекти експлуатаційного підходу до підвищення зносостійкості.

Регулярне технічне обслуговування є одним з найважливіших кроків у підвищенні зносостійкості деталей. Це включає в себе перевірку робочих органів, систем мащення, терморегулювання, а також заміну зношених деталей та очищення від забруднень.

Регулярне змащування. Правильне змащування деталей допомагає зменшити тертя та знос. Важливо використовувати відповідне мастило для кожного типу деталей та вчасно здійснювати його заміну.

Контроль за рівнем навантаження. Стеження за режимами роботи обладнання дозволяє вчасно виявляти перевантаження та уникати надмірного зносу. Важливо дотримуватися рекомендацій виробника щодо максимальних навантажень та режимів роботи.

Забезпечення правильних умов експлуатації. Навколишнє середовище та умови роботи можуть впливати на зносостійкість деталей. Наприклад, застосування захисних покриттів для деталей, які експлуатуються в агресивних середовищах, допомагає збільшити тривалість їх служби.

Навчання персоналу. Правильне використання обладнання та знання техніки безпеки роботи може допомогти уникнути надмірного зносу деталей. Навчання персоналу щодо правильних методів експлуатації та обслуговування обладнання є ключовим аспектом підвищення тривалості його служби.

Моніторинг стану деталей. Постійний моніторинг стану деталей дозволяє виявляти початкові ознаки зносу та вчасно вживати заходів щодо його усунення. Використання діагностичних систем та контрольних вимірювань допомагає забезпечити надійну роботу обладнання.

Ефективне впровадження експлуатаційних методів підвищення зносостійкості деталей машин допомагає забезпечити їх тривалу та надійну роботу, що є важливим фактором для підвищення продуктивності та зниження витрат на обслуговування.

Підвищення зносостійкості деталей машин значно впливає на загальну надійність продукції. Це зумовлено декількома факторами:

- збільшення терміну служби деталей – зносостійкі деталі служать довше, зменшуючи потребу у частих ремонтах та замінах;
- зменшення ймовірності відмов – зносостійкі матеріали менш схильні до утворення тріщин та інших дефектів, що можуть призвести до відмови обладнання;
- стабільність параметрів роботи – деталі з високою зносостійкістю забезпечують стабільну роботу машин протягом тривалого часу без значних змін характеристик;
- зниження витрат на обслуговування – завдяки меншій частоті замін та ремонтів знижуються експлуатаційні витрати.

Можна привести декілька прикладів застосування методів підвищення зносостійкості в машинобудуванні.

Двигуни внутрішнього згоряння – використання зносостійких покриттів для поршневих кілець та циліндрів дозволяє збільшити ресурс двигунів.

Трансмісійні механізми – азотування шестерень та валів значно підвищує їх зносостійкість та надійність роботи.

Гідравлічні системи – плазмове напилення зносостійких покриттів на поршні та циліндри гідравлічних систем знижує їх знос та покращує герметичність.

Інструменти та ріжучі елементи – застосування твердосплавних матеріалів та композитів для виготовлення інструментів значно збільшує їх стійкість до зносу.

Підвищення зносостійкості деталей машин є важливим напрямом у підвищенні надійності продукції машинобудування. Використання конструкційних та технологічних методів дозволяє значно зменшити знос, збільшити термін служби деталей та знизити витрати на обслуговування. Це, в свою чергу, забезпечує стабільну та надійну роботу обладнання, що є критично важливим для різних галузей промисловості. Впровадження нових технологій та матеріалів у виробництво сприятиме подальшому розвитку машинобудування та підвищенню його конкурентоспроможності на ринку.

Перелік посилань

1. Закалов, О.В. Основи тертя і зношування в машинах: Навчальний посібник / О.В. Закалов, І.О. Закалов. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – 322 с.

2. Дмитриченко М.Ф. Мнацаканов Р.Г., Мікосянчик О.О. Триботехніка та основи надійності машин: Навчальний посібник. – К.: ІНФОРМАВТОДОР. 2006. – 216 с.

Подригало Михайло Абович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, rmikhab@gmail.com

Полянський Олександр Сергійович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com

Краснокутський Максим Володимирович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОЦІНКА ВПЛИВУ НЕЛІНІЙНОСТІ ТИПУ «ЗОНА НЕЧУТЛИВОСТІ» НА КЕРОВАНІСТЬ РЕГУЛЬОВАНОЇ СИСТЕМИ

Динамічні властивості характеризують здатність автомобіля рухатися під дією прикладених сил. Важливою експлуатаційною властивістю є динамічність автомобіля під час розгону, тобто здатність останнього до швидкого збільшення швидкості. Одним із показників руху автомобіля є час його розгону або до максимальної швидкості $V_{\max}$ або до швидкості $V=100$ км/ год. Слід зазначити, що автомобіль є об'єктом, що регулюється [1], а синергетичний гібридний привід – автоматичний регулятор. Разом вони утворюють (у взаємодії) регульовану систему. Керуючими параметрами (входом) регульованої системи (автомобільної моторно-трансмісійної установки) є ефективна (вихідна) потужність двигуна внутрішнього згорання та частота обертання колінчастого валу. Управління динамікою розгону автомобіля відбувається за рахунок регулювання ефективної потужності N_e та швидкості автомобіля V . Остання змінюється за рахунок керування кутовою швидкістю колінчастого валу ДВЗ та передатним відношенням коробки передач.

Керованість процесу розгону автомобіля, як і будь-якого керованого процесу, характеризується здатністю регульованої системи адекватно реагувати на керуючий вплив. Адекватність характеризується пропорційністю між зміною вихідної величини та зміною Δx вхідної величини X . У реальних конструкціях автомобілів зазначена пропорційність, при керуванні моторно-трансмісійною установкою, відсутня через наявність у ланцюзі управління великої кількості нелінійностей. Одна з нелінійностей типу зона нечутливості виникає через наявність опору руху автомобіля

$$m \frac{dV}{dt} = P_k - P_f - P_{w_3} \quad (1)$$

де m – маса автомобіля;

$\frac{dV}{dt}$ – лінійне прискорення автомобіля, що виникає під час розгону;

P_k – тягове зусилля на ведучих колесах;

P_f – сила опору кочення коліс.

У роботі [2], на підставі результатів експериментів, показано, що коефіцієнт лобового аеродинамічного опору не є постійною величиною, а змінюється в залежності від швидкості руху автомобіля за гіперболічним законом

$$C_x = \frac{A_w}{V^n}, \quad (2)$$

де V – швидкість автомобіля;

n – показник ступеня при швидкості;

A_w – коефіцієнт регресії, який за $V=1\text{ м/с}$ чисельно дорівнює коефіцієнту C_x при зазначеній швидкості та має розмірність (м/с).

Сила аеродинамічного опору руху автомобіля при C_x , що змінюється за законом (2), має вигляд

$$P_w = \frac{A_w}{2} \cdot \rho \cdot F \cdot V^{2-n}, \quad (3)$$

де ρ – щільність повітря (за нормальних умов) дорівнює $\rho = 1,225 \text{ кг/м}^3$;

F – площа лобового перерізу (мідель) автомобілю.

Нелінійність типу «зона нечутливості» ілюструється графіком, представленим на рисунку 1 [1].

Нелінійність типу зона нечутливості порушує керованість регульованої системи та призводить до появи помилки, яку визначаємо за формулою

$$Z = Y_2 - Y_1 = X_{\text{неч}} \cdot \text{tg} \alpha, \quad (4)$$

де $X_{\text{неч}}$ – рівень нечутливості зумовлений, наприклад, тертям;

$\text{tg} \alpha$ – характеризує передатну функцію регульованої системи.

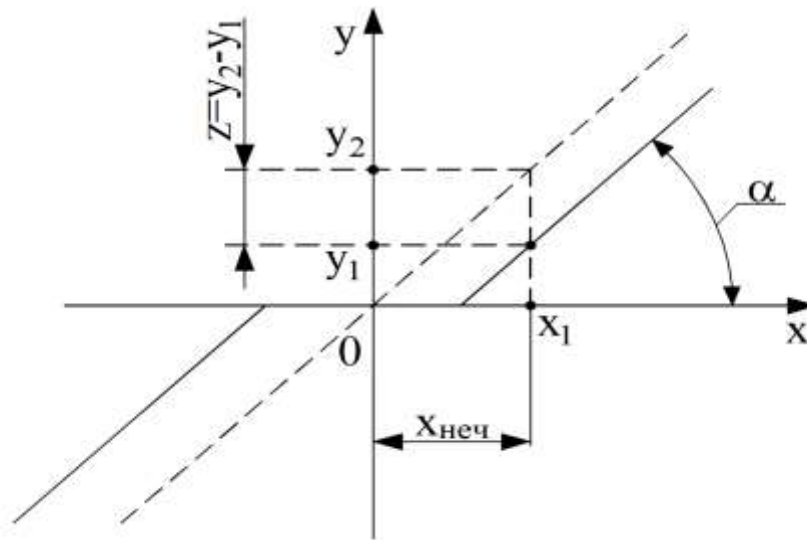


Рис. 1 – Нелінійність типу «зона нечутливості»

Залежність (4) показує, що чим вище α , тим більше помилка управління. А зона нечутливості визначається опором руху автомобіля за формулою

$$P_c = m \cdot g \cdot f + \frac{A_w}{2} \cdot \rho \cdot F \cdot V^{2-n} = X_{\text{неч}} \quad (5)$$

Якщо в гібридному автомобілі із синергетичним приводом використовувати потужність ДВЗ для подолання опору руху, то при включенні електричної частини двигуна при розгоні машини зона нечутливості буде зведена до нуля.

Перелік посилань

1. Phillips Ch.L., Harbor R.D. Feedback control systems. Fourth Edition. – New Jersey 07458: Prentice Upper Saddle River, 2000.
2. Podrigalo M.A. Improvement evolution methodology of vehicle load and energy efficiency/M.A. Podrigalo, D.V. Abramov, Yu.V. Tarasov etc.//Automobile transport, Vol.49, 2021 – pp36-44.

Воронков Станіслав Вячеславович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, nss_delcam@khadi.kharkov.ua

Дудукалов Юрій Володимирович, к.т.н, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, nss_delcam@khadi.kharkov.ua

Гущин Ілля Віталійович, бакалавр, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, nss_delcam@khadi.kharkov.ua

КЛАСИФІКАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕФЕКТІВ FDM-ДРУКУ ПОЛІМЕРНИМИ КОМПОЗИЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ ВИРОБІВ СКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ

Прогресивні методи адитивного виробництва дозволяють отримувати складні за геометрією та конструкцією деталі, такі як лопатки турбін або в зборі весь агрегат турбіни. Проте темп такого виробництва буде помітно нижчий, ніж у його класичного варіанту. Це пов'язано не лише з технічними характеристиками обладнання, що використовується в адитивних технологіях, а й з фізичними параметрами процесу FDM-друку [1], такими як швидкість нагріву до температури плавлення, швидкість кристалізації, тощо.

Виникнення дефектів в полімерних композиційних матеріалах багато в чому визначається в'язкістю зв'язуючого, ступенем просочення армуючого матеріалу, температурою технологічного обладнання, температурою вхідного армуючого матеріалу, швидкістю протягування арматури, її напругою, тиском обтиску армуючого матеріалу, сушінням армуючого матеріалу, липкістю, вмістом летких і розчинних речовин, густиною напівфабрикату, скупченням зв'язуючого армуючого наповнювача і способом його укладання [2].

Основними дефектами в багатошарових конструкціях є дефекти типу розшарувань. Це найбільш небезпечні дефекти. Крім того можлива поява таких дефектів, як зони пониженої міцності, котрі при експлуатації виробів, навіть при порівняно невеликих навантаженнях, можуть призвести до появи розшарувань в з'єднаннях. Через те, що деталь отримується пошарово, на ній у будь-якому випадку виникають поверхні, які можна охарактеризувати як хвилясті. Зазвичай недоліки друку виправляють на етапі пост обробки виробу в більшості випадків вручну. Найбільшою проблемою для виготовлення деталей за методом FDM є різноманітні недоліки друку, що виникають через неправильні налаштування самого 3D-принтера (слайсера) і через програмні помилки.

За результатами проведених досліджень було виявлено, що однією з головних проблем, які виникають при друці на типових 3D-принтерах за FDM-технологією і не розв'язуються за допомогою стандартного програмного забезпечення, є невідповідність розмірів роздрукованої моделі розмірам по програмі, нерівномірний нагрів площі робочої поверхні і екструдера принтера.

Аналіз типових дефектів показав, що вони виникають в результаті двох чинників:

- технологічний чинник: невідповідне налаштування параметрів друку по режимам і температурам процесу;

– конструкційний чинник: технічний стан, конструкція, дефекти вузлів і механізмів принтера, наприклад, дефекти екструдера.

Це впливає на якість друку моделі, її цілісності і механічні властивості.

Важливо, щоб перший шар роздруківки надійно прикріпився до платформи принтера так, оскільки всі інші шари використовують його як фундамент. Можливі такі негативні причини:

- платформа друку не правильно відрегульована;
- сопло починає працювати за G-code занадто далеко від платформи;
- висока швидкість друку першого шар;
- помилкове налаштування температури або охолодження.

Відомо, що дефект – це кожна окрема невідповідність любых показників якості продукції, що встановлені технічними вимогами. По походженню дефекти виробів підрозділяють на:

- виробничо-технологічні, що виникають під час FDM-друку;
- експлуатаційні, що виникають після деякого наробітку виробу в результаті втоми полімерного матеріалу, зношування тертьових частин, а також неправильної експлуатації й технічного обслуговування;
- конструктивні дефекти є наслідком недосконалості конструкції через помилки конструктора.

Дефекти в виробах FDM-друку за причинами виникнення можна розділити на дві групи:

- дефекти виготовлення філаменту виникають під час підготовки вихідної сировини і формування дроту із полімерного матеріалу на заготівельних фірмах і підприємствах, та подальшому зберіганні;
- технологічні дефекти виникають під час укладання шарів полімерного матеріалу під час підігріву та екструзії, охолодженню робочої зони, подальшій механічній, фізико-хімічній і термічній обробці матеріалів, тощо.

До технологічних дефектів також відносять і дефекти FDM-друку, які класифікують на дефекти підготовки, програмування і самого процесу FDM-друку. Дефекти FDM-друку можна розділити на 4 групи:

1) дефекти, що обумовлені недостатньою міцністю адгезійних і когезійних зв'язків між столом і шарами полімерного матеріалу, на їх частку припадає приблизно (30 – 40)% всіх дефектів;

2) дефекти, що обумовлені помилками в налаштуванні параметрів FDM-друку по температурі, швидкості рухів, подачам, інше, що приводить до спотворення форми, відхилення геометричних розмірів, приблизно (35 – 45)% всіх дефектів);

3) дефекти, що обумовлені технологічним обладнанням і неякісною підготовкою вихідного філаменту, приблизно (10 – 20)% всіх дефектів;

4) дефекти, пов'язані з програмуванням і G-кодуванням FDM-друку (5 – 15)%.

Для визначення дефектів виробів FDM-друку пропонуються такі класифікаційні характеристики за наступними ознаками (табл.).

Таблиця – Класифікаційні характеристики дефектів FDM-друку

Ознака дефекту	Класифікаційні характеристики
1. По можливості виявлення	1.1 Зовнішні або поверхневі 1.2 Внутрішні
2. По можливості усунення	2.1 Виправні 2.2 Невиправні
3. За протяжністю	3.1 Одиночні (окремі) 3.2 Непротяжні (розташовані компактно) 3.3 Протяжні (витягнуті в лінію)
4. За формою	4.1 Площинні (тріщини, відшаровування) 4.2 Об'ємні (пори, включення)
5. За місцем розташування	5.1 Зовнішні (поверхневі) 5.2 Внутрішні (підповерхневі і глибинні) 5.3 Наскрізні

Для аналізу і порівняльної оцінки різних технологічних рішень, наприклад, при виборі методу і режимів обробки, доцільно застосовувати відносні характеристики дефектів. До відносних характеристик відносять такі величини, як відношення лінійних розмірів дефектів, або сумарну їх довжину, або число дефектів до одиничної довжини чи товщини виробу FDM-друку.

Перелік посилань

1. Шидловський М.С. Нові матеріали: Частина 1 – Структура і механічні властивості конструкційних полімерів та пластмас. [Текст]:– К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 192 с.
2. Технології 3D-друку, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml. – Дата доступу: 20.04.2024.
3. Мельник Л.І. Хімія і фізика полімерів: Навч. посібник – Київ: НТУУ "КПІ" 2016. – 161 с.
4. Дудукалов Ю.В., Глушкова Д.Б., Сорокін В.Ф. Спосіб бездефектного комбінованого друку 3d-об'єктів № u 2023 02614 від 20.12.2023, Бюл.№ 51.

Полянський Олександр Сергійович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com
Журавльов Ярослав Олександрович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Лузан Сергій Олексійович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний політехнічний університет «ХПІ»

ВИДИ ЗЛАМІВ ДЕТАЛЕЙ ТА МОЖЛИВІ ПРИЧИНИ ЇХ ВИНИКНЕННЯ

У сучасній практиці експлуатації машин поломки деталей відбуваються порівняно рідко. Нижче розглядаються деякі причини поломок та зношування найбільш характерних деталей машин.

На рисунку 1 показаний втомний злам по площині найбільших напруг. Тріщини від втоми почалися біля жолобника в точці 1 і поширилися в глиб зразка. Тріщини 2 і 3 почали з'являтися і з іншого боку – у зв'язку зі зменшенням живого перерізу. Поширення цих тріщин викликало дуже нерівну поверхню зламу зі сходами і терасами (у середині – зона статичного руйнування).

На рисунку 2 показана поверхня зламу підступової частини вагонної осі внаслідок грубої обробки токарним різцем. Поверхня втомного зламу захоплює в нижній частині кут $\alpha > 180^\circ$. У верхній частині злам має сліди пластичної деформації.

Оцінюючи характер та причини поломок необхідно пам'ятати, що з часу появи перших тріщин (які можна виявити візуально або різними способами дефектоскопії) до остаточного руйнування іноді проходить багато часу. Наприклад, валик із загартованого чавуну при безперервній роботі листового прокатного стану протримався кілька тижнів після появи першої тріщини на його шийці. Термін роботи деталі після появи перших тріщин до можливого її зламу визначається також конструктивними особливостями і ступенем інтенсивності навантаження деталі в роботі, наприклад, при змінах періодів великої навантаженості періодами малої навантаженості.

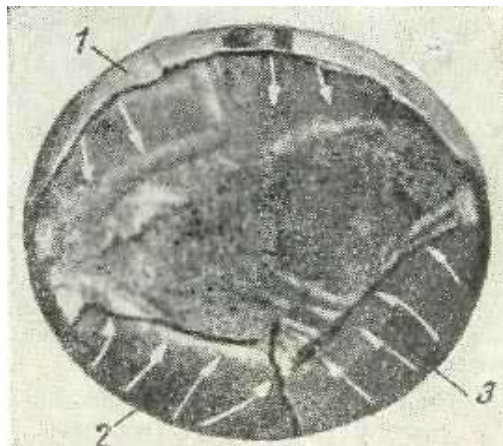


Рисунок 1 – Поверхня зламу напрямної цапфи турбокомпресора

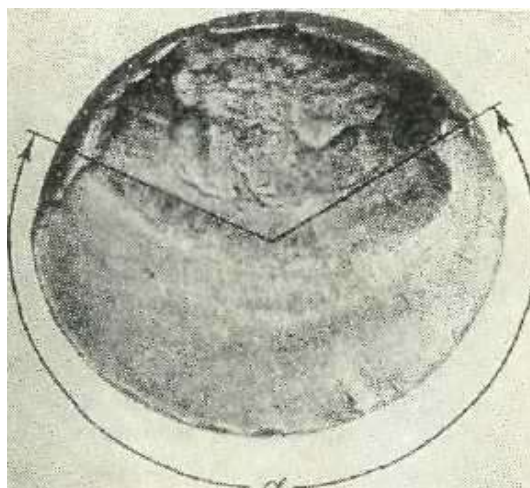


Рисунок 2 – Поверхня зламу розподільчого валу

Причинами поломок деталей багатьох машин можуть бути помилки конструкторів при оцінці впливу на міцність концентраторів напруг. Наприклад, шпонкові канавки є серйозним осередком концентрації напруги. Часто поломка валів починається з тріщин поблизу шпонкових канавок. Є дані, що показують, що шпонкова канавка знижує межу витривалості термічно обробленої хромонікелевої сталі до 65%, а середньовуглецевої нормалізованої сталі до 75%. Напруги, викликані шпонковими канавками, можна зменшити обкаткою валу роликми або обдуванням його дробом.

Часто концентраторами напруг, що знижують межу витривалості деталі, є місця з'єднання деталей зварюванням. При оцінці довговічності та працездатності вузлів, що мають зварні з'єднання, слід враховувати, що межа витривалості при поперечній наварці з двох сторін знижується майже в 2 рази в порівнянні з таким же одностороннім наварюванням. Причина, це зміна ступеня технологічної концентрації напруг.

Найбільш поширеними деталями машин є зубчасті колеса, від зносостійкості і міцності яких значною мірою залежить довговічність і надійність машин. Дослідженнями встановлено, що стосовно зубчастих колес треба розглядати шість видів зносу: вдавлення або зминання, стирання, скоблення або зрізання, сколювання, задирання, заїдання.

Зминання, мабуть, є результатом втоми матеріалу, викликаного повторною напругою стиснення двох дотичних криволінійних поверхонь під навантаженням. Руйнування поверхневого шару відбувається з утворенням лусочок; чим більше навантаження, тим товщі лусочки. Щоб уникнути появи зносу цього виду необхідно обмежити навантаження, щоб викликані ними напруги не перевищували межі витривалості на зминання даного матеріалу.

Дудукалов Юрій Володимирович, к.т.н, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, ncc_delcam@khadi.kharkov.ua

Сорокін Володимир Федорович, д.т.н, професор, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, sovladf@gmail.com

Самойленко Роман Олексійович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, ncc_delcam@khadi.kharkov.ua

Цапков Владислав Дмитрович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, ncc_delcam@khadi.kharkov.ua

МЕТОД НЕЧІТКОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ В ПРОЦЕСАХ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ РЕМОНТУ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Для вирішення проблем забезпечення високої надійності засобів транспорту в бізнес-процесах ремонту необхідно побудову організаційної структури функціонування підприємств виконувати на базі впровадження інформаційних технологій, як основи управління якістю продукції [1].

При системній інтеграції бізнес-процеси на ремонтних підприємствах можуть бути представлені сукупністю взаємодіючих складових, кожна з яких пов'язана з якістю ремонту засобів транспорту. Декомпозиція цієї сукупності процесів може виглядати в таким чином:

1) технологічні процеси, пов'язані безпосередньо з виконанням ремонтно-обслуговуючих робіт, включаючи механічну обробку деталей, розбірні й складальні операції, нанесення покриттів, дефектацію, діагностику технічного стану об'єктів ремонту, тощо;

2) процеси інформаційного забезпечення технологічної підготовки процесів ремонтного виробництва, які пов'язані з аналізом результатів інтерпретації об'єктів, прийняттям рішень для ефективного проектування технологічних процесів і планування на базі CALS-ідеології;

3) інформаційні процеси, пов'язані із замовниками, що визначають рівень послуг на ринку, конкурентоздатність різних ремонтних підприємств;

4) процеси управління персоналом, його підготовкою й навчанням, підбір працюючих на підприємстві;

5) процеси забезпечення ресурсами, матеріального й енергетичного постачання, поставка запасних частин, видаткових матеріалів, договірна робота з постачальниками, організація фірмового ремонту;

6) процеси забезпечення роботи встаткування, його механізація й автоматизація;

7) інформаційні процеси супроводження замовників, аналіз рівня задоволеності споживчого попиту;

8) процеси формування стратегії розвитку підприємства, керування якістю ремонту засобів транспорту.

Таким чином, сукупність взаємозалежних процесів формує технічний рівень ремонту виробів. Кожен процес характеризується тріадою циклів: 1) основного (функціонально обумовленого); 2) керуючого (інформаційного); 3) допоміжного. Керуючі (інформаційні) цикли також формуються тріадами: 1)

основного керуючого; 2) керування керуючим циклом; 3) допоміжного для циклу керування [2]. Отже, ефективне керування ремонтним підприємством може забезпечити інтелектуальна керуюча система, що має властивості прогнозування, аналітичної обробки даних з можливостями прийняття рішень та інтелектуального аналізу. Найбільш досконалою формою організації можуть вважатися інтелектуальні інформаційні системи з використанням баз знань. У число завдань для таких систем керування якістю будуть входити: інтерпретація даних, діагностика, моніторинг, проектування, планування, прогнозування, керування й навчання.

Насамперед, інтелектуальні системи необхідні для рішення завдань, що важко формалізувати. До них ставляться завдання, для яких алгоритмічне рішення не відомо, або алгоритмічне рішення є, але його не можна реалізувати через технічні (комп'ютерне забезпечення) або математичні (програмні засоби) обмеження, тощо.

Стандарт встановлює процесний підхід, тобто необхідно забезпечити саме оптимальне керування процесами, що формують заданий рівень якості. Інтелектуальна система керування у такому випадку прагне досягнення заданої мети на кожному ієрархічному рівні, і такі системи потрібні для обробки масивів даних, що характеризуються множиною вхідних, вихідних і керуючих векторів для статичних й динамічних процесів. Математична модель статичних і динамічних процесів ремонту може бути представлена

$$\bar{Y} = \bar{W}_{TC} \left(\bar{X}, \bar{Z} \right),$$

де $\bar{X}$ – вектор вхідних характеристик (структури, параметри, атрибути, ієрархічні величини й т.д.);

$\bar{Y}$ – вектор вихідних величин (показники ефективності, продуктивності, надійності, собівартості, показники якості);

$\bar{Z}$ – вектор керуючих величин (алгоритми функціонування технологічних процесів, закупівля запасних частин, прийняття рішень при дефектації й організації технологій відновлення й т.д.);

$\bar{W}_{TC}$ – вектор-функція математичної моделі процесів ремонту.

При аналізі складних систем, до яких ставляться виробничі системи, для опису технічного стану об'єктів виробництва звичайно застосовуються методи теорії надійності. Можливості таких методів обмежені вимогами статистичної обробки даних, традиційно застосовуваними кількісними оцінками випадкових факторів і т.д.

Процедура «інтерпретації» – найважливіша для керування якістю процесів. Для різних видів інформаційної функції інтерпретації встановлюються множини відомих і невідомих параметрів (векторів величин), які наведені в табл. 1. Для рішення завдань керування на ремонтних підприємствах потрібен

універсальний апарат, що має широкий спектр можливостей по ідентифікації і генеруванню ефективних алгоритмів функціонування для забезпечення якості продукції підприємства.

Таблиця 1 – Відповідність параметрів моделі процесам ремонту для різних видів інформаційної функції

Вид інформаційної функції	Параметри моделі	
	Відомі	Невідомі
Ідентифікація, аналіз процесу	$\bar{Y}, \bar{X}, \bar{Z}$	$\bar{W}_{TC}$
Передбачення (прогноз)	$\bar{X}, \bar{Z}, \bar{W}_{TC}$	$\bar{Y}$
Моніторинг	$\bar{Y}, \bar{X}, \bar{Z}, \bar{W}_{TC}$	Виявляються відхилення в поведінці системи $\bar{W}_{TC}$
Діагностика	$\bar{Y}, \bar{X}, \bar{Z}, \bar{W}_{TC}$	Виявляються причини відхилень

Важливим завданням прийняття рішень при керуванні процесами (наприклад, оцінки й вибору постачальника, керування відповідністю встаткування) є вибір варіантів за багатьма критеріями. Відомі методики багатокритеріального аналізу, що використовуються в технічних системах і передбачають перетворення вектора часткових критеріїв оцінки ефективності системи в скалярний інтегральний критерій. Однак даний підхід погано пристосований до якісних критеріїв, які оцінюються експертними методами. У цьому випадку, теорія нечітких множин дозволяє формалізувати процес багатокритеріального вибору варіантів рішень, розглядаючи інтегральний критерій як нечітку згортку часткових критеріїв по схемі Беллмана-Заде [2].

Таким чином, запропонований метод нечіткого моделювання об'єктів ремонту дозволяє аналізувати процеси керування якістю ремонту засобів транспорту з урахуванням повної множини дефектів, включаючи такі, які не визначаються кількісними оцінками, а описуються лінгвістичними змінними. Отримані нечіткі моделі можуть бути використані в інтелектуальних системах, що забезпечують високу якість ремонту засобів транспорту відповідно до стандартів.

Перелік посилань

1. Системно-процесне моделювання технічних систем в CALS-технологіях / Тернюк М.Е., Дудукалов Ю.В., Федченко В.В., Гладка Н.Н.// Збірник наукових праць «Відкриті інформаційні і комп'ютерні інтегровані технології», Вип. 49 – Харків, 2011 – С. 124 – 133.

2. Rotshtain A.P. Modification of Saaty Method for the Construction of Fuzzy Set Membership functions // Proc. of the Inter. Conf. «Fuzzy Logic and its Application», Zichron, Israel, 1997 - с. 85 – 95.

Полянський Олександр Сергійович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com
Дідюк Наталія Олександрівна, ст. викладач, Харківський національний університет радіоелектроніки

ІНФОРМАЦІЙНІ ТА КОМУНІКАЦІЙНІ АСПЕКТИ СУЧАСНОЇ ПЕДАГОГІКИ

Сучасний період розвитку цивілізованого суспільства характеризує процес інформатизації. Головна особливість цього процесу полягає в тому, що домінуючим видом діяльності у сфері суспільного виробництва є збирання, накопичення, продукування, обробка, зберігання, передача та використання інформації, що здійснюються на основі засобів інформаційних та комунікаційних технологій. Одним із пріоритетних напрямів інформатизації сучасного суспільства є інформатизація освіти – процес забезпечення сфери освіти методологією та практикою розробки та оптимального використання інформаційних та комунікаційних технологій з метою:

- вдосконалення механізмів управління системою освіти на основі використання автоматизованих банків даних;
- удосконалення методології та стратегії відбору змісту, методів та організаційних форм навчання, виховання, що відповідають завданням розвитку особистості учня в сучасних умовах інформатизації суспільства;
- створення методичних систем навчання, орієнтованих в розвитку інтелектуального потенціалу учня, формування умінь самостійно набувати знання, здійснювати інформаційно-навчальну, експериментально-дослідницьку діяльність;
- розроблення комп'ютерних тестуючих та діагностичних методик, що забезпечують систематичний, оперативний контроль та оцінку рівня знань учнів.

Зростають можливості засобів інформаційних та комунікаційних технологій у навчальному процесі. Під засобами інформаційних та комунікаційних технологій (ІКТ) розумітимемо програмні, програмно-апаратні та технічні засоби та пристрої, що функціонують на базі мікропроцесорної, обчислювальної техніки, а також сучасних засобів та систем транслявання інформації, інформаційного обміну, що забезпечують операції зі збирання, продукування, накопичення, зберігання, обробці, передачі інформації, що забезпечують можливість доступу до інформаційних ресурсів комп'ютерних мереж. До ІКТ належать: ЕОМ, персональні комп'ютери; комплекти термінального обладнання, локальні обчислювальні мережі, пристрої введення-виведення текстової та графічної інформації, засоби архівного зберігання великих обсягів інформації,

засоби та пристрої маніпулювання аудіовізуальною інформацією (на базі технології Мультимедіа та систем «Віртуальна реальність»); системи машинної графіки, програмні комплекси (мови програмування, транслятори, компілятори, операційні системи, пакети прикладних програм тощо); сучасні засоби зв'язку, що забезпечують інформаційну взаємодію користувачів як на локальному рівні (наприклад, в рамках однієї організації або кількох організацій), так і глобальному (в рамках всесвітнього інформаційного середовища).

Процес інформатизації освіти характерний тим, що вперше за всю історію розвитку педагогіки з'явилося покоління засобів навчання, що функціонують на базі інформаційних та комунікаційних технологій. Ці технології створюють передумови для небувалої історії педагогіки інтенсифікації освітнього процесу: негайна зворотний зв'язок; комп'ютерна візуалізація навчальної інформації; архівне зберігання достатньо великих обсягів інформації з можливістю легкого доступу користувача до центрального банку даних; автоматизація процесів обчислювальної, інформаційно-пошукової діяльності, а також опрацювання результатів навчального експерименту; автоматизація процесів управління навчальної діяльності та контролю результатів управління.

Реалізація зазначених вище можливостей ІКТ дозволяє організувати нові види навчальної діяльності, такі як:

- інтерактивний діалог - взаємодія користувача з комп'ютером на відміну від діалогового, що передбачає обмін текстовими командами (запитами) та відповідями (запрошеннями), реалізацією інтенсивного діалогу (наприклад, можливість ставити запитання у довільній формі, з використанням «ключового» слова, у формі з обмеженим набором символів);
- управління реальними об'єктами;
- керування відображеними на екрані моделями різних об'єктів, явищ, процесів;
- автоматизований контроль (самоконтроль) результатів навчальної діяльності, коригування за результатами контролю, тренування, тестування.

Організація перелічених вище видів навчальної діяльності дозволяє, по-перше, створювати методики, орієнтовані в розвитку мислення; по-друге, перевести більш високий рівень естетичне виховання; по-третє, розвивати комунікативні здібності та ефективно формувати такі важливі для сучасної людини вміння, як уміння приймати оптимальне рішення чи пропонувати варіанти вирішення у складній ситуації.

Описані вище можливості нового покоління засобів навчання, що функціонують на базі інформаційних та комунікаційних технологій, та їх реалізація у сучасній педагогіці здійснюються різними шляхами:

- навчальні програмні засоби, методичне призначення яких - повідомлення суми знань, формування навичок та (або) умінь навчальної та (або) практичної діяльності та забезпечення необхідного рівня засвоєння, що встановлюється зворотним зв'язком;
- програми, призначені для контролю (самоконтролю) рівня оволодіння навчальним матеріалом;

- інформаційно-пошукові програмні системи, інформаційно-довідкові програмні засоби для формування навичок та умінь щодо систематизації інформації;

- імітаційні програмні засоби (системи), які мають певний аспект реальності вивчення його основних структурних чи функціональних характеристик;

- моделюючі програмні засоби, призначені для створення моделі об'єкта, явища, процесу чи ситуації (як реальних, так і «віртуальних»);

- демонстраційні програмні засоби, що забезпечують наочне подання навчального матеріалу,

- навчально-ігрові програмні засоби, призначені для «програвання» навчальних ситуацій (наприклад, з метою формування умінь приймати оптимальне рішення чи вироблення оптимальної стратегії дії);

- дозвільні програмні засоби.

Зростання дидактичних можливостей ПС навчального призначення:

науковість зміст педагогічної системи (ПС) передбачає пред'явлення засобами програми науково-достовірних відомостей. При цьому можливість моделювання, імітації об'єктів, що вивчаються, явищ, процесів (як реальних, так і «віртуальних») може забезпечити проведення дослідницької діяльності, що ініціює самостійне «відкриття» закономірностей досліджуваних процесів.

доступність означає, що навчальний матеріал, що пред'являється програмою, форми і методи організації навчальної діяльності повинні відповідати рівню підготовки учнів та їх віковим особливостям.

адаптивність передбачає реалізацію індивідуального підходу до учня, облік індивідуальних можливостей сприйняти запропонований навчальний матеріал.

систематичність і наслідність навчання з використанням ПС передбачає необхідність засвоєння учням системи понять, фактів і способів діяльності в їхньому логічному зв'язку з метою освоєння алгоритму послідовності та спадкоємності в оволодінні знаннями, навичками та вміннями.

свідомість навчання, самостійність і активізація діяльності учня передбачає можливість забезпечення засобами програми самостійних дій з вилучення навчальної інформації при чіткому розумінні конкретних цілей і завдань навчальної діяльності. Активізація діяльності учня може забезпечуватися можливістю самостійного управління ситуацією на екрані; вибору режиму навчальної діяльності; варіативності дій у разі ухвалення самостійного рішення.

міцність засвоєння результатів навчання передбачає забезпечення усвідомленого засвоєння учням змісту, внутрішньої логіки та структури навчального матеріалу, що представляється за допомогою ПС, що досягається здійсненням самоконтролю та самокорекції; забезпеченням контролю з урахуванням зворотний зв'язок.

розвиток інтелектуального потенціалу учня передбачає забезпечення розвитку мислення; формування вміння приймати оптимальне рішення чи варіативні рішення у складній ситуації; формування умінь із обробки інформації.

Можливість забезпечення **суггестивної** (від англійського слова suggest — пропонувати, радити) **зворотного зв'язку** при роботі з ПС передбачає як забезпечення реакції програми на дії користувача, зокрема, при контролі з діагностикою помилок за результатами навчальної діяльності на кожному логічно закінченому етапі роботи за програмою, так та можливість отримати запропоновану програмою пораду, рекомендацію про подальші дії або коментоване підтвердження (спростування) висунутої гіпотези чи припущення.

Зростають **ергономічні вимоги** до змісту та оформлення ПС, що зумовлюють необхідність:

- враховувати вікові та індивідуальні особливості учнів, різні типи організації нервової діяльності, різні типи мислення, закономірності відновлення інтелектуальної та емоційної працездатності;
- забезпечувати підвищення рівня мотивації навчання, позитивні стимули при взаємодії учня з ПС;
- встановлювати вимоги до зображення інформації та інші.

Черніков Олександр Вікторович, д-р техн. наук, професор, Харківський Національний автомобільно-дорожній університет

Яровий Геннадій Геннадійович, Національна академія Національної гвардії України

Горелишев Станіслав Анатолійович, к.т.н., доцент, Національна академія Національної гвардії України

3D-МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ БРОНЮВАННЯ КОЛІСНОЇ МАШИНИ

Застосування броньованої техніки українськими силами та аналіз результатів збройних конфліктів показав, що існуючий захист бронемашин і особового складу недостатній для виконання завдань в сучасних умовах. Як показали численні напади терористичних угруповань на наші підрозділи, особовий склад яких знаходився в цій техніці не є захищеним від застосування таких засобів ураження як фугаси, ручні протитанкові гранатомети і навіть стрілецька зброя.

При проектуванні бронювання колісної машини можливо використання 3D-моделювання для визначення зміни положення його центра мас після встановлення броньових листів. При бронюванні (встановленні на машину додаткових захисних елементів), окрім зміни маси машини, відбувається зміна положення центра мас, та пов'язаних з цим характеристик, що, в свою чергу суттєво впливає на динаміку руху колісної машини. Дане моделювання присвячено дослідженню впливу додаткового бронювання цивільних колісних машин, залучених для військових потреб.

Для цього необхідно було створити комп'ютерну модель базової машини та елементів бронювання. За основу було запропоновано обрати автомобіль Ford F-550, який є прототипом броньованої машини «Новатор».

Для створення тривимірної моделі колісної машини з використанням пакету Autodesk Inventor його фотографія була розміщена в ескізі майбутньої мо-

делі і масштабуванням приведена до реальних розмірів. Основні елементи форми були обведені з використанням базових геометричних примітивів. Зважаючи на те, що внутрішні елементи конструкції моделювати не було потреби, було вирішено створити поверхневу модель машини і, потім, додати у точці, координати якої визначаються відомим центром мас, кулю, маса якої дорівнювала б заданій масі машини. Таким чином, центр маси моделі буде відповідати реальному об'єкту

Наступним етапом роботи стало моделювання елементів бронювання. За основу обрано паралелепіпед з розмірами 200x300 мм відповідної товщини і маси. Розглядалися два рівня захисту відповідно до 5 та 6 класу захисту. В якості броньованих матеріалів розглядалися броньова сталь та багатошаровий броньовий матеріал, який має меншу товщину та вагу.

Далі у середовищі складання виконувався процес закріплення елементів бронювання на зовнішній поверхні автомобіля. Після розміщення всіх потрібних елементів за допомогою програмного засобу розраховувалась, виводилась на екран позначка центру мас та визначались її координати. Було розглянуто різні варіанти бронювання, зокрема для антідронового та антімінного захисту у різних конфігураціях та визначено зміни положення центру мас для кожного з цих варіантів.

На рис. 1 наведені графіки відхилень координат центру мас від його базового положення відповідно до номеру розрахунку (1-8 це антідроновий захист; 9-16 – антімінний захист).

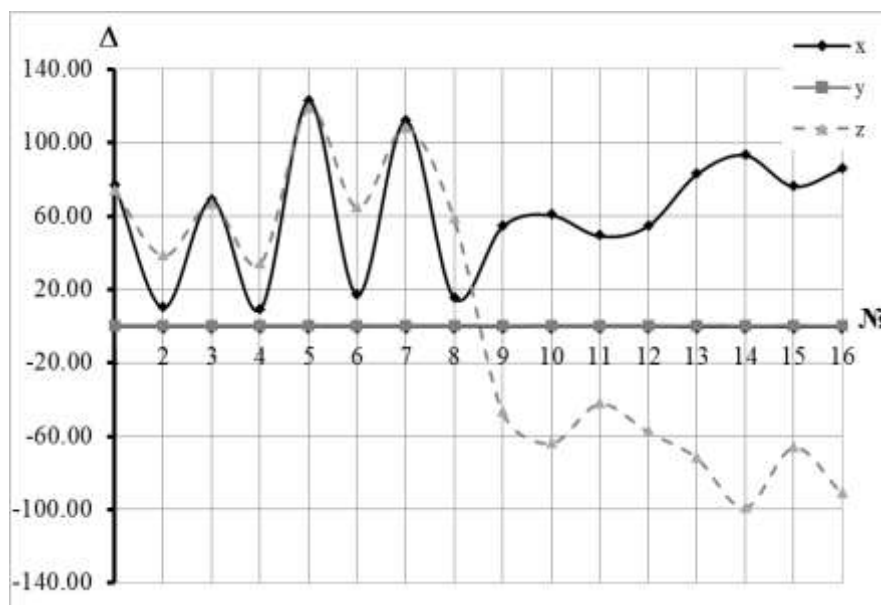


Рис. 1 – Залежність положення центру мас

Аналіз рисунку 1 показує, що зміщення положення центру мас за координатою у практично відсутнє, тому що розміщення бронеелементів проводилося симетричному. Зміщення положення центру мас за координатою z залежить від способу бронювання. Якщо проводиться захист від дронів відстань центру мас

відносно базової колісної машини збільшується та Δz має позитивне значення. І навпаки, якщо бронюється днище колісної машини Δz має негативне значення.

Таким чином, проведено візуальне 3D-моделювання розміщення бронееlementів на корпусі колісної машини (захист від дронів, захист від мін) та отримані залежностей зміни положення центру мас від розташування броньованих листів.

Кавуля Іван Валерійович, бакалавр, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, nss_delcam@khadi.kharkov.ua

Дудукалов Юрій Володимирович, к.т.н, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, nss_delcam@khadi.kharkov.ua

Власов Ярослав Олексійович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, nss_delcam@khadi.kharkov.ua

3D-ПРИНТЕРИ ДЛЯ БЕЗДЕФЕКТНОГО FDM-ДРУКУ З МОДИФІКАЦІЄЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПОЛЕМ ВИРОБІВ ІЗ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Завдяки адитивним технологіям є можливість виробляти складні і високотехнологічні вироби. Ці технології широко використовуються для створення моделей в машинобудуванні, архітектурі, будівництві, промисловому дизайні, а також в автомобільній, аерокосмічній, військово-промисловій та медичній галузях, в освіті, географічних інформаційних системах і багатьох інших сферах людської діяльності.

Забезпечення умов бездефектного FDM-друку будується на врахуванні термомеханічних властивостей полімерних матеріалів. Відомо, що при низьких температурах полімер веде себе як скло, тобто знаходиться в склоподібному стані. Це демонструє залежність деформації полімерів від температури [1, 2]. Саме термомеханічні залежності формують в значній мірі механізм виникнення дефектів. Шляхом вимірювання деформації зразка аморфного полімеру при різних температурах можна побудувати залежність деформації від температури, і на цій кривій виділити чотири області при збільшенні температури з такими особливостями [3].

Область 1 – сегменти не переміщуються, макромолекули не змінюють форму клубків.

Область 2 – перехідна, що характеризується температурою силування, деформація збільшується і досягає декількох десятків або декількох сотень відсотків.

Область 3 – еластичний стан в якому полімер легко деформується і повертається у вихідний стан, сегменти переміщуються, вузли флуктуаційної сітки руйнуються і утворюються нові вузли.

Область 4 – значне зміщення сегментів, які не можуть перейти у вихідне положення, а формується деформація в'язкої течії.

Релаксаційні процеси в полімерах відбуваються не лише під впливом теплових рухів, а також під впливом модифікування і навантаження. При цьому

сегмент накопичує сумарний запас теплової і механічної енергії, достатній для подолання потенціального бар'єру. Саме тому одним з ефективних шляхів забезпечення бездефектності і зміцнення виробів є застосування високочастотного електромагнітного імпульсного поля. Таким чином, FDM-технологія з додатковим впливом високочастотного електромагнітного імпульсного поля має потенціал для розвитку і впровадження у виробництві, характеризується різноманіттям матеріалів, легкістю і відносною дешевизною. Забезпечення якості і бездефектності в адитивних технологіях є актуальною проблемою, яка поки не має відповідного теоретичного і практичного розроблення.

Проведені дослідження дозволили запропонувати нову конструкцію 3D-принтера з модулем оброблення полімерного матеріалу виробу високочастотним електромагнітним полем для модифікації і додаткового зміцнення. Ці модулі можуть діяти безпосередньо під час формування комбінованим 3D-друком виробів або програмуватися в циклах для виконання роботизованих рухів підсистемами комп'ютерного управління 3D-принтером по єдиній управляючій програмі [4].

Такий спосіб комбінованого 3D-друку виробів забезпечує підвищення продуктивності, адгезійну міцність з'єднання між початковими шарами полімерного матеріалу і робочого столу і когезійну міцність між подальшими шарами полімерного матеріалу, розширення технологічних можливостей застосуванням різних полімерних композиційних матеріалів.

3D-принтер для комбінованого друку виробів працює таким чином. Локальні пристрої електромагнітного впливу, що виконані в одному блоці з друкарською головкою забезпечують необхідну адгезійну міцність з'єднання між початковими шарами полімерного матеріалу і робочим столом, а також когезійну міцність між подальшими шарами полімерного матеріалу шляхом суміщення процесів екструджування розігрітого термопластичного полімеру з його модифікуванням імпульсним високочастотним електромагнітним полем, яке локалізується в друкарській головці і в зоні укладки шару.

Завдяки суміщенню не витрачається час на окремий технологічний перехід для підвищення міцності виробу. Причому для забезпечення адгезійної міцності використовується імпульсний високочастотний (400 – 500 КГц) електромагнітний вплив з амплітудним значенням магнітної індукції до 4,0 – 4,5 Тл, а когезійна міцність забезпечується використанням імпульсного високочастотного (250 – 400 КГц) електромагнітного впливу з амплітудним значенням магнітної індукції до 3,0 – 4,0 Тл. Живлення локальних пристроїв електромагнітного впливу здійснюється від блоку живлення.

Також 3D-принтер оснащений маніпулятором зі схватом. Завдяки цьому можливо додатково виконувати укладку в підготовлені конструктивні «кармани», наприклад, елементів армування, металевих підсилювачів, готових плит, вставок з різних полімерних матеріалів та інших деталей, що завантажуються на нумеровані позиції магазину додаткових елементів. Наступними проходками друкарської головки виконується «зарощування» цих елементів з відповідним

модифікуванню полімерного матеріалу. Завдяки цьому розширюються технологічні можливості 3D-принтеру, підвищується продуктивність його роботи.

Управління 3D-принтером для комбінованого друку об'єктів здійснюється по управляючій програмі від блок управління, а необхідне супроводження забезпечує блок відображення інформації і зовнішньої пам'яті.

Таким чином, 3D-принтер для комбінованого друку об'єктів має високу продуктивність роботи завдяки локальним пристроям впливу імпульсним високочастотним електромагнітним полем для забезпечення необхідних значень адгезійної і когезійної міцності, застосуванню маніпулятора з захватом і магазином додаткових елементів, і є новим конкурентоспроможним технічним рішенням.

Перелік посилань

1. Шидловський М.С. Нові матеріали: Частина 1 – Структура і механічні властивості конструкційних полімерів та пластмас. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 192 с.

2. Holmes L.R. Research Summary of an Additive Manufacturing Technology for the Fabrication of 3D Composites with Tailored Internal Structure / L.R. Holmes, J.C. Riddick // JOM. – 2014. - Vol. 66. - Iss. 2. – P. 270 – 274.

3. Технології 3D-друку, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ixbt.com/printer/3d/3d_tech.shtml. – Дата доступу: 20.04.2024.

4. Дудукалов Ю.В., Глушкова Д.Б., Багров В.А., Сорокін В.Ф., Степанюк А.І., Тернюк М.Е. «3D-принтер для комбінованого друку об'єктів» № u 202107787 від 03.08.2022, Бюл.№ 31.

Полянський Олександр Сергійович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com

Молодан Андрій Олександрович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, and_1979@ukr.net

Полтавський Микола Володимирович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Белов Дмитро Олегович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Соколовський Олег Валентинович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Шульга Максим Юрійович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ КОЛІСНИХ МАШИН ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПОТОЧНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

На ефективність експлуатації колісних машин суттєво впливає наявність дефектів в деталях, що виникають після тривалої роботи та призводять до виникнення складних відмов.

Нині відсутні методичні засади надійної оцінки ступеню експлуатаційного пошкодження у деталях вузлів тракторів та автомобілів, а також впливу накопиченого пошкодження на ймовірність безвідмовної роботи за межами призначеного ресурсу. То ж актуальною є тема розроблення і запровадження методології прогнозування залишкового ресурсу тракторів і автомобілів за даними поточного контролю та оцінка ризику появи відмов.

Проблема комплексної оцінки ризику аварійних ситуацій на виробництві з урахуванням ймовірності безвідмовної роботи та наслідків для механізованих процесів і транспортних робіт є достатньо новою.

У науково-технічній літературі з питань надійності та ризиків існує багато робіт із методології врахування грубих помилок оператора-виконавця окремих технологічних процесів, зокрема й транспортних. Але запропоновані моделі недостатньо формалізовано, вони здебільшого не дозволяють отримати кількісні показники ресурсу обладнання, а дають лише якісну картину причин виникнення дефектів і відмов.

Разом з тим існує розуміння того, що показник надійності машини, – це випадкова величина, тому кількісна оцінка ризику появи відмови повинно описуватися ймовірнісними математичними моделями.

Дослідження дозволили запропонувати метод оцінки та прогнозування надійності колісних машин за результатами поточного контролю технічного стану деталей, щодо накопичення у масиві деталей експлуатаційних тріщин граничних та допустимих розмірів. Для цього необхідно вирішити наступні завдання: розробити метод прогнозування технічного стану за результатами поточного контролю параметрів машини; розробити рекомендації використання цього методу.

Для оцінки ймовірності відмови під час експлуатації тракторів МТЗ-80,82 застосовано статистичні методи розпізнавання задач технічної діагностики, використавши дані поточного контролю. Методи технічної діагностики дозволяють оцінити (розпізнати) стан об'єкта за умов обмеженої інформації. Важливо коректно вибрати параметри, які описують стан об'єкту та мають бути достатньо інформативними, щоб за вибраної кількості діагнозів оцінити стан об'єкту.

Об'єктами діагностування у даному дослідженні було вибрано окремі вузли трактора. Розглядали два стани (діагнози) цих об'єктів: D_1 - справний та D_2 - несправний.

Аналізували випадки, коли несправність вузлів трактора зумовлена наявністю тріщин у деталях вузла. Діагностували об'єкти за комплексом ознак k , а саме: k_1 – наявність малих тріщин; k_2 – наявність тріщин середнього розміру; k_3 – наявність великих тріщин.

Запропонована методика розрахунку дозволяє оцінити, з якою ймовірністю можна віднести до одного із зазначених станів вузол трактора, в деталях якого виявлено тріщини, що зумовляють одразу чи через певний час зруйнування вузла, а отже буде створено аварійну ситуацію.

У розробленій методиці розрахунку ймовірності настання відмови було використано дані не про лінійні розміри виявлених дефектів, а саме ознаки, що

знайдено тріщини різного ступеню щодо зруйнування деталі. Звичайно розміри тріщин у масиві деталей вузлів тракторів різної тривалості експлуатації характеризуються неперервним розподілом. У даному випадку за допомогою комплексу ознак k отримано дискретне представлення розподілу. Таке нечітке представлення без зазначення лінійних розмірів тріщин зумовлено тим, що вузли трактора складаються з множини деталей різного поперечного перерізу в зонах поширення тріщин.

Аналізуючи розраховані ймовірності станів (перебуває у справному стані чи ні), можна оцінити наскільки збільшиться ймовірність виходу з ладу вузла. Наприклад, якщо у деталі є тріщина некритичного розміру (середня), то цей випадок характеризується комплексом ознак $\bar{k}_1 \bar{k}_2 \bar{k}_3$. Ці величини (зниження ймовірності працездатного стану вузла) відповідають збільшенню ймовірності виходу з ладу вузла і корелюють із зростанням ризику настання відмови.

Застосувавши методи логічного моделювання та задавши ймовірність настання базових подій E_i як умовні ймовірності виходу з ладу окремих вузлів, можна розрахувати ймовірності настання аварійних ситуацій на механізованих і транспортних роботах за участі тракторів.

Проведені дослідження показують, наскільки зростає ймовірність настання відмови, а значить й ризик невиконання машиною функцій, які визначені у нормативної документації і характеризують її працездатність.

Сахно Володимир Прохорович, докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, svr_40@ukr.net

Поляков Віктор Михайлович, канд. техн. наук, доцент, професор кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, poljakov_2006@ukr.net

Шарай Світлана Михайлівна, канд. техн. наук, доцент, професор кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, svetasharai@gmail.com

Паламарчук Олексій Васильович, аспірант кафедри автомобілів, Національний транспортний університет

ДО ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ ТРИЛАНКОВИХ АВТОПОЇЗДІВ-КОНТЕЙНЕРОВОЗІВ ЗА МАНЕВРЕНІСТЮ

За останні роки потужним імпульсом для збільшення довжини автотransпортних засобів (АТЗ), особливо автопоїздів, послужив розвиток перевезень вантажів у контейнерах, що змусило такі довжини погоджувати з розмірами універсальних контейнерів ISO. Контейнер є найбільш перспективним і поширеним багатооборотним засобом при виконанні мультимодальних перевезень вантажів. Контейнерні вантажні перевезення дволанковими, а в останні роки і триланковими автопоїздами, є найбільш популярними. Це пов'язано з відомими перевагами триланкових автопоїздів у порівнянні із дволанковими [1].

На сьогодні у конструкціях багатоланкових автопоїздів використовують причіпні та напівпричіпні компоновальні схеми. Тому виробники вантажних АТЗ та міських автобусів проектують конструкції ланок транспортних засобів великої місткості [2, 3]. Шарнірні з'єднання роблять довгі транспортні засоби універсальними у використанні та підвищують показники маневреності. Відомо, що взаємозв'язки між осями і між ланками транспортних засобів з декількома причепами можуть привести до коливань причепів під час маневрування АТЗ [4]. Чисельні результати, отримані для кінематики трьох причепів, підтверджують складність вирішення проблеми маневреності таких автотransпортних засобів. Тому типові кінематичні моделі багатоланкових автопоїздів будуть корисними при вирішенні таких завдань, як: формальний аналіз кінематичних властивостей, швидке планування номінальних маневрів, прогноз режимів руху тощо [4].

Метою роботи є порівняльний аналіз триланкових причіпних і напівпричіпних автопоїздів за маневреністю при виконанні перевезень трьох контейнерів, два з яких є 20-футовими і один – 40-футовий.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання:

- вибір і обґрунтування компоновальних схем причіпних і напівпричіпних автопоїздів для виконання перевезень трьох контейнерів;
- вибір і обґрунтування показників та розробка математичної моделі для оцінки маневреності автопоїздів, що розглядаються;
- визначення впливу конструктивних і експлуатаційних параметрів на показники маневреності автопоїздів, що розглядаються.

Компоновальну схему як триланкового причіпного, так і напівпричіпного автопоїзда-контейнеровоза визначає положення напівпричепа (причепа) подовженої бази для перевезення 40-футового контейнера. Цей напівпричіп (причіп) може бути розташований попереду, в середині або в кінці автопоїзда. Від його розташування у значній мірі будуть залежати показники маневреності автопоїзда.

Раніше доведено, що попередньо показники маневреності автопоїзда можна визначати на жорстких у бічному напрямку колесах (похибка не перевищує 12,5 % [1]). Тоді основні показники маневреності – зміщення траєкторій напівпричепів щодо траєкторії автомобіля-тягача і габаритна смуга руху (ГСР) – будуть визначатися компоновальними параметрами автопоїзда, кутами складання його ланок, типом приводу управління керованими осями (колесами) причепів і напівпричепів і його передаточними відношеннями.

Криволінійний рух автопоїзда зазвичай характеризують швидкістю руху, радіусом повороту і кутами повороту керованих коліс, які в процесі руху змінюються. Для оцінки маневреності АТЗ використовують кінематичні та динамічні показники. Кінематичні показники повинні забезпечити:

- габаритну смугу руху (визначається різницею нормованих зовнішнього ($R_{zg}=12,5$ м,) і внутрішнього ($R_{vg}=5,3$ м) габаритних радіусів повороту) дорівнює ($B_{г}=7,2$ м);
- можливість рухатися заднім ходом.

Динамічні показники забезпечуються системою «двигун-трансмсія» автомобіля-тягача.

Попередніми дослідженнями [1] доведено, що маневреність триланкового автопоїзда визначається, в основному, зміщеннями траєкторій причепів (напівпричепів) щодо траєкторії тягача. Тоді при визначенні кутів складання триланкового автопоїзда будуть розглядатися послідовно системи, що складаються із автомобіля-тягача і першого причепа (напівпричепа), першого причепа (напівпричепа) з другим причепом (напівпричепом), а потім другого і третього причепів (напівпричепів).

Приймаючи до уваги відомі із кінематики залежності [2-4] і результати роботи [1], отримані рівняння, що визначають кути складання ланок автопоїзда. Кути складання ланок автопоїзда і повороту керованих осей (пов'язані між собою передаточним відношенням приводу управління) доцільно визначати за колового руху автопоїзда. Саме для цього визначені кути складання і повороту керованих осей (коліс) причепів (напівпричепів) в залежності від кута повороту керованих коліс автомобіля-тягача.

За знайденими кутами складання і передаточними відношеннями приводу управління на керовані осі (колеса) причіпних ланок визначені габаритні радіуси повороту автопоїзда і узагальнюючий показник маневреності – габаритна смуга руху. Показано, що жодна із компоновальних схем триланкового причіпного автопоїзда (окрім автопоїзда з рознесеними і керованими осями усіх причіпних ланок) не задовольняє вимогам DIRECTIVE 2002/7/EC щодо маневреності. Зважаючи на характер роботи таких автопоїздів (рух між терміналами на в'їзді до міста), більш важливими є параметри маневреності автопоїзда при типових поворотах на 90^0 і 180^0 . Для таких поворотів усі причіпні автопоїзди задовольняють вимоги DIRECTIVE щодо маневреності.

В дослідженнях були розглянуті три можливі компоновальні схеми триланкових автопоїздів типу B-triple, кожна з яких визначалася розташуванням напівпричепа з підвищеною базою (для 40-футових контейнерів) і приводом на передню або на задню вісь возика напівпричепа. Встановлено, що жоден з автопоїздів не відповідає вимогам Директиви ЄС щодо маневреності. Для остаточного рішення щодо перспективності компоновальної схеми триланкового автопоїзда-контейнеровоза необхідними є дослідження стійкості таких автопоїздів.

Висновки.

1. Визначені показники маневреності триланкових автопоїздів на жорстких у бічному напрямку колесах (за кінематичними моделями, в основі яких лежать кути складання ланок автопоїзда). Ці кути визначені для різних стадій повороту для триланкового причіпного і напівпричіпного автопоїздів за різного розташування подовженої ланки. Так, на вході в поворот перший і другий кути складання причіпного автопоїзда на 12% і 15% менші другого і третього кутів складання напівпричіпного автопоїзда. Це співвідношення зберігається з незначними відхиленнями (5-7%) і для інших стадій повороту.

2. Показано, що жодна з компоновальних схем триланкових автопоїздів, окрім автопоїзда з рознесеними і керованими осями причіпних ланок, не задово-

льняє вимогам DIRECTIVE 2002/7/EC щодо маневреності. При поворотах на 90^0 і 180^0 причіпні автопоїзди усіх компоновальних схем, на відміну від напівпричіпних схем, майже усі задовольняють вимогам DIRECTIVE 2002/7/EC.

3. Встановлено, що за керованих перших осей другого і третього напівпричепів, у порівнянні із некерованим автопоїздом, габаритна смуга руху за кологового руху зменшується на 10...12%, проте усі автопоїзди не задовольняють вимогам щодо маневреності.

Перелік посилань

1. В.М. Поляков, В.П. Сахно. Триланкові автопоїзди. Маневреність. Київ. Національний транспортний університет. 2013. – 200 с.: іл.

2. G. Leduc. Longer and Heavier Vehicles. An overview of technical aspects. Technical Report EUR 23949 EN, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, Luxembourg, 2009.

3. Parallel Design Optimization of Multi-Trailer Articulated Heavy Vehicles with Active Safety Systems/by Md. Manjurul Islam //University of Ontario Institute of Technology Oshawa, Ontario, Canada, 2013.

4. F. Gottmann, H. Wind, and O. Sawodny. On the influence of rear axle steering and modeling depth on a model based racing line generation for autonomous racing. In IEEE CCTA, pages 846–852, Copenhagen, 2018.

Шемигон Артем Олександрович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

Коробко Андрій Іванович, д-р техн. наук., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, ak82andrey@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОЖИВЧИХ ЯКОСТЕЙ ТРАКТОРІВ

Багато країн, що не є членами ОЕСР, до яких відноситься Україна, частково або повністю використовують Кодекси для випробувань, проведення тендерів або регулювання питання імпорту тракторів. В даному напрямку виконано ряд наукових робіт в Харківській філії УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, що покладені в основу дослідження технологічної адаптації тракторів. При цьому, трактор, за аналогією із суміжними областями техніки, розглядається як «Система з безліччю елементів, певним чином взаємопов'язаних і утворюють певну цілісність, єдність». Для тракторів під час оцінювання їх тягових властивостей, керованості та стійкості руху, гальмівних властивостей, які є основою їх експлуатаційних якостей, ефективним є метод парціальних прискорень, що базується на розв'язанні зворотної задачі динаміки: за відомого прискорення оцінюються діючі сили. Одночасно необхідно відзначити, що оцінити експлуатаційні властивості трактора не завжди можливо за діючими силами, наприклад енергетичні показники тракторного агрегату. Для розв'язання даної проблеми

необхідна розробка нових методик визначення тягового ККД трактора під час агрегування з сільгоспмашиною, ефективної потужності двигуна, оцінки керованості та стійкості руху тракторного агрегату.

Практика ставить перед наукою необхідність розв'язання проблем системного підходу щодо оцінювання експлуатаційних якостей сільськогосподарських тракторів.

Методологічною основою роботи з оцінювання експлуатаційних якостей сільськогосподарських тракторів є Кодекс 2 ОЕСР, що нормує методики їх випробувань. Визначення тягових показників тракторів виконується методом, що регламентований СОУ УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого 71.2-37-046043090-017:2015 із застосуванням вимірювально-реєстраційного комплексу. Під час оцінювання функціональної точності трактора аналізуються, згідно ДСТУ 7463:2013, показники, що визначають тяговий клас трактора, енергетичні можливості і агрегатованість. Для формування наукової проблеми, визначення мети і постановки задач дослідження використовується аналітичний метод та порівняльний аналіз із результатами експериментальних досліджень.

У доповіді наведено результати досліджень, що спрямовані на розвиток методології системного підходу оцінювання експлуатаційних властивостей сільськогосподарських тракторів у напрямку підвищення їх техніко-економічних і агротехнічних властивостей. Запропоновані нові залежності, які базуються на методі парціальних прискорень, оцінювання тягового-енергетичних показників трактора, його керованості та стійкості руху, гальмівних властивостей. Обґрунтована методика оцінювання динамічних властивостей трактора у складі ґрунтообробного агрегату при несталому режимі його руху на гоні. Запропоновані методи є ефективними під час випробувань машин перемінної маси, вимірювальний комплекс може застосовуватись при дослідженні вібраційних процесів сільськогосподарських машин та дослідженні їх стійкості. Одночасно необхідно відзначити недостатню кількість наукових робіт за методологією вимірювання точності функціонування трактора, наприклад під час оцінювання його експлуатаційних якостей. Під час оцінювання функціональної точності трактора за ДСТУ 7463:2013 прийняті показники, що визначають тяговий клас трактора, енергетичні можливості і агрегатованість. У цьому випадку у відповідності з ДСТУ 2860-94 трактор буде функціонально стійким, при якому значення усіх параметрів, що характеризують його спроможність виконувати задані функції, відповідно до вимог нормативної і технічної документації.

Пропонується оцінювати контрольований функціональний параметр x трактора залежністю

$$x = x(S, S_{ik}, \dots, S_{nk}, x_{ik}, \dots, x_{nk}, \Delta q_i, \dots, \Delta q_n), \quad (1)$$

де $S, S_{ik}, \dots, S_{nk}$ – функціональний параметр трактора (тягове зусилля, швидкість руху) та його елементів (двигун, трансмісія, тощо);

$x_{ik}, \dots, x_{nk}$ – відхилення реальних параметрів трактора від номінальних;

$\Delta q_i, \dots, \Delta q_n$ – відхилення реальних параметрів елементів трактора від номінальних.

Беручи за функціональну точність трактора, наприклад при оцінюванні його експлуатаційних якостей, здатність виконувати задані функції з певним ступенем близькості до ідеальної моделі, функціональна похибка трактора за x , x_n поточних і номінальних значеннях функціональних параметрів оцінюється за залежністю $\Delta x = x - x_n$. Трактор під час контролю буде справним, якщо кожен з його функціональних параметрів, що характеризують експлуатаційні якості знаходяться в області працездатності (a,b) $a < x < b$.

Кодекс 2 ОЕСР нормує методологію випробувань сільськогосподарських тракторів щодо оцінювання їх експлуатаційних якостей за номінального технічного стану. Результатами досліджень, що наведені у даній статті, доведено, що відхилення реальних функціональних параметрів від номінальних істотно впливають на експлуатаційні якості трактора. Необхідно виконання наукових досліджень у даному напрямку.

Котова Юлія Миколаївна, студентка, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Якимовський Андрій Станіславович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Коробко Андрій Іванович, д-р техн. наук., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, ak82andrey@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ВИПРОБУВАНЬ

У доповіді запропоновано альтернативний (до показників повторюваності і відтворюваності) спосіб оцінювання співпадіння результатів вимірювань під час виконання процедури забезпечення якості випробувань у лабораторії, що засновано на безпосередньому використанні невизначеності вимірювання.

Методи випробувань реалізуються шляхом вимірювання значень певних параметрів за визначеною методикою і з використанням регламентованих засобів вимірювальної техніки. Безумовно, як методика, так і засоби вимірювальної техніки мають похибки. У зв'язку з цим, результати експериментальних досліджень, що отримані в умовах відтворюваності або повторюваності, будуть різнитись між собою. Це обумовлено впливом випадкової, систематичної і методичної похибок.

Розглядаючи масив значень величин, що отримані різними методами, як незалежні випадкові величини, необхідно визначати ймовірність їх сумісного прояву, враховуючи значення інтервалів у яких може знаходитись дійсне значення вимірюваної величини, що і є критерієм співставності результатів. Таке дослідження є правомірним за умови нормального розподілення випадкових величин.

В якості показника для оцінювання співпадіння результатів вимірювання отриманих різними методами пропонується показник, що визначається відношенням різниці середніх значень ($\Delta\mu$) до спільної невизначеності їх вимірюван-

ня ($U_{y\Sigma}$) з урахуванням застосовного (прийнятого) правила прийняття рішення r

$$k_c = \frac{\Delta y}{U_{y\Sigma}}, \quad (1)$$

де $\Delta y = |\bar{y}_1 - \bar{y}_2|$ – різниця середніх значень масивів даних отриманих різними методами;

$U_{y\Sigma} = r\sqrt{U_{y1}^2 + U_{y2}^2}$ – спільна невизначеність вимірювання досліджуваних показників (з урахуванням правила прийняття рішення r).

Невизначеність вимірювання U_x розраховується з довірчою ймовірністю $P=0,95$, тому межі зміни показника u будуть охоплювати майже всю площу під кривою розподілу.

Полянський Олександр Сергійович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com

Слюсаренко Вячеслав Олександрович, Гладкий Микола Ігорович, студенти групи АПМ-51-23, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com

КОНТРОЛЬ З ДВОРАЗОВОЮ ВИБІРКОЮ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ РЕМОНТУ

Проблема підвищення якості продукції є комплексною, потребує значних зусиль у багатьох сферах людської діяльності. Соціальні та інші заходи щодо підвищення якості зрозумілі всім і успішно проводяться. Дещо складніше йде справа з інженерними методами управління якістю. Для здійснення такого управління необхідно проводити оцінку та прогнозування якості продукції.

Однак відомості про методи оцінки та прогнозування якості недостатньо систематизовані і тому далеко не всі інженери знають ці методи. У роботі зроблено спробу такої систематизації. Поряд з відомими відомостями наводяться деякі нові результати. Тому проблема ймовірнісних методів контролю якості продукції є актуальною. [1].

Метою даної роботи є прогнозування необхідного рівня якості ремонту машин шляхом обґрунтування параметрів продукції за статистичними даними про їх надійність.

На відміну від технічних засобів контролю контролер може помилятися при прийнятті навіть простих рішень і приймати різні рішення в ситуаціях, що повторюються. Тому якість роботи контролера при заданому часі контролю одного виробу можна оцінити лише ймовірнісними характеристиками з використанням теорії ризику [2].

За наявності можливих помилок контролера, рішення про приймання або забракування партії приймається за значенням X' . Тому партія приймається не з ймовірністю $L(q)$, що відповідає істинному значенню q , а з ймовірністю $L(q')$, що відповідає здається значенням q' , яке можна знайти, розмірковуючи так.

Зазвичай процес вибіркового контролю організується так, що всі випадки виявлення нібито бракованої одиниці продукції негайно повідомляються виконавцям (виробникам) та обговорюються ними. В результаті помилки першого роду швидко виявляються і усуваються.

Розглянемо застосування наступних оцінок при ймовірнісному приймальному контролі.

Наступними називають статистичні оцінки, обчислені за результатами контролю кількох партій. При цьому використовують накопичену в результаті контролю інформацію про приймання або брак цих партій. Зазвичай знаходять незміщені оцінки, які у середньому дають точні значення, тобто. математичні очікування випадкової величини Y та її оцінки Y^* рівні. При цьому під оцінкою розуміють деяку функцію, яка залежить від результатів випробування і не залежить явно від самої випадкової величини.

Звичайною метою наступних оцінок є визначення ефективності дії плану контролю та виявлення можливих шляхів його коригування. І тому часто обчислюють оцінки середніх рівнів дефектності: вхідного і вихідного. Середній вхідний рівень дефектності — математичне очікування рівня дефектності у кількох партіях чи потоці продукції, що надходить контролю над певний інтервал часу.

Наступні оцінки середніх вхідного та вихідного рівнів дефектності застосовують не тільки при коригуванні плану контролю, але і при прийнятті рішень про вдосконалення виробничого процесу, при обґрунтуванні заходів щодо економічного стимулювання підвищення якості продукції тощо.

Маючи оцінку вхідного рівня дефектності, можна за оперативною характеристикою плану контролю [3] знайти оцінку ризику постачальника: α :

$$\alpha^* = 1 - L(\bar{q}^*),$$

Де, $L(q)$, - можливість, з якою приймається партія продукції.

Отримана оцінка ризику постачальника показує, наскільки гарантовані інтереси при використанні даного плану контролю продукції. Для прийняття рішення з цього питання проводять техніко-економічний аналіз для встановлення втрат від бракування за значенням ризику. При надто великих втратах перевіряють діяльність служби контролю, знову вивчають можливі шляхи вдосконалення виробничого процесу або приймають рішення про необхідність коригування плану контролю (наприклад, про перехід до ризику споживача $\beta=0,10$ замість $0,05$ або про вибір плану контролю при $c > 0$).

Висновок

1. Встановлено, що мінімальний ризик постачальника можливий під час контролю з дворазовою вибіркою. Застосування цього методу з межами регулювання дозволяє оцінити тенденцію зміни якості та вжити своєчасних заходів недопущення браку.

Література

1. Беляев Ю. К. Вероятностные методы выборочного контроля. — М.: Наука, 1975. — 408 с.
2. Бендерский А. М. Статистическое регулирование технологических процессов методом кумулятивных сумм. — М.: Знание, 1973. — 70 с.
3. Глудкин О. П., Обичкин Ю. Г., Блохин В. Г. Статистические методы в технологии производства радиоэлектронной аппаратуры. — М.: Энергия, 1977. — 296 с.

Полянський Олександр Сергійович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com

Прибилов Денис Дмитрович, Рябисько Владислав Олексійович, студенти групи АПМ-51-23 Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МОДУЛЬНОГО ПРИНЦИПУ БАЗУВАННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ МАШИН

Інноваційна сфера є ядром структурних змін економіки, її характеристики визначають швидкість і якість перетворень, що протікають [1,5]. Процес оновлення техніки та технологій на автомобільному транспорті, як у сфері виробництва, так і у сфері управління виробництвом, за своєю суттю інтегрує всі ресурси – людські, інтелектуальні та матеріальні. Розвиток підприємства відбувається шляхом освоєння різноманітних інновацій на всіх етапах життєвого циклу: проектування, виробництва та експлуатації.

Сучасні машини складаються з великої кількості агрегатів, вузлів та деталей, які мають нерівні та не разові між собою ресурси, які значно відрізняються між собою.

Значний розбіг ресурсів призводить до того, що машина втрачає працездатність через виходу з ладу будь-якої деталі, причому інші елементи машини мають достатній залишковий ресурс [2,3].

Зазначене становище на даний час погіршується у зв'язку із зростанням віку машинно-тракторного парку та зміною технічного стану агрегатів у ширших межах.

Удосконалення технології ремонту агрегатів та вузлів найбільш ефективне, якщо є точна оцінка фактичного технічного стану ремонтного фонду, що надходить у ремонт техніки [2,3,4].

Понад 60% трудомісткості ремонту машин, вузлів та агрегатів становить трудомісткість розбірно-складальних робіт. Тому завдання покращення умов праці робочого місця слюсаря – збирача ремонтного підприємства при ремонті силових агрегатів автомобілів, тракторів, складних самохідних сільськогосподарських машин, що мають розсіювання ваги від 50 до 1800 кг та максимальних габаритних розмірів від 0,6 до 2,5 м є актуальним. Сучасне ремонтне виробництво вимагає розробки обладнання модульного принципу базування, що дозво-

ляє виконувати на одному робочому місці розбірно-складальні роботи до 50 типів.

Одним з ефективних напрямків діяльності ремонтних підприємств є оптимізація кількості та підвищення надійності технологічного обладнання, що є важливою складовою витрат часу на усунення відмов засобів транспорту. При цьому основним напрямком слід вважати створення та впровадження в виробничих процесах ремонту елементів механічних виробництв (ГМП) на основі розробки системи уніфікованого технологічного обладнання [3,4,5].

Під терміном "гнучкі" розуміється можливість швидкого переналагодження обладнання та оснастки з невеликими витратами часу, трудових і матеріальних ресурсів. Гнучким механізованим виробництвам властиві: розрив технологічного потоку в часі, резервування ремонтного фонду та незавершеного виробництва для ритмічного виробництва з максимальним завантаженням обладнання та виробничих площ, сприятливі передумови для широкого застосування бригадної форми організації праці, значне впровадження агрегатного методу ремонту, застосування процесів групової технології та організації ремонту, можливості впровадження, як поперед ремонтної так і між операційного діагностування ремонтованих і обслуговуваних машин та агрегатів, їх контролю, випробування і обкатки.

Під гнучкістю технологічної системи розуміють її здатність швидко перебудовуватися на обробку нових деталей у межах, визначених технічними можливостями обладнання і технологією обробки групи деталей. Високий ступінь гнучкості забезпечує більш повне задоволення вимог замовника, оперативний перехід до випуску нової продукції, збереження дрібносерійного виробництва.

Таким чином, інноваційна діяльність на ремонтному підприємстві є складним і багатоплановим процесом, який включає економічні, технологічні, організаційні, соціальні та екологічні фактори виробництва. Проте, на підприємстві має здійснюватись найефективніше управління інноваційною діяльністю, яке передбачає використання нових технологічних методів ремонту машин.

Висновок:

1. З використанням інновацій у галузі розрахунків запасів запасних частин та впровадження елементів гнучких механізованих виробництв на основі розробки системи уніфікованого технологічного обладнання можливе суттєве підвищення якості продукції та послуг підприємств автомобільного транспорту.

Література

1. Балабанов И.Т. Инновационный менеджмент.—СПб:«Питер», 2001.—304 с.
2. Анилович В.Я., Гринченко А.С. Анализ и пути совершенствования методов оценки надежности машин // Тракторы и сельхозмашины. — 1978. — №9. — С. 25-30.
3. Полянский А.С., Дубинин Е.А., Плетнев В.Н. Повышение точности нормирования запасных частей агрегатов транспорта по технико-экономическим

критериям // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Механізація сільськогосподарського виробництва: Зб. наук. праць, Вип. 59, Т. 2. – Харків, 2007. – С. 227-232.

4. Полянський А.С., Дубинин Е.А., Плетнев В.Н. Пути снижения времени восстановления работоспособности машин и их агрегатов // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Механізація сільськогосподарського виробництва: Зб. наук. праць, Вип. 75, Т. 1. – Харків, 2008. – С. 391-397.

5. Невертій Г.С., Дубініна І.М. Вдосконалення управління інноваційною діяльністю // Економіка транспортного комплексу. Зб. наук. праць. Вип.10 - Харків, 2006. - С. 153-162.

Полянський Олександр Сергійович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com

Лагоденко Павло Ігорович, Литвинов Ілля Олексійович, студенти групи АПМ-51-23, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ АГРЕГАТНОГО РЕМОНТУ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ

Сучасні технології ремонту агрегатів розраховані на повне розбирання всіх деталей. Досвід досліджень показує, що при цьому порушується взаємне розташування пов'язаних поверхонь, погіршуються умови тертя спрацьованих деталей. Удосконалення технології ремонту агрегатів і вузлів є найбільш ефективним, якщо є точна оцінка фактичного технічного стану. Тому технологія ремонту має бути адаптивною до цього технічного стану, з яким агрегати надходять у ремонт. Один з основних методів оцінки технічного стану агрегатів є безрозбірне діагностування за параметрами вібраційних сигналів. [1].

По дефектно - групова маршрутна технологія є закінченим процесом ремонту агрегатів, вузлів і деталей, що передбачає найвигіднішу послідовність виконання окремих операцій з обґрунтованих співвідношень дефектів, що входять до складу маршруту.

Таким чином, підефектно-груповий маршрут ремонту вузла, агрегату розуміють як співвідношення таких дефектів, що визначаються їх природним взаємозв'язком, єдністю технологічного маршруту та економічною доцільністю відновлення працездатності.

Маршрут ремонту агрегату визначається після віброакустичного діагностування при вхідному контролі комплектності та оцінки його вихідного технологічного стану. У тому випадку, коли агрегат за характером дефектів не може бути віднесений до жодного з зазначених маршрутів, ремонт виконується за індивідуальним маршрутом.

Основні недоліки подефектної технології [1,2].

По-перше, дуже складно забезпечити робочий ритм ділянки з ремонту вузлів та деталей. Збереження проводиться у разі їх назвам, а чи не з наявності

дефектів. Тому утруднено планування обсягів та видів ремонтних робіт, МТО, завантаження робочих місць.

Другим недоліком підфектної технології є відсутність збереження запущеної партії вузлів та деталей, що ремонтуються, враховуючи, що деталі та вузли вимагають різних способів усунення дефектів, які укомплектовані на складі партіями залежно від наявних дефектів змінюватимуться у міру їх усунення.

При підфектній технології ремонту правильну послідовність ремонтних операцій можна забезпечити лише по одному дефекту. Тоді коли маємо кілька дефектів, перелік їх впливає як на чергу виконання окремих операцій, а й у вибір способу ремонту. Вибір базових поверхонь може бути передбачено технологією, а залежить від кваліфікації виконавців і виробничих керівників (майстер, технолог, настройщик).

Оскільки у підфектній технології велика роль кваліфікації виконавців у визначенні обсягів робіт при ремонті кількох дефектів, то виконаний ремонт який завжди має витрати трудових і матеріальних ресурсів, а технологія – ресурсозберігальна.

Маршрутна технологія [1,2] відображає важливу для якості та собівартості послідовність виконання операцій ремонту деталей та вузлів за групою дефектів у складі даного маршруту. У ній передбачено ремонт деталей та вузлів усієї партії у суворій послідовності.

На відміну від підфектної технології, послідовність операцій у маршрутній технології не розділена за дефектами, а єдина для всього переліку дефектів. Тому за маршрутної технології немає об'єктивних умов пропуску деталей і вузлів з полумками, чи порушенням послідовності проведення операцій.

Застосування маршрутної технології ремонту деталей та вузлів дозволяє забезпечити економічну доцільність ремонту загалом і з кожному маршруту.

Таким чином, переваги маршрутної технології перед підфектною є явними. Маршрутна технологія та організація на її основі виробничого процесу сприяє скороченню виробничого циклу ремонту, та забезпечує підвищення техніко-економічних показників виробництва.

Спеціалізація робочих місць щодо усунення дефектів або їх з'єднання підвищує рівень оснащення цього робочого місця.

Ремонт агрегатів, вузлів та деталей за запропонованою технологією з оцінкою фактичного технічного стану при вступі в ремонт та оцінка якості ремонту може забезпечити задані замовником ресурси зменшення витрат на запасні частини на 30...40%, зменшення вартості ремонту на 20...30% .

Висновок

1. Обґрунтовано критерії формування технологічно подібних груп обробки деталей. Сформульовано вимоги розробки маршрутної технології усунення дефектів цих технологічно подібних груп.

Література

1. Дорожкин И. И., Елистратов А. П., Кашицын Л. П. Новые методы ремонта деталей машин. Мн., 1980. 120 с.
2. Анилович В.Я., Строков А.П., Полянский А.С. Повышение эксплуатационной надёжности тракторных двигателей. // Техніка в АПК. – 2000. - №11-12. - С. 11-13.

Полянський Олександр Сергійович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com

Гридасов Ярослав Владиславович, Кушнір Петро Сергійович, студенти групи АПМ-51-23, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, khadi.pas@gmail.com

ВПЛИВ РОЗСІЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ТОЧНІСТЬ І СТАБІЛЬНІСТЬ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ

Дослідженням встановлено, що одним з основних методів якості ремонту виробів є забезпечення надійності технологічного процесу, і створення запасу в значеннях параметрів визначальну працездатність виробу.

Отримано зв'язок між технологічними і експлуатаційними параметрами, який має стохастичну природу через розсіювання змісту матеріалу, положення деталі при обробці, жорсткості технологічної системи й інших причин, що визначають точність і стабільність процесу обробки.

Надійність - це властивість виробу, що пов'язане із цілим комплексом його інших властивостей: геометричною точністю, міцністю, зносостійкістю, корозійною стійкістю й іншими показниками опірності виробу різним впливам [1,2]. Ці властивості, у свою чергу, залежать не тільки від конструкції, але й від якості сировини й комплектуючих матеріалів, якості технологічного процесу.

Тому формування такого комплексного показника якості ремонту як надійність є складним, багатоетапним процесом, хід якого залежить від багатьох технічних й організаційних факторів.

Для забезпечення показників надійності необхідно керувати процесом їхнього формування, направлено впливаючи на його окремі етапи й контролюючи хід процесу. При цьому питання керування початковою якістю й надійністю виробу, як властивістю зберігати початкові показники в часі, взаємозалежні й утворюють єдину систему.

Висока початкова якість виробу створює надмірний, запас надійності, оскільки виникають умови для тривалого збереження працездатності виробу. Відповідно ДО ДЕРЖСТАНДАРТУ 15467 «Керування якістю, продукції (виготовлення або ремонту) - це встановлення, забезпечення й підтримка необхідного рівня якості продукції при її розробці, виробництві й експлуатації або споживанні, здійснюване шляхом систематичного контролю якості й цілеспрямованого впливу на умови й фактори, що впливають на якість продукції» [1-3].

Таким чином, керування якістю, стосується всіх етапів створення й використання виробу. Керування якістю ведеться на різних рівнях й у першу чергу на загальнодержавному, коли створюється система заходів щодо забезпечення якості й надійності виробів, що випускають, у масштабі країни й окремих галузей народного господарства. Як і всяка розвинена система керування, вона характеризується безпосередніми впливами для здійснення заданої програми, а також зворотними зв'язками для контролю ходу процесу, забезпечення необхідних показників якості й надійності й внесення, необхідних коректив у цей процес.

Надійність повинна розраховуватися вже на стадії проектування так само, як це робиться для оцінки міцності, деформацій, теплових полів й інших характеристик відповідальних виробів.

Тому щоб робити якісну продукцію потрібно визначити що впливає на її якість [4-5]: 1) Технологічна система і її деформації; 4) Залежність твердості і погрешностей обробки від розмірно-силових факторів; 5) Жорсткість верстатів; 6) Вплив якості заготівель на точність обробки; 7) Вплив маси заготівель і частин верстатів на деформації технологічних систем; 10) Розмірне зношування; 11) Вплив технологічних факторів на розмірне зношування інструмента; 13) Розмірна стійкість

Державна політика у сфері технічного регулювання, до якої належать: стандартизація, метрологія, сертифікація, акредитація та ринковий нагляд - повинна бути зорієнтована, насамперед, на людину з її інтересами, потребами та очікуваннями[2,3] .

Технічна документація повинна містити принаймні такі складові: загальний опис виробу; концептуальний проект та виробничі креслення і схеми елементів, складових блоків, кіл тощо; описи та пояснення, необхідні для розуміння цих креслень і схем та функціонування виробу; перелік застосовуваних гармонізованих стандартів; результати виконаних проектних розрахунків, проведених досліджень; протоколи випробувань. Документація повинна охоплювати питання проектування, виробництва та функціонування продукції у тому ступені, у якому це необхідно для її оцінювання.

Висновок

1. Дослідженням встановлено, що одним з основних методів випуску надійних виробів є забезпечення надійності самого технологічного процесу, і створення запасу в значеннях параметрів визначальну працездатність виробу. Зв'язок між технологічними і експлуатаційними параметрами, має стохастичну природу через розсіювання змісту матеріалу, положення деталі при обробці, жорсткості технологічної системи й інших причин, що визначають точність і стабільність процесу обробки.

Література

1. Технологическая надежность станков. Пож. ред. Проникова А.С. М., "Машиностроение", 1977, 341 с.

2. Кубарев А.И. Надежность в машиностроении. М., Изд. стандартов, 1977.
3. Боженко Л.І. Стандартизація, метрологія, сертифікація та акредитація: Навчальний посібник. – Львів: Афіша, 2006. – 324 с.
4. Точность производства в машиностроении и приборостроении. Под. ред. Гаврилова., "Машиностроение", 1973, 566 с.
5. Шор Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и анализа. "Советское радио", 1962, 552 с.

Абрамов Дмитрій Володимирович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, varan_mail@ukr.net
Солдатенко Ігор Олегович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, iso1770@ukr.net
Анацький Микола Олегович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

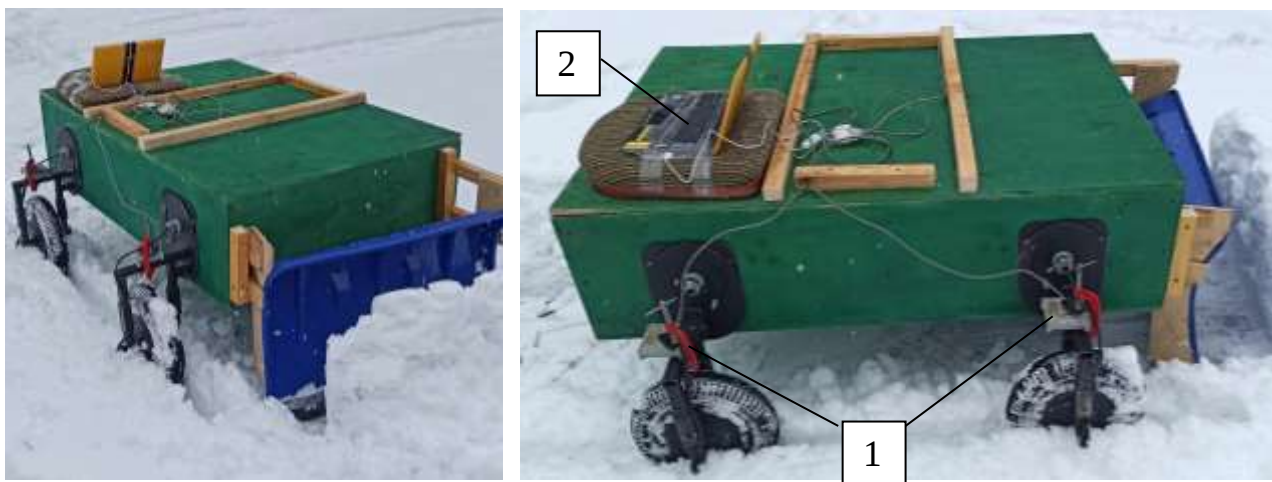
ДИНАМІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ БЕЗПІЛОТНОГО КОЛІСНОГО ВІЗКА, ОБЛАДНАНОГО СНІГОВІДВАЛОМ

Інтенсивний розвиток автономних технологій призводить до того, що вони знаходять все ширше застосування. Зазначені технології впроваджуються у тому числі у сфері обслуговування злітно-посадкових смуг аеродромів, а саме у розробці та застосуванні автономних наземних безекіпажних машин для очищення злітних смуг від снігу. У різних аеропортах Швеції тестуються автономні снігоочисні машини під назвою "Yeti", розроблені компанією Veraasen у співпраці з Semcon [1]. Ці машини можуть працювати в конвої, очищуючи злітно-посадкові смуги від снігу автономно. Вони обладнані GPS, датчиками та системами для безпеки, щоб точно рухатися по заданих траєкторіях. Система, що включає машини "Yeti", дозволяє одночасно очищати великі ділянки смуги, демонструє високий рівень ефективності та безпеки цих машин у реальних умовах роботи аеропорту під час снігопадів. За результатами випробувань "Yeti" продемонстрували здатність суттєво підвищити оперативність очищення злітно-посадкових смуг. Швейцарська компанія **Aebi Schmidt** також працює над автономними електричними снігоочисниками, які також можуть використовуватися на злітно-посадкових смугах. Завдяки застосуванню електроприводу, вони мають низький рівень викидів і здатні працювати автономно. Перевагами застосування автономних або таких, що керуються дистанційно, снігоочисників є те, що вони можуть працювати автономно, без перерв, що дозволяє значно зменшити час, необхідний для очищення злітних смуг, особливо під час інтенсивних снігопадів, знижується ризик для людського персоналу, оскільки керування здійснюється дистанційно або автоматично, збільшується енергоефективність, оперативна реакція на зміну умов, адаптація до різних типів покриття, інтенсивності снігопаду та розміру злітної смуги. Разом з тим такі системи пот-

ребують додаткових витрат на створення інфраструктури їх експлуатації, розробки системи для їх координації із іншими наземними службами, щоб уникнути аварій чи затримок у роботі аеропорту.

У Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті розроблено безпілотний колісний візок (рис. 1), який було обладнано сніговідвалом. Візок керується дистанційно. Проведено динамічні випробування візка в процесі прибирання снігу з асфальтобетонного покриття.

Випробування базувалися на вимірюванні параметрів руху безкіпажного колісного візка, обладнаного сніговідвалом, на горизонтальній ділянці з асфальтобетонним покриттям, що має як прямолінійні ділянки, так і повороти трьома трикоординатними датчиками прискорення.



1 – три координатні датчики прискорення

2 – ноутбук для реєстрації результатів вимірювання

Рис. 1 – Безпілотний колісний візок, обладнаний сніговідвалом, розроблений у ХНАДУ, в процесі динамічних випробувань

Точність вимірювання прискорень в поздовжній, поперечній та вертикальній площинах підвищена за рахунок знімання даних одночасно з двох датчиків прискорення і усереднення отриманих значень (рис.1). За результатами динамічних випробувань отримано графіки зміни поздовжніх лінійних прискорень візка в процесі прибирання снігу (рис. 2).

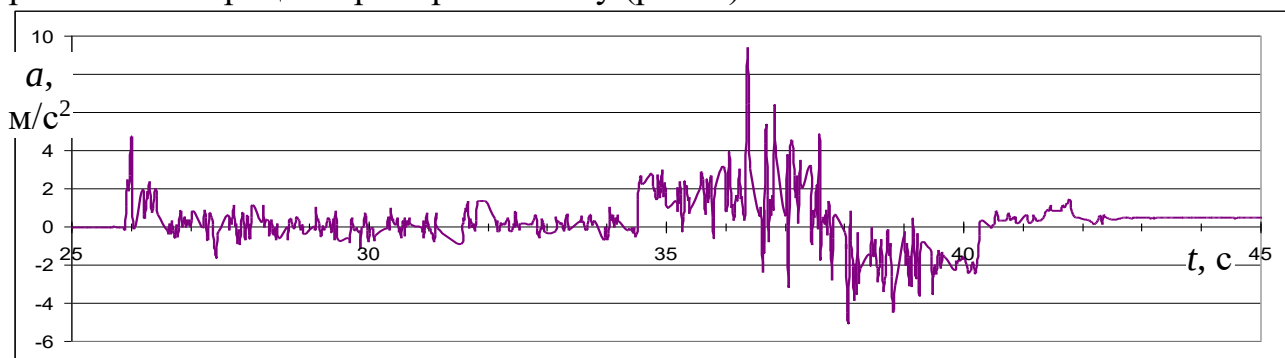


Рис. 2 – Графік зміни поздовжніх лінійних прискорень візка у часі в процесі операції з прибирання снігу

Таким чином, запропонований безпілотний колісний візок, обладнаний сніговідвалом представляє собою передову технологію, яка може суттєво змінити підхід до обслуговування злітно-посадкових смуг і підвищити ефективність роботи аеропортів.

Список використаних джерел

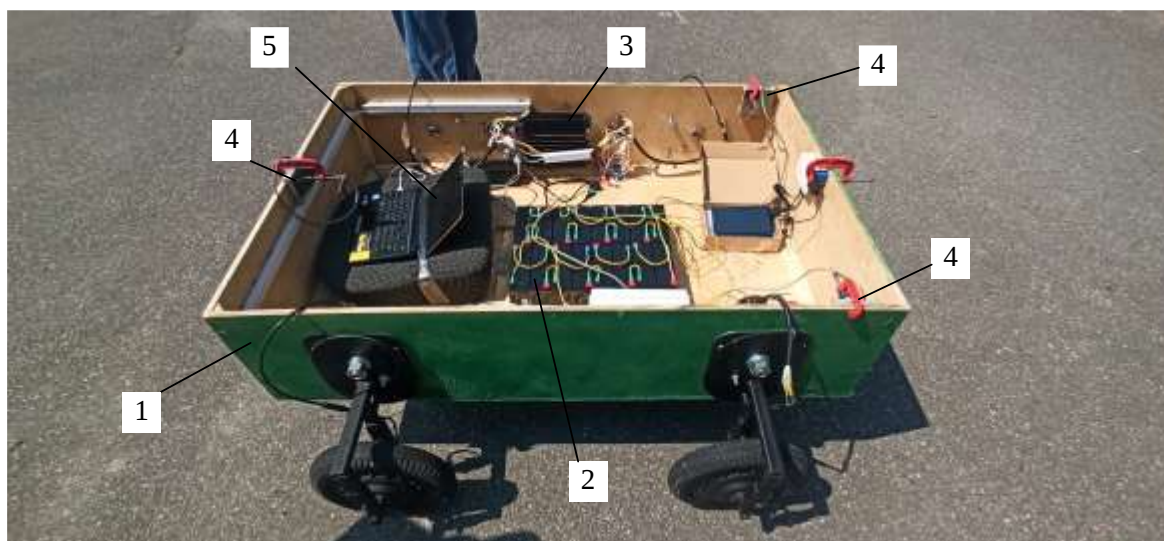
1. [Yeti Move keeps the runways clear of snow with AI and machine learning](https://businessnorway.com/solutions/yeti-move-keeps-the-runways-clear-of-snow-with-ai-and-machine-learning)
<https://businessnorway.com/solutions/yeti-move-keeps-the-runways-clear-of-snow-with-ai-and-machine-learning> Published 20 Mar 2023 (updated 29 Apr 2024)

Подригало Михайло Абович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, rmikhab@gmail.com

Косьмін Денис Сергійович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

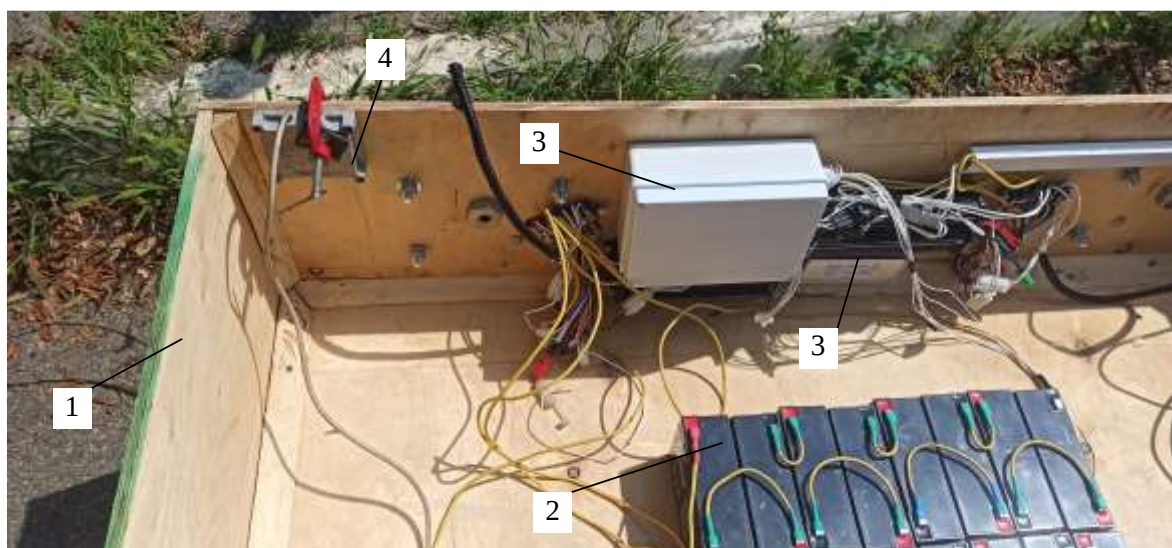
ДОРОЖНІ ВИПРОБУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНОГО БЕЗЕКІПАЖНОГО КОЛІСНОГО ВІЗКА З ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

У Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті розроблено безпілотний колісний візок (рис. 1), який має електричний привід усіх чотирьох коліс. Візок керується дистанційно (рис. 2). Завдяки використанню мотор-колів (рис. 3) візок має повний привід. Здійснення повороту візка в процесі його руху здійснюється за рахунок створення різниці окружних швидкостей коліс правого та лівого борту. Проведено дорожні випробування візка з метою визначення його динамічних характеристик при розгоні та в процесі руху накатом дорогою з асфальтовим покриттям. Випробування базувалися на вимірюванні параметрів руху безекіпажного колісного візка на горизонтальній ділянці дороги з асфальтобетонним покриттям з використанням вимірювального комплексу на базі три координатних датчиків прискорення. Дослідження проводилися в нормальних кліматичних умовах міста Харкова на горизонтальній ділянці дороги з сухим, твердим, чистим і рівним асфальтобетонним покриттям. Поздовжні і поперечні ухили дороги не перевищували 1%. В процесі випробувань для реєстрації динамічних характеристик досліджуваного візка використовувався мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс (МРВК) ВРКВММ 4-001 [1] до якого входять датчики прискорень Freescale Semiconductor моделі MMA7260QT ДЛШ.



1 – корпус візка; 2 – блок акумуляторних батарей; 3 – елементи системи керування та системи живлення привода візка; 4 – три координатні датчики прискорення; 5 – ноутбук для реєстрації результатів вимірювання

Рис. 1 – Безекіпажний колісний візок з електроприводом в процесі дорожніх випробувань



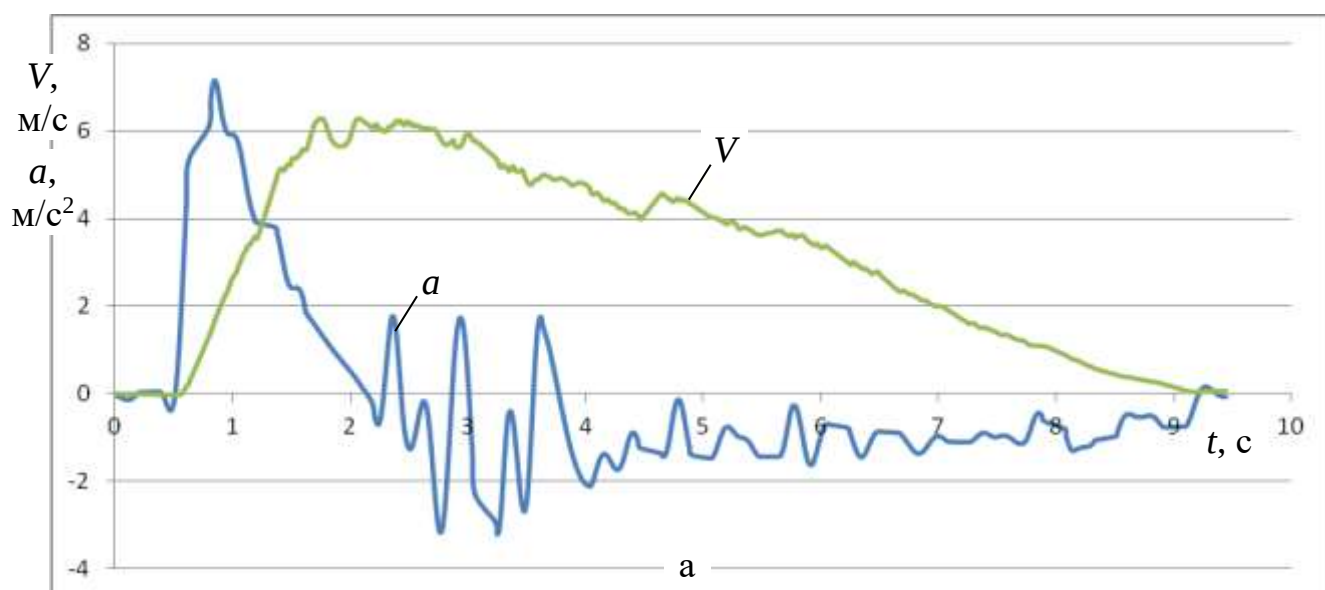
1 – корпус візка; 2 – блок акумуляторних батарей; 3 – елементи системи керування та системи живлення привода візка; 4 – три координатний датчик прискорення

Рис. 2 – Система живлення, блок акумуляторних батарей та система дистанційного керування безекіпажного колісного візка з електроприводом



Рис. 3 – Мотор-колесо безкіпажного колісного візка з електроприводом

Точність вимірювання прискорень в поздовжній, поперечній та вертикальній площинах підвищена за рахунок знімання даних одночасно з двох датчиків прискорення і усереднення отриманих значень (рис.1). За результатами динамічних випробувань отримано графіки зміни поздовжніх лінійних прискорень візка в процесі прискореного руху при розгоні та під час руху накатом (рис. 4).



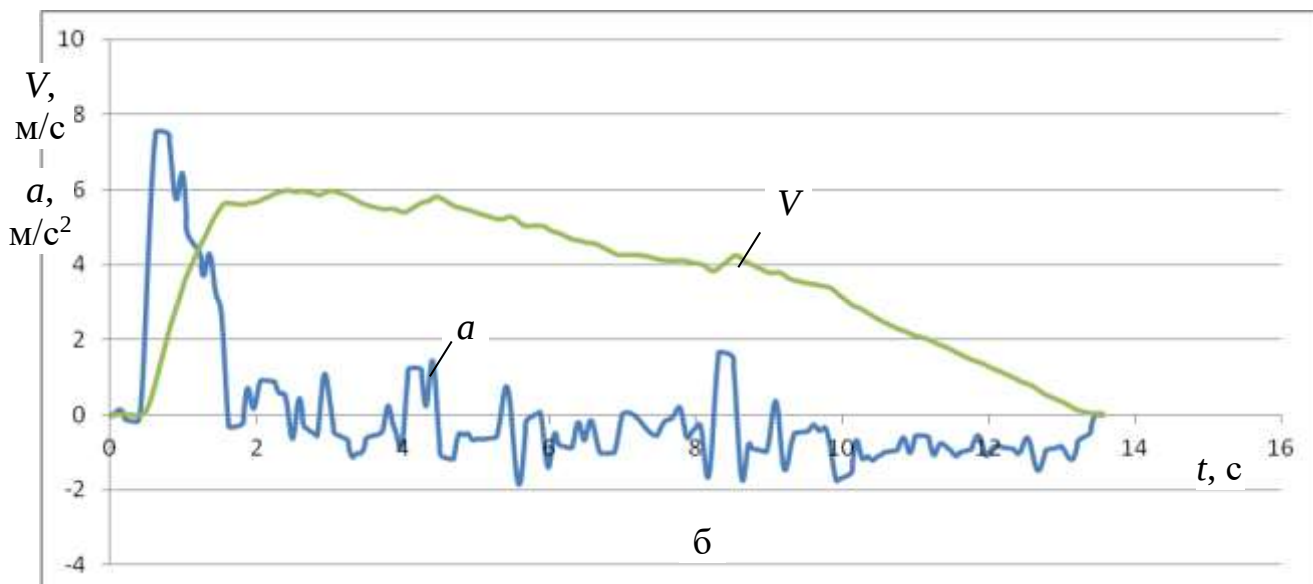


Рис. 4 – Графік зміни поздовжніх лінійних прискорень та поздовжньої лінійної швидкості візка у часі в процесі розгону та руху накатом до повної зупинки: а – заїзд 1; б – заїзд 2

Аналіз графіків, отриманих за результатами випробувань, показав, що максимальне лінійне поздовжнє прискорення безекіпажного візка з електричним приводом склало $7,6 \text{ м/с}^2$, а максимальне сповільнення в процесі руху накатом $2,8 \text{ м/с}^2$ у першому заїзді та $2,0 \text{ м/с}^2$ у другому. Таким чином, запропонований безпілотний колісний візок з електричним приводом усіх коліс представляє собою передову технологію, яка може суттєво змінити підхід до транспортування малогабаритних вантажів.

Список використаних джерел

1. Коробко А. Підвищення точності вимірювання параметрів руху автомобіля у процесі динамічних випробувань / М. Подригало, А. Коробко, Д. Клец, О. Назарько, В. Гацько // Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал. – 2010. – № 3. – С. 49 - 52.

Дубінін Євген Олександрович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, dubin-in-rmn@ukr.net

Антонов Микола Олександрович, студент групи ТПТ-31-22, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Луговий Дмитро Валентинович, студент групи ТПТ-31-22, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ АВТОРЕМОНТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Одним з ефективних напрямів діяльності авторемонтних підприємств є оптимізація кількості та підвищення надійності технологічного обладнання, що

виражається не тільки в їх кількості та наявності під час проведення технологічних операцій, а й у витратах часу на усунення відмов засобів транспорту. При цьому основним напрямом слід вважати створення та впровадження у виробничих процесах елементів гнучких механізованих виробництв (ГМП) на основі розробки системи уніфікованого технологічного обладнання, насамперед, розбирально-складального. Під терміном "гнучкі" розуміється можливість швидкої переналагодження з невеликими витратами часу, трудових та матеріальних ресурсів.

Огляд літератури показав, що в даний час розбирання та збирання двигунів, коробок передач, редукторів та інших агрегатів засобів транспорту зручно проводити на стендах-кантувачах [1, 2]. Ці стенди є складовими елементами ГМП і дозволяють без великих витрат переналагодити при ремонті агрегатів різних модифікацій. Найбільш ефективним є застосування стендів у складі комплексного робочого місця, з необхідним у кожному конкретному випадку комплектом інструментів і пристосувань, які також можуть бути, залежно від умов виробництва, механізованими, гідрофікованими і так далі.

Тому напрямок щодо впровадження нових підходів до підвищення надійності технологічного обладнання та забезпечення якості продукції та зниження витрат у авторемонтному виробництві є актуальним.

Гнучким механізованим виробництвам властиві: розрив технологічного потоку в часі, резервування ремонтного фонду та незавершеного виробництва для ритмічного виробництва з максимальним завантаженням обладнання та виробничих площ, сприятливі передумови для широкого застосування бригадної форми організації праці, значне впровадження агрегатного методу ремонту, застосування процесів групової технології та організації ремонту, можливості впровадження як передремонтного так і міжопераційного діагностування машин і агрегатів, що ремонтуються та обслуговуються, їх контролю, випробування та обкатки.

Під гнучкістю технологічної системи розуміють її здатність швидко перебудовуватися на обробку нових деталей у межах, що визначаються технічними можливостями обладнання та технологією обробки групи деталей. Високий рівень гнучкості забезпечує більш повне задоволення вимог замовника, оперативний перехід до випуску нової продукції, збереження дрібносерійного виробництва. Гнучке автоматизоване (механізоване) виробництво повинне мати такі основні ознаки [2]:

- гнучкість стану системи, тобто здатність добре функціонувати за різних змін;
- гнучкість системи групування, тобто можливість розширення сімейства оброблюваних деталей;
- гнучкість технології, що визначає здатність системи враховувати зміни у складі виконання технологічних операцій;
- організаційна гнучкість виробництва, що полягає в можливості простого і негайного переходу на обробку будь-якої з освоєних системою деталей.

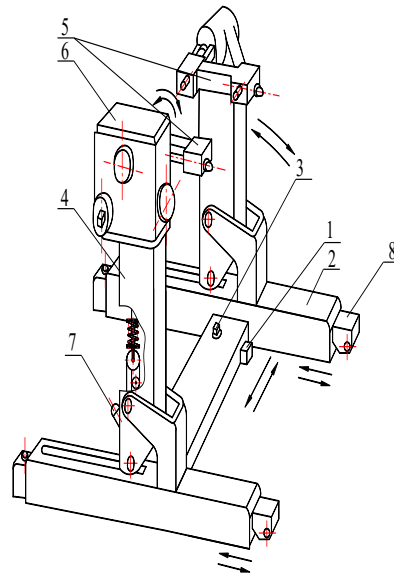
З вищеперелічених ознаках можна назвати основні вимоги до технологічного устаткування сучасного авторемонтного виробництва (з прикладу разборочно-сборочного). Обладнання повинно мати: універсальність та блочність; здатність швидко та з мінімальними витратами праці перебудовуватися під нові види продукції; здатність надійно закріплювати деталі при виконанні технологічних операцій; високий рівень надійності та ремонтпридатності; високий рівень ергономіки та безпеки в експлуатації; низьку вартість експлуатації.

На основі проведеного аналізу запропоновано концепцію гнучкого механізованого виробництва із застосуванням системи уніфікованого обладнання, що переналагоджується, побудованого за блочно-модульним принципом. З урахуванням ергономічних вимог, розроблений стенд-кантувальник (рис. 1), оснащений пристроями, що компенсують, які забезпечують зменшення сил, що діють на рухомі частини стенду, підвищуючи надійність його роботи [3].

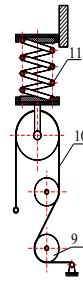
Стенд-кантувальник працює наступним чином. Перед початком роботи, вставивши в отвір упору 1 важіль, обертають навколо осі в крайнє положення. При цьому упор спирається на настил підлоги, піднімаючи одну з поздовжніх балок 2. Обертанням за допомогою рукоятки або гайковерта черв'яка 3 зсувають або розсувають праву і ліву поздовжні балки 2 зі стійками 4. Встановивши певну відстань між затискними площинами траверс 5, фіксують це положення. Повертають описаним вище прийомом упор 1 вихідне положення. Стенд-кантувач стійко спирається поздовжніми балками 2 на підлогу. Закріплене на траверсах 5 виріб повертають навколо осі за допомогою приводу 6. Обертанням приводного валу 7 рух передається на стійки 4, які опускаються вниз на необхідну висоту. Одночасно з цим висуваються опори 8 і приводяться в дію компенсуючі пристрої. Через те, що при нахилі стійок центр ваги виробу зміщується, висувні опори оберігають стенд від перекидання. Після проведення операцій розбирання-складання стійки 4 повертаються у вихідне положення. При опусканні виробу, закріпленого в стенді, нижні частини стійок 4 переміщуються вліво. Разом з ними переміщуються зірочки 9. Довжини горизонтальних частин ланцюгів 10 змінюються у бік збільшення за рахунок розтягування пружин 11. Сили пружності пружин спрямовані в протилежний бік силам, що виникають від дії ваги виробу і частково компенсують їх.

Встановлюється і закріплюється об'єкт, що ремонтується, на стенді за допомогою захоплюючого органу, що виконує роль базуючого модуля і змінюється в залежності від конструктивних особливостей виробу.

Розроблено вимоги до сучасного технологічного (розбірно-складального) обладнання авторемонтних виробництв. Для підвищення ефективності ремонтних робіт запропонований стенд-кантувальник, оснащений компенсуючими пристроями, які забезпечують зменшення сил, що діють на рухомі частини стенду, підвищуючи надійність його роботи.



а



б

а – стенд-кантувальник; б – компенсуючий пристрій
Рис.1 – Перспективне розбирально-складальне обладнання авторемонтних підприємств (принципова схема)

Список літератури

1. Полянський А.С., Дубінін Є.А., Плетньов В.М. Шляхи зниження часу відновлення працездатності машин та їх агрегатів // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Механізація сільськогосподарського виробництва: Зб. наук. праць, Вип. 75, Т. 1. - Харків, 2008. - С. 391-397.
2. Ямпільський Л.С., Банашак З. Автоматизація проектування та управління у гнучкому виробництві. – Київ: Техніка 1989, Варшава – Науково-технічне видавництво, – 1989. – 214с.
3. Стенд-кантувальник: Пат. 53383 Україна, МПК В23Р 19/02 Полянський О.С., Дубінін Є.О., Задорожня В.В. (Україна); ХНАДУ. - №201002482; Заявл. 05.03.10; Опубл. 11.10.10, Бюл. №19. - 4 с.

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
III ВСЕУКРАЇНСЬКОГО НАУКОВО-ПРАКТИЧНОГО
ОНЛАЙН-СЕМІНАРУ

«ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ
МАШИНОБУДІВНИХ ТА РЕМОНТНИХ ПІДПРИЄМСТВ»

29 травня 2024 р., м. Харків

Відповідальний за випуск *Д.В. Абрамов*

Авторська редакція

Коректор *Є.О. Дубінін*

Комп'ютерна верстка *Є.О. Дубінін*