Коефіцієнт тертя μ, як показують експерименти, проведені різними дослідниками, залежить від співвідношення діаметрів каната і барабана, типу каната, тиску P, швидкості навивання та інших факторів.

Література

1. Фідровська Н.М. Циліндрична оболонка при вісі несиметричному тиску. Науковий вісник будівництва. Харків. ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2008.- Вип.47.-с.151-155.

2. Фідровська Н.М. Канатні барабани / Н.Н.Фідровська .- Монографія. - Харків, «НІМІ». -2012.-195с.

СТРУКТУРА АДАПТАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ ЩОДО ПРИСТОСУВАННЯ ЗЕМЛЕРИЙНО-ТРАНСПОРТНОЇ МАШИНИ ДО УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Шевченко Валерій Олександрович, канд. техн. наук, доцент каф. БДМ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: valeru03102016@gmail/com, ORCID: 0000-0001-8707-1837

Землерийно-транспортні машини (ЗТМ) один з головних машин будівництва лінійних (автодороги) та зосереджених (притрасові будівлі, мости, естакади та ін.) об’єктів. До складу ЗТМ відносять розпушувачі, бульдозери, скрепери, автогрейдери, грейдер-елеватори. Деякі автори пропонують додати до ЗТМ одноковшеві фронтальні навантажувачі. Всі перелічені машини поєднують наступні конструктивні особливості:

- рушійні зусилля формуються завдяки енергетичному потоку у ланцюзі «двигун – трансмісія – ходове обладнання» та прикладаються у зоні контакту рушіїв і опорної поверхні;
- сили робочого опору діють на робочий орган і через металеву конструкцією робочого обладнання та силові елементи приводу управління чинять вплив на несучу металеву конструкцію базової машини і далі, через неї, впливають на ходове обладнання.

Головною метою проектування та експлуатація ЗТМ є забезпечення як найкращих показників ефективності відповідних машин. Аналіз системи проектування та експлуатації ЗТМ показав, що між цими двома сферами існує конфлікт. З одного боку, алгоритм проектування базується на наступних принципах [1]:

1. У розрахунках використовується типовий ґрунт (розроблюване середовище) з усередненими характеристиками.
2. Розрахунки виконуються для одного основного типу робочого обладнання.
3. Проектування виконується на підставі методу розрахункових положень.
4. Розрахунки виконуються для типової робочої операції.

5. Розглядається тільки один спосіб виконання робочої операції

6. Якісний аналіз динамічної системи не виконується.

З іншого боку, під час експлуатації ЗТМ домінуючими є наступні експлуатаційні характеристики:

1. Змінні параметри оброблюваного середовища.
2. Змінні характеристики опорної поверхні.
3. Змінні типи виконуваних технологічних операцій.
4. Змінні способи виконання технологічної операції.

Наявність цього конфлікту призводить до наступного: відбувається зміна режиму навантаження ЗТМ $P(t) \to \mathrm{var}$; змінюються напрями векторів діючих рушійних зусиль та сил опору $\vec{P}_i \to \mathrm{var}$; змінюються максимальні та мінімальні рівні діючих навантажень $\max P_i(t) \to \mathrm{var}$, $\min P_i(t) \to \mathrm{var}$; нарешті, можуть змінюватись координати головних векторів робочих зусиль $x_{Pi}, y_{Pi}, z_{Pi} \to \mathrm{var}$. Така зміна характеру навантаження може привести до погіршення показників ефективності ЗТМ, зокрема продуктивності, показників надійності машини, енергоємності та показників якості виконуваної технологічної операції та ін.

Для вирішення означеної проблеми можна запропонувати проектувати та виготовляти ЗТМ, які мають змогу адаптуватися до змінних умов експлуатації.

Огляд науково-технічної інформації доводить, що існують окремі дослідження, присвячені проблемам адаптації ЗТМ. Однак, слід відсутність узагальненої методики щодо пристосування машин до змінних умов експлуатації.

Метою аналітичних досліджень є розробка загальної структури адаптаційних заходів, які дозволяють пристосувати ЗТМ до умов експлуатації.

На підставі огляду сучасних методів адаптації технічних об’єктів дуже умовно можна виділити два основних підходи:

- якщо адаптація об’єкта або технічної системи виконується на підставі одного або декількох контролюємих параметрів, пропонується використовувати пошукову схему, яка передбачає послідовне приближення об’єкту до оптимального динамічного стану;

- якщо технічний об’єкт являє собою складну комбінацію окремих систем, механізмів та елементів, автори пропонують використовувати адаптаційну модель, яка базується на порівнянні еталонної моделі (математичної моделі) функціонування технічного об’єкту з його поточною моделлю функціонування, параметри якої визначаються дією оточуючого середовища.

Оскільки ЗТМ є складною технічною системою, було запропоновано використовувати другий підхід, коли на першому етапі необхідно розробити еталонну математичну модель фукціонування ЗТМ під час виконання технологічної операції у вигляді системи диференційних рівнянь $\dot{x} = f(x,u,t)$, де x, u, f – вектори з компонентами x_i, u_i, f_i відповідно; $x(t)$ – фазовий вектор (вектор динамічних станів) у момент часу t; $u(t)$ – вектор керування. Останні два вектори є елементами відповідних множин G_x та G_u. На другому етапі, після порівняння еталонної моделі та поточної моделі функціонування технічного об’єкту, варіювати параметри самої технічної системи.

Системний аналіз особливостей функціонування типових ЗТМ під час виконання різноманітних технологічних операцій дозволив розробити структурну багатокрокову схему процесу адаптації ЗТМ (рис. 1). Процес адаптації передбачає виконання наступних кроків:

- обґрунтування та розробку критеріїв адаптації $I_m(x, u)$;
- проведення технологічної адаптації, яка полягає в тому, що на машині встановлюється необхідне робоче обладнання з попередньо розрахованими геометричними розмірами. В якості цього може бути використане змінне робоче обладнання, універсальне робоче обладнання або розміщення на машині декількох робочих органів:
- адаптацію робочого устаткування та систем і механізмів базової машини до діючих навантажень.

Рисунок 1 – Структурна схема процесу адаптації ЗТМ

Більш детальний аналіз останнього етапу дозволив визначити вимоги до аналітичних моделей пропонуємої множини адаптаційних заходів. Аналіз експериментальних даних дозволяє стверджувати, що на обрання заходів щодо адаптації ЗТМ до умов експлуатації найбільше впливають чотири чинники [1]:

- вид виконуваної технологічної операції;
- спосіб виконання технологічної операції;
- параметри розроблюваного середовища;
- параметри опірної поверхні.

Що стосується виду виконуваної технологічної операції, адаптація до цього чинника полягає у виконанні відповідних оптимізаційних розрахунків, проектуванні, виготовленні та подальшому використанні відповідного робочого обладнання (другий крок структурної схеми). Інші три чинника можуть бути як попередньо відомі так і невідомі. В залежності від цього змінюється вигляд узагальнених аналітичних залежностей, які дозволяють обрати заходи адаптації. Завдяки проведеному аналізу було визначено три основних варіанти.

Перший варіант відповідає ситуації, коли значення усіх чотирьох чинників відомі до початку виконання технологічної операції. В цьому випадку треба оптимізувати загальний критерій $I(x)$, який є вектор-функцією декількох функцій мети або критеріїв адаптації (1). Критерії адаптації у своїй більшості є інтегральними функціями, залежать від фазових координат технічної системи.

$$\begin{cases} I(x) = \left[I_1(x), I_2(x), \ldots, I_n(x) \right] \to opt, \\ \dot{x} = f(x,t), \\ x(t) \in G_x. \end{cases} \tag{1}$$

Такий варіант адаптації передбачає проведення налаштування машини за допомогою штатних засобів регулювання, які вже встановлені на ЗТМ, перед виконанням технологічної операції. Для вирішення цієї проблеми достатньо використати методи теорії багатокритеріальної оптимізації.

Другий варіант передбачає оптимізацію загального критерій за рахунок визначення функцій управління як самою ЗТМ, так і окремими її елементами. Для цього в аналітичні залежності введена вектор-функція керування $u(t)$ (2).

$$\begin{cases} I(x,u) = \left[I_1(x,u), I_2(x,u), \ldots, I_n(x,u) \right] \to opt, \\ \dot{x} = f(x,u,t), \\ x(t) \in G_x, u(t) \in G_u. \end{cases} \tag{2}$$

Передбачається, що завдяки цьому варіанту адаптації протягом всього часу виконання технологічної операції відбуваються керовані зміни параметрів самої машини та її робочого обладнання. Вирішити питання адаптації в цьому варіанті можливо за рахунок використання методів варіаційного зчислення та теорії оптимального керування.

Третій варіант передбачає, що параметри розроблюваного середовища та опірної поверхні мають випадковий характер та характеризуються випадковою вектор функцією ε (3). Згідно початковим умовам, оптимізувати загальний критерій можна за рахунок визначення функцій управління при наявності випадкових явищ. Ця проблема може бути вирішена методами класичної теорії адаптації

$$\begin{cases} I(x,u) = \left[I_1(x,u), I_2(x,u), \ldots, I_n(x,u) \right] \to opt, \\ \dot{x} = f(x,u,\varepsilon,t), \\ x(t) \in G_x, u(t) \in G_u. \end{cases} \tag{3}$$

Підводячи підсумки можна стверджувати, що пропонована методика адаптації ЗТМ до умов експлуатації є багатокроковою і в залежності від умов оптимізації загального критерію повинна використовувати відмінні аналітичні залежності.

Література

1. Valery Shevchenko. Adaptation of earth-moving machines to external loading conditions / Valery Shevchenko // The eighth international triennial conference. HEAVY MACHINERY HM 2014. PROCEEDINGS. - Kraljevo – Serbia: Faculty of mechanical and civil engineering Kraljevo university of Kragujevac. – 2014. – P. 17 2. https:://www.researchgate.net/ publication/ 342088164_ Adaptation_of_earth-moving_machines_to_external_loading_conditions

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВОДИ ТА ВОДЯНОЇ ПАРИ НА ГРАНИЧНОЇ ЛІНІЇ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ

Шубенко Олександр Леонідович, д.т.н., чл.-кор. НАН України, головний наук. співр., Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України,
e-mail: shuben@ipmach.kharkov.ua, ORCID: 0000-0001-9014-1357
Голощапов Володимир Миколайович, канд. техн. наук., ст. наук. співр., Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України,
e-mail: goloshchapov36@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2075-5326
Котульська Ольга Валеріївна, пров. інженер, Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України;
e-mail: kot2017ov@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5902-9313

Управління режимами роботи турбін великої потужності, які мають досить багато теплообмінних пристроїв з переходом робочого тіла з одного агрегатного стану в інший і виділенням великої кількості теплоти, потребує засобу швидкого визначення характеристик режиму роботи при зміні навантаження енергоблоку в процесі експлуатації. Найбільш повно характеристики робочого середовища «вода-водяна пара» представлені в таблицях термодинамічних властивостей [1]. Однак під час експлуатації теплотехнічного устаткування доцільно мати аналітичні залежності параметрів фазового переходу робочого середовища при роботі на різних режимах. Для вирішення цього завдання відомі випадки створення спрощених рівнянь для властивостей насиченої пари, точність яких невелика [2], або складних програмних комплексів для розрахунків проточних частин парових турбін [3].

Мета цього дослідження – отримати аналітичні залежності, що описують взаємозв’язок параметрів робочого середовища при фазових переходах з урахуванням необхідної для практичних цілей точності.

При побудові таблиць термодинамічних властивостей води і водяної пари [1] використовується рівняння, що описує тиск на лінії насичення як функцію наведеної температури у вигляді експоненційної залежності, що включає суму одинадцяти членів. Такий підхід є незручним для оперативного визначення зв’язку параметрів фазового переходу в умовах експлуатації теплоенергетичного обладнання.