

таний в установці з перероблення шламу, що також приведе до підвищення ПЕБО.

Наведені результати і розрахунки підтверджують, що підвищення ступеня очищення стічних вод з одночасним переробленням шламів водоочищення, приведе до підвищення показника екологічної безпеки об'єкта на 5-7 балів.

Література

1. Статистичний зб. "Довкілля України". – К., 2006. – С. 48-138.
2. Регіональна доповідь "Про стан навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області за 2007 р.", Івано-Франківськ, 2008. – 178.
3. Проектирование тонкослойных отстойников / М.В. Демура. – К. : Вид-во "Будівельник", 1981-52 с.
4. Гидравлика : учебн. пособ. [для вузов] / Е.З. Рабинович. – М. : Изд-во "Недра", 1980. – 278 с.
5. Механика жидкости / Д. Дейли, Д. Харлеман. – М. : Изд-во "Енергия", 1971. – 324 с.
6. Сапаров А. Ультразвукові засоби енергоощадливості та охорони водного басейну / А. Сапаров, О. Гашенко, І. Тихонова, І. Єфремов // І-ий Міжнародний конгрес. Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. – Львів 28-29 травня 2009. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка" 2009. – С. 51-52.
7. Челядин Л.І. Дослідження попередньої очистки стічних вод НПЗ / Челядин Л.І., Дрогомирецький Я.М., Челядин В.Л. // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – № 1. – С. 62-64.
8. Челядин Л.І. Дослідження очистки пластових вод від сульфідних сполук / Челядин Л.І. // Розвідка і розроблення нафтових і газових родовищ, 2001. – Т.3, № 8. – С. 142-145.
9. Тонкошаровий відстійник для очистки вод Пат. (Україна) № 5740, В 01D25/00 / Челядин Л.І., Лігоцький М.В., Челядин В.Л., Ружицький Б.Й. (Україна). Опубл. 15.03.05. Бюл. № 3, 2005. – 3 с.
10. Челядин Л.І. Чинники і ризики забруднення довкілля та їх вплив на показник екологічної безпеки об'єкта / Челядин Л.І., Григорчак Л.І., Челядин В.Л. // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2009. – № 1. – С. 45-50.

УДК 630.*36(100)

Асист. Н.В. Шевченко – НЛТУ України, м. Львів

МЕТОДИКА ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ДВИГУНА ТА МЕХАНІЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ ЛІСОВОЗНОГО АВТОМОБІЛЯ

Наведено методику, яку можна рекомендувати для розв'язування задач багатокритеріальної багатопараметричної оптимізації, що виникають на різних рівнях дослідження лісовозних автомобілів з метою покращення їхніх тягово-швидкісних властивостей та підвищення паливної економічності.

Assist. N.V. Shevchenko – NUFWT of Ukraine, L'viv

Method of choice of optimum parameters of engine and mechanical transmission of wood-transport car

In the article the resulted method, which can be recommended for untiiing of tasks of optimization with many parameters and criteria, that arise up on the different levels of research of wood-transport cars with the purpose of improvement of them hauling-speed properties and increase of fuel economy.

Паливна економічність і швидкісні властивості лісовозного автомобіля залежать від правильного вибору параметрів двигуна і трансмісії. Якщо за кри-

терії оцінки оптимальності такого вибору прийняти витрати пального та час розгону до заданої швидкості, а за параметри – ті величини, які мають вплив на динамічні властивості та паливну економічність лісовозного автопотяга, то матимемо задачу багатокритеріальної багатопараметричної оптимізації.

У роботі наведено методику, яку можна рекомендувати для розв'язування задач багатокритеріальної багатопараметричної оптимізації, що виникають на різних ієрархічних рівнях дослідження лісовозних автомобілів з метою покращення показників оцінки їх якості.

Щоб дослідити вплив параметрів двигуна та трансмісії автомобіля з колісною формулою 6×6 на динамічність та паливну економічність лісового автопотяга, розроблено розрахункову і математичну моделі та відповідну комп'ютерну програму "6AnPer6×6-Vmax" [1] у середовищі Delphi. Програма дає змогу моделювати поступальний рух автопотяга, що рухається зі змінною швидкістю з моменту зрушення з місця, з урахуванням процесу вмикання зчеплення та перемикавання передач під час розгону до заданої швидкості $V = 60$ км/год.

За основні параметри автопотяга, які варто оптимізувати, приймемо теоретичну максимальну швидкість руху V_{max} , питому потужність N_{num} , номінальну частоту обертання вала двигуна n_N і вантажність автопотяга m_Q .

Оскільки V_{max} та номінальна частота n_N пов'язані з передатним числом трансмісії, то вони істотно впливають на динамічні властивості та паливну економічність автопотяга як на режимах розгону на передачах, так і під час усталеного руху.

Зрозуміло, що вантажність автопотяга m_Q залежить від маси причепа m_{np} і його вантажності m_{Q2} . На підставі аналізу низки двохосьових лісовозних розпусків отримано залежність $m_{np} = 0,32 m_{Q2}^{0,986}$. Тоді за оптимальним рейсовим навантаженням m_Q і заданою вантажністю автомобіля m_{Q1} можна обчислити відповідну масу розпуска і його вантажність

$$m_{Q2} = m_Q - m_{Q1}.$$

Оптимізуючи N_{num} та m_Q , легко обчислити оптимальне N_{emax} для заданої маси m і вантажності m_{Q1} автомобіля-тягача.

Отже, задачею оптимізації є знаходження оптимальних значень параметрів автопотяга – V_{max} , n_N , m_Q , N_{num} , m_{np} та m_{Q2} . За критерії оптимізації доцільно прийняти час розгону t_{pozg} автопотяга з місця до швидкості $V=60$ км/год, середню витрату пального за час розгону $G_{сер}$ у л/100 км та питому витрату пального на одиницю виконаної транспортної роботи g_{mp} у л/т·км.

Далі розглядаємо задачу трикритеріальної чотирипараметричної оптимізації. Позначимо через $P=(p_1, \dots, p_4)=(V_{max}, N_{num}, n_N, m_Q)$ множину чотирьох параметрів, які оптимізуємо. Математична модель дає змогу за множиною параметрів P обчислювати показники властивостей автопотяга.

Для розв'язування задачі оптимізації виберемо критерії оптимізації, а саме, деякі функціонали $K_1=G_{сер}(P)$, $K_2=g_{mp}(P)$ та $K_3=t_{pozg}(P)$. За результатами роботи програми "6AnPer6×6-Vmax", яка моделює поступальний рух автопотяга, апроксимовано залежності витрати пального $G_{сер}$, питомої витрати

пального на одиницю виконаної транспортної роботи g_{mp} та часу розгону t_{pozg} як функцій трьох аргументів – V_{max} , N_{num} , n_N і знайдено відповідні коефіцієнти апроксимації.

Критерії оптимізації вибираємо так, щоб їх меншим значенням відповідали високі техніко-експлуатаційні властивості автопотяга. Тоді розглядаємо задачу сукупної мінімізації вектора критеріїв $K(P)$:

$$\min K(P), \quad (1)$$

де $K(P) = (K_1, K_2, K_3)$.

На значення оптимізованих параметрів накладаються параметричні обмеження. Вкажемо параметричні обмеження для нашої задачі, тобто беручи до уваги реальні межі, запишемо вектори

$$p'_i \leq p_i \leq p''_i, \quad i=1, \dots, 4, \quad (2)$$

де $p' = (V_{max1}, N_{num\ min}, n_{N\ min}, m_{Qmin})$, $p'' = (V_{max2}, N_{num\ max}, n_{N\ max}, m_{Qmax})$, а саме:
 $p' = (70, 6.5, 2300, 11000)$; $p'' = (80, 7.5, 2800, 15000)$.

Параметричні обмеження виділяють у просторі параметрів паралелепіпед у вигляді множини Π . На критерії $K(P)$ також накладаються критеріальні обмеження:

$$K(P) \leq K'_k, \quad (3)$$

де K'_k – допустимі значення критеріїв, що характеризують рівень вимог до об'єкту оптимізації. Для нашої задачі критеріальні обмеження, тобто числа, які відповідають граничним значенням прийнятих критеріїв, вибирали в процесі діалогу з ЕОМ, які дорівнюють $G_{серmax} = 69$ л/100км, $t_{pozgmax} = 90$ с та $g_{mp} = 0,03$ л/т·км. Параметричні (2) та критеріальні (3) обмеження визначають область допустимих значень оптимізованих параметрів D , в якій здійснюється пошук оптимального варіанту (рис. 1, а, б).

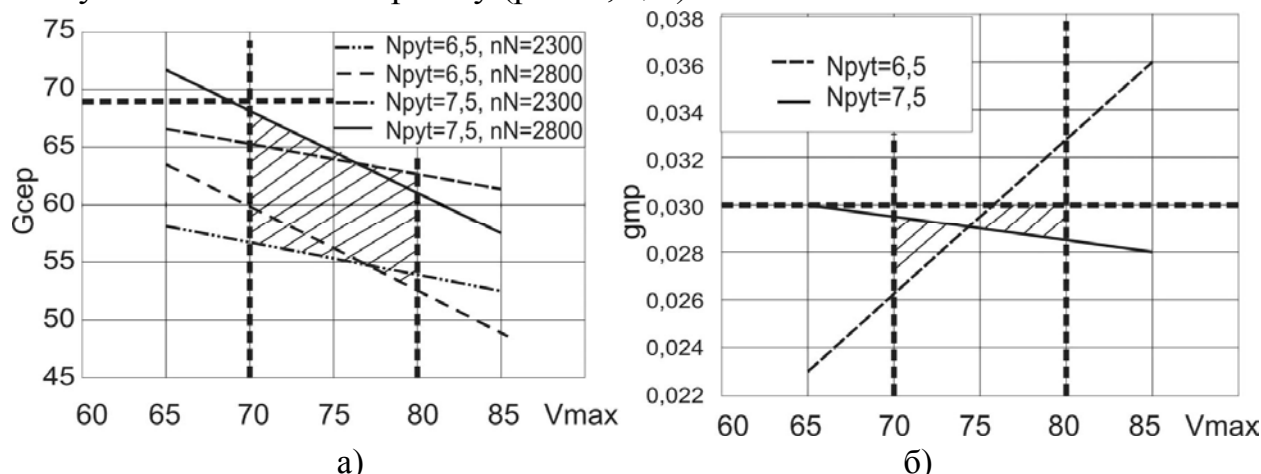


Рис. 1. Підмножини множини допустимих точок D (заштриховані області) з урахуванням параметричних та критеріальних обмежень

Нижче наведено блок-схему алгоритму оптимізаційного розрахунку (рис. 2), що містить діалог людини з комп'ютером, для вибору оптимальних параметрів двигуна і трансмісії лісовозного автомобіля.

В алгоритмі використано метод Соболя-Статнікова [2]. За N пробних точок $P_1, \dots, P_N$, рівномірно розташованих у множині допустимих значень оптимізованих параметрів, тобто $P_i = (V_{maxi}, N_{numi}, n_{Ni}, m_{Qi})$, $i=1 \dots N$, вибираються

точки так званої ЛП- τ -послідовності $Q_0, Q_1, \dots$, які є найбільш рівномірно розподіленими серед усіх відомих на даний час послідовностей. За декартовими координатами точок $Q_i = (q_{i,1}, q_{i,2}, \dots, q_{i,n})$ обчислюються декартові координати точок $P^{(i)} = (p_1^{(i)}, \dots, p_4^{(i)})$



Рис. 2. Схема алгоритму багатопараметричної багатокритеріальної оптимізації

$$p_j^{(i)} = p_j' + (p_j'' - p_j') q_{i,j}, \quad (j=1, \dots, 4),$$

де p_j' , p_j'' – нижня та верхня межі зміни кожного із оптимізованих параметрів, 4 – кількість оптимізованих параметрів. Координати $q_{i,j}$ обчислювали таким чином:

$$q_{ij} = \sum_{k=1}^n 2^{-k+1} \left\{ \frac{1}{2} \sum_{l=k}^c [2\{i2^{-l}\}] [2\{r_j^l 2^{k-1-l}\}] \right\},$$

де $c = I + \lfloor \ln i / \ln 2 \rfloor$.

Тут i – порядковий номер точки III - τ -послідовності, $r_j^{(i)}$ – так звані чисельники напрямних чисел, які беруться з таблиці чисельників [2]. В останніх двох формулах $[z]$ – ціла частина, $\{z\}$ – дробова частина чисел z , які обчислюються у вказаних дужках. Зауважимо, що кількість пробних точок наперед обмежена і вибирається рівною 2^w , де $w < 20$ відповідає першому w стовпцям цієї таблиці. Ми провели 1024 випробувань, тобто 2^{10} . Кількість оптимізованих параметрів відповідає кількості рядків, які беруться з таблиці, у нашому випадку – це чотири рядки.

У кожній із вибраних за таким алгоритмом точці P_i множини Π визначаються значення всіх критеріїв і для кожного з них складаються таблиці досліджень, в яких значення критеріїв розташовані в порядку зростання кожного з них. Цей етап виконує комп'ютер без втручання людини.

Далі, на підставі результатів моделювання процесів розгону, вибирають критеріальні обмеження для кожного критерію. Наступним кроком є перевірка непустоти множини D . Варто брати до уваги, що ми знаходимо не одну, а кілька точок так званої множини Парето, кожна з яких можна тією чи іншою мірою вважати оптимальним розв'язком задачі. Допустимі межі зміни кожного із оптимізованих параметрів вказувалися так, щоб відмінність їх від параметрів серійного автомобіля не перевищувала 20 %-30 %.

Після виконання випробувань знайдено 10 точок, які задовольняють параметричні та критеріальні обмеження. Однак зведена таблиця найкращих точок, знайдених за трьома критеріями, не дає нам однозначної відповіді на вибір оптимального варіанту. Робити оптимальний вибір у такій ситуації допомагають досвід та інші таблиці, в яких значення критеріїв посортовані за зростанням і які будуються для кожного з критеріїв оптимізації та дають можливість повніше оцінити множину найкращих (оптимальних) допустимих точок. Вибір найкращого варіанту виконували серед усіх десяти точок за мінімумом згортки критеріїв $G_{сер}, g_{mp}, t_{pozg}$, побудованої за адитивним принципом (принципом справедливої уступки)

$$\min \Phi = \sum_{k=1}^3 \frac{\lambda_k \cdot K_k(P)}{\max K_k(P)},$$

де: λ_k – ваговий коефіцієнт критеріїв (пріоритет), $\max K_k(P)$ – нормовані множники для зведення критеріїв $K_k(P)$ до безрозмірного вигляду (максимальні значення кожного з критеріїв на знайденій множині паретівських точок).

Оскільки для автомобілів з великою вантажністю важливішими є паливно-економічні показники ніж час розгону, пріоритет було надано критеріям g_{mp} та $G_{сер}$. Отже, вагові коефіцієнти критеріїв бралися такими: $\lambda_1 = 0,4$, $\lambda_2 = 0,5$ та $\lambda_3 = 0,1$. Результати задачі мінімізації згортки критеріїв $G_{сер}, g_{mp}$ та t_{pozg} подано у таблиці. З неї видно, що точка з номером 8 є найкращою, бо згортка критеріїв у ній має найменше значення. Координати цієї точки і є оптимальними параметрами: $V_{max} = 70,07$ км/год, $N_{num} = 7,383$ кВт/т, $n_N = 2352$ об/хв., $m_Q = 14746$ кг.

Табл. Результати задачі мінімізації згортки критеріїв $G_{сер}$, g_{mp} та $t_{розг}$

i	g_{mp}	$G_{сер}$	$t_{розг}$	Φ
5	0,0292	64,580	88,70	0,977
8	0,0290	64,589	89,16	0,975
6	0,0294	66,028	87,13	0,988
2	0,0295	67,301	86,05	0,996
9	0,0293	67,108	87,24	0,993
3	0,0290	66,096	89,28	0,984
1	0,0293	65,329	89,89	0,985
4	0,0293	66,028	87,38	0,986
7	0,0293	66,322	88,83	0,990
10	0,0292	66,385	87,85	0,987

У процесі числових експериментів було встановлено, що параметричні обмеження мають значний вплив на результати оптимізації. Наприклад, розширення V_{max2} з 80 км/год до 90 км/год призводить до зменшення кількості оптимальних точок. Однак мінімум згортки критеріїв відповідає все ж найвужчому діапазону з $V_{max1}=70$ км/год до $V_{max2}=80$ км/год. Збільшивши V_{max2} з 80 км/год до 85 км/год, отримаємо менші значення критеріїв $G_{сер}$ та g_{mp} , але зросте час розгону (майже на 7 %). Тому обґрунтований вибір критеріальних обмежень не можливий без попереднього дослідження системи, у нашому випадку, без аналізу попередніх розрахунків основної програми поступального руху авто потяга.

Отже, цей алгоритм розв'язування конкретної оптимізаційної багатокритеріальної задачі підтверджує те, що не варто прагнути до повної автоматизації процесу вибору оптимальних параметрів. Тому найбільш раціональні алгоритми, що містять діалог людини з обчислювальною машиною.

Підсумовуючи викладений матеріал, можна рекомендувати наступну методику виконання оптимізації конструктивних параметрів лісовозного автомобіля:

- 1) сформулювати задачу оптимізації у вигляді (1)-(3), для чого потрібно на основі складеної математичної моделі об'єкта проектування визначити аналітичні вирази функціоналів $K_k(P)$;
- 2) задати початкові значення параметричних і критеріальних обмежень.
- 3) розрахувати критерії $K_k(P)$. Якщо їхні значення задовольняють обмеженням (2) і (3), то запам'ятовуються номери точок і значення в них критеріїв. У протилежному випадку точки відкидаються.
- 4) після розрахунку критеріїв у всіх N точках, виділити паретівську множину розв'язків P_p , яка подається у вигляді таблиць точок, впорядкованих за зростанням кожного з критеріїв.
- 5) проаналізувати отриману множину паретівських точок і знайти найбільш вдалий варіант розв'язку, в якому спостерігаються найменші значення критеріїв чи їх компромісне поєднання. Якщо розв'язок прийнятний, то процес оптимізації завершується, в іншому випадку він повторюється з пункту 3.

Використання цієї методики дасть змогу реалізувати багатокритеріальну оптимізацію й отримати надійні технічні розв'язки у формі, зручній для аналізу. Це допомогло б удосконалити наявні лісовозні автомобілі підвище-

ної прохідності з покращеними тягово-швидкісними властивостями та підвищеною паливною економічністю.

Література

1. Білик Б.В., Шевченко Н.В., Аналіз впливу передатних чисел трансмісії на процес розгону і паливну економічність тривісного автомобіля // Динаміка, надійність і довговічність механічних і біомеханічних систем та елементів їх конструкцій : матер. міжнар. наук. конф., 2-5 вересня 2008 р. – Севастополь, 2008. – С. 117-122.

2. Соболев М.М. Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. – М. : Изд-во "Наука", 1981.

*УДК 666.973.6 Доц. Г.Я. Шевчук, канд. техн. наук; ст. викл. О.В. Омельчук;
студ. Г.В. Думич – НУ "Львівська політехніка"*

АЛЬТЕРНАТИВНІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

Наведено результати отримання вологостійкого автоклавованого ніздрюватого бетону з покращеними експлуатаційними характеристиками для ефективного використання в житловому та промисловому будівництві.

*Assoc. prof. G.Ya. Shevchuk; senior lecturer O.V. Omelchuk;
stud. G.V. Dumych – NU "Lvivska Politekhnik"*

Difference heatinsulation materials for outward fencion construction buildings

The information about receiving moisture-durable nostriling concrete with better exploitation references for effective use of house and industrial building.

Постановка проблеми. Щороку актуальність проблеми енергозбереження в будівництві не зменшується. Її вирішення здебільшого зосереджено на підвищенні теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій, незважаючи на те, що тепловтрати через них за базового рівня теплового опору не перевищують 28-30 %. Не вирішуючи проблему загалом, нормативне підвищення рівня теплозахисних властивостей зовнішніх стін у три і більше разів привело до зведення стін із внутрішнім чи зовнішнім розміщенням малотеплопровідних утеплювачів із пінополістирольних чи мінераловатних плит. Це означає, що теплозахисні властивості зовнішніх стін поступово знижуються, а тепловтрати через них збільшуються, що недостатньо враховують під час проектування [1, 2].

Розподіл теплового опору зовнішніх стін на обов'язкове і рекомендоване відкриває великі можливості залучення в будівництво традиційних будівельних матеріалів, спрощення і підвищення надійності огорожувальних конструкцій, зниження їхньої вартості. Порівняно невисокі тепловтрати через зовнішні стіни та мінімально потрібний тепловий опір, з умов безпеки для життя і здоров'я людей, дає змогу зводити стіни з легких бетонів на пористих заповнювачах і пористого бетону [3, 4]. Особливо важливо, з огляду на комфортні умови проживання, розширювати використання для влаштування зовнішніх огорожувальних конструкцій стін, блоків з автоклавних ніздрюватих бетонів із високою точністю геометричних розмірів.