

На етапі *фазифікації вхідних параметрів* відбувається процес знаходження функції приналежності нечітких множин на основі звичайних початкових даних. Крім того, встановлюється відповідність між чисельним значенням вхідної змінної системи нечіткого висновку і значенням функції приналежності відповідною їй лінгвістичною змінною.

Метою етапу *агрегації* є визначення ступеня істинності кожного з підвисновків по кожному із правил систем нечіткого висновку. Далі це приводить до однієї нечіткої множини, яка буде призначена кожній вихідній змінній для кожного правила. Нечіткі підмножини, призначені для кожної вихідної змінної, об'єднуються разом, щоб сформувати одну нечітку підмножину для кожної змінної. На етапі *дефазифікації* отримані результати всіх вихідних змінних перетворюються у звичайні кількісні значення кожної з вихідних змінних.

Проте для створення моделі з використанням теорії нечіткої логіки важливо знати про кожний із параметрів, особливо на етапі фазифікації вхідних параметрів, що утворюють систему “транспортний потік – дорога”, їх будову та функціональні зв'язки між собою.

Для визначення наведених показників використовуємо метод системного аналізу, який дозволяє представити досліджувану систему в системних об'єктах та визначити: основні та часткові параметри досліджуваної системи (інтенсивність, склад транспортного потоку; дорожні умови); структуру, будову та відношення між елементами системи та закономірності функціонування системи.

Для оцінки результатів, отриманих при побудові моделі управління ризиками з використанням теорії нечітких множин, доцільно використовувати метод аналізу ієрархій. Основа даного методу – це декомпозиція проблеми на більш прості складові частини та їх подальша обробка на кожному ієрархічному рівні за допомогою парних порівнянь. В результаті може бути знайдений відносний ступінь (інтенсивність) взаємодії елементів на розглянутому ієрархічному рівні або перевага одних елементів відносно інших на основі порівняльної кількісної оцінки.

Висновок. Основні ризики проектів розвитку транспортних систем ідентифіковані як соціальні та екологічні. Найбільш вагомими з них – це викиди шкідливих речовин, шумове забруднення та ДТП, що веде до забруднення навколишнього середовища і погіршення здоров'я та комфортності життя населення. Розроблена структура методики та моделі управління ризиками системи “транспортний потік – дорога” з використанням теорії нечітких множин та методу системного аналізу дозволить оцінювати та управляти існуючими ризиками, а також рекомендувати заходи щодо запобігання можливості їх виникнення.

Література

1. *Гутаревич Ю.Ф., Матейчик В.П., Мерзисєвська Л.П.* Характеристика автомобільного транспорту як штучного джерела забруднення атмосфери України // Вісник НТУ і ТАУ. – 2000. - № 4. – С.66-70.
2. *Руководство к Своду знаний по управлению проектами.* (Руководство РМВОК) .— 3-е изд. - Project Management Institute, Four Campus Boulevard, PA 19073-3299 USA, 2004. – 388 с.
3. *Ніколайчук М.В.* Ідентифікація ризиків. Київський Національний Економічний Університет ім.В.Гетьмана, м.Київ.
4. *Жирабок А.Н.* Нечеткие множества и их использование для принятия решений <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/1178.html>

УДК 621.774

РОЗВИТОК ПРИНЦИПІВ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ХОЛОДНОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ

Нахайчук О.В., доктор технічних наук
Посвятенко Е.К., доктор технічних наук

Стан проблеми. Визначення завдань та мети дослідження.

Нова галузь технічних наук, що отримала назву «інженерія поверхні деталей машин», була започаткована в останні десятиліття минулого сторіччя у кількох промислово розвинутих

держав, тоді ж набула стрімкого розвитку, а на сьогодні є системою чітко вибудованих ефективних технологій, що включають понад 200 способів отримання поверхні та поверхневих шарів деталей з потрібними експлуатаційними властивостями [1–4 та ін.]. Реалізуються ці технології за трьома основними напрямками: нанесення покриттів; модифікування поверхневого шару деталі; поєднання різнорідних способів з метою досягнення нового технічного ефекту.

Холодне пластичне деформування (ХПД) серед способів модифікування поверхневого шару має ряд суттєвих особливостей і переваг, які полягають в наступному. Процес здійснюється при звичайних температурах, завдяки чому деталь не зазнає термічної дії. Для реалізації ХПД використовується серійне обладнання: верстати, преси, волочильні стани тощо. На відміну від інших способів модифікування, цей процес може бути формоутворювальним, тобто заготовка може отримувати нові потрібні розміри [4–6].

Сучасні технології ХПД характеризуються процесами формоутворення заготовок, в яких реалізується течія матеріалів зі складною реологією в умовах складного навантаження. Тому їх розробка, вивчення та вдосконалення неможливі без застосування як традиційних теорій пластичності і обробки металів тиском, розрахунково-експериментальних методів, так і створення нових підходів для вирішення різних прикладних задач.

Принципово нові технологічні процеси, в основу яких покладені методи ХПД, супроводжуються руйнуванням металу в процесі його обробки, втратою стійкості заготовок, зростанням зерен металу після термообробки, критичною пористістю, що виникає в процесі формоутворення порошкових матеріалів та ін.

Перераховані проблеми можуть бути розв'язані за допомогою феноменологічної теорії деформування, що є по суті новим розділом прикладної теорії пластичності.

Застосування теорії деформування для вирішення технологічних задач дозволяє дати відповідь не тільки на питання визначення умов граничного формоутворення. Оцінка пластичності матеріалу заготовки важлива також в тих випадках, коли після ХПД застосовується термообробка, оскільки властивості матеріалу після термообробки залежать від ступеня використання запасу пластичності, одержаного на попередніх операціях, оскільки відомо, що існують критичні значення, перевищення яких приводить до різкого погіршення механічних властивостей матеріалу.

Ще одна задача полягає в оцінці залишкової пластичності у різних геометричних площинах деталі. Це необхідно для з'ясування можливості реалізації наступної операції, пов'язаної з пластичним деформуванням, а також отриманням виробів з необхідними фізико-механічними характеристиками.

Для оцінки деформівності заготовок і забезпечення сприятливої технологічної спадковості необхідно вивчити історію деформування матеріальних частинок заготовок у небезпечній області, тобто визначити тензорні поля напружень σ_{ij} і деформацій ε_{ij} як функції координат і часу. При вирішенні цих задач для технологічних процесів, що супроводжуються складним навантаженням і немонотонним деформуванням, виникають проблеми надійного розрахунку компонент девіатора напружень (S_{ij}). В цих умовах відомі фізичні рівняння не можуть у достатній мірі описати зв'язок S_{ij} і ε_{ij} . Тому, на думку авторів, варто застосовувати моделі Г. Бакхауза, що враховують ефект Баушингера. Тоді, крім іншого, виникає можливість врахувати постулат ізотропії О. А. Ільюшина і ввести поправки, які зменшують ступінь розбіжності векторів напружень і швидкостей деформацій.

Враховуючи вищевикладене, **метою даної роботи** визначена розробка загальних підходів до дослідження процесів ХПД, які характеризуються формоутворенням заготовок в умовах складного навантаження, немонотонного деформування і, в деяких випадках, близькостю до руйнування матеріалу в найбільш небезпечних областях.

Результати дослідження.

Аналіз механіки формоутворення виробів в умовах складних процесів ХПД (рис. 1) показує, що при створенні високих технологій існує проблема браку наукових знань та методів у галузі розрахунків та проектування технологічних процесів обробки металів тиском, а також визначення граничних можливостей формоутворення заготовок в умовах об'ємного напруженого стану, близьких до вичерпання ресурсу пластичності [7–13]. Це, в свою чергу, викликає необхідність створення основ теорії деформівності заготовок складного профілю в умовах граничного формоутворення, яка, зокрема, може надати можливість проведення оцінок

вірогідності руйнування в найбільш небезпечних областях деформування та отримання виробів із заданими характеристиками пластичності [14].

Оскільки дослідження даних процесів потребує врахування багатьох факторів (табл. 1), важливо вибрати найбільш впливовий на якість показник. Таким, на наш погляд, може бути використаний ресурс пластичності ψ , який на кожний технологічний процес покладає відповідні обмеження (рис. 2), наприклад, стосовно процесу отримання внутрішнього шлицьового профілю – ступінь обтиску за один прохід; при реалізації процесу обкочування пари поршень-шатун – поздовжня подача ролика та ін.

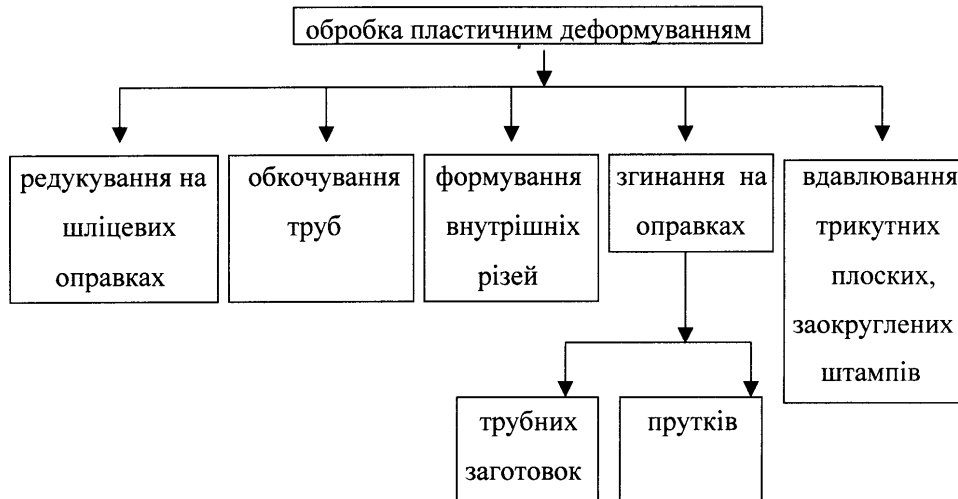


Рис. 1. Досліджувані процеси

Виходячи з викладеного, практичне значення має виконання експериментально-теоретичних досліджень по встановленню залежностей впливу основних технологічних факторів кожного процесу на величину ψ . Це дає можливість вибирати оптимальну схему деформування та за рахунок раціональної побудови технологічних операцій прогнозувати отримання виробів з необхідними характеристиками.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика процесів

Процес	Традиційне виконання	Нові технології	Переваги	
Нанесення внутрішнього шлицьового профілю на трубній заготовці	Деформуюче-різальне протягування	Обтиск на жорсткій оправці	Можливість керування фізико-механічними характеристиками, підвищення продуктивності	Економія металу, підвищення міцності, зменшення шорсткості, зниження енерговитрат
Формоутворення внутрішньої різьби	Різання, розкочування	Видавлювання різьбоутворюючими пластинами		Підвищення статичної втомної міцності, стабільність розмірів
Згинання труб та прутків на оправках	У гарячому стані	У холодному стані на жорстких оправках		Відсутність складного обладнання, зниження енерговитрат, екологічна безпека
Обкочування пари поршень-шатун	Обкочування роликками труб	Отримання потрібного складного профілю		Підвищення характеристик міцності

Така постановка завдань викликає необхідність не тільки розробки фізико-математичних моделей для розрахунків НДС, силових характеристик, досліджень стійкості заготовок, а і застосування існуючих критеріїв руйнування та створення нових, які б у повній мірі враховували вплив визначальних, на наш погляд, факторів: інваріантів тензора напружень на ресурс пластичності в небезпечних областях деформування, немонотонність навантаження та нелінійність накопичення пошкоджень. Для дослідних процесів практичний інтерес становлять

оцінки параметрів анізотропії пластичності, залишкової пластичності при формуванні заготовок. При цьому необхідно використовувати тензорні моделі про накопичення пошкоджень в деформованому металі. Можливим є також проведення оцінок впливу термообробки на відновлення запасу пластичності в найбільш небезпечних, з позицій руйнування, областях [15].

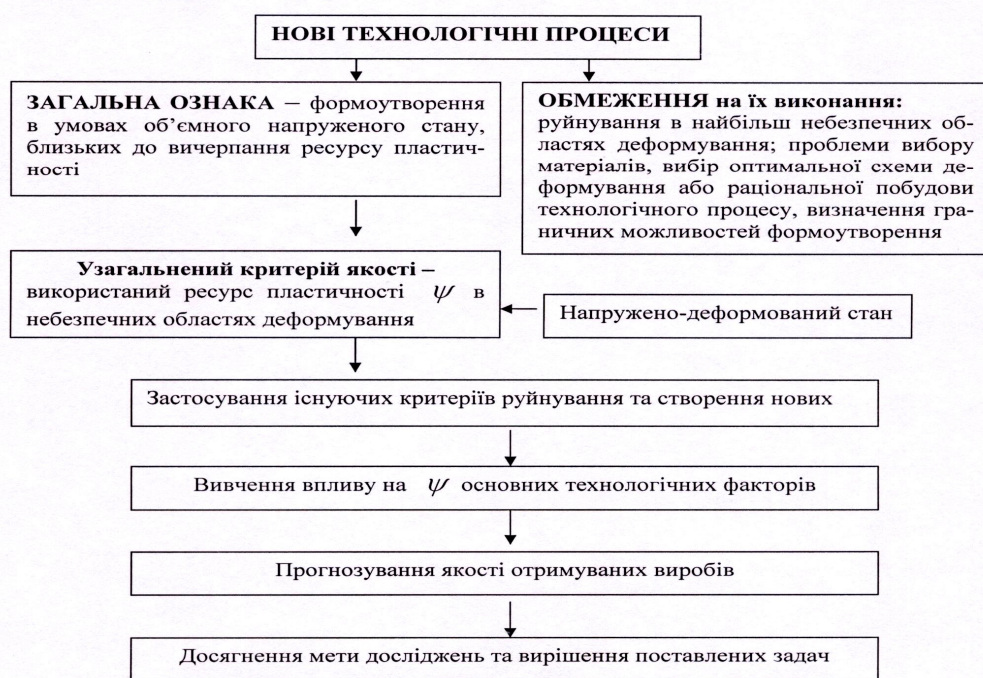


Рис. 2. Наукові підходи до вирішення поставлених завдань

Таким чином, розробка та застосування критеріїв руйнування надає можливості всебічного вивчення умов деформування заготовок та закономірностей накопичення пошкоджень, які приводять до руйнування в найбільш небезпечних областях, їх залежностей від схеми напруженого стану та історії навантаження. Отже, проведення досліджень в цьому напрямку має практичне значення для оптимізації та вдосконалення дослідних процесів.

Викладені наукові положення дозволили розробити науково обґрунтовані комплексні підходи до вирішення технологічних задач із застосуванням феноменологічної теорії деформування та розрахунково-експериментальних методів: сумісного рішення рівнянь рівноваги і умов пластичності, ліній ковзання, подільних сіток, визначення НДС за розподілом твердості, кінцевих елементів [16].

Рекомендується наступний алгоритм для вивчення процесів холодного об'ємного штампування заготовок, що деформуються в умовах складного навантаження та немонотонного деформування.

1. Проведення поетапних експериментальних досліджень із виконанням розрізів заготовок в різних напрямках. При цьому застосування методу визначення НДС за розподілом твердості дає можливість вивчення полів інтенсивності напружень і деформацій (дана інформація може бути використана для розрахунків НДС на різних стадіях формоутворення заготовок), а методу подільних сіток – для поетапного вивчення накопиченої інтенсивності деформації і отримання інформації про реальну кінематику течії металу.

2. Розробка методик розрахунків НДС на різних стадіях формоутворення заготовок дослідних процесів з урахуванням зміцнення матеріалів у процесі пластичного деформування.

3. Знаходження характеристик технологічного паспорту матеріалу (параметрів кривих течій, діаграм пластичності, кривих Баушингера). Під технологічними функціями властивостей матеріалів приймаються експериментально одержані діаграми пластичності і криві течії, які враховують пластичність при різних показниках напруженого стану і зміцнення матеріалів. Апроксимації даних функцій можуть бути використані в розрахунках. Характеристиками технологічного паспорту матеріалів є: для кривих течій – коефіцієнти A і n , де A – напруження текучості при деформації, рівній “1”, n – критична деформація при максимальному навантаженні

на кривій розтягу. Зв'язок між значеннями інтенсивності напружень – інтенсивності деформацій може бути виражений залежністю $\sigma_u = Ae_u^n$. Для діаграми пластичності – значення граничних деформацій при стисненні $e_{p(\eta=-1)}$, крученні $e_{p(\eta=0)}$, розтягу зразків $e_{p(\eta=1)}$, методика визначення яких приведена в роботі [17].

Одним з проявів деформаційної анізотропії металів при їх пластичному деформуванні є ефект Баушингера. Експериментальні дані [18] свідчать про залежність параметра, що характеризує ефект Баушингера, від виду напруженого стану, який реалізується при реверсивній пластичній деформації. Методики оцінки даного ефекту для різних видів напруженого стану, а також умов немонотонного пластичного деформування приведені в роботі [19].

4. Визначення небезпечних областей деформування заготовок з використанням різних показників напруженого стану (небезпечною областю вважається та, в якій показники напруженого стану набувають максимальних значень з урахуванням знаку). У технологічній практиці широке застосування знайшли феноменологічні теорії, в основі яких лежить гіпотеза про залежність пластичності від історії навантаження. Характеристиками напруженого стану можуть бути показники, що дозволяють досліджувати траєкторії навантаження не в просторі тензора напружень, а в просторі його інваріантів. Має практичний інтерес оцінка можливості застосування діаграм пластичності, побудованих в умовах плоского або лінійного напружених станів для оцінки деформування металів, деформованих в умовах об'ємного напруженого стану. Вирішення такої задачі пов'язане з труднощами, які виникають при проведенні спеціальних експериментальних досліджень в камерах високого тиску. В наших дослідженнях показано, що залежність пластичності від схеми напруженого стану можна характеризувати двома показниками напруженого стану, а також обґрунтовано, що при об'ємному напруженому стані необхідно враховувати вплив на пластичність третього інваріанта тензора напружень [17, 20]. Вказані підходи припускають поетапне визначення в небезпечній області деформування значень накопиченого ступеня деформації і показників напруженого стану.

5. Побудова шляху деформування небезпечної області в координатах: ступінь деформації e_u – показник напруженого стану η з подальшою її апроксимацією.

6. Визначення на стадіях формоутворення заготовок використаного ресурсу пластичності по критеріях руйнування із застосуванням отриманих раніше характеристик технологічного паспорта матеріалу і траєкторії шляху деформування небезпечної області. В роботах [16–21] обґрунтовується застосування критеріїв, в основу яких покладений тензорний апарат накопичення пошкоджень, при цьому враховується їх спрямованість та історія деформування небезпечних областей.

7. Встановлення аналітичних залежностей між значеннями використаних ресурсів пластичності і основними параметрами технологічних процесів, формою інструменту.

8. Вивчення можливості максимального збереження пластичності в небезпечній області. Рекомендується застосування двох підходів:

– вибір матеріалів з високими значеннями граничних деформацій – при цьому слід враховувати, що нові матеріали можуть мати великі показники зміцнення в процесі ХПД у порівнянні з традиційними, що може привести до зростання зусиль і навантажень на інструмент; таким чином, для кожного конкретного випадку необхідне проведення економічних розрахунків;

– використання встановлених аналітичних залежностей Ψ від основних параметрів технологічного процесу і форми інструменту для зміни напрямку шляху деформування у від'ємну область показників напруженого стану (в координатах $e_u - \eta$).

Висновки та перспективи дослідження.

Створення нових та удосконалення відомих технологічних процесів на основі ХПД потребує розробок розрахункових методик, за допомогою яких стає можливим ще на стадії проектування процесів визначати ресурс пластичності матеріалів, а також прогнозувати технологічну спадковість заготовок без проведення трудомістких експериментальних досліджень.

Визначені напрямки вирішення технологічних задач, що включають застосування феноменологічної теорії деформування у поєднанні з розрахунково-експериментальними методами і характеристиками технологічного паспорту матеріалу.

Отримані залежності граничних характеристик формоутворення заготовок від технологічних факторів дають можливість удосконалювати досліджувані процеси та визначати рекомендації щодо їх раціональної побудови.

При дослідженні технологічних процесів, коли формоутворення заготовок відбувається в

умовах об'ємного напруженого стану і складного навантаження, необхідно враховувати вплив інваріантів тензора напружень на ресурс пластичності, нелінійність накопичення пошкоджень і немонотонність навантаження. Розробка і застосування критеріїв руйнування є важливим для розвитку теорії і практики обробки металів тиском та інших процесів ХПД.

Література

1. *Інженерія поверхні* / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж. – К.: Наук. думка, 2007. – 558 с.
2. *Інженерія поверхності деталей* / Под ред. А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.
3. *Посвятенко Е.К., Алексєєв В.В., Рутковський А.В.* Відновлення колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання іонно-імпульсним азотуванням // Вісник Сумського державного університету: Технічні науки (Машинобудування). – Суми: СумДУ. – 2005. – № 11. – С. 119–122.
4. *Канарчук В.Є., Дмитрієв М.М., Посвятенко Е.К.* Поліпшення експлуатаційних показників машин технологічними методами, побудованими на холодному пластичному деформуванні // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. – К.: НТУ. – 2000. – Вип. 9. – С. 6–16.
5. *Посвятенко Е.К., Мельник О.В., Алексєєв В.В.* Комбіновані методи інженерії поверхні деталей транспортних засобів // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ. – 2006. – Вип. 11. – С. 13–16.
6. *Посвятенко Е.К., Алексєєв В.В.* Холодне пластичне деформування як засіб інтенсифікації безводневого азотування деталей засобів транспорту // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ. – 2011. – Вип. 23. – С. 44–47.
7. *Огородников В.А., Нахайчук О.В., Муzychук В.И.* Приложение теории деформируемости к решению задач механики деформирования внутреннего шлицевого профиля обжатием на оправке // Сборник научных трудов международной науч.-техн. конф. “Прогрессивные технологии и оборудование кузнечно-штамповочного производства”. – М.: МГТУ “МАМИ”. – 2003. – С. 66–75.
8. *Нові технологічні процеси з використанням прогресивних методів пластичного деформування* / О.В. Нахайчук, О.О. Розенберг, В.А. Огородніков та ін. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 158 с.
9. *Розенберг О.А., Мельниченко В.В., Студенец С.Ф.* Новая технология получения крутоизогнутых стальных отводов методом холодного пластического деформирования // Изв. АИН Украины: Спец. выпуск отд. “Тяжёлое и транспортное машиностроение”. – 1998. – С. 96–102.
10. *Огородников В.А., Нахайчук О.В., Муzychук В.И.* Исследование процесса закатки поршня с шатуном аксиально-роторного поршневого насоса // Проблемы трибологии. – 2005. – №1(34). С. 129–133.
11. *Використаний ресурс пластичності металу при видавлюванні внутрішньої метричної різі* / Огородніков В.А., Нахайчук О.В., Любін М.В., Бабак М.В. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1998. – №1 (18). – С. 68–72.
12. *Огородников В.А., Нахайчук О.В., Грушко О.В.* Комплексное исследование механики формообразования крутоизогнутых отводов // Проблемы трибологии. – 2000. – №4. – С. 77–84.
13. *Нахайчук О.В.* Напряжённо-деформированное состояние при вдавливании в пластичный материал инденторов различных форм // Совершенствование процессов и оборудования обработки давлением в металлургии и машиностроении. – Краматорск: ДГМА. – 2000. – С. 41–47.
14. *Нахайчук О.В.* Розвиток процесів холодного об'ємного штампування заготовок складного профілю на основі оцінки їх якості в умовах граничного формоутворення: Автореф. дис. д-ра. техн. наук: 05.03.05 / ДДМА. – Краматорськ, 2006. – 35 с.
15. *Огородніков В.А., Нахайчук О.В., Муzychук В.И.* Вплив термообробки на відновлення запасу пластичності виробу під час формування внутрішнього шлицевого профілю // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2004. – №5. – С. 92–95.
16. *Нахайчук О.В.* Методи расчёта процессов холодной обработки давлением // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в машинобудуванні та металургії. – Краматорськ: ДГМА. – 2005. – С. 119–123.
17. *Огородников В.А.* Оценка деформируемости металлов при обработке давлением. – К.: Вища школа, 1983. – 175 с.
18. *Хван Д.В., Бочаров В.Б.* Исследование эффекта Баушингера при линейном напряжённом состоянии // Проблемы прочности. – 1989. – №7. – С. 112–114.

19. *Огородников В.А., Бабак Н.В.* Механика немонотонного пластического деформирования // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. – Краматорськ: ДДМА. – 2003. – С. 255–259.

20. *Огородников В.А., Нахайчук О.В.* О влиянии третьего инварианта тензора напряжений на деформируемость в процессах объёмного формообразования // Прогрессивные методы и технологическое оснащение процессов обработки металлов давлением: Сб. тез. междунар. науч.-техн. конф. – Санкт-Петербург: БГТУ “Военмех”, 2005. – С. 66–75.

21. *Михалевиц В.М.* Тензорні моделі накопичення пошкоджень. – Вінниця: “УНІВЕРСУМ - Вінниця”, 1998. – 195 с.

УДК 656.13.072:629.114.001.45

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНКУРСНОЇ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ПЕРЕВІЗНИКІВ ПРИ ВИБОРІ АВТОБУСІВ НА МАРШРУТ

Піцик М.Г.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Однією із важливих задач організації конкурсного відбору перевізників на міські автобусні маршрути є вибір рухомого складу, який би відповідав технічним, технологічним та експлуатаційним вимогам і задовольняв концепції комплексного енерго – ресурсозбереження.

Згідно постанови Кабінету Міністрів України “Про затвердження Порядку проведення конкурсу на перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування” [1] однією із мети проведення конкурсу є: “реалізація основних напрямків розвитку галузі автомобільного транспорту”, що у поєднанні із Законом України “Про автомобільний транспорт” [2] у якому визначено, що держава регулює та контролює раціональне використання енергетичних ресурсів, виникає необхідність у оцінці енергетичної ефективності автобусів, що обираються на маршрути.

На основі аналізу методики конкурсного відбору перевізників для маршруту загального користування встановлено, що вона не враховує вищезгадану концепцію. В зв'язку з цим виникає необхідність вдосконалення конкурсу з перевезення пасажирів на автобусних маршрутах загального користування, яка спрямована на реалізацію енергозберігаючих транспортних технологій.

Виклад основного матеріалу

Для розробки методики були поставлені такі задачі:

- аналіз існуючої методики;
- розробка математичних моделей;
- багатоваріантні розрахунки;
- розробка методики із врахуванням енергетичної ефективності автобуса.

Для вирішення цих задач використано теорію енергоресурсної ефективності ТЗ [3] та запропоновано показник транспортної енергоефективності автобусів в міській тестовій операції (*Пе*) для оцінки придатності до енергозберігаючих транспортних технологій.

Є два методи визначення даного показника, а саме спрощений та дослідницький методи.

Спрощений метод використовується для автобусів в умовах експлуатації, без детального аналізу придатності їх конструкції до застосування енергозберігаючих технологій та дослідницький метод використовується при комплексному аналізі показників експлуатаційно-технологічних характеристик АТЗ.

Такий метод здебільшого застосовується при розрахунку експлуатаційно-технологічних показників АТЗ, нових моделей, з використанням технічних характеристик наданих виробником.

В математичній моделі закладена модель загального модульного підходу, структурно-параметричного конструктивного базису автобуса, у вигляді сукупності восьми конструктивних модулів. Такий узагальнений підхід дозволяє використати ту саму розрахункову програму для автобусів будь-якого виду. При цьому забезпечується співставлення результатів аналізу автобусів в рамках їх типажу.

Цей показник відносно обраної тестової міської операції має такий вигляд: