

УДК 629.4.02:004.942:539.4

Недужа Л. О., к. т. н., доцент кафедри «Будівельна механіка»,
Швець А. О., с. н. с.,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна (ДНІТ)

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОГО ПАКЕТА ПРОГРАМ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАДАЧ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

При виконанні інженерних розрахунків, пов'язаних з аналізом міцності машин, механізмів, конструкцій тощо, на практиці використовують як аналітичні, так і чисельні методи.

Найбільшого поширення при аналізі напружень та деформацій отримав метод кінцевих елементів (МКЕ). Перші його розробки були виконані в 50-х роках ХХ ст. для вирішення завдань опору матеріалів. Завдяки вченим, починаючи з 1970 року, МКЕ стає все більш популярним серед інженерів усіх спеціальностей; тоді ж було розроблено перші програмні комплекси, у яких реалізувався метод кінцевих елементів. Це основний метод обчислювальної механіки, що лежить в основі переважної більшості сучасних програмних комплексів, призначених для виконання інженерних задач у різноманітних галузях.

Метод кінцевих елементів дозволяє практично повністю автоматизувати розрахунок механічних систем, хоча, як правило, вимагає виконання значно більшого числа обчислювальних операцій порівняно з класичними методами механіки. Сучасний рівень розвитку обчислювальної техніки відкриває широкі можливості для впровадження МКЕ в інженерну практику.

У сучасних умовах для підвищення ефективності роботи, досягнення

найвищої якості та техніко-економічного рівня результатів набуває широке застосування сучасних програмних комплексів. Серед багатьох окреме місце посідає APM WinMachine — наукомісткий програмний продукт, створений на базі сучасних інженерних методик проектування, чисельних методів механіки, математики та моделювання, гармонійно поєднує досвід попередніх поколінь конструкторів, інженерів-механіків та інших фахівців із можливостями комп'ютерної техніки, максимально адаптований для робіт із проектування та конструювання об'єктів машинобудівної та будівельної галузей [1].

Порівняно з іншими програмними комплексами, його актуальність, насамперед, полягає у легкому застосуванні системи, швидкому впровадженні як у навчальний, так і у виробничий процес. Зокрема:

- найбільша кількість вузлів;
- доступний інтерфейс усіх модулів системи;
- більш широкий вибір операцій у межах як кожного модуля, так і всього програмного комплексу в цілому;

- побудова системи на базі чинних вітчизняних стандартів, нормативів та принципів конструювання;
- можливість розрахунків одночасно у декількох проектуючих модулях, що прискорює процес роботи, а також зменшує ризик помилкового внесення даних та ін.

Програмний комплекс APM WinMachine надає користувачеві широкі можливості зі створення моделей довільних тривимірних машин, механізмів, конструкцій, які складаються зі стрижневих, оболонкових і твердотільних елементів; моделі конструкцій оболонкового та твердотільного типів можна імпортувати з будь-яких сторонніх тривимірних графічних редакторів, використовуючи стандартний формат обміну.

Особливістю такого програмного комплексу є наявність нових досконалих проектуючих модулів, серед яких:

- модуль, який виконує розрахунок всіх видів пружин, торсіонних валів та пружних металевих елементів машин, у тому

числі ресор, у такому модулі заздалегідь запрограмовано всі можливі типи пружин та їх розрахунків;

- модуль, в основі якого закладено теорію неідеального контакту; він застосовується до розрахунків передач усіх видів. Головною перевагою цього модуля є урахування впливу похибок виготовлення на параметри передачі;
- модуль, який використовується в процесі проектування приводу обертального руху довільної структури та зводиться до завдання кінематичної схеми у спеціальному редакторі, введення початкових даних усього редуктора та подальшого розрахунку, а також аналізу й коригування отриманих результатів тощо. Поділяється на безліч інших вузькопрофільних підмодулів для виконання особливих видів розрахунків, наприклад, розрахунків систем складного руху;
- допоміжний модуль, передбачений для спрощення оформлення конструкторської документації належним чином, що може ефективно використовуватися для підготовки початкових даних при роботі окремих модулів усієї системи.

Програма APM WinMachine — це гнучкий, надійний засіб проектування та аналізу; працює в середовищі операційних систем найпоширеніших комп'ютерів — від персональних до робочих станцій та суперкомп'ютерів. Незважаючи на те, що програма APM WinMachine має різноманітні та складні можливості, її організаційна структура й «дружній» графічний інтерфейс користувача робить вивчення та застосування програми дуже зручним. У той же час із програмою надається повна документація, яка дозволяє в інтерактивному режимі розібратися з порядком виконання складних видів робіт. Система «меню» наділена «інтуїтивними» властивостями, допомагаючи користувачеві доцільно керувати програмою. Вихідні дані можна вводити за допомогою миші, клавіатури або поєднуючи ці два варіанти [1; 2].

Найбільш простим способом зв'язку з комплексом APM WinMachine є використання системи «меню», яка називається графічним інтерфейсом користувача (рис. 1).

У всіх програмних версіях комплексу APM WinMachine екранне

меню включає вікна, основні серед яких є:

1. Меню Утилітів — містить сервісні функції, які застосовуються в ході всього сеансу роботи з комплексом APM WinMachine, такі як управління файлами та зображенням й налаштування параметрів; із цього «меню» також здійснюється вихід із програми.

2. Вікно Введення — дозволяє проводити безпосереднє введення вбудованих команд.

3. Стандартна панель інструментів — містить кнопки, призначені для виклику часто вживаних команд комплексу.

4. Додаткова панель інструментів — містить команди та функції APM WinMachine.

5. Вікно графічного виводу — відображення основної потрібної інформації за поточною роботою.

6. Панель швидкого доступу — розташована під вікном графічного виводу, допомагає під час виконання операцій в інтерактивному режимі.

Інструменти кінцево-елементного аналізу деталей машин, механізмів і конструкцій, які є в APM WinMachine, дозволяють:

- підготувати до розрахунку модель машин, механізмів, конструкцій із використанням стрижневих (балка, ферма, канат), пластинчастих (трикутних, чотирикутних), твердотільних (4-, 6-, 8-вузлових) кінцевих елементів;
- указати місця закріплення та прикласти необхідні постійні або змінні в часі навантаження;
- виконувати широкий спектр різних типів розрахунків із метою визначення розподілу на-

пружень та їхніх складових, лінійних, кутових переміщень, деформацій, внутрішніх зусиль, коефіцієнтів запасу з плинності або міцності матеріалу тощо;

- проводити розрахунок вимушених коливань за заданим графіком зміни вимушених зусиль з анімацією коливального процесу, частот власних коливань і власних форм;
- отримувати коефіцієнти запасу та числа циклів за критерієм міцності на втому;
- виконувати розрахунок температурних полів і термонапружень;
- повністю або частково підготувати геометричну модель металоконструкції, використовуючи при цьому бібліотеки найбільш поширених типових схем, визначати коефіцієнти запасу та форми втрати стійкості конструкцій;
- виконувати перевірку несучої здатності й автоматично підбирати оптимальний поперечний переріз стрижневого елемента з бібліотеки стандартних перетинів або з бібліотеки, підготовленої користувачем;
- автоматично отримати креслення стандартних вузлів; підготувати проєкційні креслення моделі машини, механізму або конструкції в цілому й окремих деталей тощо [1; 2].

Оскільки при виконанні розрахунків машинобудівних об'єктів особливе місце займає рухомий склад залізниць, модулі системи APM WinMachine використовуються на всіх етапах проектування, зокрема, сучасного тягового рухомого

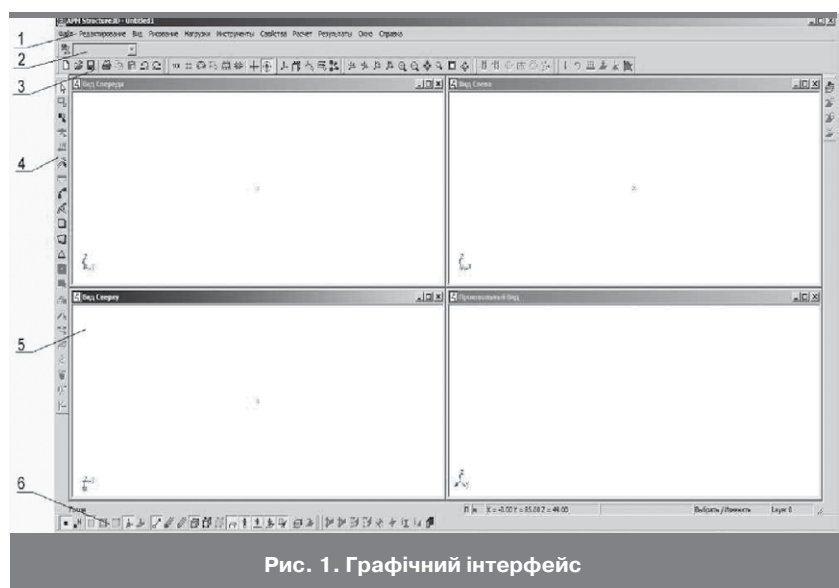


Рис. 1. Графічний інтерфейс

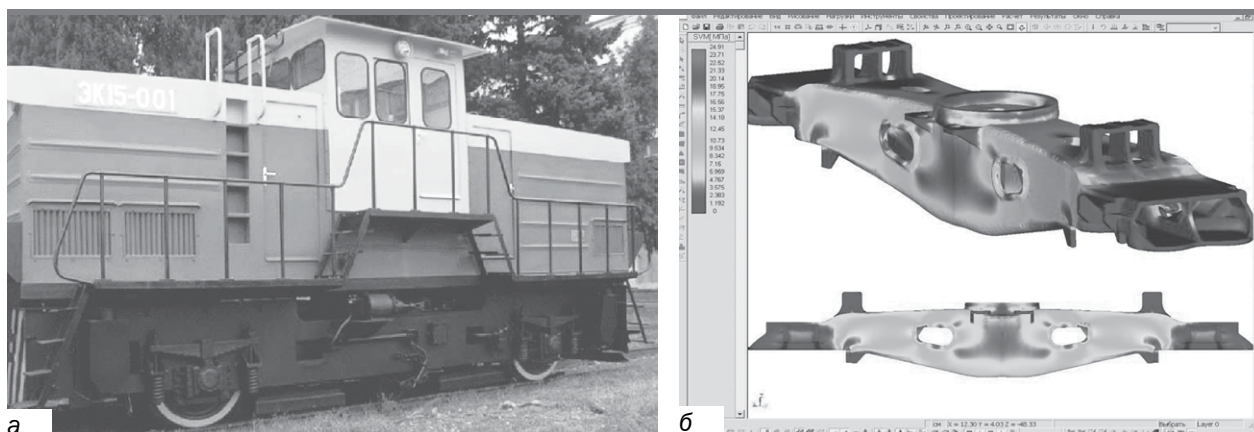


Рис. 2. Приклад розрахунку конструкції деталі ходової частини коксогасильного електровоза: а — загальний вигляд електровоза; б — напружено-деформований стан надресорної балки візка електровоза

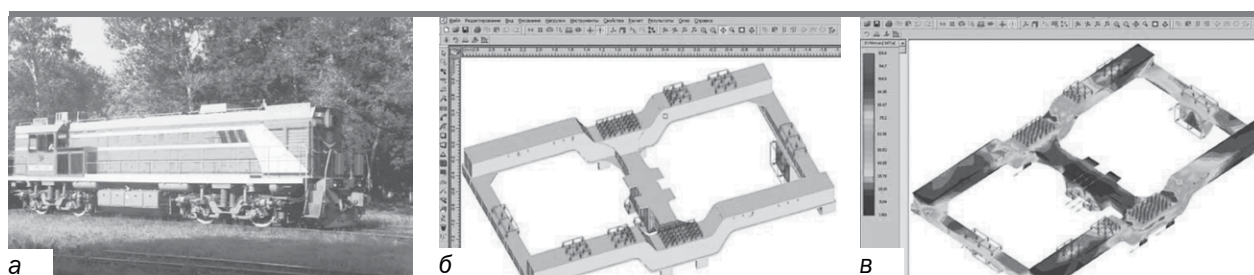


Рис. 3. Приклад розрахунку тепловоза ТЕМ21: а — зовнішній вигляд тепловоза; б — тривимірна модель модернізованої рами візка; в — карта напружень модернізованої рами візка

складу: від ескізного проекту до створення робочої документації та її реалізації у виробництві. Розрахунково-проектні роботи ведуться за принципом проектування як окремих вузлів, так і всього локомотива в цілому. У процесі проектування та виконання робіт усі моделі удосконалюються та модернізуються.

Як приклад наведемо результати розрахунку на міцність окремих вузлів і всієї конструкції з використанням методу кінцевих елементів із застосуванням модуля APM WinMachine коксогасильного електровоза (рис. 2, а) та тепловоза ТЕМ21 (рис. 3, а, б) [1; 2].

Для створення моделей окремих вузлів конструкції використовувалися вищезгадані пластинчасті або стрижневі кінцеві елементи або їх комбінації, причому і тим, й іншим задавалися однакові властивості матеріалу. З'єднання кінцевих

елементів один з одним в єдину конструкцію відбувається у вузлах. Залежно від типу кінцевих елементів, вузли конструкції можуть мати до шести (стрижневі й пластинчасті елементи) або три ступені свободи (об'ємні елементи).

Кінцево-елементні моделі рам візків, головних рам, кабін та кузовів тепловозів дозволяють не тільки виконувати міцнісний статичний розрахунок конкретного варіанта конструкції, але й провести дослідження та продовжити модернізацію цих конструкцій.

Наведені результати деяких розрахунків (рис. 2, б, 3, в) свідчать, що за допомогою модуля кінцево-елементного аналізу APM WinMachine можна проводити дослідження всіх моделей тягового рухомого складу залізниць та окремих елементів їх конструкцій. За результатами досліджень можливо отримати обґрунто-

вану відповідь для вирішення таких питань: визначення залишкового ресурсу локомотива, необхідність проведення ремонту, визначення періодів проведення обстежень та інших регламентних робіт.

Зазначений програмний комплекс дозволяє найбільш точно розв'язувати всі види завдань при мінімальному рівні похибки під час розрахунку. **Локомотив**

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. http://apm.ru/produkti/programmie_kompleksi/sistema_rascheta_proektirovaniy_a_obektov_mashinostroeniya/
2. Neduzha, L. Application software set APM WinMachine the design and calculations in engineering / L. Neduzha, A. Shvets // Наука та прогрес транспорту. — Вісник ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. — Вип. 2. — [Електр. ресурс].

Отримано 21.04.2016

REFERENCES

1. http://apm.ru/produkti/programmnie_kompleksi/sistema_rascheta_proektirovaniy_a_obektov_mashinostroeniya/
2. Neduzha L.O., & Shvets A.O. (2016). Application of apm WinMachine software for design and calculations in mechanical engineering. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 2 (62), 129-147. doi: 10.15802/stp2016/67328