

CAD/CAE-СИСТЕМИ: ЇХ РОЛЬ У ПРОЕКТУВАННІ Й РОЗРАХУНКУ ВУЗЛІВ І ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Можна без перебільшення сказати, що поява CAD/CAE технологій є найважливішим досягненням в області сучасного автомобілебудування. Їхнє створення стало велінням часу, так як витрати у конструюванні й у сфері підготовки виробництва вже не могли задовольняти темпам розвитку науково-технічного прогресу й почали стримувати у певний момент просування нових ідей у виробництво. Існують певні закономірності розвитку науково-технічного прогресу, які характеризуються, зокрема, наступними кількісними показниками розвитку техніки у провідних галузях промисловості [1]:

- число класів технічних систем подвоюється в середньому через кожні 10 років;
- складність виробів по числу деталей і вузлів зростає у два рази через кожні 10 років;
- об'єм науково-технічної інформації, яка використовується в конструкторських розробках, подвоюється за 8 років.

Крім того, в останні десятиліття в автомобілебудуванні визначальними вимогами стали висока якість й оперативне відновлення номенклатури виробів, виконання яких було б неможливо без упровадження CAD/CAE технологій.

Одна з оптимальних різновидів CAD/CAE-систем – SolidWorks [2], яка базується на параметричній об'єктно-орієнтованій методології й дозволяє отримати 3D-модель з 2D-ескізу. Одним з CAE-додатків цієї системи є SolidWorks Simulation [3], який дозволяє проводити розрахунки на міцність деталей і складань, критичних сил і форм втрати стійкості, складань з використанням контактних елементів; лінійний статичний, частотний,

тепловий, спільний термостатичний аналізи; визначення власних форм і частот; нелінійні розрахунки; оптимізацію конструкції тощо.

Як приклад [4], за допомогою SolidWorks Simulation досліджувався первинний вал коробки передач автомобіля ГАЗ-24, матеріал якого – сталь 12X18Н10Т ГОСТ 5632-72. Тому з бібліотеки SolidWorks вибрано сталь DIN 1.4541 (аналог сталі 12X18Н10Т). При аналізі результатів моделювання встановлено, що мінімальний коефіцієнт запасу міцності первинного вала становить $n_{min} = 2.1957$, що більше допустимого $[n] = 1.5$. Тому метою роботи ставилось дослідження можливості заміни даного матеріалу на дешевший і доступніший у ремонтних майстернях – сталь 25 ГОСТ 535-88 (рис. 1).

Свойства Таблицы и кривые Внешний вид Штриховка Настройка Данные программ

Свойства материала
Материалы в библиотеке по умолчанию не могут редактироваться. Необходимо скопировать материал в настроенную пользователем библиотеку и затем его отредактировать.

Тип модели: **Линейный упругий изотр.** Сохранить тип в библиотеке

Единицы измерения: **Метрическая (MKS)**

Категория: **DIN Сталь (Нержавеющая)**

Имя: **1.4541 (X6CrNiTi18-10)**

Критерий разрушения по умолчанию: **Максимальное напряжение**

Описание: **X 6 CrNiTi 18 10**

Источник: **Предел текучести и предел прочности для t<=1**

Sustainability: **Определено**

Свойство	Значение	Единицы измерения
Модуль упругости	2039420	кгс/см ²
Коэффициент Пуассона	0.28	Не применимо
Модуль сдвига	805570.9	кгс/см ²
Массовая плотность	0.0079	кг/см ³
Предел прочности при растяжении	6118.26	кгс/см ²
Предел прочности при сжатии		кгс/см ²
Предел текучести	4078.84	кгс/см ²
Коэффициент теплового расширения	1.1e-05	/°C
Теплопроводность	0.0334608	калория/(см·сек·°C)

а

Свойства Таблицы и кривые Внешний вид Штриховка Настройка Данные программ

Свойства материала
Материалы в библиотеке по умолчанию не могут редактироваться. Необходимо скопировать материал в настроенную пользователем библиотеку и затем его отредактировать.

Тип модели: **Линейный упругий изотр.** Сохранить тип в библиотеке

Единицы измерения: **Метрическая (MKS)**

Категория: **Стали углеродистые**

Имя: **Сталь 25 ГОСТ 535-88**

Критерий разрушения по умолчанию: **Максимальное напряжение**

Описание:

Источник:

Sustainability: **Не определено**

Свойство	Значение	Единицы измерения
Модуль упругости	2019025.8	кгс/см ²
Коэффициент Пуассона	0.22	Не применимо
Модуль сдвига	825965.1	кгс/см ²
Массовая плотность	0.00782	кг/см ³
Предел прочности при растяжении	4996.579	кгс/см ²
Предел прочности при сжатии		кгс/см ²
Предел текучести	3161.101	кгс/см ²
Коэффициент теплового расширения	1.22e-05	/°C
Теплопроводность	0.121893	калория/(см·сек·°C)

б

Рис. 1 – Властивості сталей 12X18Н10Т (а) і 25 (б)

Повторними розрахунками у SolidWorks Simulation проведено розділення моделі первинного вала на скінченні елементи, побудовано матрицю жорсткості; здійснено синтез скінченно-елементної моделі з урахуванням умов її закріплення у вузлових точках; розв’язано одержану систему алгебраїчних рівнянь; визначено компоненти напружено-деформованого стану (рис. 2).

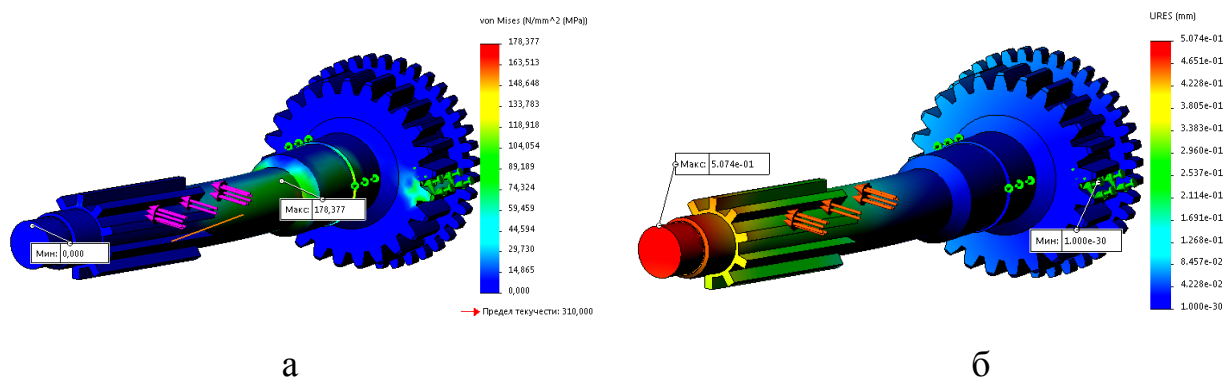


Рис. 2 – Контурні графіки сумарних напружень von Mises (а) і сумарних переміщень URES (б) первинного вала

Таким чином, встановлене максимальне напруження, яке виникає у первинному валі, $\sigma_{max} = 178,377$ МПа (вузол 17588 – рис. 2, а); максимальне результуюче переміщення $h_{max} = 5.074e-01$ mm (вузол 2018 – рис. 2, б); максимальна еквівалентна деформація $\delta_{max} = 5.192e-04$ (елемент 3562). При цьому мінімальний коефіцієнт запасу міцності $n_{min} = 1.738$, що більше допустимого [n].

Отже, отримані результати підтверджують актуальність проведеного дослідження з використанням SolidWorks та її додатку SolidWorks Simulation: з точки зору забезпечення міцності для виготовлення первинного вала заміна його матеріалу є можливою. Але, враховуючи умови роботи цієї деталі, для підвищення її зносостійкості рекомендується хіміко-термічна обробка.

Таким чином, застосування CAD/CAE-системи SolidWorks в автомобілебудуванні дозволяє ефективно проводити заміну матеріалу деталі без втрати її міцнісних характеристик.

ЛІТЕРАТУРА

1. Компьютерные информационные технологии / Под общей ред. А. Н. Морозевич. – М.: БГЭУ, 2005. – 327 с.
2. Рудик О. Ю. SolidWorks – CAD/CAE-система технічних вузів / О. Ю. Рудик, П. В. Каплун // Science, society, education: topical issues and development prospects. Abstracts of the 2nd International scientific and practical conference. SPC «Sci-conf.com.ua». – Kharkiv, Ukraine, 2020. – Pp. 249-253. –

URL: <http://sci-conf.com.ua/ii-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-science-society-education-topical-issues-and-development-prospects-20-21-yanvarya-2020-goda-harkov-ukraina-arhiv/>

3. Rudyk O. Yu. The impact of the SolidWorks Simulation network quality on the accuracy of the calculations / O. Yu. Rudyk, V. A. Gonchar // Eurasian scientific congress. Abstracts of the 1st International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. – Barcelona, Spain, 2020. – Pp. 185-188. – URL: <http://sci-conf.com.ua/i-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferenciya-urasian-scientific-congress-27-28-yanvarya-2020-goda-barselona-ispaniya-arhiv/>

4. Рудик О. Ю. Викладання технічних дисциплін у військових навчальних закладах з використанням САЕ/CAD систем / О. Ю. Рудик, І. В. Янковський // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Ресурсно-орієнтоване навчання у вищій школі: проблеми, досвід, перспективи» / укл. Н. В. Кононець, В. О. Балюк. – Полтава: АКУП ПДАА, 2016. – С. 262-267. – URL: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8558>