

## ОСОБЛИВОСТІ ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS SIMULATION НА ПРИКЛАДІ ВІДРІЗНОЇ ФРЕЗИ

Скорочення термінів проектування технологічного оснащення з одночасним забезпеченням підвищення їх якості вимагає застосування сучасних ефективних технологій проектування на базі використання CAD/CAE-систем.

Широке застосування в машинобудуванні для вирішення задач на інженерному рівні знайшли «середні» САПР (AutoCAD, Autodesk Inventor, Mecanical Desktop, SolidWorks, Solid Edge, T-Flex CAD 3D та ін.), при цьому «важкі» САПР (CATIA, ANSYS, PRO/ENGINEER, NX, Nastran, MECHANICA та ін.), як правило, використовуються більш вузьким колом прикладних спеціалістів.

У зв'язку з цим дослідження особливостей використання оптимізаційних інструментів SolidWorks Simulation для підвищення якості проектних рішень в ході автоматизації проектування конструкцій є актуальним завданням

Параметрична оптимізація в SolidWorks Simulation дозволяє визначити обмеження на основі різних первинних досліджень в межах однієї задачі. Початкові дослідження є основою сценарію процесу оптимізації або оцінки. На кожному етапі обчислень оптимізаційний алгоритм SolidWorks Simulation виконує початкові дослідження з урахуванням зміни параметрів проектування.

В модулі оптимізації конструкції SolidWorks використаний метод нелінійного програмування. В загальному випадку задачею нелінійного програмування являється знаходження максимуму (мінімуму) нелінійної функції багатьох змінних коли на змінні накладаються (або не накладаються) обмеження.

В стандартному вигляді задача нелінійного програмування записується в наступному вигляді:

$$\max f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

При наступних обмеженнях:

$$g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq 0, i = \bar{1}, \bar{m} \quad (2)$$

Оптимізація конструкції відрізної фрези в середовищі SolidWorks Simulation полягає у знаходженні таких величин її конструктивних параметрів (змінних проектування), при яких цільова функція приймає максимальне значення. При цьому на дослідження накладаються обмеження по напруженнях, що виникають у фрези при зміні значень змінних проектування. Максимально допустиме еквівалентне напруження було отримано діленням межі міцності матеріалу фрези P5M6 (межа міцності становить 2780 МПа) на коефіцієнт запасу міцності, котрий прийнятий рівним 2,5. Таким чином допустиме напруження становить 1112 МПа. В даному випадку змінними проектування виступають конструктивні параметри компенсаційних отворів та їх кількість. Цільова функція (кількісний показник якості альтернатив вибору) даного оптимізаційного дослідження – максимізація перших п'яти власних частот фрези. Вибір цільової функції обумовлений тим, що виконання компенсаційних отворів у диску фрез дозволяє підвищити їх динамічну стійкість.

В даній роботі використано 5 обмежень параметричної оптимізації, котрі базуються на двох первинних дослідженнях Simulation – частотному та статичному. В якості обмежень використовуються датчики даних Simulation. Для перших 4-х обмежень (2, 3, 4 та 5-тий датчик власної частоти) застосовується параметр «тільки моніторинг», для 5-го обмеження (допустимі напруження) застосовується опція «не більше ніж» 1112 МПа. Перша власна частота та відповідний датчик використовуються в якості об'єкту цільової функції. В параметрах дослідження проектування в даній роботі обрано ступінь якості «Висока якість», що забезпечує пошук оптимального розв'язку з використанням безлічі повторів по плану Бокса-Бенкена.

Конструктивні параметри фрези: діаметр – 250 мм, товщина – 2,5 мм, діаметр посадкового отвору – 32 мм, кількість зубців – 80. Режим різання: глибина різання – 5 мм, подача – 28 мм/хв, частота обертання фрези – 80 об/хв (8,377 рад/с), оброблюваний матеріал – Ст. 3, інструментальний матеріал – P5M6, що обумовлює наступні значення сил різання: дотична складова сили становить 1810 Н, радіальна складова – 750 Н. За вказаних умов одночасно участь в різанні беруть 3 зубці фрези. Навантаження між цими зубцями розподілялося пропорційно до товщини зрізу.

Аналіз напружено-деформованого стану дискової відрізної фрези показує, що максимальні допустимі напруження (650 МПа) значно нижчі межі міцності P5M6 (2780 МПа). В дереві побудови SolidWorks створено датчик (**Напруження1**), котрий відображає дані моделювання напружень при зміні конструктивних параметрів компенсаційних отворів. В подальшому даний датчик в оптимізаційній задачі використовується як обмеження.

В даній роботі проведено частотний аналіз фрези (визначено перших п'ять власних частот та відповідні їм форми коливань) з врахуванням дії відцентрових сил. Для визначення значення кожної з перших п'яти частот створено п'ять відповідних датчиків в дереві побудови SolidWorks, котрі відображають дані моделювання (частоти). В подальшому ці датчики в оптимізаційній задачі використані як обмеження і як цілі.

Для виконання оптимізаційної задачі було використано три параметри: діаметр компенсаційних отворів, їх кількість (кількість елементів колового масиву) і радіальне розташування відносно осі обертання фрези, як це умовно показано на рис. 1, а. Діапазон зміни діаметра отворів – 16...24 мм; діапазон зміни кількості отворів – 2...17 штук; діапазон зміни діаметра, на якому розташовані центри отворів – 170...210 мм.

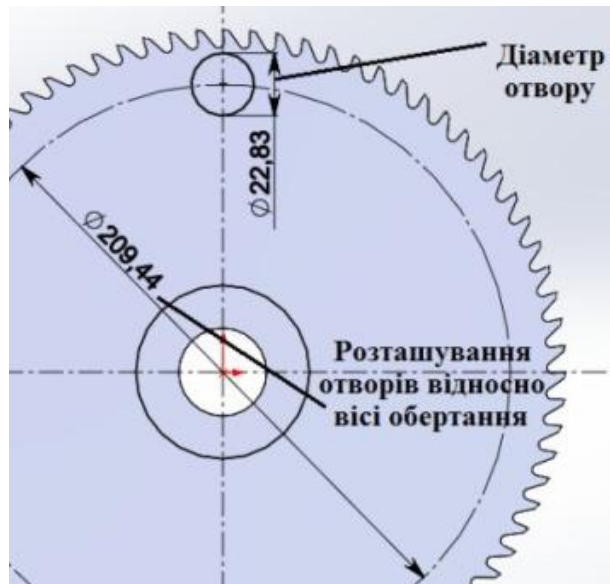


Рис. 1. Параметри оптимізації

Після виконання оптимізаційної задачі та одержання оптимальних для заданих умов параметрів, проведені додаткові дослідження для встановлення впливу параметрів проектування на цілі та обмеження оптимізаційної задачі. Графічні залежності власних частот фрез та еквівалентних напружень від зміни кількості отворів та діаметра колового масиву множини отворів показані на рис. 2.

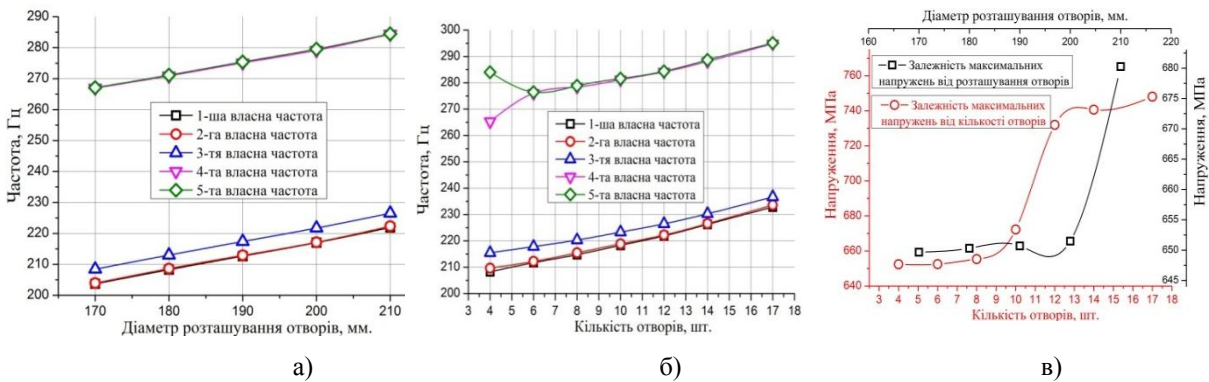


Рис. 2. Залежність власних частот фрези (а, б) та допустимих напружень (в) від кількості компенсаційних отворів та їх розташування відносно вісі обертання фрези

Проведена оптимізація конструкції дискової фрези в середовищі SolidWorks Simulation дозволила встановити оптимальні конструктивні параметри компенсаційних отворів в межах досліджуваного діапазону параметрів: діаметр отворів 22,65 мм, кількість отворів 17 (максимальна з вказаного діапазону), діаметр колового масиву множини отворів 207,22. При цьому перша власна частота зросла з 203,15 до 230,01 Гц.