

В.П. Приходько, к.т.н., доцент

С.П. Сапон, к.т.н., доцент

В.К. Фролов, к.т.н., доцент

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
(Київ, Україна)

ВПЛИВ ВЗАЄМОКОМПЕНСАЦІЇ ПОХИБОК НА ТОЧНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗМІРІВ ПРИ ОБРОБЛЕННІ НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ З ЧПК

Важливим етапом розробки технологічних процесів (ТП) оброблення заготовок на верстатах з ЧПК є розмірне моделювання та аналіз ТП (РМА ТП). Виконання РМА ТП дозволяє на основі визначення прогнозних величин полів розсіювання технологічних і конструкторських розмірів оцінити можливість забезпечити необхідну точність оброблюваних деталей. Отримані прогнозні оцінки точності розмірів є основою для вибору відповідної структури технологічних процесів.

Існуючі методології прогнозування точності розмірів не забезпечують максимально повного врахування значимих факторів, зокрема взаємокомпенсації похибок (ВКП) технологічних розмірів (ТР), яка безумовно присутня в процесах оброблення і повинна враховуватись при прогнозуванні.

Наразі при оцінці впливу ВКП технологічних розмірів на точність конструкторських розмірів немає єдиної формалізованої методології. Натомість використовуються різні методологічні підходи урахування ВКП [1-4]. Відповідно, проблема полягає в тому, що для більшості схем та способів оброблення значення коефіцієнтів ВКП або невідомі, або визначені тільки для окремих випадків. До того ж відсутні моделі впливу умов оброблення на величину коефіцієнтів ВКП, що обмежує можливості оптимального вибору коефіцієнтів відповідно до умов оброблення.

Для визначення величини коефіцієнтів ВКП при токарному обробленні на верстатах з ЧПК, з урахуванням впливових факторів процесу оброблення, була розроблена спеціальна програма для моделювання розсіювання величин ТР та коефіцієнтів ВКП залежно від зміни факторів процесу оброблення (рис.1).

При моделюванні впливу ВКП на точність ТР враховувався вплив пружних деформацій технологічної системи, як наслідок коливання припусків та твердості заготовок, за схемами формування лінійних розмірів з одностороннім та двостороннім розташуванням припусків. Величини елементарних похибок у кожному дослідженні розраховувались з урахуванням фізико-механічних характеристик матеріалу заготовки, коливання твердості, припусків оброблюваної поверхні, режимів різання та геометричних параметрів інструменту, які враховувались при визначенні відповідних сил різання та деформацій.

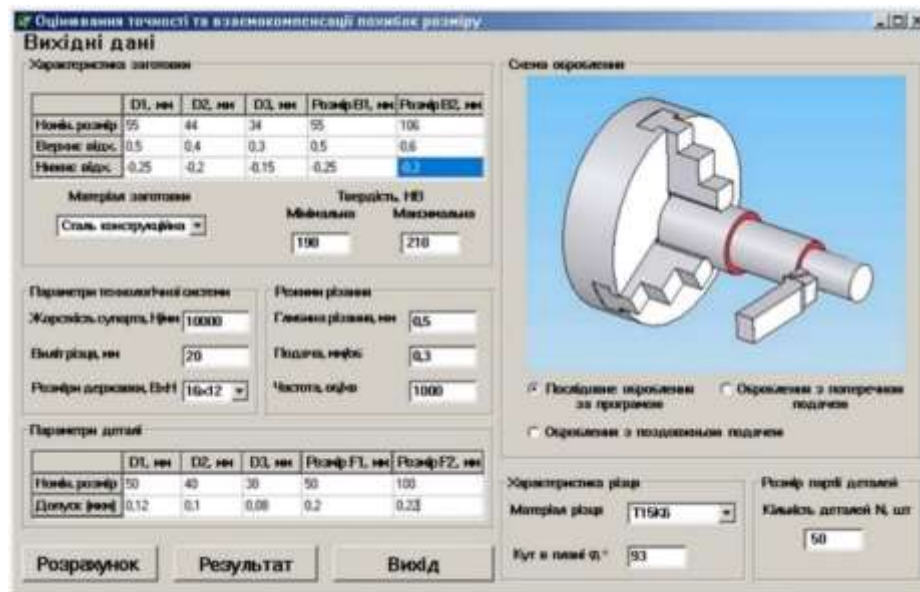


Рис. 1. Інтерфейс програми для моделювання розсіювання величин технологічних розмірів та коефіцієнтів ВКП [5]

Для кожної вибірки результати моделювання формувались на основі заданих умов оброблення (схема формування розмірів, режими різання, жорсткість ТОС, параметри інструменту, характеристики заготовки), але з імітацією коливання твердості і величин припусків. Коливання припуску та твердості оброблюваних поверхонь відтворювалось шляхом додавання до їх мінімального значення випадкової частки, згенерованої випадковими числами в межах їхніх граничних відхилень, залежно від прийнятого прогнозованого діапазону розсіювання.

Для вивчення впливу схем формування конструкторських розмірів на величину коефіцієнтів ВКП реалізовано окреме моделювання різних схем оброблення з триразовим повторенням для забезпечення адекватності результатів. Отримано графічні залежності з відповідною апроксимацією та математичні моделі, що відображають вплив різних факторів на величину коефіцієнтів ВКП. Вплив практично усіх досліджених факторів

представлений лінійними моделями, які, судячи з розрахованих значень коефіцієнтів кореляції R^2 , достовірно відображають такий вплив.

Встановлено, що істотний вплив на величину коефіцієнта ВКП має жорсткість C інструментальної наладки, збільшення якої приводить до його зменшення – як при чорновому, так і при чистовому обробленні. Вплив режимів різання – глибини різання h і подачі f_0 значно менший ніж вплив жорсткості C інструментальної наладки.

Збільшення глибини різання h призводить до зменшення величини коефіцієнтів ВКП для досліджуваних схем формування розмірів. При цьому інтенсивність зменшення, а отже і вагомість впливу глибини різання менша, ніж вплив подачі f_0 та значно менша, ніж жорсткості C інструментальної наладки. Це свідчить про відносно невелику чутливість коефіцієнтів ВКП до зміни глибини різання та необхідність орієнтації на величини більш значимих факторів при виборі значень коефіцієнтів ВКП.

Вплив подачі f_0 , в середньому у 2 рази більше за вплив глибини різання h , про що свідчать величини коефіцієнтів в апроксимаційних моделях. Але водночас вплив подачі f_0 на величину коефіцієнтів ВКП є менш вагомим ніж вплив схеми формування розмірів і жорсткості C інструментальної наладки.

Аналіз впливу твердості матеріалу заготовки не виявив значних змін коефіцієнтів ВКП, що свідчить про збереження приблизно однакового рівня ефекту впливу ВКП при зміні твердості.

Значний вплив на величину коефіцієнту ВКП мають схеми формування ТР та розташування припусків. При різносторонньому розташуванні припусків розрахунок операційних розмірних ланцюгів та величин полів розсіювання замикаючих ланок можна виконувати без урахування ВКП ТР внаслідок її мінімальної значущості.

При односторонньому розташуванні припусків на зв'язаних розмірах поверхнях завжди буде мати місце ВКП ТР. Тому при розрахунках величин полів розсіювання замикаючих ланок потрібно врахувати ВКП відповідних ТР. Така закономірність має місце при будь-яких режимах різання, жорсткості технологічної системи та властивостях оброблюваного матеріалу.

Для підтвердження адекватності результатів отриманих комп'ютерним моделюванням, у даній роботі оцінку коефіцієнтів ВКП технологічних розмірів було виконано з використанням експериментально-статистичних даних [6], які характеризують точність оброблення на токарних верстатах та приведені в науковій і довідковій літературі. Збіг результатів прогнозних оцінок точності КР, отриманих на основі використання коефіцієнтів ВКП, а також на основі експериментально-статистичних даних, свідчить про достовірність результатів моделювання.

Використання встановлених закономірностей впливу різних факторів на величину коефіцієнтів ВКП сприятиме їх більш обґрунтованому вибору при прогнозуванні точності розмірів залежно від умов оброблення. Це дозволить отримати більш достовірні оцінки прогнозованої точності отримуваних технологічних розмірів та уникнути додаткової коригуючої обробки на верстатах з ЧПК.

Список літератури:

1. Рудь В.Д. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій: Навч. посібник./ В.Д. Рудь, О.О.Герасимчук, Т.П. Маркова. Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2010. 344 с.
2. Приходько В.П. Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» – Електронні текстові дані (1 файл: pdf.-15.2 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 249с. Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38826>
3. Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва: навч. посібник / С.Г. Бондаренко – Київ: ІСДО, 1993. – 544 с.
4. Кравченко Л.С. Розмірний аналіз при проектуванні, виготовленні й складанні: навч. Посібник / Л.С. Кравченко. – Харків: НТУ "ХПІ", 2009. – 356 с.
5. Автоматизоване оцінювання впливу схем формування технологічних розмірів на їхню точність. / Приходько, В.П., Данилова, Л.М., Лапковський, С.В., Сапон, С.П., Фролов, В.К., Кравець, О.М. // Технічні науки та технології. – 2025. – № 2(40). – с. 68–86.
6. Визначення та урахування величини взаємокомпенсації похибок при прогнозуванні точності оброблення на верстатах з ЧПК. / Приходько В.П., Пуховський Є.С., Данилова Л.М., Лапковський С.В., Гаврушкевич Н.В. // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів», випуск 4 (50). – 2022. – С.78-85.