

# Том 3

# Технології

# машинобудування

УДК 004.94:53.088:621.824

**Смагін Д.В.** студент гр. 131м-19н-1**Науковий керівник: Дербаба В.А.,** к.т.н, доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства*(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)*

## **МЕТОД ВСТАНОВЛЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ КОНСТРУКТИВНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ФОРМ І ТЕХНОЛОГІЧНИМИ СХЕМАМИ ОБРОБКИ**

Розвиток сучасного машинобудівного виробництва пов'язаний зі зростанням можливостей інформаційних технологій (ІТ) і функціональним наповненням верстатного обладнання. Можливості ІТ розвиваються бурхливими темпами і з появою нового обладнання вливаються в машинобудівне виробництво через використання сучасних програмних засобів PLM / CAD / CAE / CAM. Більшою мірою розвиток сучасного машинобудівного підприємства проявляється в ході технологічної підготовки виробництва (ТПВ), а також при модернізації верстатного парку і переході до нових технологій. Застосування високотехнологічних верстатів з ЧПУ і використання сучасних ІТ змінює середовище роботи технологів і програмістів. Відбувається синтез їх діяльності, а їх діяльність переноситься з технологічного середовища (ТС) в інформаційно технологічне середовище (ІТС). На сьогоднішній день ІТС включає в себе обладнання з ЧПУ, PLM / CAD / CAE / CAM систему, нормативно довідкову інформацію, доступну у вигляді комп'ютерної бази знань, локальну обчислювальну мережу (ЛВС) і фахівців, що забезпечують функціонування складної інформаційно-технологічної системи. В рамках цього середовища здійснюється комплекс заходів, що дозволяють отримати з заготівлі деталей найраціональнішими і високопродуктивними методами механічної обробки на обладнанні з ЧПУ. Мета роботи. Скорочення часу і підвищення якості підготовки керуючих програм для механічної обробки корпусних деталей (КД) в умовах ІТС на основі таблиць прийняття рішень, що забезпечують переклад поточних технологічних вимог виготовляються елементів форм в набір технологічних схем обробки для формування керуючих програм. Матеріал і результати досліджень. Об'єктом дослідження є процес ТПП, зокрема процес формування ВІД за кресленням деталі в умовах ІТС з подальшою підготовкою керуючих програм для обладнання з ЧПУ. При цьому технолог не контролює якість випущених керуючих програм і не може перевірити якість виконаної роботи програмістом. Так само технолог не може визначити трудомісткість і час, витрачений на підготовку керуючих програм. Контролювання роботи програміста дозволяє істотно знизити час, який витрачається на розробку УП, тому що сучасне обладнання з ЧПУ сьогодні практично не може експлуатуватися без комп'ютерної підтримки CAD / CAM систем. Останні в свою чергу вимагають ретельної розробки операційної технології перетворення заготовки в корпусні деталі.

Пропонована в даній роботі схема організації ТПП в ІТС заснована на трьох складових: представлення деталі у вигляді графа зв'язків оброблюваних КЕФ з урахуванням різних груп технологічних обмежень; уявлення по створеному графу операційної технології з допомогою ТСО; використання організаційно - методичних рекомендацій з підготовки УП в САМ системі. Вибір типізованих перевірених технологічних рішень передбачає систематизацію діяльності технолога при механічній обробці КД і процедур вибору технологічних рішень аж до формування УП. Дослідження в цьому напрямку дозволяють розраховувати на можливість перевести підготовку керуючих програм для обладнання з ЧПУ якщо не повністю, то в частково автоматичний режим. Формування графа відбувається з використанням 3D моделі і креслення деталі, а так само з використанням нормативно-довідкової інформації;

наступним етапом стає переклад графа деталі в «Технологічне Дерево». При формуванні операційної технології технолог створює ТЗ на керуючу програму через послідовне уявлення ТСО в вигляді «Технологічного дерева». Використовуючи ТЗ, заданий технологом у вигляді операційної технології, виробляє на ЕОМ моделювання процесу механічної обробки і виводить керуючу програму під конкретне обладнання з ЧПУ. Вибір типізованих перевірених технологічних рішень передбачає систематизацію діяльності технолога при механічній обробці КД і процедур вибору технологічних рішень аж до формування УП. Формування графа деталі дозволяє виділити ключові КЕФ, що входять до складу корпусних деталі. Після того як будуть сформовані стратегії ВІД для всіх КЕФ, проводиться трансформація графа моделі в «Технологічне Дерево». Таким чином, при розробці ВІД формується технологічне завдання на розробку УП для обладнання з ЧПУ. В ході цієї роботи сформована база знань для створення технологічних переходів при обробці окремого КЕФ при створенні ВІД корпусної деталі. Спочатку був сформований словник понять КЕФ і ТСО, була створена схема уявлення КД у вигляді графа, створені таблиці прийняття рішень формування ВІД і сформована організаційно - методичні рекомендації з підготовки ВІД в умовах ІТС.

Висновок. В роботі вирішена задача скорочення часу, підвищення якості і продуктивності процесу технологічної підготовки виробництва для механічної обробки корпусних деталей в інформаційно-технологічному середовищі на основі таблиць прийняття рішень, що забезпечують переклад поточних технологічних вимог виготовляються елементів форм в набір технологічних схем обробки для формування керуючих програм; в результаті проведеної роботи встановлено зв'язку між конструктивними елементами форм і технологічними схемами обробки, які враховують вимоги до якості оброблюваних поверхонь; для встановлених зв'язків розроблено уявлення опису конструктивних елементів форм, що входять до складу корпусних деталей у вигляді геометричних і технологічних параметрів, в результаті чого розділені технологічні схеми обробки як базові елементи, що описують операційну технологію.

### Перелік посилань

1. Кравченко Ю.Г. Визначення і взаємозв'язок кутів зсуву і тертя при стружкоутворенні / Ю.Г. Кравченко, В.А. Дербіба, Д.В. Смагін // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 2020 – № 61. – 193-201. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/61.193>
2. Рыбаков А.В., Орлов А.А., Татарова Л.А., Шапов С.А. Система автоматизированной поддержки информационных решений при выпуске изделий "под заказ" в единичном и мелкосерийном производстве в машиностроении // CAD/CAM/CAEObserver, 2009, №7, С. 62-70.
3. Рыбаков А.В., Шапов С.А. Опыт подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ в CAD/CAM системе // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2009). Тезисы 9-й Международной Конференции. Под ред. Е.И. Артамонова. –М.: ИПУ РАН.-2009.

УДК 53.008:519.855:004.94:621.8

Теліпко О.М., студент групи 131М-19Н-1

Науковий керівник: Пацера С.Т., к.т.н. професор кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м.Дніпро, Україна)

## ІМІТАЦІЙНО-СТАТИСТИЧНА МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТА ЇЇ ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ У NI LABVIEW

Похибка вимірювання контрольованого геометричного параметра деталі призводить до приймання частини деталей, які визнаються відповідними заданому допуску, хоча справжні відхилення виходять за його межі. Аналогічно відбувається помилкове визнання деякої кількості деталей браком, справжні розміри яких знаходяться в межах поля допуску, але близькі до його граничних значень.

Для розрахунку частки неправильно забракованих та неправильно прийнятих деталей в ряді робіт [1-3] запропоновано метод імітаційно-статистичного моделювання та здійснено його реалізацію у програмі Microsoft Excel. У той же час вказана програмна реалізація не вільна від деяких недоліків, до яких без сумніву відноситься недостатній рівень автоматизації при переборі варіантів статистичного моделювання для різних значень параметрів вихідних даних. Подолання вказаної складності можливо шляхом застосування спеціально розробленого програмного коду, що дозволяв би мінімізувати час розрахунків частки неправильно забракованих та неправильно прийнятих деталей без втрати точності визначення цих показників. Представляється доцільним вибрати середовище LabVIEW тому що в основі технології лежить використання комбінованого моделювання систем на ЕОМ, тобто поряд з аналітичним застосовується імітаційне моделювання.

На рис. 1 поряд з початковими даними показано код блоку  $T_1$  – моделювання відхилення діаметра вала від номінального значення за умови відсутності похибок вимірювання.

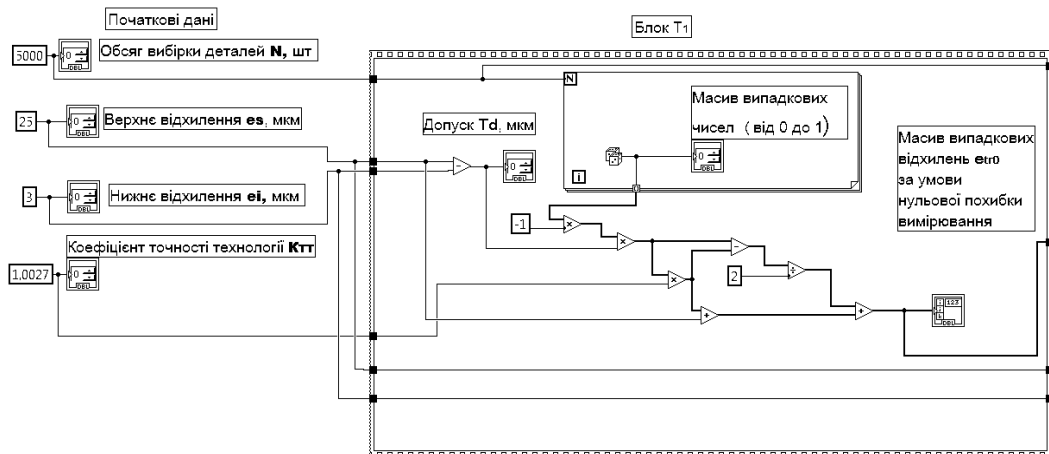


Рисунок 1 – Програмний код блоку  $T_1$  – моделювання відхилення діаметра вала від номінального значення за умови відсутності похибок вимірювання

Алгоритм контрольної процедури включає в себе створення масивів верхнього  $es$  та нижнього  $ei$  відхилень. Далі проводиться по елементне порівняння вказаних масивів з масивом випадкових відхилень  $etr0$ . В результаті відтворюється наступний масив логічних скалярів *True* чи *False*. Якщо дійсне відхилення знаходиться поміж верхнім  $es$  та нижнім  $ei$  відхиленнями, то деталь визнається придатною та їй виставляється бал  $\beta_0=1$ .

В наступному блоку ВК моделюється випадкова інструментальна похибка вимірювання, результатів вимірювання та контролю на придатність. За допомогою генератора випадкових чисел моделюється одномірний масив в інтервалі 0-1, який модифікується у масив випадкових похибок від  $-\Delta$  до  $+\Delta$ , де  $\Delta$  – граничне значення інструментальної похибки вимірювального приладу згідно його паспортних даних.

Наступний блок ВК містить в собі алгоритм створення масиву випадкових відхилень  $etr\Delta$  від номінального розміру за умови не нульової похибки вимірювання. Якщо дійсне відхилення знаходиться поміж верхнім  $es$  та нижнім  $Ei$  відхиленнями, то деталь визнається придатною та їй виставляється бал  $\beta_{\Delta}=1$ . Наприкінці блоку підраховується загальна кількість придатних деталей, чи їх відсоток за умови ненульової похибки вимірювання.

На рис. 2 показано з'єднання виводів ППІ з вхідними та вихідними даними. Індикатор номеру циклу  $i$  індексується та з'єднується з виводом  $\Delta$ . В даному випадку  $N$  відображає максимальне значення інструментальної похибки, для якого виконуються розрахунки та побудова графіку залежності  $H3 = f(\Delta)$ .

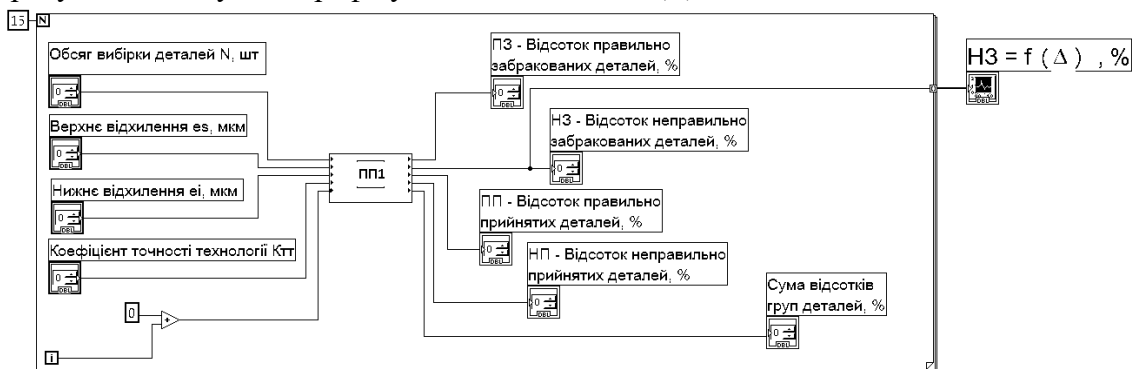


Рисунок 2 – Програмний код віртуального приладу для побудови графіка залежності  $H3 = f(\Delta)$

Розроблено структурну модель вимірювально-контрольної системи геометричних параметрів і алгоритм розрахунку помилок контролю першого і другого роду імітаційно-статистичним методом. Запропоновано новий підхід до чисельного моделювання точності технологічного процесу при рівномірному розподілі відхилень геометричних параметрів деталей від номінальних розмірів. Отримані залежності частки неправильно забракованих деталей від граничної похибки засобів вимірювань при приймальному контролі. Імітаційно-статистичне моделювання здійснено в середовищі LabVIEW, що істотно скорочує час розрахунків у порівнянні з програмою Microsoft Excel, забезпечує наочність проведених аналізів при порівнянні альтернативних варіантів вибору засобів вимірювань. Розрахунки можуть бути виконані з високою точністю, при яких довірна ймовірність визначення похибок контролю першого та другого роду може не перевищувати сотих часток відсотка.

### Перелік посилань

1. Пацера С.Т. Алгоритм імітаційно-статистичного дослідження контрольно-вимірювальної системи та його програмна реалізація у Ni LabVIEW / С.Т. Пацера, П.О. Ружин, В.А. Дербаба, В.И. Корсун // Системи обробки інформації. – Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. – Харків. – 2016. – Вип.6 (143) . – С.116 – 119.
3. Пацера С.Т. Изучение влияния расширенной неопределенности второго рода на риски изготовителя и заказчика методом статистического моделирования / С.Т. Пацера, В.И. Корсун, С.С. Курдюков//Системи обробки інформації. – 2006. – № 7(56). – С. 62–64.

УДК 621.914.5

**Кононенко С.М.,** аспірант кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів

**Басова Є.В.,** к.т.н., доцент, молодий науковець кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів

**Науковий керівник: Добротворський С.С.,** д.т.н., професор кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів

*(Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м.Харків, Україна)*

## **РОЗРОБКА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ БАГАТОЛЕЗВІЙНОГО ОБРОБЛЕННЯ ТОНКОСТІННИХ ДЕТАЛЕЙ**

Тонкостінні деталі широко використовуються в багатьох галузях промисловості через свою ефективність і легкість. Але процес механічного оброблення поверхні таких деталей супроводжується цілим рядом проблем. Прогин тонкостінних деталей, що виникає в процесі оброблення - одна з найактуальніших проблем. Прогини суттєво обмежують знімання матеріалу і призводять до геометричних відхилень форми виробу [1]. Існуючі рішення для розрахунку величини прогину в процесі різання в основному враховують тільки гнучкість інструменту, в той час як деталь приймається жорсткою. Як правило, проблема прогинів вирішується за допомогою додатково розроблених пристосувань або технологій, що здорожчує вартість кінцевого продукту. Однак проблему слід розглядати комплексно, і, в залежності від технічних вимог до якості поверхні, часто необхідно використовувати і додаткове обладнання, і інтелектуальні системи при підготовці виробництва. Останнє стало особливо актуальним у межах концепції Industry 4.0, що має набір сучасних інструментів для промисловості, використання яких направлене на створення виробничих систем нового покоління.

За результатами проведеної роботи визначена необхідність у розробці програмного забезпечення для визначення оптимальних параметрів фрезерування тонкостінних деталей. Основною метою дослідження стала розробка наукового рішення щодо полегшення процесу вибору параметрів фрезерування тонкостінних деталей з урахуванням їх особливостей.

Результатом роботи є розробка програмного забезпечення, що реалізоване у вигляді web-додатку, який доступний за посиланням <https://jmclddev.github.io/t-w-calc/>. Мова програмування, що використовувалася - JavaScript. Такий вибір обґрунтований доступом до додатку з будь-якої платформи без скачування та встановлення програми. До того ж формування і зберігання звітів розрахунку у додатку після закінчення роботи програми дозволяє отримати більш чітке уявлення про взаємозв'язок технічних параметрів і готового продукту. Використання запропонованого рішення дозволяє інтегрувати його в якості додаткового цифрового рівня обробки в технічні системи.

Таким чином малою міждисциплінарною командою на базі JavaMachCluster розроблений модульний додаток, що легко інтегрується у єдиний цифровий простір, який об'єднує в собі етапи цифровізації, інформатизації і пов'язаності завдань в рамках концепції Industry 4.0, яку ми називаємо Free digital space for I. 4.0 (FGS2I4.0).

### **Перелік посилань**

1. Kononenko, S., Dobrotvorskiy, S., Basova, Y., Gasanov, M., Dobrovolska, L. Deflections and Frequency Analysis in the Milling of Thin-walled Parts with Variable Low Stiffness [Text]. Acta Polytechnica. 59, 283–291 (2019). <https://doi.org/10.14311/ap.2019.59.0283>.

УДК 621.914.5

**Приходько В.О.,** аспірант кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів  
**Добровольська Л.Г.,** к.т.н., доцент кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів  
**Науковий керівник: Добротворський С.С.,** д.т.н., професор кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів  
(Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м.Харків, Україна)

## **АНАЛІЗ СИСТЕМ ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ НАПИСАННЯ ПРОГРАММ РОЗРАХУНКУ СЕНДВІЧ ПАКЕТІВ**

Сендвич пакети застосовуються в багатьох галузях промисловості через свої експлуатаційні можливості. Але на сьогодні не існує програмного забезпечення для розрахунку технологічних параметрів виготовлення деталей із багатошарових матеріалів. Відсутність розрахункових програм не дає можливості проаналізувати наслідки виготовлення деталей на етапі планування процесу виготовлення деталей зі спеціальних матеріалів по типу сендвич пакетів.

Зазначено, що для розрахунку обробки сендвич пакетів необхідне програмне забезпечення, котре дозволить інтегрувати накопиченні розрахункові данні, та практичні данні при їх обробці. Якість програмного забезпечення залежить від отриманих даних та програмістів, а також мов програмування використаних під час розробки.

Метою роботи є - проаналізувати корисні мови для написання сторінки для розрахунків в браузері і серед них обрати найбільш оптимальні для створення програмного забезпечення.

Для досягнення поставленої мети на першому етапі вирішення задачі були проаналізовані різні мови програмування по наступним критеріям:

1. Низький рівень - обмеження на абстракції даних, сильна статична Типізація, відсутність проміжного середовища виконання, прямий доступ до пам'яті.
2. Високий рівень - сильне абстрагування, динамічна або слабка типізація, повністю незалежне управління пам'яттю або наявність середовища виконання.
3. Багато функціональність.
4. Дотупність програмного забезпечення.
5. Швидкість роботи.

За результатами аналізу мов програмування можна зробити висновок, що найбільш оптимальним вибором може бути JavaScript, що пояснюється здатністю вирішувати гнучкі завдання; мову можна використовувати як для розробки користувацького інтерфейсу і функцій, які працюють на стороні клієнта веб-сайту або програми, так і для апаратно-програмних засобів, за допомогою яких реалізована логіка роботи сайту. Також користуватися додатком буде можливо з будь-якої платформи без скачування, та отримувати результати у браузері, або завантажувати їх у зручній формі, що дозволить формувати чітке відображення результатів розрахунку. До того ж обрана мова дозволяє частково обробляти веб-сторінки на комп'ютерах користувача без запитів до сервера, та можливість створювати зручні інтерфеси для користувача.

### **Перелік посилань**

1. URL: <https://tproger.ru/translations/programming-languages-types/>
2. URL: <https://learn.javascript.ru/>

УДК 621.914.5

<sup>1</sup>Павлов Д.М. студент гр. 1.МІТ.203.8<sup>1</sup>Басова Є.В., к.т.н., доцент, молодий науковець кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів<sup>2</sup>Воропай О.В., д.т.н., професор кафедри деталей машин і ТММ<sup>(1</sup> Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м.Харків, Україна,<sup>2</sup> Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м.Харків, Україна)

## РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО РІШЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ

Серед основних завдань сучасних малих і середніх машинобудівних компаній є підтримка на певному рівні конкурентоспроможності продукції, що потребує комплексного та системного підходу до всіх аспектів діяльності підприємства.

Аналіз підсистем управління підприємством дав можливість стверджувати, що саме підсистема управління конкурентоспроможністю є однією з найважливіших для розвитку сучасних малих і середніх машинобудівних компаній. Особливої уваги заслуговує складова такої підсистеми – підсистема управління витратами підприємства, що відповідає за забезпечення стабільності запланованого рівня конкурентоспроможності продукції. Для забезпечення реалізації такої функції перед підприємствами постає задача щодо попередження випуску неякісної продукції та перевитрат ресурсів. Саме тому виникає необхідність у пошуку нових науково-технічних рішень щодо забезпечення підтримки технологічного процесу виготовлення продукції та її якості.

Із аналізу сучасних, перспективних технологій виготовлення деталей машин було визначено, що найперспективнішою у вирішенні ряду технологічних питань може бути високошвидкісна фрезерна обробка кінцевими радіусними фрезами. Щодо перспективних стратегій фрезерування – нами була виділена стратегія із половинним перекриттям [1]. Суть якої полягає у тому, що після проведення самої обробки необхідно обробити поверхню еквідистантною траєкторією з половинним кроком. Але слід зазначити той факт, що перешкоджання оптимального застосування такої траєкторії обумовлене прагненням відділу постачання підприємства оптимізувати витрати на інструмент в умовах одиничних розрізнених замовлень на виготовлення продукції, та, як наслідок, жорстке обмеження розмірного ряду інструменту.

У зв'язку з цим основною метою роботи стала розробка автоматизованого підбору оптимального радіуса інструмента із запропонованого розмірного ряду за умови досягнення шуканої теоретичної шорсткості обробленої поверхні. Для досягнення поставленої мети були застосовані навички програмування у середовищі MathCad.

Результатом роботи є створення спеціалізованого алгоритму по вибору оптимального перекриття при реалізації еквідистантної траєкторії при високошвидкісному фрезеруванні кінцевими радіусними фрезами. Було визначено, що половинне перекриття не є оптимальним, таким чином окреслили область подальших досліджень, що охопить поглиблений аналіз кількості проходів (перебігів)  $k$  та зведення їх до мінімуму при максимальному зміщенні інструменту ( $a_p$ ).

### Перелік посилань

1. Forecasting of the productivity of parts machining by high-speed milling with the method of half-overlap / S. Dobrotvorskiy, Y. Basova, M. Ivanova, A. Kotliar, L. Dobrovolska // Diagnostyka. ISSN 1641-6414 e-ISSN 2449-5220. – 2018. – № 19(3). – P. 37 – 42.



УДК 621.891/892.004.12

Муха Б.В., студент гр. 132-18ск-1

Наукові керівники:

Проців В.В., завідувач кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства, д.т.н., професор

Козечко В.А., к.т.н. доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

### ВИПРОБУВАННЯ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА МАШИНІ ТЕРТЯ СМЦ-2

Випробування проводилися на машині тертя СМЦ-2, застосовувалася схема контакту досліджуваних зразків «ролик – колодка» (рисунок 1), яка імітує умови роботи кінематичної пари, що максимально наближено (з доступних машин тертя, які випускаються серійно) відповідає роботі пари тертя «гребень бандажу колеса – рейка».

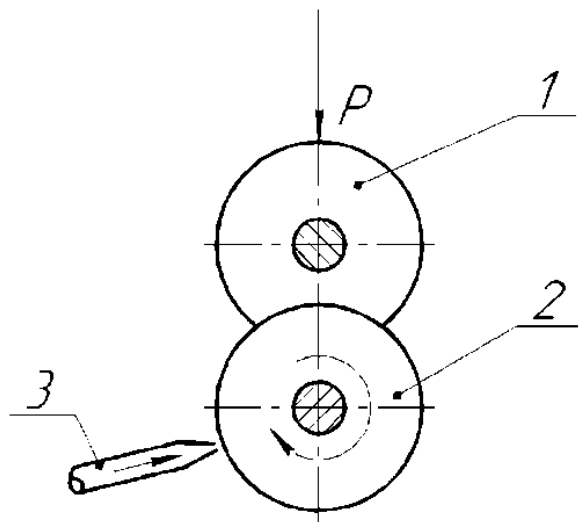


Рисунок 1 – Схема випробувань на машині тертя СМЦ-2:  
1 – колодка; 2 – ролик; 3 – впорскування мастильного матеріалу

Обидві деталі пари тертя (колодка 1 і ролик 2, що на рис. 2) виготовляються із конструкційної сталі і піддаються обробці до твердості, яка орієнтовно відповідає поверхням гребенів коліс рухомого складу та бокових граней головок рейок (твердість колодки від НВ360 до НВ370; твердість ролика – від НВ280 до НВ300). До того ж, колодка виконана максимально наближено до розмірів ролика, що додатково моделює умови роботи пари тертя «гребень бандажу колеса – рейка» (зв'язок речовина-енергія).

На контрольних зразках за допомогою контрольних вагів (з точністю до 0,0001 г) у присутності базового змащувального матеріалу (наприклад «Солідол-Ж») визначають нижню межу навантаження ( $P_1$ ), за якої починаються процеси зношування, котрі характеризуються стійкою втратою маси рухомого зразку (ролика). Разом з цим, визначають стабільну швидкість обертання контрольних зразків. Так, обирають стійкий режим тертя без заїдань, скрипів та надмірних вібрацій.

В процесі випробувань у другому циклі навантаження ( $P_1$ ) подвоюють ( $P_2$ ) в межах експлуатаційної можливості СМЦ-2 без переобладнання.

Під час визначення ( $P_1$ ) базовий ЗМ подається до зони тертя циклічно 2 рази/хв у кількості (по масі), яка дорівнює кількості змащувального матеріалу, котрий впорскується на гребень реборди колеса за одне включення бортової системи лубрикації локомотиву

(надалі-БСЛ), для якої відбирається змащувальний матеріал. Так само протягом випробувань подається змащувальний матеріал, що підлягає випробуванню.

Під час визначення ( $P_1$ ) та протягом випробувань контролюється температура контактної зони пари тертя у зоні виходу контактних зразків із контакту за допомогою безконтактного вимірювача температури. Навантаження ( $P_1$ ) вважається обраним, якщо процеси активного зношування контрольного рухомого зразку (ролик) починаються за температури вузла тертя, що не є вищою за температуру краплевипадіння змащувального матеріалу, який підлягає випробуванню.

### Перелік посилань

1. Гетьман Г.К., Афанасов А.М., Швець А.В. Статистический анализ износа гребней колесных пар локомотивов на Приднепровской железной дороге // Труды IX Междунар. конф. “Проблемы механики железнодорожного транспорта”. – 1996. – С.69.

2. Даніленко Е.І., Яковлев В.О., Костюк М.Д. та ін. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України (ЦП/0138).-К.:Транспорт України, 2006. 336 с.

3. Афанасов А.М. Анализ кинетики смазочных слоев на свободной поверхности гребня колеса рельсового транспортного средства / Підвищення ефективності роботи приладів електричного транспорту. Міжвузівський збірник наукових праць. Дніпропетровськ, 1999. – С. 154 – 159.

УДК 621.824: 004.94:53.088

**Носачов В.С., студент гр. 131м-19н-1****Науковий керівник: Дербаба В.А., к.т.н. доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства***(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)*

## CAD/CAM - РІШЕННЯ В КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА

Організація ефективного машинобудівного виробництва без сучасного устаткування, зокрема без верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), стає неможливою. Посилення конкуренції і потреба ринку в складних виробах стимулюють компанії до технічного переозброєння і до оптимізації бізнес-процесів. В той же час, щоб промислове підприємство працювало максимально прибутково, недостатньо купити дороге сучасне устаткування ЧПК. Необхідно ще організувати його раціональну експлуатацію - звести до мінімуму простій верстатів, збільшити виробництво деталей і скоротити кількість бракованих виробів. Адже верстат з ЧПК приносить прибуток тільки тоді, коли він безпосередньо працює з деталлю (наприклад, фрезеруючи її). Тому з економічної точки зору час, витрачений технологом на створення програми, що управляє, із стойки, фактично є часом простою устаткування. А це, у свою чергу, означає недоотриманий прибуток.

Сьогодні ефективна і раціональна експлуатація верстатів з ЧПК можлива тільки з використанням спеціального ПЗ для створення програм, що управляють, поза устаткуванням, на робочому місці технолога. Одним з найбільш популярних рішень в області CAM (Computeraided manufacturing) є система NX від компанії Siemens PLM Software - комплексне CAD/CAM/CAE-решення для конструкторсько-технологічної підготовки виробництва. Впровадження NX дозволяє машинобудівним підприємствам підійти до автоматизації системно і вирішити відразу декілька бізнес-завдань, охопивши увесь виробничий процес: істотно скоротити терміни проектування і підвищити його якість, здійснювати складні інженерні розрахунки, програмувати устаткування з ЧПК. Система успішно застосовується на підприємствах авіакосмічної галузі і автомобілебудування, в суднобудуванні і енергетиці, у виробництві медичного устаткування, у сфері верстатобудування і машинобудування та ін.

2.Інтерфейс у NX побудований на основі Ролей: залежно від завдання ви вибираєте ту або іншу роль, в NX буде завантажений інтерфейс для вибраної ролі. Ви можете створити свою роль і настроїти інтерфейс для себе.

3.Розробка програм, що управляють, в NX CAM робиться у декілька етапів. Послідовність роботи показана в табл. 1. Не усі етапи є обов'язковими.

Таблиця 1

Вибір оточення обробки(ініціалізація)			
Аналіз геометрії			
Підготовка моделі до виробництва			
Створення /редагування батьківських груп			
Програма	Інструмент	Геометрія	Метод
Створення /редагування операцій			
Генерування траєкторій			
Перевірка траєкторії. Постпроцесування.			

#### 4. 3-осьове фрезерування: контурні операції

Такий вид обробки дуже розповсюджений для виготовлення формотворних елементів оснащення - прес-форм і штампів. Прикладом подібних деталей може слугувати пуансон, показаний на рис. 1.

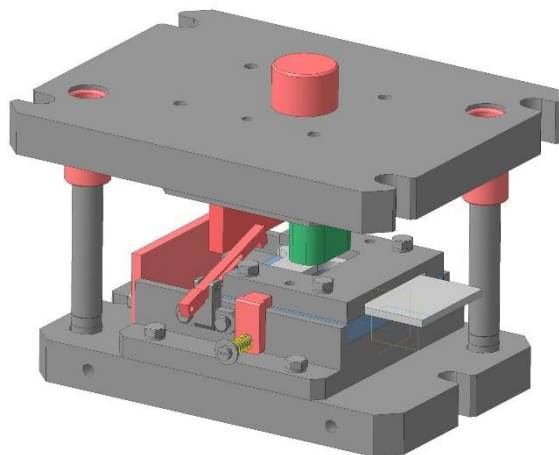


Рисунок 1 – «Штамп»

Контурні операції використовують геометрію, що управляє, яка задається найрізноманітнішими об'єктами (поверхнями, кривими/ребрами, точками та ін.). На основі геометрії, що управляє, система формує набір точок - Масив точок, що управляють, або шаблон, що Управляє. Далі по черзі в ці точки поміщається інструмент і проектується уздовж заданого напрямку на оброблювану геометрію (деталь). В процесі проектування здійснюється пошук точки контакту інструменту з деталлю. У траєкторію руху інструменту (і далі в програму, що управляє) виводиться центральна точка інструменту. Ці точки і формують траєкторію/ В 3-осьовій обробці вісь інструменту зазвичай паралельна осі Z і проектування частіше виконується уздовж осі Z. Ці операції ще називають "операціями з фіксованою віссю інструменту" (звідси і префікс FIXED в їх назві).

Всього команд дев'ять:

- 1 - FIXED \_ CONTOUR - базова контурна операція з фіксованою віссю інструменту;
- 2, 3 - CONTOUR \_ AREA, CONTOUR \_ SURFACE \_ AREA - варіант операції, де геометрія, що управляє, задається областю обробки або поверхнями, що управляють;
- 4 - STREAMLINE - варіант операції, де геометрія, що управляє, зазвичай також є областю обробки, але на основі цієї геометрії формуються так звані лінії потоку;
- 5, 6 - CONTOUR \_ AREA \_ NON \_ STEEP, CONTOUR \_ AREA \_ DIR \_ STEEP, операція CONTOUR \_ AREA з включеним функціоналом виділення непохилих і похилих ділянок відповідно;
- 7, 8, 9 - FLOWCUT \_ SINGLE, FLOWCUT \_ MULTIPLE, FLOWCUT \_ REF \_ TOOL - операції пошуку і доопрацювання увігнутих кутів на деталі.

Контурні операції FIXED \_ CONTOUR можуть виконуватися похилим (але фіксованим) інструментом, що покращує умови різання (оскільки виводить з різання вершину інструмента). Параметр Вісь інструменту розташований в основному діалоговому вікні операції .

#### Перелік посилань

1. Дербаба В.А. CAD/CAM в аэрокосмическую технологию / Дербаба В.А. / Вісник Дніпропетровського університету. - Дн-вск.: Дніпропетровський національний університет ім. О.Гончара. - №4. - т .18 . - 2010. - С.46 - 54.

УДК 681.518.54

Різо З.М. студент гр. 131м-19н-1

Науковий керівник: Дербаба В.А., к.т.н., доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м.Дніпро, Україна)

## МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКОВИХ ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ПРИ КОНТРОЛІ

Похибка вимірювання товщини шліців призводить до прийняття частини продукції, яка визнається відповідної заданому допуску, хоча дійсні відхилення виходять за його межі. Аналогічно відбувається помилкове визнання деякої кількості деталей, дійсні розміри яких знаходяться в межах поля допуску, але при цьому близькі до граничних відхилень.

Для розрахунку частки неправильно забракованих і неправильно прийнятих деталей запропонований алгоритм моделювання і здійснена його реалізація в програмі Microsoft Excel. Зазначена програмна реалізація характеризується недостатнім рівнем автоматизації моделювання при переборі варіантів значень параметрів вихідних даних [1,2].

Актуальною є проблема визначення допустимого рівня інструментальних похибок вимірювання нормованих геометричних параметрів шлицьових валів.

Залишаються невизначені закономірності впливу інструментальних похибок вимірювання евольвентних шлицьових валів на відсоток неправильно забракованих деталей при пасивному контролі. Це і є ціллю викладеної статті, а для досягнення вказаної цілі вирішені такі задачі: здійснено моделювання випадкових процесів вимірювання та контролю з подальшими розрахунками відсотків неправильно забракованих, чи неправильно прийнятих шлицьових валів, визначені відповідні залежності.

В якості контрольованого розміру вибрано відхилення товщини зуба, найменше значення якого є показником, що визначає гарантований бічний зазор, що визначає вид спряження.

Найменше відхилення товщини шліця характеризує найменше нормоване значення постійної хорди.

Шлицевий вал має такі конструктивні параметри:

- модуль  $m=1\text{мм}$ ;
- ділильний діаметр  $d=18\text{мм}$ ;
- число шліців  $z=18\text{шт}$ ;
- товщина шлиця по дугі  $S=2,09\text{мм}$ ;
- ступінь точності 9h.

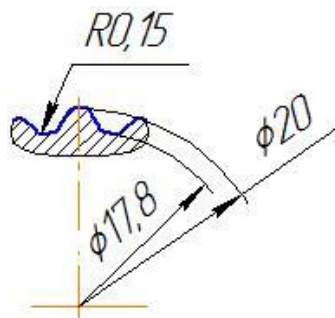


Рисунок 1 – Схема визначення товщини шлиця

Схема допуску на товщину шлиця показана на рисунку 2.

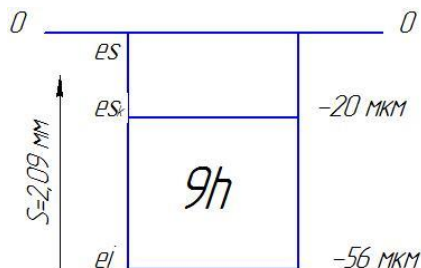


Рисунок 2 – Допуски на товщину шлиця

Структуру алгоритму моделі контрольно-вимірювальної системи будемо розглядати так, як показано на рис. 3.

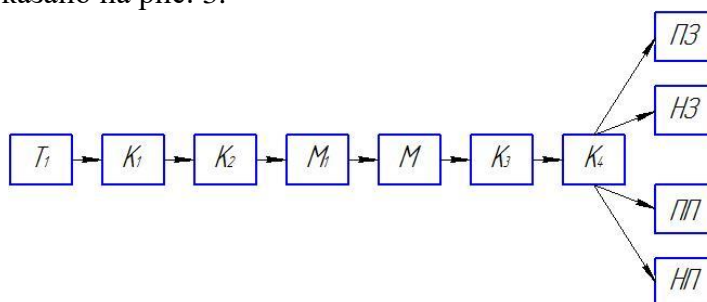


Рисунок 3 – Структура імітаційно-статистичної моделі вимірювання товщини шлицю

Застосовано такі позначення блоків:

$T_1$  – відхилення при нульовій похибці вимірювання;

$K_1$  – імітація процедури контролю замови відсутності похибок вимірювання;

$K_2$  – бал придатності деталі;

$M_1$  – моделювання інструментальних похибок вимірювання;

$M$  – моделювання результату вимірювання;

$K_3$  – бал придатності після вимірювань;

$K_4$  – імітація процедури контролю з урахуванням результату вимірювання;

ПЗ, НЗ, ПП, НП – знаходження гідності шлицьового валу по групам правильно забракованих, неправильно забракованих, правильно прийнятих та не правильно прийнятих валів.

В середовищі Microsoft Excel зроблена електронна таблиця, окремі фрагменти якої імітують – результати вимірювання і контролю деталей, а також відображаються результати моделювання.

Проведені дослідження показали, що похибки вимірювання значно впливають на результати контролю.

### Перелік посилань

1. Derbaba V.A., Zil, V.V., & Patsera, S.T. (2014). Evaluation of the adequacy of the statistical simulation modeling method while investigating the components presorting processes. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), 45-50.

2. Дербаба В.А. Влияние расширенной неопределенности на риски изготовителя и заказчика при измерении толщины зуба / В.А. Дербаба, В.И. Корсун, С.Т. Пацера // Системи обробки інформації. - Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. - Харків.: ХУПС і м. І. Кожедуба. - 2011 - Вип.1 (91). - С.57 – 61.

УДК 621.891/892.004.12

Харюк С.В., студент гр. 132-18ск-1

Наукові керівники:

Проців В.В., завідувач кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства, д.т.н., професор

Григоренко В.У., д.т.н. професор кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

### ОЦІНКА ЗДАТНОСТІ ЗМАЩУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ НА МАШИНІ ТЕРТЯ СМЦ-2

Для створення можливості оцінки здатності змащувального матеріалу підвищувати опір поверхонь тертя зразків до переходу в катастрофічні режими зношування, випробування проводяться циклічно в двох режимах навантажень у три цикли ( $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_1$ ) із загальною тривалістю одного циклу випробувань у кожному режимі не менше, ніж одна година. В кожному режимі навантажень для кожного змащувального матеріалу випробування повторюються по три рази, при цьому кожного разу на нових зразках. Контрольне зважування ретельно очищених від змащувальних матеріалів та продуктів зносу лабораторних зразків виконується щогодини.

Найкращим доцільно вважати змащувальний матеріал, при використанні якого показник деградації (здатності змащувального матеріалу підвищувати опір поверхонь тертя до переходу в катастрофічні режими зношування) у відсотковому виразі має найменше значення. У подібний спосіб доцільно проводити випробування змащувальних матеріалів, в тому числі для стаціонарних та пересувних рейкозмащувачів, за однієї відмінності, що за контрольну величину беруть втрату маси нерухомого зразку (колодки).

На рисунку 2 показані поверхні тертя зразків після випробувань з різними змащувальними матеріалами

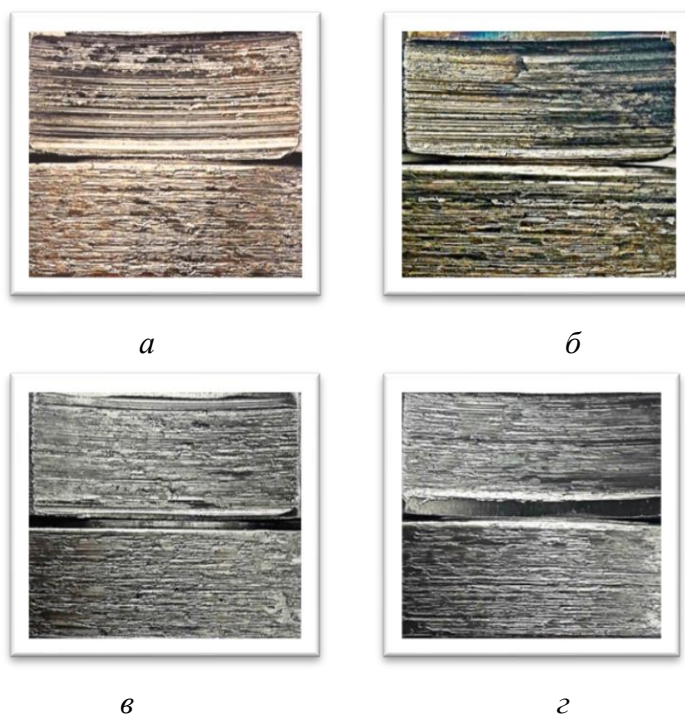


Рисунок 2 – Поверхні тертя зразків після випробувань з різними мастилами: а – Рельсол-М; б – РС-6; в – ЗМГЗ НТ30-63; г – ЗМРЗ НТ30-63

**Висновки.**

1 За результатами випробувань зроблені такі висновки:

– змащувальні матеріали Рельсол-М та Рельсол-ГС виготовляються у відповідності до вимог ТУ У 23.2-30802090-055:2006 та відрізняються між собою незначною мірою (лише показниками penetрації);

– графітовмісна змащувальна композиція РС-6 не забезпечує стабільних змащувальних властивостей у зв'язку зі специфікою процесу її підготовки до застосування та особливостей нанесення на поверхні рейок;

– змащувальний матеріал ЗМРЗ НТ 30-63 поступається своїми трибологічними властивостями змащувальному матеріалу ЗМГЗ НТ 30-63 як під час змащування рухомого зразку (колесо), так і нерухомого зразку (рейка).

2 За підсумками розгляду результатів випробувань можливо визнати матеріал ЗМГЗ НТ 30-63 найкращим та універсальним змащувальним матеріалом як для гребнезмащувачів локомотивів, так і для стаціонарних рейкозмащувачів, які працюють на змащувальних матеріалах Рельсол-М та Рельсол-ГС відповідно.

**Перелік посилань**

1. Гетьман Г.К., Афанасов А.М., Швець А.В. Статистический анализ износа гребней колесных пар локомотивов на Приднепровской железной дороге // Труды IX Междунар. конф. “Проблемы механики железнодорожного транспорта”. – 1996. – С.69.

2. Даніленко Е.І., Яковлев В.О., Костюк М.Д. та ін. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України (ЦП/0138).-К.:Транспорт України, 2006. 336 с.

3. Афанасов А.М. Анализ кинетики смазочных слоев на свободной поверхности гребня колеса рельсового транспортного средства / Підвищення ефективності роботи приладів електричного транспорту. Міжвузівський збірник наукових праць. Дніпропетровськ, 1999. – С. 154 – 159.