

### СЕКЦІЯ 3

## ПРОЦЕСИ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИЛАДІВ, МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЇХ КОНТРОЛЮ

УДК 621.317.7

### УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ ОДНОФАЗНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

*Петрище М.О., Шестаков А.Є., Логвиненко Д.М., Крутов С.Л., Державне підприємство «Всеукраїнський науково-виробничий центр стандартизації, сертифікації метрології та захисту прав споживачів», м. Київ, Україна*

Постійне вдосконалення статичних лічильників електричної енергії (ЛЕ) виробниками викликає потребу вдосконалення обладнання для проведення їх випробувань. В першу чергу це стосується обладнання організацій, акредитованих на проведення державних випробувань, оскільки на державні випробування можуть подаватися ЛЕ будь-яких типів та модифікацій.

За останній час виробники певних типів однофазних двоелементних ЛЕ (основний вимірювальний елемент (ВЕО) – в колі фазного провідника мережі, допоміжний (ВЕД) – в колі нейтрального провідника) почали відмовлятися від затискача, який роз'єднував нульові провідники кіл струму та напруги ЛЕ. Це не викликало змін під час проведення приймально-здавальних випробувань або виконанні перевірки, оскільки при виконанні цих робіт метрологічні характеристики ЛЕ визначаються окремо, а роботу індикаційних пристроїв достатньо перевіряти на допоміжному обладнанні.

При проведенні державних або періодичних випробувань існує необхідність у визначенні метрологічних характеристик  $N$  кількості ЛЕ при одночасній роботі обох вимірювальних елементів. Такі випробування можна виконати за допомогою запропонованої на рис. 1 установки (показано лише її струмову частину).

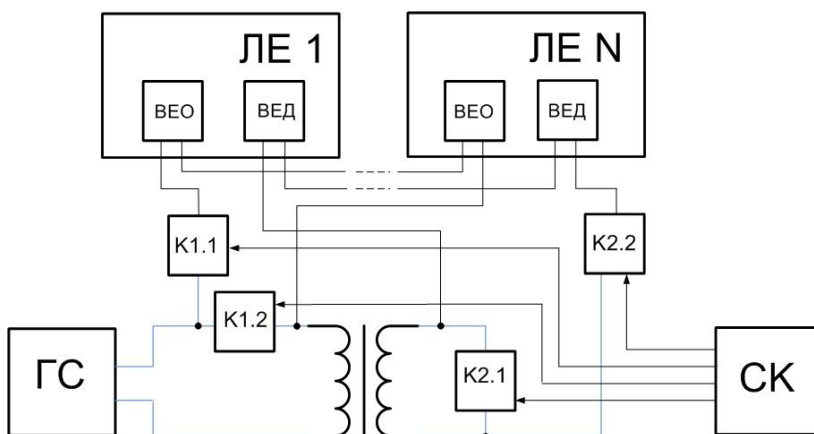


Рис. 1. Установка для перевірки двоелементних ЛЕ, где ГС – генератор струму; К1.1, К1.2, К2.1, К2.2 – комутаційні пристрої, СК – схема керування комутаційними пристроями.

Ключові слова: лічильник електричної енергії, випробування.

УДК 681.2.002

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

<sup>1</sup>)Лана М.В., <sup>1</sup>)Попов И.А., <sup>2</sup>)Глоба Л.С., <sup>2</sup>)Лана А.Б., <sup>1</sup>)Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, г.Севастополь, Украина, , <sup>2</sup>)Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Системный анализ объектов исследования отличается в зависимости от целей исследования. Сложность задач многовариантного технологического проектирования и трудности их решения обусловлены неопределенностью множества альтернатив и критериев выбора. Системный анализ предполагает исследование не только системы, но и условий ее функционирования с учетом факторов риска, неполноты, неопределенности информации. Будем рассматривать не только базу конструкторско-технологических знаний (БКТЗ), но и условия ее создания и функционирования в рамках законодательного и нормативного поля, а также единого информационного пространства приборостроительного предприятия. Процесс приобретения знаний и создания базы знаний для проектирования технологических процессов является научно-информационной деятельностью (Закон Украины «о научно-технической информации», ст.1), данный вид информации является продуктом интеллектуального творческого труда и представляет объект интеллектуальной собственности. Закон Украины «Об авторском праве и смежных правах» не выделяет базы знаний как отдельный объект интеллектуальной собственности. Формирование системы охраны интеллектуальной собственности в Украине еще не завершено и не включает, в частности, такие важные аспекты, как охрана коммерческой тайны, ноу-хау, традиционных знаний, баз знаний.

Таким образом, причинами проблем создания баз конструкторско-технологических знаний, интеллектуальных систем проектирования ТП являются: сложность процесса извлечения знаний; отсутствие механизмов правовой защиты содержания баз знаний и ноу-хау по их созданию (методов и алгоритмов извлечения) как объектов интеллектуальной собственности предприятия; несовершенство нормативной базы в области стандартизации в системах промышленной автоматизации и интеграции, представления данных об изделии и обмену данными и знаниями; отсутствие государственных классификаторов объектов технологического проектирования. Онтологический поход к стандартизации в области машино- и приборостроения, автоматизированное извлечение конструкторско-технологических знаний – пути решения проблемы создания и доведения до коммерческого использования БКТЗ.

Ключевые слова: системный анализ, база конструкторско-технологических знаний, нормативная база, стандартизация.

УДК 621.981

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ СВАРКИ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

<sup>1)</sup> Антонюк В.С., <sup>2)</sup> Прокопенко В.В., <sup>1)</sup> Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, г. Киев, Україна; <sup>2)</sup> Открытое акционерное общество “Научно производственный комплекс” Киевский завод автоматики им. Г.И. Петровского”, г. Киев, Україна

Сварочный процесс характеризуется многими входными и выходными параметрами, которые влияют на качество сварочного шва. Поэтому для формирования оптимальных геометрических параметров сварочной ванны необходимо определить соответствующие параметры процесса сварки. При этом определение параметрами сварки с целью формирования ванны с заданными геометрическими характеристиками может потребовать проведения большого числа экспериментов, затрат времени и ресурсов.

Эффективным методом решений этой задачи является применение современных статистических и математических методов моделирования и оптимизации процесса.

Общая процедура этих методов заключается в проведение эксперимента, определение области оптимизируемой точки, разработка модели и определение оптимальных значений параметров, которые минимизируют (или максимизируют) функцию цели.

Для формирования оптимальных геометрических параметров сварочной ванны необходимо определить соответствующие режимы процесса сварки. Были рассмотрены модели, связывающие параметры сварочной ванны с режимами сварки в виде регрессивных моделей и применены методики Тагучи для поиска робастных условий сварки. Эти методы дают хорошие результаты в случае регулярных областей, т.е. точек области, в которой выполняются эксперименты.

Для решения этой проблемы и определения квазиоптимальных параметров процесса сварки был применен генетический алгоритм - алгоритм глобальной оптимизации, который позволяет: использовать алгоритм для решения сложных задач, например, многомодальных неограниченных зашумленных систем.

На каждом этапе итерации алгоритма генетики идет формирование текущих значений входных параметров процесса случайным образом. Для определения режима сварки обеспечивающего проектируемые размеры шва использовали алгоритм, у которого входными параметрами являются скорость сварки, напряжение и ток дуги, скорость подачи проволоки, а выходными – глубина и ширина сварочной ванны, а также угол разделки кромок.

Ключевые слова: сварка, моделирование, оптимизация, режимы, параметры сварочной ванны.

УДК 621:658.512.4

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ШЛЯХОМ СИНТЕЗУ РАЦІОНАЛЬНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ СКЛАДАННЯ ВИРОБІВ

*Румбешта В.О., Стельмах Н.В., Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Необхідність використання САПР на всіх етапах підготовки приладобудівного виробництва обумовлена вимогами й темпами розвитку сучасних приладів. Тому, приладобудівні виробництва, змушені переходити на дрібносерійний випуск продукції при паралельному виготовленні відразу декількох приладів одного або навіть різного напрямку. Все це вимагає розробки й впровадження нових методів технологічної підготовки виробництва приладів з прискореним циклом їхнього освоєння й випуску.

Створення ефективних САПР неможливо без розробки методів проектування оптимальних технологічних процесів і, зокрема, процесів складання й монтажу.

Для розв'язання даної задачі потрібно створити таку автоматизовану систему проектування технології складальних робіт, що базується на застосування наступної інформації про об'єкт складання: базування елементів конструкції; розмірні зв'язки у кожній складальній одиниці; розмірні зв'язки елементів конструкції; порядок входження деталей у виріб; порядок виконання з'єднань.

З цією метою виконана розробка автоматизованої системи проектування операційної технології, яка є зручною і простою у використанні, забезпечує високу точність розрахунків, а також дозволяє отримати оптимальну операційну технологію складання виробів та значно скорочує час самого проектування. Проектування технології складання за допомогою цієї системи виконується в декілька етапів, а саме: формування первинної інформації про новий виріб (наприклад розчленування на базові вузли виробу, зазначення переліку комплектуючих та видів складально-випробувальних робіт); виконанням необхідних технологічних розрахунків; виведення результатів проектування на екран дисплею для аналізу й можливого корегування та на друк у вигляді технологічних схем або їх збереження у окремому файлі.

Таким чином користувач може отримати оптимальну технологію складання як на кожен окремий вузол, так в цілому на весь виріб, представивши його в вигляді сукупності базових вузлів.

Особливістю системи є наявність в ній бази даних, де зберігається інформація про складальні та випробувальні операції з експертною оцінкою їх трудомісткості, дані про інструмент, обладнання та допоміжні матеріали при складанні тощо.

Ключові слова: підготовка виробництва, технологія складання.

УДК 621.7:658.511.4

## ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЗАДАЧАХ ПІДГОТОВКИ ПРИЛАДОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА

*Вислоух С.П., Паткевич О.І., Сидорук Г.В., Національний технічний університет України, «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Якість технологічної підготовки виробництва суттєвим чином залежить від постановки розв’язуваних задач, вибору методів їх рішення та повноти використовуваної початкової інформації. На сьогодні методи розв’язання технологічних задач характеризуються використанням обмеженої початкової інформації, суб’єктивністю її вибору, застосуванням застарілих методик. Крім того, більшість задач технологічної підготовки виробництва недостатньо формалізовані, часто відсутні адекватні математичні моделі вихідних технологічних параметрів і показників виготовлення деталей та складання приладів, а задачі структурної та параметричної оптимізації роботи виробничих систем не знайшли свого практичного розв’язання. Це призводить до того, що результати технологічної підготовки не відповідають сучасним вимогам приладобудівного виробництва, і тому обумовлює необхідність створення нових методик обробки технологічної інформації на основі застосування сучасних ефективних методів багатомірного статистичного аналізу, імітаційного та математичного моделювання, структурної та параметричної оптимізації тощо. Тому розвиток основ використання сучасних інформаційних технологій шляхом систематизації задач технологічної підготовки виробництва та комплексності їх розв’язання, розробки нових наукових підходів до вибору початкової інформації та її обробки, обґрунтованого вибору методів формалізації та рішення різноманітних задач, де в єдиному комплексі поєднані всі етапи виготовлення виробів та їх життєвого циклу, є сучасною і актуальною проблемою. З урахуванням цього поставлено та розв’язано задачі підвищення якості технологічної підготовки виробництва на основі максимального використання початкової інформації без збільшення розмірності цих масивів шляхом застосування методів факторного та компонентного аналізу, обґрунтованого вибору та використання сучасних методів класифікації, групування та розпізнавання образів.

Показано, що для математичного моделювання технологічних параметрів наряду з чисельними та експериментально-статистичними методами доцільно використовувати методи евристичної самоорганізації – методи групового врахування аргументів і штучні нейронні мережі, а для оптимізації роботи виробничих систем ефективним є застосування методів, які базуються на використанні структурно-логічного підходу до математичного моделювання систем і їх імітаційного моделювання засобами мереж Петрі.

Ключові слова: технологічна підготовка виробництва, інформаційні технології, математичне та імітаційне моделювання, параметрична та структурна оптимізація.

УДК.681.3.06:519.6

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В САПР ТП

*Мережаный Ю.Г., Паткевич О.І., Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Повышение эффективности приборостроительного производства невозможно без широкого применения систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП). Сегодня существует множество способов реализации автоматизированного технологического проектирования. В большинстве случаев применяемые системы требуют частого вмешательства технолога в процесс проектирования и, в результате, не обеспечивается должное сокращения сроков разработки ТП и повышение качества проектных работ. Среди наиболее эффективных подходов автоматизированного проектирования, используемых в САПР ТП, следует выделить применение экспертных систем (ЭС) и нейронных сетей (НС). Их использование можно объяснить попыткой уменьшить влияние субъективных факторов на результаты проектирования. К недостаткам ЭС следует отнести большую сложность создания таких систем и, все же, зависимость процесса проектирования от человека, вынужденного подсказывать системе ключевые элементы при разработке ТП. Недостатком применения методики НС в САПР можно назвать относительно длительный срок обучения системы и необходимость повторения итераций процесса обучения для каждой новой базовой детали или сборочной единицы.

Предлагается использовать в процессе технологического проектирования генетические алгоритмы (ГА), то есть эвристические алгоритмы поиска при решении задач оптимизации и моделирования, реализуемые последовательным подбором, комбинированием и вариацией искомых параметров с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию. Эта последовательность действий представляет собой разновидность эволюционных вычислений. Отличительной особенностью генетических алгоритмов является использование оператора «скрещивания», выполняющего рекомбинацию решений-кандидатов аналогично скрещиванию в живой природе. В качестве исходных данных для работы ГА будут технологические операции с переходами, представленные в нашем случае генами хромосом. Для оценки «здоровья» хромосом рекомендуется использовать ЭС, а для операций отбора – НС. Преимуществом использования ГА в САПР ТП является их возможность самостоятельно проектировать технологию изготовления деталей и сборки сборочных единиц без создания типовых ТП для базовых деталей и сборочных единиц.

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования; технологические процессы; механообработка; генетические алгоритмы.

УДК 681.326.75

## К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ПОСТРОЕНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

*Диордица И.Н., Филиппова М.В., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Киев, Украина*

Зона контакта инструмента и заготовки является активным виброакустическим источником воздействующим на ТОС, вызывая соответствующие сигналы измеряемые акселерометрами, что позволяет диагностировать качество обработки, износ и поломку режущего инструмента, производит его размерную настройку. Анализ спектров виброакустического сигнала генерируемого зоной резания позволяет разработать математические модели и аналого-цифровые микропроцессорные системы, с помощью которых можно контролировать износ инструмента и аварийные состояния процесса, прогнозировать стойкость и шероховатость, автоматизировать размерную настройку инструментов, контроль точности обработки, оптимизацию протекания процесса металлообработки.

Построение системы автоматического определения координат касания инструмента и детали основывается на фиксировании момента касания и показаний датчиков положений рабочих органов станка (индуктосинов). Быстродействие и надежность системы определения момента касания (датчика касания) определяется обеспечиванием ряда компромиссных требований, предъявляемых к нему исходя из особенностей спектра отклика на виброакустический сигнал. Основой системы определения момента и координат касания является цепочка преобразователей: пьезоакселерометр, предварительный усилитель, логарифмический усилитель, фильтр, пороговое устройство, ПЭВМ. Для того чтобы отстраниться от изменчивости динамических свойств упругой системы зоны резания предлагается: устанавливать два пьезоакселерометра с особыми частотами, совпадающими с центральными частотами  $\omega_0$ . В этом случае пьезоакселерометры работают как приборы резонансного и полурезонансного типа, то есть чувствительность преобразования усиливается в несколько раз.

Система может осуществлять постоянный текущий контроль процесса резания, выявлять аварийное состояние процесса резания, куда входят поломки инструмента, врезание инструмента в заготовку с большой скоростью или с большой подачей, останавливать подачу, отводить суппорт.

Виброакустические системы диагностики и управления процессом резания металлов являются в настоящее время наиболее эффективными вследствие большой их информативности, отражающей динамику процесса металлообработки.

Ключевые слова: виброакустическая система, сигнал, металлообработка.

УДК 621.9.044

## ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ СУХОГО РІЗАННЯ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ ПРИЛАДІВ

*Держук В.А., Прошак О.П., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Необхідність використання несухого різання доведена в попередніх роботах.

Сухе різання інтенсивно розвивається в різних країнах в даний час. Процеси обробки потребують інтенсифікації, захисту здоров'я оператора, захисту довкілля, покращення санітарної гігієни на виробництві, підвищують економічність виготовлення за рахунок зниження затрат на закупівлю змазуючо-охолоджуючих технічних середовищ (ЗОТС).

Створення умов сухого різання потребує переглянути і переробити стан верстата, особливо підвищити його жорсткість, зробити його більш потужним, більш швидкісним, з більш різноманітною подачею.

Звичайно змінюються умови подачі ЗОТС в зону обробки, що потребує деяких затрат на створення нових пристроїв, затрати на які компенсуються на закупівлю нових ЗОТС.

Метод сухого різання намічає подальший розвиток новітньої технології механічної обробки яка називається ключовою, найбільш необхідною для всіх видів виробництва.

На виробництвах в Німеччині проведена стандартизація обробки з мінімальною кількістю ЗОТС. Такий варіант має місце, де при обробці обійтися без охолодження неможливо.

Основними якостями ЗОТС є охолодження і змазування, а також пониження міцності на зрізання оброблюючого матеріалу. Крім того має місце транспортування стружки. Зниження температури в зоні різання, зменшується інтенсивність зношення, збільшується стійкість інструменту.

Охолоджуючі дії ЗОТС складні, не стійкі і звлежать від фізико-температурних якостей, ефекту змочування і пароутворення, теплопередача також тут нестійка, розділяються зони різання і побічні зони впливу температури.

Максимальний тиск на контактних площадках леза різних видів інструментів може коливатись в широких границях  $D_{MAX} = 2 \dots 70$  Гпа, що на два-три порядки перевищує тиск на звичайних тертьових поверхнях деталей машин. Такі умови підказують, що використання ЗОТС практично практично не змінюють умови охолодження і зношення. Це відповідає умовам сухого різання, яке широко використовується на виробництвах закордонних фірм і рекомендується для впровадження на виробництвах України.

Ключові слова: суха обробка, мастильно-охолоджуючі технічні середовища (МОТС).

УДК 681.2.008

## СИСТЕМА ПІДНАЛАГОДЖУВАННЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПК З ВИКОРИСТАННЯМ ВІБРОАКУСТИЧНОГО ДАТЧИКУ ДОТИКУ

*Скороход О.М., Румбешта В.О., Симута М.О., Національний технічний університет  
України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна.*

Перед сучасним приладо- та машинобудуванням поставлені задачі виробництва деталей малих розмірів з точними допусками. Однак особливістю приладобудування є одиничне та малосерійне виробництво з великою номенклатурою, що швидко змінює об'єкт виготовлення і потребує нового виконання процедури налагодження технологічного обладнання, що є дуже і трудомісткою операцією.

З іншої сторони все більше розповсюдження набуває обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), при якому весь «тягар» виробництва перекладають на автоматизовані системи, що, з одного боку, дозволяють з достатньою точністю оброблювати деталі, а з іншого ставить задачу створення системи керування обробкою в автономному режимі за заданою траєкторією руху інструмента.

При роботі такої системи необхідне попереднє налагодження верстату на точні базові координати траєкторії руху інструмента та періодичне підналагодження через збої верстату під час роботи та виникнення похибок обробки внаслідок зношення різального інструменту, зміни його на новий, теплової деформації системи та інших явищ, що приводять до втрати базових координат траєкторії руху інструмента. Для цього необхідно проводити контроль заготівки після кожного переходу та отриманої деталі не знімаючи її з верстату.

Більшість сучасних систем ЧПК не в змозі проводити таке підналагодження, тому що не обладнані системами зворотного зв'язку і не можуть вирішувати поставлені завдання. Для розв'язання поставлених задач запропонована система підналагодження верстату з ЧПК зі зворотнім зв'язком, що проводить корекцію базових точок обробки на основі контролю отриманої деталі. Для цього після обробки деталі проводять її контроль спеціальним датчиком торкання, встановленим на верстаті і за його результатами проводиться корекція базових координат обробки.

На даний час розроблено велику кількість датчиків торкання різних типів, в тому числі і на кафедрі виробництва приладів НТУУ «КПІ», але всі вони мають свої недоліки, які ускладнюють використання їх в системах діагностики ГВС. Розроблено комбінований віброакустичний датчику дотику, конструкція якого дозволяє визначати координати та розміри обробленої з необхідною точністю та швидкістю та проводити контроль деталей з будь-яких матеріалів.

Ключові слова: ЧПК, датчик торкання, контроль деталей.

УДК 681.2:538.5

## КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ПРИЛАДІВ

*Заєць С.С., Шевченко В.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

В сучасному приладобудуванні значну увагу приділяють проблемі управління якістю приладів, що виготовляються. Від того, наскільки успішно вона вирішується, залежить багато чинників в економічному і соціальному житті приладобудівних підприємств.

Сучасна ринкова економіка пред'являє принципово нові вимоги до якості приладів. Це пов'язано з тим, що попит на продукцію підприємства, його стабільне положення на ринку товарів і послуг визначається рівнем конкурентноздатності. У свою чергу, конкурентноздатність пов'язана з великою кількістю факторів, серед яких можна виділити два основних – рівень ціни виробу і якість його продукції. При цьому якість приладів поступово виходить на перше місце. Продуктивність праці, економія всіх видів ресурсів поступаються місцем якості приладів. Новітній підхід до стратегії підприємництва полягає в розумінні того, що якість є най ефективнішим засобом задоволення вимог споживачів й одночасно з цим – зниження витрат виробництва.

Мета моделювання якості: це підвищення якості виробництва приладів за рахунок використання комплексного підходу з врахуванням взаємозв'язку економічних та технічних параметрів.

На кожному підприємстві на якість продукції впливають різноманітні фактори, як внутрішні, так і зовнішні.

До внутрішніх відносять такі, що зв'язані зі здатністю підприємства випускати прилади належної якості, тобто залежать від діяльності самого підприємства. Такі показники є численні, їх класифікують на наступні групи: науково-технічні, виробничі, організаційні, економічні, соціально-психологічні та кліматичні.

Зовнішні фактори в умовах ринкових відносин сприяють формуванню якості приладів. До них у першу чергу можна віднести: вимоги ринку, тобто споживачів продукту, конкуренцію й т.і.

Всі ці фактори зв'язані між собою і впливають на якість приладів.

У багатьох випадках в якості факторів моделі управління якістю виробництва приладів використовують: залежність ціни від параметрів якості, і залежність собівартості від параметрів якості. На основі цих показників визначають прибуток, в залежності від якості виготовленої продукції. Розглядаючи різні за складністю і точністю прилади, можна зробити висновок, що управління показниками якості, дозволяє витримувати конкурентноздатність продукції на ринку і планувати можливі прибутки.

Ключові слова: модель якості, внутрішні фактори, зовнішні фактори.

УДК 681.5.08

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТОЧНОГО ПОЗИЦІЮВАННЯ КООРДИНАТИ ТОРКАННЯ ІНСТРУМЕНТА

*Корзун С.С., Остаф'єв В.О., Кушнір Я.О., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Визначник торкання - пристрій для точного позиціювання різального інструмента та таких параметрів процесу металообробки, як його зношення і руйнація інструмента. Залежно від задачі вимірювання, пік чутливості пристрою може бути налагодженим на низьке значення опору в точці взаємодії інструмента з нульовою точкою верстату (режим торкання) та високе (наближення), що призводить до значного підвищення надійності, швидкодії та простоти застосування вимірювального пристрою в автоматизованій системі керування технологічним обладнанням.

Суть роботи пристрою позиціювання координати пояснюється його функціональною схемою, що наведена на рисунку.

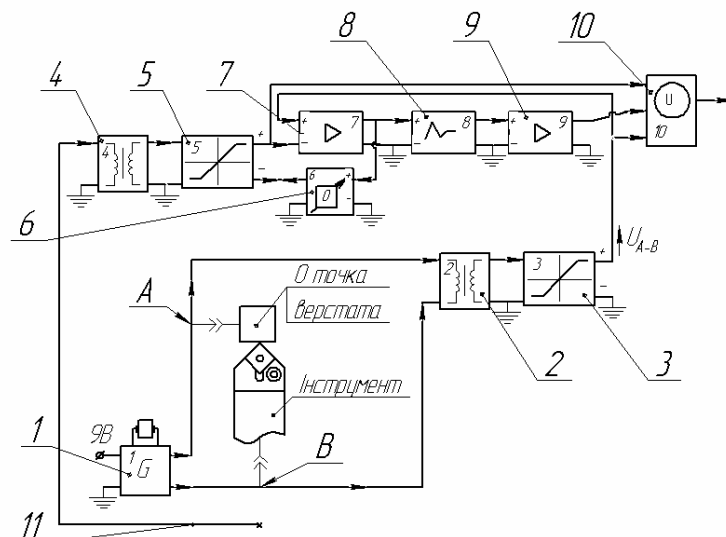


Рис. Функціональна схема пристрою для позиціювання інструмента, де 1 - генератор сигналу високої частоти, 2 - трансформатор, 3 - детектор, 4 – другий трансформатор, 5 – другий детектор, 6 - пристрій автоналагодження нуля, 7 - підсилювач, 8 фільтри, 9 – додатковий підсилювач, 10 - блок розпізнання сигналів, 11 - дріт компенсації зміни рівня наведення.

Прийняття рішення для точного позиціювання інструмента при його використанні на виробництві дозволить скоротити термін налаштування автоматизованої системи керування технологічним обладнанням на роботи та підвищити якість обробки деталей в системі.

Ключові слова: визначник торкання, точне позиціювання, зношення, пік чутливості, наближення, торкання.

УДК 681.2:658.511.4

## ОСНОВИ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

*Ланіга О.С., Вислоух С.П., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Системи автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП) відіграють значну роль у сучасному виробництві. Адже вони дозволяють скоротити тривалість виробничо-технологічного циклу при забезпеченні високої якості як проектних рішень, так і виготовлених виробів. Проте, при створенні таких систем виникає багато труднощів, що пов'язані з формалізацією об'єкта та процесу проектування. При цьому найбільшу увагу потрібно приділити найменш формалізованим етапам проектування, до яких відноситься автоматизоване проектування операційної технології. Основними вимогами до розробки систем автоматизованого проектування операційної технології є такі, що забезпечують гнучку адаптацію системи на зміну технології виготовлення деталі, автоматизований пошук та вибірку необхідної інформації для проектування із баз даних і баз знань, поетапне проектування з можливістю повернення до раніш виконаних етапів, автоматизований розрахунок припусків і міжопераційних розмірів деталі, режимів обробки та норм часу, можливість використання системи як в автономному режимі, так у складі комплексної САПР ТП, максимально можливий рівень автоматизації проектних робіт тощо.

З врахуванням наведених вимог здійснюється розробка системи автоматизованого проектування операційної технології обробки типових деталей приладів та машин. Розробка операційної технології за допомогою цієї системи розпочинається із вибору методу обробки, наприклад, токарна, фрезерна тощо. Після цього проектувальник вибирає вид оброблюваної поверхні, матеріал заготовки та вводить всі необхідні дані для параметричного налаштування оброблюваної поверхні, а саме: розміри поверхні, її точність та шорсткість. На основі цієї інформації система розраховує припуски, визначає кількість та вид переходів, формує список інструментів, що найбільш відповідає заданим умовам обробки, визначає режими різання та виконує технічне нормування, уточнює необхідне обладнання й виводить результати проектування на екран та, при необхідності, подає їх вигляді технологічних карт і файлу початкових даних для автоматизованої розробки керуючих програм для верстатів з ЧПК.

Створену систему автоматизації операційної технології можна використовувати автономно та у складі комплексної автоматизованої системи.

Ключові слова: САПР ТП, операційна технологія, оброблювана поверхня, режими різання, технічне нормування.

УДК 621.9.62.52

## СИСТЕМА АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ РІЗАННЯ

*Заєць С.С., Шевченко В.В., Максимчук І.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Сучасний розвиток приладобудування поставив ряд складних задач по забезпеченню високої якості, точності, надійності виготовлення деталей і приладів. Для досягнення поставлених завдань використовують різноманітні за складом дії, системи контролю процесу виготовлення, а також все ширше застосування знаходять адаптивні системи керування процесами обробки деталей на верстатах різного призначення.

Система адаптивного керування процесом різання, що пропонують автори, відноситься до обробки деталей на металорізальних верстатах, а саме токарної групи. Використання даної системи дозволяє підвищити точність виготовлення заданих розмірів а також дотримуватися заданої шорсткості поверхні.

В основу системи адаптивного керування покладено використання, датчика термо – ЕДС, пристрою порівняння, блоку керування режимами різання і блоку вимірювання шорсткості, що має послідовно встановлені барієву лінзу, модулятор й фотоприймач інфрачервоного випромінення (ІЧ).

Дана система працює таким чином. В процесі різання сигнал Е з датчика ЕДС подають на вхід пристрою порівняння, на який також подається з задаючого пристрою безперервний сигнал  $E_0$ , що відповідає мінімальній величині швидкості зношування різального інструмента. Величина сигналу  $E_0$  визначається для кожної пари «інструмент-деталь» на основі попередніх дослідів. У випадку наявності сигналу неузгодження  $\Delta E = E - E_0$  з виходу пристрою порівняння подають сигнал  $\Delta E$ , вхід блока управління режимами різання. Блок керування у відповідності з величиною  $\Delta E$  видає команду на виконавчий механізм для змінення режимів різання з метою виключення неузгодження між  $E$  і  $E_0$ . Через час  $t$  після початку різання вмикається друга підсистема керування. ІЧ - випромінення с тільки по обробленій поверхні фокусується барієвою лінзою в площині розміщення блоку фотоприймачів. Перед блоком фотоприймачів модулятор здійснює модуляцію ІЧ-випромінення. В блоці фотоприймачів інтенсивність ІЧ-випромінення перетворюється в імпульсний сигнал, що підсилюється підсилювачем й перетворюється в перетворювачі в постійний електричний сигнал, величина якого пропорційна інтенсивності ІЧ- випромінення. Надалі отриманий сигнал порівнюється в блоці порівняння з сигналом відповідності. У разі відмінності сигналів подається сигнал на блок керування процесом різання з метою виключення неузгодження сигналів.

Дана система дозволяє безпосередньо в процесі різання контролювати ступінь зношення різального інструмента й величину шорсткості поверхні деталі.

Ключові слова: адаптивне керування, шорсткість, процес різання.

УДК 621.9:519.6

## СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК

*Катрук О.В., Вислоух С.П., Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Підвищення продуктивності процесу обробки на верстатах з ЧПК можливо шляхом використання стабілізуючих систем керування, що побудовані на основі аналізу інформації, що отримується в процесі різання.

На сьогодні задачі визначення режимів різання в більшості вирішується до розробки керуючих програм. Сучасні системи ЧПК будуються на мікропроцесорній базі, вони зазвичай мають надлишкові обчислювальні потужності, які можна використати для виконання необхідних розрахунків і регулювання режимами різання з метою забезпечення необхідної якості оброблювальних поверхонь. Це дозволить підвищити продуктивність процесу виготовлення деталей та зменшити ймовірність отримання неякісних виробів.

Керування процесом обробки здійснюється шляхом прогнозування вихідних показників процесу різання на основі його поточної інформації. Дане прогнозування потребує відповідних математичних моделей та методів їх отримання. Сучасними методами, що дозволяють отримати адекватну математичну модель для прогнозування параметрів процесу різання, є еволюційні методи самоорганізації моделей, зокрема методи групового врахування аргументів (МГВА) та методи штучних нейронних мереж. Нечіткий метод групового врахування аргументів дозволяє отримати інтервал з верхньою і нижньою границю прогнозованого значення вихідної величини. Завдяки отриманому діапазону можна визначити режими різання, що забезпечують задану якість оброблювальної поверхні та значно зменшити кількість керуючих дій при обробці деталей на верстатах з ЧПК.

На основі наведених принципів створюється система керування процесом фрезерної обробки на верстаті з ЧПК. Для її реалізації проводяться експериментальні дослідження з метою отримання математичних моделей вихідних параметрів – сил різання, точності та шорсткості обробленої поверхні, а також параметрів вібрації. На основі цих моделей будуть визначені оптимальні режими різання, що забезпечують задані параметри якості поверхні та залежності, що дасть можливість прогнозувати їх за амплітудою та частотою вібрації.

Реалізація такої системи керування режимами обробки на основі моделювання та прогнозування вихідних параметрів процесу різання дозволяє забезпечити задані параметри якості обробленої поверхні, підвищити продуктивність процесу різання.

Ключові слова: система керування, режими обробки, математичне моделювання, нечіткий метод групового врахування аргументів.

УДК 529.3

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ПРОЦЕСАХ РІЗАННЯ З ЕЛЕМЕНТАМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ГЕОМЕТРІЇ РІЗАЛЬНОЇ КРАЙКИ

*Остаф'єв В.О., Зінчук С.В., Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Помітною особливістю сучасних технологій механічної обробки є висока їх ефективність у поєднанні з можливостями обробки нових композитів та матеріалів з унікальними властивостями, складних поверхонь, одержання заданої точності та якості. Вимоги до технології механічної обробки зростають надзвичайно стрімко, що пов'язано з інтенсифікацією досліджень при створенні нових конструкційних матеріалів та розробці кращих механізмів. Тому, як наслідок, дослідження в галузі технології механічної обробки також повинні проводитись інтенсивніше.

Протягом останніх років актуальними є такі напрямки досліджень процесів різання, як: високошвидкісна обробка, застосування інструментів зі стійкими покриттями, обробка з високим динамічним навантаженням, багатокоординатна обробка, обробка матеріалів з незвичайними властивостями, композиційних матеріалів та ін. Тут імітаційне моделювання є найефективнішим інструментом дослідження процесів різання. Власне, про це свідчить чимала кількість публікацій, присвячених дослідженню процесів точіння, свердління, фрезерування, шліфування та ін., що описують використання імітаційного моделювання й, зокрема, кінцево-елементних моделей робочих процесів даних видів механічної обробки.

Завдяки використанню методу кінцевих елементів, людський фактор має можливість з допустимою точністю оцінити ті процеси та їх наслідки, що виникають при різанні. Іншими словами, ми маємо можливість передбачити поведінку складних зразків та їхніх активних супутників (різальних крайок) в умовах обробки, без проведення надзвичайно ємних та довготривалих експериментальних досліджень, підпорядкованих оптимізації фізики процесу, уникнувши, тим самим значних затрат.

Хотілося б зазначити, що відсоток невизначеності, котрий виникає при знехтуванні деякими явищами, повністю задовольняє ефект «ймовірності експерименту».

Ключові слова: метод кінцевих елементів, імітаційне моделювання, оптимізація, механічна обробка, точіння.

УДК 621.921.34:621.9.02

## АДАПТИВНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТОЧНІСТЮ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ НА ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ

*<sup>1)</sup> Антонюк В.С., <sup>2)</sup> Ковальов В.Д., <sup>3)</sup> Безкоровайний Г.І., <sup>3)</sup> Нікогосян С.М., <sup>1)</sup> Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут2», м. Київ, Україна;*

<sup>2)</sup>Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна; <sup>3)</sup>Відкрите акціонерне товариство «Краматорський завод важкого верстатобудування», м. Краматорськ, Україна

Виробництво важкого металургійного, енергетичного, транспортного обладнання є основою машинобудування України та важливою складовою частиною її експорту. Можливість виготовлення важких машин, конкурентоспроможних на світовому ринку, забезпечується оснащенням машинобудівних підприємств сучасним верстатним обладнанням. Для створення конкурентоспроможної продукції необхідно не тільки поліпшення якості виготовлення й експлуатації верстатного устаткування, але й високий технічний рівень проектних рішень, що визначає споживчі властивості верстатів. Специфіка виробів, які оброблюються на важких верстатах - великі маси й габарити оброблюваних деталей, їхня унікальність, висока вартість і трудомісткість механічної обробки - висувають особливі вимоги до конструкції верстатів, до їхньої експлуатації, які істотно відрізняються від традиційних рішень для малих і середніх верстатів.

Найбільш перспективним шляхом підвищення точності обробки деталей на важких токарних верстатах є використання систем адаптивного керування (САК) за результатами виміру вихідного параметра. Розроблена адаптивну систему керування складається із двох підсистем, покликаних компенсувати різні групи похибок, дозволяє компенсувати пружні деформації основних елементів технологічної системи, що виникають під дією сил різання, а також теплові деформації, викликані зміною температури після початку процесу обробки. Для реалізації системи адаптивного керування при точінні необхідно вимірювати поточні параметри процесу обробки, а потім, порівнюючи їх із заданими значеннями, вносити відповідну корекцію в налаштування технологічної системи.

Перша підсистема призначена для компенсації відхилень від прямолінійності напрямних станини і являє собою оптичну вимірювальну систему, що виробляє сигнал корекції для приводу поперечної подачі. Вона являє собою оптичну вимірювальну систему, що формує сигнал корекції для приводу поперечної подачі. Дія системи заснована на вимірі реального положення каретки супорта щодо ідеальної вимірювальної бази, у якості якої використовується промінь світла малопотужного гелієвого лазера типу ЛГН207А.

Друга підсистема призначена для зменшення відхилень профілю виробу в поперечному перерізі, вона являє собою систему, що порівнює реальний об'єкт (заготовку) із програмною моделлю ідеального виробу й виробляє відповідний сигнал корекції. Вона являє собою вимірювальну систему, що включає безконтактний датчик відстані з контролером і ЕОМ. Робота цієї системи заснована на тому, що безконтактний датчик, пов'язаний з базою різального інструменту та взаємодіє з необробленою поверхнею і здатний з високою точністю вимірювати глибину різання.

Застосування системи адаптивного керування на важких токарних верстатах ефективно як при обробці циліндричних деталей, конічних так і складнопрофіль-

них тіл обертання.

Ключові слова: важкі токарні верстати, системи адаптивного керування, відхилення від прямолінійності, похибки форми.

УДК 620.179.14.(088.8)

## ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ПОЗИЦІЮВАННЯ ЧУТЛИВИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

*Антонюк В.С., Скицюк В.І., Вовк Я.В., Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Сучасне верстатобудування вимагає вдосконалювання споживчих властивостей верстатів, таких як технологічні можливості, точність, продуктивність, надійність тощо.

При прецизійній обробці в багатьох випадках необхідно не стільки досягти високої точності механізмів і вузлів устаткування, скільки забезпечити певний контроль відхилення, як за величиною, так і за його просторовою орієнтацією, тобто процес досягнення точності повинен бути керованим. Крім того, особливість забезпечення точності верстатів пов'язана з труднощами точного позиціювання, рівномірністю повільних переміщень, температурними деформаціями і неминучими похибками виготовлення. Особливою проблемою є стійкість різального інструмента і координати позиціювання робочих крайців різального інструмента, які стають на перешкоді отримання високонадійного та точного процесу металообробки.

Реально цю проблему можна вирішити за допомогою активних нульових баз (АНБ) - системи визначення ступені зносу різального інструменту та засобу прив'язки координат верстата та деталі

Система активних нульових баз складається з транспортного механізму та чутливого елементу. Транспортний механізм є високоточною механічною системою, призначення якої є позиціювання чутливого елементу в зоні вимірювання. Чутливий елемент визначає положення верхівки інструмента в системі координат верстата.

Для транспортування чутливого елементу в зону вимірювання необхідно дотримуватись точної траєкторії переміщення. Для цього розглянуто кілька можливих варіантів руху чутливого елементу, та проведено їх аналітичний аналіз. Проведений аналіз показав недоліки лінійного та еліпсоїдального руху чутливого елементу, оскільки точність позиціювання при цьому невисока. Найбільш точним і ефективним є коловий рух чутливого елемента, який забезпечує більш точне позиціювання в режимах прямого і зворотного переміщення.

В роботі обґрунтована траєкторія руху система АНБ та визначено оптимальна параметр якості позиціювання.

Ключові слова: верстат, точність, різальний інструмент, траєкторія, позиціювання.

УДК. 621.773.9

## ОСОБЛИВОСТІ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ

*Приходько В.П., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

При розмірному моделюванні і аналізі технологічних процесів (РМА ТП) на основі операційних розмірних ланцюгів (ОРЛ) із замикаючими ланками-припусками в автоматичному режимі, одночасно із розрахунком параметрів технологічних розмірів, можуть бути розраховані параметри припусків. Відповідні розрахунки базуються на положеннях теорії розмірних ланцюгів і не вимагають додаткового використання інших методів розрахунку. Однак, коректні результати будуть отримані тільки за умови, що методологія і методи розрахунку ОРЛ будуть враховувати особливості схем формування припусків. Зокрема, у випадку автоматичного забезпечення розмірів на попередньо налаштованих верстатах, використання жодного з методів (максимуму-мінімуму чи імовірнісного) розрахунку полів розсіювання замикаючих ланок (ЗЛ) не дає задовільного результату та його співпадання з результатами, одержаними за допомогою розрахунково-аналітичного методу Кована. Розраховані таким чином величини полів розсіювання ( $\omega Zi$ ) та значення  $Z_{max}$  будуть завищеними, що на етапі прогнозування точності буде вимагати зменшення полів розсіювання відповідних складових ланок-технологічних розмірів за рахунок введення додаткової обробки поверхонь, тоді як в дійсності вона не буде необхідною.

Для розв'язання даної проблеми нами розроблена методологія розрахунку величин полів розсіювання припусків на основі врахування взаємокомпенсації похибок складових ланок (СЛ). Взаємокомпенсація похибок має місце внаслідок наявності значної синхронізації (співпадання за величиною і напрямком) відхилень попереднього  $Fi-1$  і виконуваного  $Fi$  технологічних розмірів в результаті коливання пружних і температурних деформацій ТОС та інших факторів. В підсумку СЛ розмірного ланцюга можуть мати величини  $\omega Fi$  суттєво вищі ніж розсіювання ЗЛ ( $\omega Zi$ ).

У випадку обробки площини рівняння ОРЛ, наприклад, буде мати вигляд:  $[Zi] = -F2 + F1$ , а рівняння для розрахунку величини поля розсіювання методом максимуму-мінімуму буде таким:  $[\omega Zi] = \omega F2 + \omega F1$ ; (1). Воно придатне для використання у випадку багатопрхідної обробки та індивідуального налаштування інструменту (одержання розмірів) коли  $Z_{max} = Z_{min} + \omega Zi$  або  $Z_{max} = Z_{min} + \omega F1 + \omega F2$ . (2)

З урахуванням взаємокомпенсації похибок пропонується рівняння:

$$[\omega Zi] = \sum_{i=1}^2 |\xi_i| \omega Fi - 2 \omega_k \quad (3) \text{ або для приведенного ОРЛ } [\omega Zi] = \omega F2 + \omega F1 - 2 \cdot k \cdot \omega F2$$

де  $2 \omega_k = 2k \cdot \omega Fi$  - величина взаємокомпенсації похибок;  $k$  - частка величини меншого поля розсіювання  $\omega Fi$ , що взаємокомпенсується,  $k=0,5-0,7$ .

Тоді  $Z_{max} = Z_{min} + \omega F1 + \omega F2 - 2 \cdot k \cdot \omega F2$ , при  $k=0,5$  одержимо  $Z_{max} = Z_{min} + \omega F1$ , що співпадає з методикою Кована.

Для будь-якої кількості СЛ рівняння (3) для розрахунку  $\omega Zi$  з урахуванням взаємокомпенсації похибок буде мати такий вигляд:.

$$[\omega Z_i] = \sum_{i=1}^{m-1-2n} \left( |\xi_i| \omega F_i + \sum_{j=1}^n \left( |\xi_{p_{2n}}| \omega F_{p_{2n}} + \omega F_{p_{1n}} - 2 \cdot k \cdot \omega_{p_{2n}} \right) \right),$$

Урахування взаємокомпенсації похибок технологічних розмірів при розрахунку припусків із використанням розмірних ланцюгів забезпечить більшу відповідність розрахункових параметрів припусків реальним величинам і сприятиме прийняттю обґрунтованих рішень щодо необхідності корекції технологічного процесу.

Ключові слова: розмірне моделювання, розрахунок припусків.

УДК. 621.773.9

## ПРЕДСТАВЛЕННЯ СТРУКТУРИ РОЗМІРНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПРИ ОБРОБЦІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ГРАФІВ

*Приходько В.П., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна.*

В даний час при розмірному моделюванні і аналізі технологічних процесів (РМА ТП) структура розмірних зв'язків, що виникають при обробці циліндричних поверхонь, відображається за допомогою побудови спеціальних розмірних схем. Такі розмірні схеми є достатньо громіздкими, вимагають значних витрат часу на їх побудову. З метою усунення зазначених недоліків, для лінійних розмірів розроблені та використовуються інші методи представлення структури розмірних зв'язків. Зокрема, для лінійних розмірів розроблена і використовується методологія представлення розмірних зв'язків за допомогою графів. В той же час відображення розмірних зв'язків при обробленні циліндричних поверхонь має певні відмінності та особливості, які необхідно враховувати, у зв'язку з чим це унеможливило пряме використання зазначеної методології. З іншого боку такі розмірні зв'язки є частиною розмірних зв'язків, що виникають при реалізації технологічного процесу оброблення інших видів поверхонь деталі. Тому методологія їх відображення, повинна узгоджуватись із методологією представлення розмірних зв'язків поверхонь, зокрема зв'язаних лінійними розмірами. Це, а також необхідність, більш компактного і зручного представлення розмірних зв'язків, стало вимогою і стимулом до розроблення відповідної методології.

Нами запропонована і розроблена методологія, що базується на використанні орієнтованих графів. При побудові орієнтованих графів розмірних зв'язків, що виникають при обробці циліндричних поверхонь, передбачено дотримання специфічних правил їх відображення, зокрема замість діаметральних використання радіальних розмірів, врахування ексцентриситетів поверхонь і їх впливу на параметри замикаючих ланок та інших. Запропонована методологія забезпечує єдині з лінійними розмірами підходи до ідентифікації ланок, формування, контролю і розрахунку розмірних ланцюгів, у тому числі, в автоматичному режимі з використанням машинних методів. Вона забезпечує можливість представлення розмірних зв'язків лінійних і радіальних розмірів з використанням спільного орієнтованого графа. Це має важливе значення, особливо при обробці корпусних деталей, оскільки суттєво спрощує і скорочує процеси розмірного моделювання і аналізу таких технологічних процесів.

Ключові слова: розмірні зв'язки, розмірне моделювання, радіальні розміри.