

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ІНЖЕНЕРНО - ПЕДАГОГІЧНА АКАДЕМІЯ

Трищ Андрій Романович



УДК 006.91:621.95

**ОЦІНЮВАННЯ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ ГЛИБОКИХ
КООРДИНОВАНИХ ОТВОРІВ У МАШИНОБУДУВАННІ З
ЗАСТОСУВАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2021

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській інженерно-педагогічній академії Міністерства освіти і науки України, м. Харків.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Гордєєв Андрій Сергійович,
професор кафедри інформаційних комп'ютерних технологій і математики Української інженерно-педагогічної академії, м. Харків

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Васілевський Олександр Миколайович,
професор кафедри метрології та промислової автоматики Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця

доктор технічних наук, професор
Яковлев Максим Юрійович,
провідний науковий співробітник Науково-дослідного центру службово-бойової діяльності Національної гвардії України, м. Харків

Захист відбудеться 24 вересня 2021 року о 14⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради К 64.108.04 в Українській інженерно – педагогічній академії за адресою: 61003, м. Харків, вул. Університетська, 16.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Української інженерно-педагогічної академії: 61003, м. Харків, вул. Університетська, 16.

Автореферат розіслано « 25 » серпня 2021 року.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н., доцент



Г.С. Грінченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Якість продукції являється головним чинником конкурентоздатності національних виробників на світовому ринку та впливає на рівень та якість життя людей та формує успіх у зовнішній політиці. Розвиток машинобудівної промисловості стимулює розвиток багатьох галузей національної економіки, так як її продукція характеризується наукоємністю та високою добавленою вартістю, адже при обробці матеріалів та складанні виробів в машинобудуванні застосовуються високотехнологічні способи механічної обробки та прецизійне обладнання, високоточні інструменти для вимірювання показників якості та їх контролю та висококваліфіковані працівники.

Ключовими показниками якості виробів машинобудування являється точність механічної обробки (точність розміру, форми; розташування поверхонь), від якої залежить якість процесу складання та експлуатації виробів. Високотехнологічною та складною операцією у технологічних процесах машинобудування являється операція виготовлення деталей з координованими отворами, тобто отворами, до яких є вимоги щодо їх розташування з заданими координатами на площині та просторі. Головним комплексним показником якості виробів з координованими отворами являється їх взаємозамінність, як найважливіша умова складання деталей в поточному (серійному, масовому) виробництві, що дозволяє забезпечити виконання принципу агрегатування та уніфікації в машинобудуванні. За критерії взаємозамінності будемо вважати взаємозамінність розмірів від базової поверхні до поверхні отвору та розмірів між отворами, що указані в конструкторській документації.

Актуальним являється процес оцінювання взаємозамінності координованих отворів на етапі технологічної підготовки виробництва з метою прийняття рішення про можливість технологічної системи виконати зазначені вимоги в конструкторській документації щодо точності розмірів. Для прийняття такого рішення необхідна інформація, адекватні математичні моделі технологічного процесу виготовлення продукції з заданими показниками якості та відповідні алгоритми її використання.

Об'єднання масивів інформації про стан технологічної системи та математичних моделей в єдину інформаційну систему дозволить створити комплекс засобів, необхідних для автоматизованого опрацювання необхідної інформації з метою ефективного вирішення задачі оцінювання взаємозамінності глибоких координованих отворів в машинобудуванні на етапі технологічної підготовки виробництва.

Так як, виготовлення глибоких координованих отворів – складна та високотехнологічна операція і не існує нормативних документів з оцінювання полів допусків координованих розмірів в залежності від показників технологічної системи, то для забезпечення їх повної взаємозамінності актуальним є проведення комплексу наукових

теоретичних та експериментальних досліджень, з метою розроблення стандартизованих алгоритмів та методик, які увійдуть в основу відповідних нормативних документів. Для ефективного застосування отриманих алгоритмів та методик необхідно об'єднати їх у єдину інформаційну систему, яка буде включати існуючі масиви інформації про можливі характеристики технологічної системи і дасть можливість приймати ефективні управлінські рішення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в рамках наукових досліджень Української інженерно-педагогічної академії, зокрема за темами: «Методологія здійснення діяльності щодо оцінки відповідності у сфері дії технічних регламентів» (ДР 0115U002954); «Методологія розроблення та оцінювання систем управління якістю згідно вимог міжнародних стандартів серії ISO 9000» (ДР 0115U002955). Також за темами, які виконувались для підприємств та організацій за договірними угодами: № ФН–17-02 «Розробка нормативного забезпечення взаємозамінності виготовлення деталей з глибокими координованими отворами у машинобудуванні на етапі проектування»; № 16-08 «Аналіз достовірності валідації проведених робіт в сфері технічного регулювання»; № 17-27; № 18-26; № 18-27 «Методика здійснення діяльності щодо оцінки відповідності у сфері дії технічних регламентів»; № 19-06 «Опанування та використання методики здійснення діяльності щодо оцінки відповідності у сфері дії технічних регламентів та методик здійснення діяльності щодо стандартів».

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розроблення комплексу наукових, інформаційних, технічних, програмних та організаційних засобів, для опрацювання науково-технічної інформації задля розроблення автоматизованої методики оцінювання взаємозамінності глибоких координованих отворів у машинобудуванні на етапі технологічної підготовки виробництва.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані і вирішені наступні **задачі дослідження:**

1. Провести статистичний аналіз розмірних та точнісних характеристик з координованими отворами, які виготовляються на агрегатних верстатах.

2. Вибрати типове технологічне обладнання, матеріали, різальний інструмент та методи контролю, що застосовується в технологічних процесах виготовлення глибоких координованих отворів.

3. Провести аналіз технологічних та геометричних характеристик деталей, які виготовляються на агрегатних верстатах, визначити основні технологічні чинники, що впливають на точність координованих отворів при двох схемах механічної обробки.

4. Провести планування експерименту та визначити математичні моделі точності глибоких координованих отворів за розміром від бази до отворів та за позиційним відхиленням між отворами в схемі з направленням різального інструменту,

5. Провести планування експерименту та отримати математичні залежності полів розсіяння точності координованих отворів при багатоопераційній обробці в схемах без направлення різального інструменту.

6. Розробити комп'ютерну програму, як Web-додаток для розрахунку взаємозамінності глибоких координованих отворів в залежності від технологічних факторів та при різних схемах обробки.

Об'єкт дослідження: процес оцінювання взаємозамінності глибоких координованих отворів у машинобудуванні.

Предмет дослідження: застосування теорії планування експерименту та інформаційних систем для автоматизованого опрацювання науково-технічної інформації з метою ефективного оцінювання взаємозамінності глибоких координованих отворів у машинобудуванні на етапі технологчної підготовки виробництва.

Методи дослідження: теоретичні та експериментальні.

Теоретичні дослідження базуються на фундаментальних положеннях теорії обробки металів в машинобудуванні, технології машинобудування та теорії різання металів, а також на принципах взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань та фундаментальних положеннях теорії математичної статистики та методів контролю якості.

Експериментальні дослідження базуються на використанні сучасного прогресивного металорізального обладнання та різального інструменту, високоточної контрольної-вимірювальної техніки та із застосуванням типових матеріалів.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. На основі теорії планування експерименту, регресійного аналізу та особливостей механічної обробки глибоких координованих отворів були визначені технологічні чинники, що впливають на точність координованих отворів при двох схемах механічної обробки: з направленням різального інструменту кондукторними втулками та без направлення, що дозволило включати їх для отримання математичних моделей точності.

2. Використовуючи найбільш впливові чинники та застосовуючи методику проведення експериментальних досліджень були отримані математичні моделі точності глибоких координованих отворів за розміром від бази до отворів та за позиційним відхиленням між отворами в схемі з направленням різального інструменту, що стало частиною інформаційної системи оцінювання їх взаємозамінності.

3. За результатами планування експериментів вперше отримані математичні залежності полів розсіяння точності координованих отворів при багатоопераційній обробці в схемах без направлення різального інструменту та отримані їх стандартизовані нормативні числові значення.

Практичне значення одержаних результатів.

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволили застосовувати отримані результати в практичній діяльності, а саме:

- отримані математичні залежності величин полів розсіювання при виготовленні глибоких координованих отворів в системі з направленням

різального інструменту дозволили отримати систему їх нормативних числових значень в залежності від технологічних факторів, яка може стати базою даних для автоматизації технологічної підготовки виробництва в машинобудуванні;

- отримані математичні залежності величин полів розсіювання при виготовленні глибоких координованих отворів при трьох перехідній схемі в системі без направленням різального інструменту дозволили отримати систему їх нормативних числових значень в залежності від технологічних факторів, яка може стати частиною інформаційної системи приймання рішень на етапі управління технологічним процесом в машинобудуванні;

- запропоновано програмний код та інтерфейс комп'ютерної програми для автоматизації розрахунку полів допусків розмірів глибоких координованих отворів в машинобудуванні, що являється частиною інформаційної системи оцінювання взаємозамінності на етапі технологічної підготовки виробництва.

Результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень «Система нормативних полів розсіювання глибоких координованих отворів, виготовлених з направленням різального інструменту» впроваджено на ТОВ «СІНКО», м. Суми (акт впровадження від 11.04.2021 р.). Теоретичні положення, що розглядаються в дисертаційній роботі, використовуються в навчальному процесі Української інженерно-педагогічної академії при вивченні дисципліни «Електробезпека. Взаємозамінність» та при виконанні курсових та дипломних проектів фахівців та магістрів у галузі метрології, стандартизації та якості (акт впровадження від 18.05.2021 р.).

Особистий внесок здобувача. Основні наукові розробки виконані автором самостійно. Теоретичні дослідження, розробка методів і методик, які виносяться на захист, виконані автором особисто.

У публікаціях, написаних у співавторстві, автору належить: розроблений програмний код оцінювання технологічних факторів на базі програмного продукту GEANT4 [1]; запропоновані числові характеристики математичних залежностей, для оцінювання якості процесів різної природи [2]; запропонована математична модель оцінювання величини поля допуску замикаючої ланки при складанні для забезпечення повної взаємозамінності [3]; графіки полів розсіювання координованих розмірів глибоких отворів малого діаметру в залежності від технологічних факторів [4] запропоновано математичні залежності для розрахунку полів розсіювання розмірів при виготовленні отворів в системах з кондукторними втулками [5]; апробовано та експериментально перевірено алгоритм та методику визначення закону розподілу випадкових величин [6]; запропоновано математичну модель точності розмірів координованих отворів з направленням різального інструменту на основі оцінювання коефіцієнтів регресії технологічних факторів [7]; аналіз законодавчих та нормативних вимог до випробувальних лабораторій в частині її обладнання з метою її акредитації [8]; розроблена програма технічної діагностики та якості функціонування технічних систем [9].

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи були викладені, обговорені та пройшли апробацію на 3 міжнародних та науково-практичних конференціях, а саме: I міжнародна науково-практична конференція «Системи розроблення та поставлення продукції на виробництво» (м. Суми, 17-20 травня 2016 р.; всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених «Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно-небезпечних об'єктах» (м. Харків, 27-28 жовтня 2016 р.); 8-ма міжнародна науково-технічна конференція пам'яті проф. І. Кісіля «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання» (м. Івано-Франківськ 14-16 листопада 2017 р.).

У повному обсязі дисертаційна робота розглядалась на наукових семінарах кафедр: інформаційних комп'ютерних технологій і математики та охорони праці, стандартизації та сертифікації Української інженерно-педагогічної академії.

Публікації. Основні результати дослідження опубліковані в 12 друкованих наукових працях, з яких: 7 у виданнях, що входять у перелік фахових видань України; 1 – у виданні, що входять до міжнародних наукометричних баз (Web of Science); 1 – у закордонному виданні; 3 тези доповідей на конференціях.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (102 найменування) і додатків. Загальний обсяг дисертації складає 123 сторінок, з яких 106 сторінок - основний текст. Робота містить 21 рисунок та 22 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, описано об'єкт та предмет дослідження, визначено наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів, а також наведено відомості про особистий внесок здобувача, апробацію роботи, публікації, впровадження.

У **першому розділі** розглянуто існуючі наукові дослідження забезпечення якості виготовлення деталей у машинобудуванні. Значне місце у науковій літературі займають технологічні методи досягнення показників якості. Розглядаються можливості системи верстат – пристосування – інструмент – заготівка для забезпечення точності механічної обробки, як комплексного показника взаємозамінності. З аналізу існуючих наукових досліджень зрозуміло, що виготовлення координованих отворів – це складний технологічний процес, особливо це стосується глибоких отворів, який потребує застосування багато інструментальних методів обробки з застосуванням агрегатних верстатів, спеціального різального інструменту, спеціального пристосування та прогресивних режимів механічної обробки.

Наукові дослідження, пов'язані з забезпеченням точності механічної обробки в машинобудуванні, проводили ряд вітчизняних науковців, серед

яких: Соколовський А.П., Балакшин Б.С., Бородачов Н.А., Яхін А.Б., Зиков А.А., Кован В.М., Солонін І.З, Маталін О.О. та інші. Вони розробили типові технологічні процеси з застосуванням уніфікованого технологічного обладнання, стандартного різального інструменту та уніфікованих методик розрахунку режимів різання. Але розвиток верстатобудування та поява сучасних прогресивних різальних матеріалів та сплавів потребують постійного вдосконалення технологічних процесів, що, в свою чергу, вимагає вчасного реагування, враховуючи розвиток технічного прогресу.

Розглядаються ряд наукових досліджень, проведені Дащенком А.І., Кругловою В.А., Меламедом Г.І., Старостинецьким Ю.А., Білоусовим А.П., які демонструють, що точність виготовлення координованих отворів – це складне технологічне завдання, тому потребує наукових досліджень, як технологічних, так і в галузі стандартизації, адже існуючі методики та нормативні документи застаріли та базуються на застарілому технологічному обладнанні і розраховані на масове виробництво.

Існуючі нормативні документи методики та типові технологічні процеси базуються на дослідженнях: Косилової А.Г., Мещерякова Р.К., Калініна М.А., Борисова В.Б., Чепели В.А., Паценка Е.А., Бахараєва В.Ф., Пичикяна М.М., Холода Г.П., Іванова В.В. та інших, але, на сьогоднішній день, змінилися характеристики технологічної систем, появилось нове високоточне технологічне обладнання, нові матеріали та прогресивні різальні інструменти, тому необхідно проведення нових досліджень з урахуванням цих змін. Крім того, необхідно приймати рішення про можливість технологічної системи виконати поставлені завдання щодо виготовлення продукції з заданими показниками якості ще на стадії технологічної підготовки виробництва.

В цілому, огляд опублікованих робіт дозволяє зробити висновок про важливість наукового і прикладного значення методів оцінювання взаємозамінності глибоких координованих отворів в машинобудуванні. Крім того, з урахуванням швидких змін характеристик технологічних систем та недосконалості нормативного забезпечення технологічних процесів постає необхідність розроблення інформаційних систем, які будуть складатися з комплексу наукових, інформаційних, технічних, програмних та організаційних засобів, для опрацювання науково-технічної інформації задля оцінювання взаємозамінності глибоких координованих отворів у машинобудуванні на етапі проектування.

У другому розділі проаналізовано характеристики деталей, які виготовляються на агрегатних верстатах, визначено основні характеристики глибоких координованих отворів та розглянуто технологічні схеми їх виготовлення. Розглянуто типове обладнання, матеріали, різальний інструмент та методи контролю якості.

Взаємозамінність – це властивість виробів (машин, приладів, механізмів, конструкцій), їх частин або інших видів продукції (сировини, матеріалів, напівфабрикатів) рівноцінно бути заміненіми при використанні будь-якої з безлічі екземплярів виробів, їх частин чи іншої продукції іншим

однотипним екземпляром. Повна взаємозамінність забезпечує можливість без додаткових доводочних операцій забезпечити складання або заміну при ремонті будь-яких незалежно виготовлених із заданою точністю однотипних деталей в складальні одиниці, а останніх - в виробі при дотриманні пред'явлених до них технічних вимог за усіма параметрами якості. Це можливо за умови, коли розміри, форма, механічні та інші кількісні та якісні характеристики деталей і складальних одиниць після виготовлення знаходяться в заданих межах.

Взаємозамінні координовані отвори – це групи отворів, до яких є вимоги щодо точності їх розмірів, а саме: точність розміру між отвором і базовою поверхнею (T_B) та між двома або декількома отворами (позиційне відхилення T_O) (рисунок 1). Вимоги до точності отворів задаються кресленням.

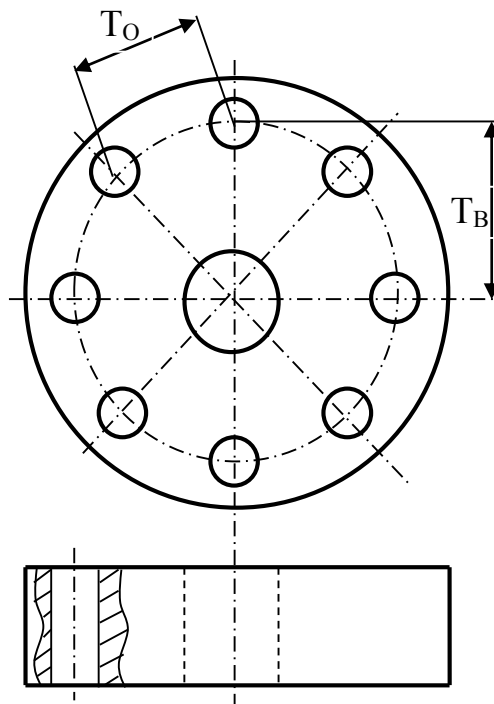


Рисунок 1 – Показники точності координованих отворів

Для виготовлення деталей з координованими отворами застосовують агрегатні верстати, які дозволяють застосовувати багаторіструментальну обробку, забезпечують точність отворів за 8 – 9 квалітетом точності, являються високопродуктивними та універсальними, та дозволяють компонуватися стандартним та спеціальним, багаторіструментальним оснащенням.

Інструментальне оснащення агрегатних верстатів складається з блоків інструменту, який дозволяє з мінімальною затратою часу виконувати зміну і закріплення блоку на робочій позиції верстата. Застосовують стандартний або спеціальний різальний і деформуючий інструменти, геометричні параметри, якість і стійкість яких повинні бути стабільними.

Для виготовлення координованих отворів застосовують дві технологічні схеми: з направленням різального інструменту кондукторними

втулками (для $l > 3d$; $d < 5$); без направлення різального інструменту (для отворів $l < 3d$; $d > 5$).

Вимірювання координатних розмірів за допомогою мікроскопів та координатно-вимірювальних машин, що дозволяють здійснювати вимірювальні переміщення в координатних напрямках. Даний метод контролю розташування осей є найбільш універсальним і точним (похибки лінійних вимірювань можна обмежити в межах 0,001 - 0,003 мм).

Раніше проведені та опубліковані дослідження показали, що при свердлінні глибоких координованих отворів велике значення має увід інструменту, особливо це стосується отворів малого діаметру ($d < 5$ мм). Було доказано, що геометрична складова різального інструменту та матеріал заготовки має істотний вплив на сумарну похибку точності координованих отворів (до 90%). Отже для досягнення необхідної точності глибоких координованих отворів необхідно враховувати вплив параметрів різального інструменту та властивостей матеріалу на величину поля розсіювання їх розмірів. Тобто необхідно знайти математичні залежності величини поля розсіювання від геометричних параметрів отвору та твердості матеріалу заготовки деталі, які дозволять оцінити величину розсіювання розмірів координованих отворів ще на етапі технологічної підготовки виробництва та приймати відповідні управлінські рішення щодо можливостей технологічної системи виготовити деталь з заданими показниками точності.

Було проведено статистичний аналіз деталей, які виготовляються на агрегатних верстатах, в результаті якого встановлені також кількісні дані за основними характеристиками деталей. За результатами аналізу було встановлено, що межі зміни застосовності номінальних розмірів складають від 30 до 260 мм. Статистичний аналіз застосовності діаметральних розмірів показав, що питома вага деталей, виконаних по 12 – 14 квалітету становить близько 70%, а по 7-11 квалітету - 30%. Результати статистичного аналізу становить корисну апіорну інформацію для проектування технологічних процесів виготовлення глибоких координованих отворів на агрегатних верстатах.

У третьому розділі проведено експериментальні дослідження оцінювання взаємозамінності виготовлення глибоких координованих отворів. Головним завданням проведення експериментів являється знаходження математичних моделей полів розсіювання глибоких координованих отворів при різних схемах їх виготовлення, а саме з направленням різального інструменту та без його направлення.

Методика експериментальних досліджень передбачає: вибір експериментального обладнання; вибір та обґрунтування матеріалів експериментальних зразків та їх конструкцій; вибір та обґрунтування різального інструменту і відповідних режимів різання; вибір вимірювального обладнання; побудову планів проведення експерименту і отримання математичних моделей полів розсіювання; отримання числових значень полів розсіювання координованих розмірів.

Для проведення лабораторних експериментальних досліджень був створений експериментальний стенд. На рисунку 2 представлений загальний вигляд стенду для дослідження полів розсіювання розмірів отворів, що оброблюються, діаметром $\varnothing 1$, $\varnothing 2$ і $\varnothing 3$ мм. від бази до отвору, де: 1 - силова голівка, 2 - пристосування, 3 - заготівля, 4 - ділильний стіл. Обробка одного отвору здійснюється без направлення різального інструменту послідовно після кожного кутового повороту ділильного столу.

На рисунку 3 показано загальний вид стенду, призначеного для одночасного свердління 2-х діаметрально протилежних отворів, де: 1 – силова голівка, 2 - пристосування, 3 - заготівля, 4 - ділильний стіл, 5 - кондуктор, 6 - шпindelна насадка.

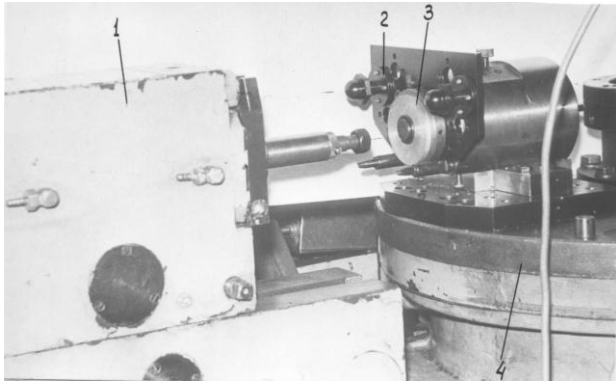


Рисунок 2 – Стенд без направлення різального інструменту

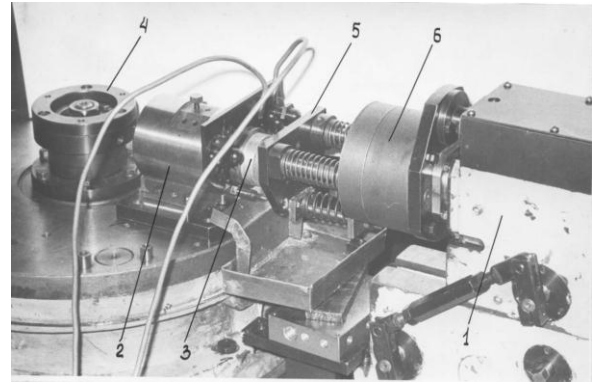


Рисунок 3 – Стенд з направленням різального інструменту

Для виготовлення експериментальних зразків вибрали найбільш розповсюджені матеріали в машинобудуванні, а саме: конструкційна вуглецева сталь – Сталь 40 (НВ 170 мПа); сірий чавун – СЧ15 (НВ 200мПа) та алюмінієвий сплав – Ал 9 (НВ 50 мПа).

В якості різального інструменту застосовували стандартні спіральні свердла середньої довжини діаметрами: $\varnothing 1$ – $\varnothing 5$ мм, виготовлених з швидкорізальної інструментальної сталі Р6М5. Вимірювальним інструментом слугував універсальний вимірювальний мікроскоп УВМ – 21 (окулярний) з ціною поділки шкали 0,001 мм (рисунок 4). За закріплення зразків на позиції контролю застосовувалось спеціальне пристосування (рисунок 5).



Рисунок 4 – Загальний вигляд УВМ – 21 з пристосуванням для контролю



Рисунок 5 – Загальний вигляд позиції для контролю розмірів зразків

В процесі експериментальних досліджень за чинники, що змінюються (змінні), були прийняті:

- у системах без направлення різального інструменту:
 - d_i - діаметр різального інструменту;
 - НВ - твердість оброблюваного матеріалу;
 - l_i - виліт інструменту за торець шпинделя.
 - j – жорсткість технологічної системи.
- у системах з направленням різального інструменту кондукторними втулками:
 - d_i - діаметр різального інструменту;
 - НВ - твердість матеріалу;
 - l_x - виліт інструменту за торець кондукторної втулки;
 - l_{BT} - довжина направляючої частини кондукторної втулки.

Всього було проведено 32 експерименти, в кожному експерименті оброблялося 24 отвори.

Для проведення експериментальних досліджень використано стенд (рис. 3, 4) з силовою голівкою, насадкою і рухливим кондуктором.

Функціональна залежність зміни полів розсіяння розмірів від бази і позиційні відхилення осей отворів можуть бути представлені у виді:

$$\omega_{B;0} = d_p; HB_i; l_{BT}; l_x$$

де $\omega_{B;0}$ - поле розсіяння розміру від бази або позиційного відхилення, мкм; d_i - діаметр інструменту, мм; l_{BT} - довжина направляючої частини кондукторної втулки, мм; l_x - виліт інструменту за торець кондукторної втулки, мм.

Планування і проведення повного факторного експерименту типу 2^4 дозволяє отримати математичну модель точності обробки координованих отворів. Відхилення розмірів від бази і позиційних відхилень осей отворів в кожній з 16 точок плану експерименту обробляли в Excel, внаслідок чого отримані статистичні характеристики розподілів.

Кожна точка плану експерименту є одним дослідом і визначається практичним полем розсіяння ω_B або ω_0 . Була побудована робоча матриця

ПФЕ типу 2^4 та отримані вихідні характеристики експериментальних моделей ω_b і ω_0 в логарифмічному виді. Гіпотеза про однорідність дисперсій полів розсіяння в кожній точці плану експерименту перевірялася за критерієм Кохрена і показала їх однорідність. Для проведення статистичного аналізу виконана додаткова серія дослідів ($n_0 = 3$) при нульовому рівні досліджуваних чинників. За нульовий рівень прийнята обробка отворів $\varnothing 2$ мм в зразках з сірого чавуну.

Коефіцієнти регресії ω_0 , ω_i , ω_{ij} , вчислені на підставі даних матриці плану ПФЕ 2^4 . Межі зміни варійованих чинників при свердлінні координованих отворів зведені в таблиці 1.

За результатами експериментів оцінювалися коефіцієнти рівняння регресії і знаходилися шукані математичні моделі полів розсіяння розмірів і відхилень.

Для полів розсіяння розміру від базової поверхні до осі оброблюваного отвору отримуємо:

$$Y_B = 2,853 - 0,0043 Z_1 + 0,919 Z_2 - 0,0383 Z_3 + 0,361 Z_4 - 0,00243 Z_5 - 0,0178 Z_6 - 0,00006 Z_7 + 0,0299 Z_8 - 0,00536 Z_9 - 0,0068 Z_{10} + 0,0293 Z_{11} - 0,0056 Z_{12} - 0,0076 Z_{13} - 0,0055 Z_{14} + 0,0062 Z_{15} \quad (1)$$

– для полів розсіяння позиційних відхилень:

$$Y_0 = 3,405 - 0,00987 Z_1 + 0,04174 Z_2 - 0,0239 Z_3 + 0,0221 Z_4 - 0,00063 Z_5 - 0,00324 Z_6 + 0,002 Z_7 + 0,00141 Z_8 + 0,00376 Z_9 + 0,013 Z_{10} - 0,0017 Z_{11} - 0,00363 Z_{12} + 0,003666 Z_{13} + 0,00371 Z_{14} + 0,00379 Z_{15} \quad (2)$$

Таблиця 1 – Область зміни незалежних чинників при свердлінні отворів силовою голівкою з насадкою при напрямі різального інструменту

Рівень варіювання	Незалежні чинники і їх логарифми							
	довжина кондукторної втулки		виліт інструменту		твердість оброблюваного матеріалу		діаметр інструменту	
	$l_{вт}$, мм	$\lg l_{вт}$	l_x , мм	$\lg l_x$	НВ, МПа	\lg НВ	d_i , мм	$\lg d_i$
Верхній(+1)	18	1,2553	3,5	0,5441	1930	3,2856	3,0	0,4771
Нульовий(0)	12,5	1,0969	2,5	0,3979	1240	3,0934	2,0	0,301
Нижній(- 1)	7	0,8451	1,5	0,1761	550	2,7404	1,0	0
Інтервал варіювання	-	0,2051	-	0,184	-	0,2726	-	0,2386

В результаті статистичного аналізу рівнянь (1) і (2) встановлено що коефіцієнти від Z_5 до Z_{15} в рівняннях не значимі, бо вони менше довірчих інтервалів ($\Delta B_B = 0,2999$, а $\Delta B_0 = 0,137$) для коефіцієнтів цих рівнянь.

Тому рівняння (1) і (2) можна записати в наступному виді:

$$\hat{Y}_B = 2,853 - 0,0043 Z_1 + 0,919 Z_2 - 0,0383 Z_3 + 0,0361 Z_4 \quad (3)$$

$$\hat{Y}_0 = 3,405 - 0,00987Z_1 + 0,0417Z_2 - 0,0239Z_3 + 0,0221Z_4 \quad (4)$$

Гіпотезу про адекватність представлених результатів дослідження можна вважати правильною, бо перевірки, як по F- критерію (Фішера), так і за t- критерієм (Стьюдента) показали, що розрахункові значення цих критеріїв менші за табличні. Результати статистичного аналізу представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Значення параметрів статистичного аналізу моделей при свердлінні координованих отворів насадками з кондукторами

Параметри статистичного аналізу	Позначення параметра	Значення параметрів для моделей	
		У _В	У _О
Дисперсія помилки досліду	S_{om}^2	0,000259	0,00016
Дисперсія помилки визначення коефіцієнтів регресії	S_{bi}^2	0,000016	0,00001
Довірчий інтервал для коефіцієнтів регресії	Δ_{bi}	0,0299	0,0137
Дисперсія, що характеризує неадекватність математичної моделі	S_{na}^2	0,00046	0,0128
Критерій Фішера (F = 6,927, при 1% рівня значущості)	F	1,17	6,875
Критерій Стьюдента (t = 31,6, при 0,1% рівня значущості)	t	14,3	6,28

Із залежностей (3) і (4) видно, що збільшення діаметру свердла d_i і довжини направляючої втулки l_{BT} зменшує величину полів розсіяння розмірів від бази і позиційних відхилень, а збільшення вильоту інструменту і підвищення фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу збільшують ω_B і ω_O .

Отримані кодовані значення чинників при свердлінні отворів силовою голівкою з насадкою і кондуктором перетворили залежності (3) і (4) в логарифмічні:

$$\lg \omega_O = 1,9431 - 0,0018 \lg d_i + 0,337 \lg HB - 0,187 \lg l_{BT} + 0,196 \lg l_x ;$$

$$\lg \omega_B = 3,066 - 0,04137 \lg d_i + 0,1531 \lg HB - 0,1165 \lg l_{BT} + 0,12 \lg l_x,$$

потенціуючи які, отримали залежності для розрахунку полів розсіяння при обробці з направленням різального інструменту:

$$\omega_B = 87,7 \frac{l_x^{0,2} HB^{0,34}}{d_i^{0,02} l_{BT}^{0,19}} \quad (5)$$

$$\omega_O = 1,17 \frac{l_x^{0,12} HB^{0,15}}{d_i^{0,04} l_{BT}^{0,12}} 10^3 \quad (6)$$

Рівняння (5) і (6) рекомендуються для розрахунку полів розсіювання при використанні кондукторних втулок, у яких діапазон довжин направляючої частини знаходиться в межах від 5 мм до 20 мм, вильоти інструменту за торець втулки змінюються в межах від 1 мм до 5 мм. Межі зміни діаметрів d_i 0,5 мм - 3,5 мм, і твердість оброблюваного матеріалу HB 500 МПа - 2500 МПа.

При проведенні плану експериментальних досліджень не передбачалася зміна такого чинника як проміжок в з'єднанні між кондукторною втулкою і різальним інструментом зважаючи на технологічну складність обробки малих отворів кондукторних втулок. Проте математичні моделі, що отримуються при обробці планів експериментів, дозволяють включати додаткові чинники, які можна ввести, використовуючи додаткову інформацію (ранжируванням питомої ваги чинників), отриману при дослідженнях на подібних об'єктах.

Дослідженнями встановлено, що зміна діаметрів не веде до істотного збільшення полів розсіювання. На рисунку 6 – 7 показані графіки зміни полів розсіювання при обробці деталей з направленням інструменту у кондукторній втулці.

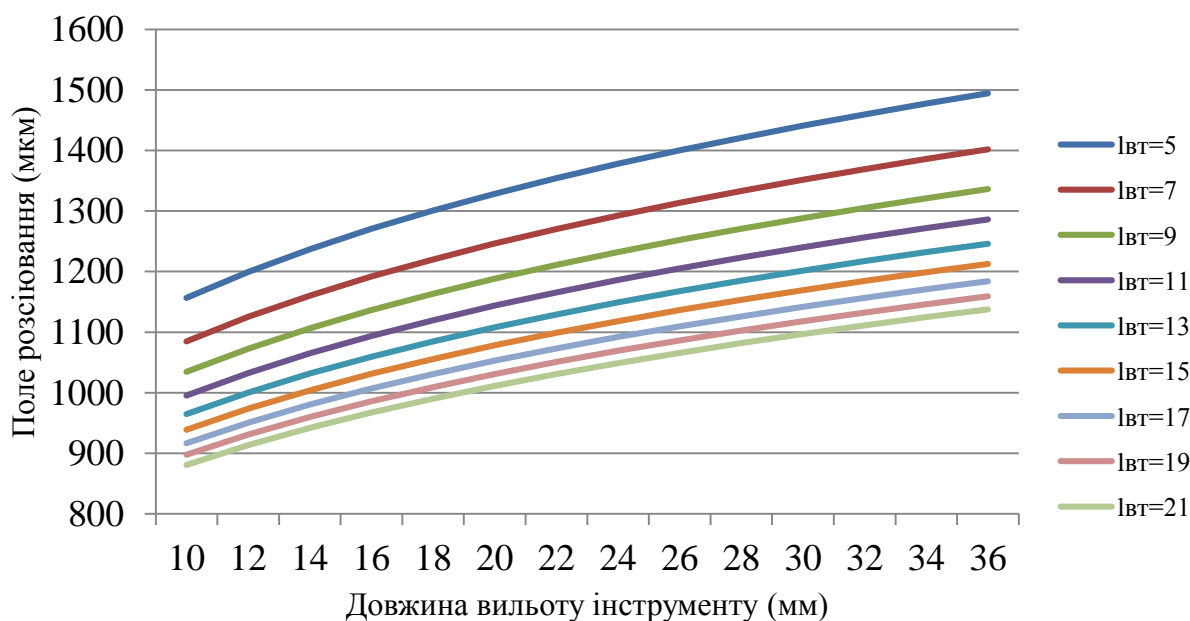


Рисунок 6 – Залежності поля розсіювання ω_b від довжини вильоту свердла та довжини направляючої втулки при твердості матеріалу HB = 1250МПа; $d_i=1$ мм при обробці з направленням різального інструменту

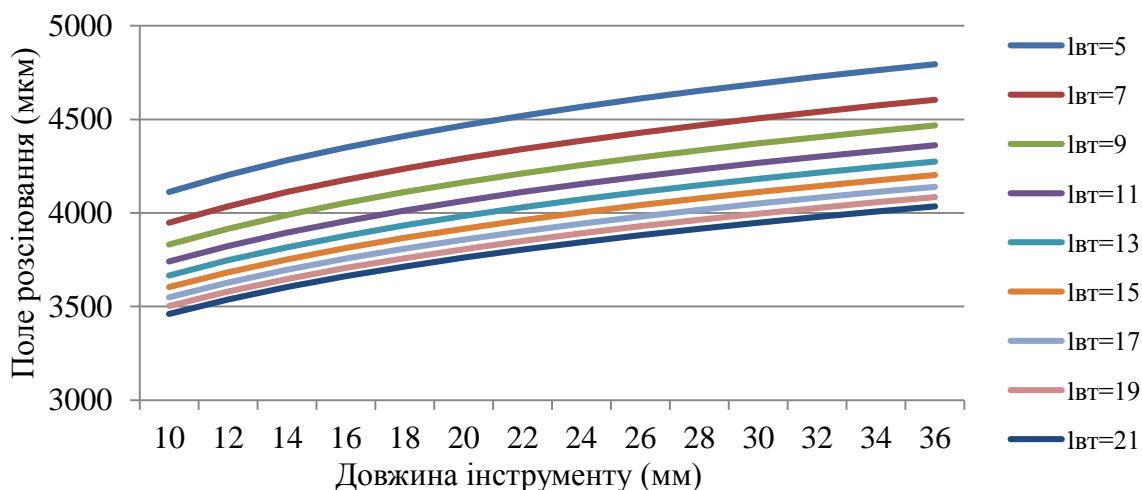


Рисунок 7 – Залежності поля розсіювання ω_0 від довжини вільоту свердла та довжини направляючої втулки при твердості матеріалу НВ = 2500МПа, при обробці з направленням різального інструменту.

З графіків (рисунок 6 – 7) видно, що найменші поля розсіювання отримані при поєднанні керованих чинників при мінімальній довжині направляючої частини втулки ($l_{вт}$), мінімальній довжині вільоту інструменту, максимальному діаметрі отвору для усіх величин твердості матеріалу.

При виготовленні розмірів координованих отворів схемою з направленням різального інструменту виникають додаткові витрати як при конструюванні, так і при виготовленні верстата та оснастки. Тому пропонується схема виготовлення отворів без направлення різального інструменту. У такому випадку застосовують багато перехідну обробку мірним інструментом з використанням схеми без направлення різального інструменту.

Пропонується визначити математичні моделі полів розсіювання розмірів отворів при їх виготовленні методом багато перехідної механічної обробки, а саме попереднє виготовлення лунки - свердління отвору - розвертка. Для цього необхідно застосувати ту ж саму методику, як і для схеми з направленням інструменту, та провести експериментальні дослідження обробки отворів із застосуванням схеми: зацентровка - свердління – розвертання, провести вимірювання координованих розмірів, виконати математичну обробку результатів вимірювань і отримати залежності для розрахунку практичних полів розсіювання координованих розмірів.

В експериментальних дослідженнях застосовувались такі самі матеріали, діаметр отворів: 3 мм, 6 мм і 10 мм, висота заготовок трьох розмірів: 3 мм, 6 мм і 10 мм. Для способу обробки: центрування – свердління – розгортання, використовувалися центральні свердла (ГОСТ 14352-75) діаметром 3,15 мм, 5 мм і 6,3 мм, свердла середньої серії довжин діаметром

2,9 мм, 5,2 мм і 9, 7 мм, розгортки діаметром 3 мм, 6 мм і 10 мм. Режими різання при експериментальних дослідженнях представлені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Режими різання при експериментальних дослідженнях при трьох перехідній обробці

Діаметр	Режим різання	Способи обробки								
		Центрування			Свердління			Розвертка		
		Матеріал експериментальних зразків								
		Ст	СЧ	Ал	Ст	СЧ	Ал	Ст	СЧ	Ал
3	t, мм	1,575	1,575	1,575	1,45	1,45	1,45	0,05	0,05	0,05
	S, мм/об	0,04	0,06	0,1	0,04	0,06	0,08	0,25	0,3	0,25
	V, м/хв	14,8	14,8	29,6	18,2	18,2	31,8	3	6,6	9,4
	n, об/хв	1500	1500	3000	2000	2000	3500	320	700	1000
6	t, мм	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	0,1	0,1	0,1
	S, мм/об	0,08	0,1	0,15	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,3
	V, м/хв	8,7	8,7	12,6	13	13	22,9	2,4	12,2	12,2
	n, об/хв	1400	1400	2000	800	800	1400	250	750	750
10	t, мм	3,15	3,15	3,15	4,85	4,85	4,85	0,15	0,15	0,15
	S, мм/об	0,1	0,11	0,2	0,2	0,25	0,3	0,45	0,6	0,3
	V, м/хв	15,8	15,8	18,5	13,7	15,2	22,8	4,7	12,6	12,6
	n, об/хв	800	800	1000	450	500	750	150	400	400

В результаті планування експерименту отримали залежності для розрахунку полів розсіяння при багато перехідній обробці (центрування-свердління-розвертання) без направлення різального інструменту:

$$w_B = 39.14 \frac{lu^{0.21} \cdot HB^{0.22}}{du^{0.14} \cdot j^{0.11}}; \quad (7)$$

$$w_O = 55.53 \frac{lu^{0.21} \cdot HB^{0.7}}{du^{0.2} \cdot j^{0.09}}; \quad (8)$$

Рівняння (7) і (8) рекомендуються для розрахунку полів розсіяння, у яких діапазон довжин направляючої частини знаходиться в межах від 3 мм до 10 мм, вильоти інструменту за торець втулки змінюються в межах від 1 мм до 5 мм, і твердість оброблюваного матеріалу HB 500 МПа - 2500 МПа.

У четвертому розділі пропонується інформаційна система оцінювання взаємозамінності глибоких координованих отворів в машинобудуванні. Під інформаційною системою у межах даної наукової роботи розуміємо комплекс наукових, інформаційних, технічних, програмних та організаційних засобів, для опрацювання науково-технічної інформації задля оцінювання взаємозамінності глибоких координованих отворів у машинобудуванні на етапі технологчної підготовки виробництва.

Прийняття рішень на різних етапах життєвого циклу виготовлення складної наукоємної продукції це, як правило, генерація можливих альтернатив рішень, їх оцінка і вибори кращої альтернативи. Прийняти

"правильне" рішення - значить вибрати таку альтернативу з числа можливих, яка в максимальному ступені буде сприяти досягненню поставленої мети.

При виборі альтернативи доводиться враховувати велику кількість суперечливих вимог і, отже, оцінювати варіанти рішень за багатьма критеріями. Протиріччя вимог, неоднозначність оцінки ситуацій, помилки у виборі пріоритетів сильно ускладнюють прийняття рішень. Інший невід'ємною особливістю прийняття рішень є невизначеності, які прийнято розділяти на три класи: невизначеності, пов'язані з неповнотою знань про проблему; неточне розуміння своїх цілей особою, яка приймає рішення (ОПР); невизначеність при обліку реакції навколишнього середовища на прийняте рішення. Ці невизначеності не дозволяють точно сформулювати цілі прийняття рішення.

Для оцінювання взаємозамінності координованих отворів невизначеності стосуються ряду чинників, а саме невизначеності, пов'язані з: верстатом та оснащенням; пристосуванням; різальним інструментом; оброблюваним матеріалом; жорсткістю технологічної системи, вимірювальним приладом. Усі чинники характеризуються невизначеностями в заданих межах, але в процесі експлуатації вони змінюються і тому для об'єктивного оцінювання точності виготовлення координованих отворів необхідно вводити корективи в режимі реального часу. Тобто необхідно приймати рішення про можливість виготовлення деталей з заданими характеристиками точності на етапі технологічної підготовки виробництва. Тобто ОПР повинна мати необхідною інформацією та математичним апаратом, щоб з достатньою ефективністю визначити величину полів розсіювання в результаті виготовлення деталей на існуючому технологічному обладнанні. Для вирішення цього завдання пропонується автоматизувати процес розрахунку за допомогою розробленого Web-додатку. Для цього було створено Web-додаток з використанням технологій (HTML, CSS, JavaScript, NodeJS, MySQL) який дозволяє використовувати програму на будь-якому пристрої з доступом до інтернету. Інтерфейс комп'ютерної програми для розрахунку взаємозамінності глибоких координованих отворів представлено на рисунку 8.

Комп'ютерна програма це комбінація комп'ютерних інструкції, яка дозволяє отримати потрібний результат, при цьому використовує інформаційні бази даних про стан технологічної системи та функціональні залежності у вигляді математичних моделей, які були отримані раніше, в теоретичній частині роботи.

Оцінка взаємозамінності розмірів глибоких координованих отворів

Характеристики технологічної системи

Довжина отвору (мм)	Діаметр отвору (мм)	Виліт інструменту (мм)
15	3	25
Матеріал	Твердість матеріалу (НВ)	Жорсткість технологічної системи (Н/мм)
Сталь 45	170	5000

Технологічна схема

3 направленням ріжучого інструменту

Без направлення ріжучого інструменту

Вид обробки

Свердління

- Свердління
- Центрування, свердління
- Центрування, свердління, розвертування
- Засвердлювання, свердління
- Засвердлювання, свердління, розвертування
- Кернування, свердління
- Кернування, свердління, розвертування

Поле розсіювання розміру від бази (мм)

0.22

Поле розсіювання позиційного розміру (мм)

0.18

Розрахувати

Рисунок 8 – Інтерфейс комп'ютерної програми для розрахунку взаємозамінності глибоких координованих отворів

Комп'ютерна програма являється практичною реалізацією та частиною інформаційної системи, яка дозволяє об'єднати існуючі бази даних про можливі стани технологічної системи Верстат-приспосовування-інструмент – заготівка та розроблені алгоритми розрахунку та відповідні математичні моделі отримання величин полів розсіювання контролюючих розмірів координованих отворів. Це дасть можливість в реальному часі приймати рішення про можливість виконати показники якості деталі ще на етапі технологічної підготовки виробництва. Крім того така інформаційна система являється відкритою, тобто є можливість її наповнювати новою інформацією та вносити коригування до математичних моделей з часом її функціонування. В результаті такої системи було отримано систему стандартизованих величин полів розсіювання координованих розмірів в залежності від технологічних факторів та схеми механічної обробки. Така система може бути прийнята як нормативний документ організації та застосовуватися на машинобудівному виробництві.

ВИСНОВКИ

В результаті проведення наукових досліджень розроблений комплекс наукових, інформаційних, технічних, програмних та організаційних засобів, для опрацювання науково-технічної інформації задля розроблення

автоматизованої методики оцінювання взаємозамінності глибоких координованих отворів у машинобудуванні на етапі технологчної підготовки виробництва та розроблено систему нормованих полів розсіювання задля забезпечення взаємозамінності координованих отворів.

1. За результатами аналізу було встановлено, що межі зміни застосовності номінальних розмірів складають від 30 до 260 мм. Статистичний аналіз застосовності діаметральних розмірів показав, що питома вага деталей, виконаних по 12 – 14 квалітету становить близько 70%, а по 7-11 квалітету - 30%.

2. Для виготовлення деталей з координованими отворами застосовують агрегатні верстати, які дозволяють застосовувати багариінструментальну обробку, забезпечують точність отворів за 8 – 9 квалітетом точності. Інструментальна оснащення агрегатних верстатів складається з блоків інструменту, при цьому застосовують стандартний або спеціальний різальний і деформуючий інструменти. Для виготовлення координованих отворів застосовують дві технологічні схеми: з направленням різального інструменту кондукторними втулками (для $l > 3d$; $d < 5$); без направлення різального інструменту (для отворів $l < 3d$; $d > 5$). Вимірювання координатних розмірів за допомогою мікроскопів та координатно-вимірювальних машин, похибки лінійних вимірювань в межах 0,001 - 0,003 мм.

3. В процесі експериментальних досліджень визначили, що найбільший вплив мають такі чинники:

- у системах без направлення різального інструменту: d_i - діаметр різального інструменту; НВ - твердість оброблюваного матеріалу; l_i - виліт інструменту за торець шпинделя; j – жорсткість технологічної системи.

- у системах з направленням різального інструменту кондукторними втулками: d_i - діаметр різального інструменту; НВ - твердість матеріалу; l_i - виліт інструменту за торець кондукторної втулки; $l_{вг}$ - довжина направляючої частини кондукторної втулки.

4. В результаті проведення повного факторного експерименту отримані математичні моделі точності глибоких координованих отворів за розміром від бази до отворів та за позиційним відхиленням між отворами в схемі з направленням різального інструменту, та отримані нормативні числові значення полів розсіювання для діаметрів 1-5 мм та матеріалів: вуглецева сталь – Сталь 40 (НВ 170 мПа); сірий чавун – СЧ15 (НВ 200мПа) та алюмінієвий сплав – Ал 9 (НВ 50 мПа).

5. В результаті проведення повного факторного експерименту отримані математичні моделі точності глибоких координованих отворів при багатоопераційній обробці (центрування-свердління-розвертка) в схемах без направлення різального інструменту для отворів: 3 мм, 6 мм і 10 мм, висота заготовок трьох розмірів: 8 мм, 15 мм і 20 мм.

6. Створено Web-додаток з використанням технологій (HTML, CSS, JavaScript, NodeJS, MySQL) який дозволяє використовувати програму на будь-якому пристрої з доступом до інтернету та дозволяє оцінювати

взаємозамінність глибоких координованих отворів в залежності від технологічних факторів та при різних схемах обробки.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у міжнародній науковометричній базі Web of Science

1. Morgunov V., Trishch R., Lytovchenko S., Chyshkala V., Hrinchenko H., Trishch A. Numerical simulation of measurements in radiation technologies. *Ukrainian metrological journal*. Kharkiv, 2021. № 2. p. 60-64.

Статті у наукових фахових виданнях України

2. Катрич О. О., Тріщ А. Р. Денисенко А. М., Діденко Н. В. Кваліметричний інструмент оцінювання якості процесів різної природи. *Машинобудування. Збірник наукових праць*. Харків, 2015. № 16. С. 115-121.

3. Мельниченко А. А., Тріщ А. Р., Черкашина О. С. Стандартизация расчета сборочных размерных цепей в машиностроении в условиях термовоздействия. *Машинобудування. Збірник наукових праць*. Харків, 2016. №18. С.120-126.

4. Бурдейна В. М., Хорошилов О. М., Тріщ А. Р. Нормативне забезпечення точності розмірів координованих отворів малого діаметру. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава, 2016. Вип. 4. С. 138-142.

5. Бурдейная, В. М., Тріщ А. Р., Доценко Н. А. Системы с направлением режущего инструмента в операционных системах с силовой головкой и насадкой. *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків, 2016. №18. С.16-21.

6. Ким Н. И., Денисенко А. Н., Тріщ А. Р. Квалиметрический подход к оцениванию качества объектов различной природы статистическими методами. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава, 2017. Вип. 4(44). С. 56-59.

7. Бурдейна В. М., Грінченко Г. С., Артюх С. М., Тріщ А. Р. Оцінювання точності координованих отворів малого діаметру, виготовлених з направленням різального інструменту. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*.

Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків, 2021. № 2 (8). С. 9-14.

8. Артюх С. М., Бурдейна В. М., Грінченко Г. С., Черняк О. М., Тріщ А. Р. Аналіз вимог до оснащення випробувальних лабораторій у відповідності до ДСТУ ISO/IEC 17025:2017. *Машинобудування. Збірник наукових праць*. Харків, 2021. №27. С.104-109.

Статті у закордонних журналах

9. Hrinchenko H. S., Trishch A. R. Technical Diagnostics and Features of Measuring NPP Power Equipment Parameters. *American Journal of Engineering Research (AJER)*. 2021. Volume-10. Issue-05. P. 269-274.

Праці апробаційного характеру

10. Бурдейна В. М., Тріщ А. Р. Нормування полів розсіювання координованих розмірів глибоких отворів на етапі технологічної підготовки виробництва. *Системи розроблення та поставлення продукції на*

виробництво: матеріали I міжнар. наук.-практ. конф. (м. Суми, 17-20 травня 2016 р.). Суми, 2016. С. 198-199.

11. Бурдейна В. М., Тріщ А. Р. Математичні моделі точності координованих розмірів при кернуванні. *Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно-небезпечних об'єктах*: матеріали всеукр. наук.-практ. інтернет конф. молодих учених (м. Харків 27-28 жовтня 2016 р.). Харків, 2016. С. 13-15.

12. Кім Н. І., Сегал Л. Л., Тріщ А. Р. Залежність між вимірними показниками якості об'єктів різної природи та їх оцінкою на безрозмірній шкалі. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання*: восьма міжнар. наук.-техн. конф. пам'яті проф. І. Кісіля (м. Івано-Франківськ 14-16 листопада 2017 р.). Івано-Франківськ, 2017. С. 136-137.

АНОТАЦІЯ

Тріщ А. Р. Оцінювання взаємозамінності глибоких координованих отворів у машинобудуванні з застосуванням інформаційних систем. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення. – Українська інженерно-педагогічна академія, Міністерство освіти і науки України, м. Харків, 2021.

Проаналізовано характеристики деталей, які виготовляються на агрегатних верстатах, визначено основні характеристики глибоких координованих отворів та розглянуто технологічні схеми їх виготовлення. Розглянуто типове обладнання, матеріали, різальний інструмент та методи контролю якості.

Проведено експериментальні дослідження оцінювання взаємозамінності виготовлення глибоких координованих отворів. Головним завданням проведення експериментів являється знаходження математичних моделей полів розсіювання глибоких координованих отворів при різних схемах їх виготовлення, а саме з направленням різального інструменту та без його направлення з застосування багато перехідної обробки.

Пропонується інформаційна система, як комплекс наукових, інформаційних, технічних, програмних та організаційних засобів, для опрацювання науково-технічної інформації задля оцінювання взаємозамінності глибоких координованих отворів у машинобудуванні на етапі технологчної підготовки виробництва глибоких координованих отворів в машинобудуванні.

Ключові слова: взаємозамінність; глибокі отвори; координовані отвори; розмір від бази; позиційний розмір; інформаційна система; направлення різального інструменту.

ANNOTATION

Trishch A. Assessment of interchangeability of coordinated deep holes in engineering with the use of information systems. - On the rights of the manuscript.

The thesis for obtaining a scientific degree of the candidate of technical sciences in the specialty 05.01.02 - standardization, certification and metrological equipment. - Ukrainian Engineering-Pedagogical Academy, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2021.

Possibilities of the machine - device - tool - workpiece system to ensure the accuracy of machining as a complex indicator of interchangeability are considered. The characteristics of parts manufactured on aggregate machines are analyzed, the main characteristics of deep coordinated holes are determined and technological schemes of their production are considered. Typical equipment, materials, cutting tools and quality control methods are considered. A statistical analysis of parts manufactured on aggregate machines was carried out, as a result of which quantitative data on the main characteristics of parts were also established.

Experimental studies to assess the interchangeability of the manufacture of deep coordinated holes. The main task of the experiments is to find mathematical models of the scattering fields of deep coordinated holes in different schemes of their manufacture, namely with the direction of the cutting tool and without its direction. As a result of a full factorial experiment, mathematical models of accuracy of deep coordinated holes in size from base to holes and in positional deviation between holes in the scheme with the direction of the cutting tool were obtained, and normative numerical values of scattering fields for different diameters and materials were obtained.

The obtained mathematical dependences of the scattering fields in the manufacture of deep coordinated holes in the system with the direction of the cutting tool and three transients in the system without the direction of the cutting tool allowed to obtain a system of their normative numerical values depending on technological factors, technological process management in mechanical engineering.

An information system for assessing the interchangeability of deep coordinated holes in mechanical engineering is proposed as a set of scientific, informational, technical, software and organizational tools for processing scientific and technical information to assess the interchangeability of deep coordinated holes in mechanical engineering at the stage of technological preparation. Created Web-application using technologies (HTML, CSS, JavaScript, NodeJS, MySQL) that allows you to use the program on any device with Internet access and allows you to assess the interchangeability of deep coordinated holes depending on technological factors and different processing schemes.

Keywords: interchangeability; deep holes; coordinated holes; size from the base; positional size; information system; direction of the cutting tool.

Підписано до друку 10.08.2021. Формат 60×84 1/16.
Папір офсетний. Друк. цифровий.
Ум. друк. арк. 0,9. Наклад 100 примірників.
Замовлення №1403