

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Кафедра Механіко-машинобудівний факультет
Технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістр

студент Ковтун Костянтин Сергійович
(ПІБ)

академічної групи 131м-20н-1
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Комп'ютерні технології
машинобудівного виробництва
(офіційна назва)

на тему **Комп'ютерне моделювання технологічного процесу оброблення деталі
Корпус превентора для вибору раціональної структури технологічної системи**

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	проф. Проців В.В.			
розділів				
Аналітичний	проф. Проців В.В.			
Технологічний	проф. Проців В.В.			
Спеціальний	проф. Проців В.В.			
Науково-дослідницький	проф. Проців В.В.			
Рецензент	доц. Кравченко Ю.Г.			
Нормоконтроль				

Встановлено, що матеріали даної кваліфікаційної роботи містять чутливу інформацію щодо реальних об'єктів критичної інфраструктури України, національної безпеки і оборони України, зокрема відомості про їх місце розташування, службове призначення, конструкторську і технологічну документацію, описи конструкторських матеріалів та їх властивості, іншу додаткову літературу та посилання. У зв'язку з чим такі матеріали не підлягають відкритому оприлюдненню та мають зберігатися відповідно до встановленого режиму закладом освіти.

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

_____ **В.В. Проців** _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

студенту _____ **Ковтуну К. С.** _____ академічної групи **131м-20н-1** _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності _____ **131 Прикладна механіка** _____

за освітньо-професійною програмою _____
Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва _____
(офіційна назва)

на тему **Комп'ютерне моделювання технологічного процесу оброблення деталі Корпус превентора для вибору раціональної структури технологічної системи**

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз технологічності конструкції деталі Корпус превентора.	Лютий 2022 р.
Технологічний	Розробка та моделювання у САМ системі технологічного процесу виготовлення Корпусу превентора.	Березень 2022 р.
Спеціальний	Аналіз послідовності проведення випробувань превентора.	Квітень 2022 р.
Науково-дослідницький	Обґрунтування запропонованої класифікації структури технологічної системи	Квітень 2022 р.

Завдання видано _____
(підпис керівника)

_____ **Проців В.В.** _____
(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____ **12.01.2022 р.** _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____ **30.05.2022 р.** _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

_____ **Ковтун К. С.** _____
(прізвище, ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	6
1.1 Аналіз конструкторської і технологічної характеристика деталі	6
1.2 Матеріал деталі та його властивості	9
1.3 Визначення виробничої програми випуску деталей	13
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	20
2.1 Обґрунтування форми та розмірів заготовки.....	20
2.2 Вибір методів обробки поверхонь.....	21
2.3 Обґрунтування технологічного маршруту виготовлення деталі	22
2.4 Розрахунок припусків на механічну обробку	24
2.4 Розрахунок режимів різання на механічну обробку.....	26
2.5 Обґрунтування вибраного обладнання	48
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. АНАЛІЗ ПОСЛІДОВНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ПРЕВЕНТОРА	53
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ. ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ СТРУКТУРИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ	59
4.1 Постановка задачі теоретичного дослідження.....	59
4.2 Метод розв'язання наукової задачі.....	59
4.3 Обґрунтування запропонованої класифікації структури технологічної системи	60
4.4 Обґрунтування включення до класифікації засобів контролю	62
4.5 Опис наукової новизни	63
4.6 Результат розв'язання наукової задачі.....	64
4.7 Принципи роботи та інновації в технології сенсорного датчика тригера.	70
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	83
Перелік посилань.....	85
Додаток А.....	88

Копія кресленика деталі «Корпус превентора»	88
Додаток Б	89
Додаток В	90
Копія графічного матеріалу «Технологічні налаштування»	90
Додаток Г	91
Копія графічного матеріалу до спеціального розділу	91
Додаток Е	93
Відомість документів кваліфікаційної роботи	93
Додаток К	95
Відгук керівника кваліфікаційної роботи	95

Реферат

Пояснювальна записка: 93 с, 26 рис, 13 табл., 8 додаток, 31 джерела.

Тема: «Комп'ютерне моделювання технологічного процесу оброблення деталі «Корпус превентора» для вибору раціональної структури технологічної системи».

Метою цієї кваліфікаційної роботи є вдосконалення операційної технології виготовлення деталей "Корпус превентора".

Об'єкт дослідження: Процеси, що складають послідовність технологічної системи виготовлення деталі.

Предмет дослідження: стадія контролю розмірів на усіх етапах виготовлення деталі.

Науковою новизною є вперше запропонована розширена та рангована класифікація підсистем сучасної технологічної системи механічної обробки, що на перше місце ставить деталь й включає в собі також стадію контролю розмірів на усіх етапах її виготовлення.

Метод розв'язання наукової задачі: Комп'ютерне моделювання у CAD/CAM системі.

Достовірність отриманих результатів підтверджена порівняльним аналізом з тенденціями розвитку сучасних САМ-систем, насамперед програми ESPTIT.

Практична значущість отриманих результатів полягає у можливості їх використання у нових САМ-програмах проектування технологічних процесів виготовлення деталей складної форми, а також запланованих до розробки в 2023-24 н.р. методичних рекомендацій до навчальної дисципліни «Тенденції розвитку комп'ютерних методів оптимізації технологічних процесів у машинобудуванні» (для доктора філософії спеціальності 131 Прикладна механіка).

Робота пов'язана з науковим напрямом кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства та виконана відповідно договору про співпрацю та договором про нерозголошення конфіденційної інформації та комерційної таємниці з ТОВ «Союз-Спецтехніка».

ВСТУП

Сутністю технології машинобудування є вивчення про способи та процеси промислового виробництва продукції заданої якості та у потрібній кількості. Сучасний розвиток технології машинобудування є сукупністю взаємопов'язаних процесів удосконалення насамперед методів обробки матеріалів, технологічного обладнання, обробного та вимірювального інструментів, а також теоретичних та практичних основ процесів обробки. Воно стимулюється ускладненням конструкції виробів, підвищенням вимог щодо якості їх виготовлення та прагненням знизити собівартість продукції, а також частою зміною об'єктів виробництва. Використання багато інструментальних верстатів з ЧПУ, оснащених засобами механізації та автоматизації, дозволяє проектувати технологічні процеси обробки деталей з укрупненими насиченими переходами операціями, зменшити трудомісткість їх виготовлення та суттєво скоротити час технологічної підготовки виробництва за частой зміни номенклатури виробів, що випускаються.

У сучасному виробництві ще досить висока частка технологічних процесів, що не повною мірою задовольняють вищезазначеним вимогам. Тому впровадження прогресивних методів розмірної обробки деталей, економічно обґрунтоване застосування високопродуктивного обладнання, зносостійкого комбінованого ріжучого інструменту, механізованого оснащення та засобів автоматизації виробничих процесів у механічних цехах сучасних машинобудівних заводів стає дуже актуальним.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є вдосконалення операційної технології виготовлення деталей "Корпус превентора".

Об'єкт дослідження: Процеси, що складають послідовність технологічної системи виготовлення деталі.

Предмет дослідження: стадія контролю розмірів на усіх етапах виготовлення деталі.

Науковою новизною є вперше запропонована розширена та рангована класифікація підсистем сучасної технологічної системи механічної обробки, що на перше місце ставить деталь й включає в собі також стадію контролю розмірів на усіх етапах її виготовлення.

Метод розв'язання наукової задачі: Комп'ютерне моделювання у CAD/CAM системі.

Достовірність отриманих результатів підтверджена порівняльним аналізом з тенденціями розвитку сучасних САМ-систем, насамперед програми ESPTIT.

Практична значущість отриманих результатів полягає у можливості їх використання у нових САМ-програмах проектування технологічних процесів виготовлення деталей складної форми, а також запланованих до розробки в 2023-24 н.р. методичних рекомендацій до навчальної дисципліни «Тенденції розвитку комп'ютерних методів оптимізації технологічних процесів у машинобудуванні» (для доктора філософії спеціальності 131 Прикладна механіка).

У науково-дослідному розділі розглянуто нову технологічну систему та розглянуто проблематику вимірювання габаритних деталей. Рішенням даного завдання являє собою зміна технології вимірювання. Було проаналізовано та підібрано інноваційну технологію вимірювання сучасного сенсорного датчика тригера головний чинник виникнення похибки під час різання валів, що значною мірою змінює підходи до технології вимірювання та контролю деталей. Як наслідок запропоновано та розроблено нову принципову схему вимірювання та контролю відхилення форми деталі з повною інтеграцією сучасного інноваційного датчика в системі ЧПК верстата. Все це підвищує продуктивність контролю типових габаритних деталей, що усуває деякі незручності при вимірюванні.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз конструкторської і технологічної характеристика деталі

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

Рисунок 1.1 – "Превентор" збірна схема

в я
пр
пр
біч
уп
Фл
пр
оті

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

ром,
огою
ється
7. На
анції
тора.
блоку
дним
8 і 9.

Фланець кришки, в який загвинчуються шпильки з гайками, є приєднувальним для кріплення на превенторі агрегатів противикидного обладнання свердловини.

Ущільнювач 3 являє собою масивне гумове кільце, армоване металевими вставками, що надають жорсткості ущільнювача і запобігають витіканню гуми в процесі експлуатації.

Поршень 4 має ступінчасту форму. На поршні 4 встановлений

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

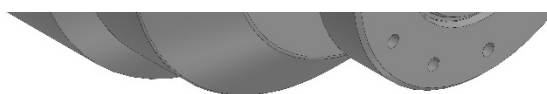


Рисунок 1.2 – "Корпус превентора" 3D модель

Корпус 1, кришка 2 і поршень 4 утворюють у превенторі дві гідравлічні камери: на відкривання (А) та на закривання (Б) превентора. Герметичність камер забезпечується манжетами ущільнювачів 8, 9, 10, 11, 12, 13. Через отвори корпусі ці камери з'єднані зі станцією управління. При нагнітанні масла

в гідравлічну камеру Б поршень 4 рухається вгору і обтискає ущільнювач 3, центральний отвір якого стискається, охоплює і ущільнює будь-яку частину колони труб, що опинилася в зоні ущільнювача або перекриває свердловину за відсутності в ній колон.

При нагнітанні масла в гідравлічну камеру закритого А превентора, поршень 4 з верхнього положення переміщається вниз, витісняючи масло в зливну лінію станції управління. Ущільнювач при цьому розтискається та набуває початкової форми.

Для роботи в зимовий час превентор має бути обладнаний камерою обігріву.

Превентор є частиною превенторного блоку противикидного обладнання свердловини, призначеного для герметизації гирла свердловини та виконання необхідних технологічних операцій при бурінні та капітальному ремонті нафтових та газових свердловин з метою попередження відкритих фонтанів та забруднення навколишнього середовища, а також забезпечення безпечних умов праці.

Превентори забезпечують розходжування, повертання та протягування бурильних труб із замковими з'єднаннями (з фасками по обидва боки замкового з'єднання під кутом 18°), а також герметизацію гирла свердловини під час закриття ущільнювача на будь-якій частині бурильної колони, обсадних або насосно-компресорних труб, а також колони труб за аварійної ситуації.

Превентор призначений для експлуатації у робочих середовищах: нафта, газ, газоконденсат, буровий розчин, промивна рідина, вода та їх суміші з об'ємним вмістом CO_2 до 6 % (корозійностійке виконання К1 за ДСТУ13862).

Під час роботи за температури навколишнього середовища нижче 0°C , превентор необхідно прогріти.

Превентори виготовляються в кліматичному дизайні У, розміщення категорії 1 за ДСТУ 15150 для роботи в помірному макрокліматичному районі експлуатації за ДСТУ 16350.

1.2 Матеріал деталі та його властивості

Отже із аналізу роботи деталі "Корпус превентора" приходимо до висновку, що деталь із запасом сприймає виникаючу під час роботи напругу крутіння, також знос в умовах високих температур.

В даному випадку підходящим матеріалом, із якого можна виготовити деталь, буде Сталь 30ХМ. Вона відноситься до класу жароміцних сталей – це вид сталі, який використовується в умовах високих температур (від 0,3 частини від температури плавлення) протягом певного часу, а також в умовах складно напруженого стану. Мають тривалу міцність, що сприяє опору сталі до руйнування при тривалому впливі температури. Хімічний склад і механічні властивості вказаного матеріалу наведені у таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад, %

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

К11 395	<100	395	615	17	45	49	187-229
---------	------	-----	-----	----	----	----	---------

Термічна обробка, стан поставки	Перетин, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_{β} , МПа	δ_5 , %	μ , %	КСУ, Дж/м ²	НВ
КП 440	100-300	440	635	16	45	59	197-235
КП 440	100-300	440	635	14	40	54	197-235
КП 490	<100	490	655	16	45	59	212-248

Таблиця 1.3 – Механічні властивості при підвищених температурах

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

1/2R							
Місце вирізки зразка - 1/2R	100	610	780	18	64	147	25
Місце вирізки зразка - 1/3R	120	620	750	16	63	137	
Місце вирізки зразка – центр	40	790	930	13	61	118	30

Термообробка, стан постачання	Перетин, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	μ , %	КСУ, Дж/м ²	HRC
Місце вирізки зразка – центр	60	740	870	16	64	127	31
Місце вирізки зразка - 1/2R	80	760	890	14	64	108	30
Місце вирізки зразка - 1/2R	100	700	830	17	65	137	27
Місце вирізки зразка - 1/3R	120	690	840	18	63	118	25

Таблиця 1.5 – Межа витривалості

σ_{-1} , МПа	n	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	Термообробка, стан сталі
407	1E+7	820	710	Загартування 870 С, вода. Відпуск 600 С [37]

Таблиця 1.6 – Фізичні властивості

Температура випробування, °С	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Модуль нормальної пружності E, ГПа	208	207	204	197	188	176	160			

Густина ρ_n , кг/см ³	7820	7800	7770	7740	7700	7660				
Коефіцієнт теплопровідності і Вт/(м ^{°C})		46	44	42	42	39	37	36	32	
Електричний опір (ρ , НОм м)	230									
Перевірка температури, °C	20- 100	20- 200	20- 300	20- 400	20- 500	20- 600	20- 700	20- 800	20- 900	20- 1000
Коефіцієнт лінійного розширення (10^{-6} 1/°C)	11.6	12.5	13.2	13.8	14.3					
Питоме тепло (C, Дж/(кг°C))	462									

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

1.3 Визначення виробничої програми випуску деталей

Виробнича програма випуску деталей розраховується на початковому етапі проектування технологічного процесу в залежності від річної потреби виробів і запасних частин за формулою:

$$N = N_B \cdot q \cdot \left(1 + \frac{h}{100}\right), \quad (\text{шт./рік}) \quad (1.1)$$

де N_B – річна програма випуску виробів;

q – кількість деталей даного найменування в одному виробі;

h – відсоток деталей, призначених на запасні частини (від 1 % до 3 %).

$$N = 200 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{2}{100}\right) = 204 \text{ шт./рік}$$

Загальноприйнятим комплексним критерієм при розробці й аналізі технологічного процесу є така класифікаційна категорія, як тип виробництва. Попереднє визначення типу виробництва ґрунтується на взаємозв'язку між річною програмою випуску деталі і її масою (дуже приблизно), з урахуванням такту випуску деталей та уточнюється за коефіцієнтом закріплення операцій (найбільш точний критерій, але визначити його можна тільки за умови сталого виробництва за місячний календарний період). У курсовій роботі цей критерій не розраховується, і апіорі приймається серійний тип виробництва.

Основним показником, який характеризує серійне виробництво, є величина партії деталей, яка запускається періодично (серіями випускається виріб, який складається з певних деталей). Величина партії визначається за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi}, \quad (1.2)$$

де a – періодичність запуску деталей у виробництво, днів. Можливі значення – від 3 до 24. Іноді цей параметр називають запасом деталей на складі складального цеху;

Φ – кількість робочих днів за рік відповідно до законодавства.

$$n = \frac{204 \cdot 12}{250} \approx 10 \text{ шт.}$$

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

У випадку до конструкцій деталей пред'являються такі вимоги [7]:

- конструкція деталі повинна складатися зі стандартних та уніфікованих конструктивних елементів і бути стандартною в цілому;
- деталі повинні виготовлятися із стандартних чи уніфікованих заготовок;
- розміри і поверхні деталі повинні мати відповідно оптимальні, тобто. економічно та конструктивно обґрунтовані точність та шорсткість;
- фізико-хімічні та механічні властивості матеріалу, жорсткість деталі, її форма та розміри повинні відповідати вимогам технології виготовлення, зберігання та транспортування;
- показники базової поверхні деталі (точність, шорсткість) повинні забезпечувати точність установки, обробки та контролю;
- заготівлі мають бути отримані раціональним способом з урахуванням заданого обсягу випуску та типу виробництва;
- метод виготовлення повинен забезпечувати можливість одночасного виготовлення кількох деталей;
- сполучення поверхні деталей різних класів точності та шорсткості повинні відповідати застосовуваним методам та засобам обробки;

- конструкція деталі повинна забезпечувати можливість застосування типових та стандартних технологічних процесів її виготовлення.

Зазначені вимоги є узагальненням досвіду проектування та виготовлення деталей, а рівень відповідності цим вимогам характеризує конструктивно-технологічний рівень деталі.

Кількісно технологічність конструкції корпусу превентора кільцевого ПУГ-180х21-10-00 може бути оцінена сукупністю показників технологічної раціональності та наступності деталі, до яких входять коефіцієнт складності конструкції деталі; коефіцієнт застосування уніфікованих або стандартних конструктивних елементів деталі; коефіцієнт повторюваності конструктивних елементів деталі; коефіцієнт точності та шорсткості поверхні деталі; коефіцієнт оброблюваності деталі та коефіцієнт використання матеріалу при механічній обробці [8, 9].

Коефіцієнт складності конструкції деталі визначається виразом у вигляді

$$K_{СЛ} = 0,25 \cdot (K_K + K_P + K_B + K_C) \quad (1.3)$$

де K_K, K_P, K_B, K_C – коефіцієнти, обумовлені як

$$K_i = 1 - A_i, \quad (1.4)$$

де A_i – уточнення.

Коефіцієнт K_K залежить від кількості поверхонь на вихідній заготовці, з яких видаляється стружка при виготовленні деталі. При цьому комбіновані поверхні, що утворюються за один робочий хід одним інструментом, враховуються як одна поверхня.

Для існуючої конструкції корпусу

$$A_K = n_{рез}/n_{нов}, \quad (1.5)$$

де $n_{рез}$, $n_{нов}$ – кількість оброблюваних різанням та загальна кількість форматворних поверхонь деталі, відповідно.

Підставляючи чисельні значення необхідних показників з креслення деталі та технологічного процесу обробки деталі різанням у вирази (1.3) та (1.2), знаходимо

$$A_K = 78/78 = 1 \text{ та } K_K = 1,00 - 1 = 0.$$

враховує загальну кількість заданих на кресленні даних із забезпечення необхідних точності форми та взаємного розташування поверхонь у межах 0,05 мм.

Для існуючої конструкції корпусу

$$A_P = n_{mp}/n_{нов}, \quad (1.6)$$

де n_{mp} – кількість поверхонь деталі, до яких висуваються вимоги щодо точності форми та їх взаємного розташування в межах 0,05 мм.

Підставляючи чисельні значення необхідних показників з креслення деталі до виразів (1.4) та (1.2), знаходимо

$$A_P = 0/78 = 0,0 \text{ та } K_B = 1,00 - 0,0 = 1,0.$$

Коефіцієнт K_B враховує кількість різних видів обробки різанням (технологічних операторів).

Для існуючої конструкції корпусу

$$A_B = n_{то}/n_{перех}, \quad (1.7)$$

де $n_{то}$ – кількість технологічних операторів;

$n_{перех}$ – загальна кількість технологічних переходів обробки різанням.

Підставляючи чисельні значення необхідних показників з карт технологічного процесу обробки деталі різанням у вирази (1.5) та (1.2), знаходимо

$$A_B = 4/38 = 0,10 \text{ та } K_B = 1,00 - 0,1 = 0,9.$$

Коефіцієнт K_C враховує відповідність точності та шорсткості поверхонь деталі деяким оптимальним величинам, під якими маються на увазі рекомендовані як економічність і конструктивно обґрунтовані величини. Величина A_C , що входить у вираз для цього коефіцієнта визначається за формулою

$$A_C = 0,1 \cdot \sum_{j=1}^{n_{рез}} m_j, \quad (1.8)$$

де m_j – кількість зон, на яких параметр R_a для j -ої поверхні віддалено від оптимального поєднання.

Підставляючи чисельні значення необхідних показників з креслення деталі до виразів (1.6) та (1.2), знаходимо

$$A_C = 0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ та } K_C = 1,00 - 0,8 = 0,2.$$

Згідно з виразом (1.1) коефіцієнт складності конструкції деталі становитиме

$$K_{сл} = 0,25 \cdot (0,0 + 1 + 0,9 + 0,20) = 0,525.$$

Коефіцієнт застосування уніфікованих або стандартних конструктивних елементів деталі визначають за формулою

$$K_{y\text{Э}} = \frac{N_{y\text{Э}}}{N_{\text{Э}}} - 0,1n, \quad (1.9)$$

де $N_{\text{Э}}$ – загальна кількість конструктивних елементів в деталі;

$N_{y\text{Э}}$ – кількість уніфікованих конструктивних елементів;

n – кількість неуніфікованих елементів.

Оскільки всі формотворні поверхні корпусу можна вважати уніфікованими, то коефіцієнт застосування уніфікованих або стандартних конструктивних елементів деталі можна прийняти рівним $K_{y\text{Э}} = 1,0$.

Коефіцієнт повторюваності конструктивних елементів деталі розраховують за формулою.

$$K_{п\text{Э}} = 1 - N_{п\text{Э}}/N_{\text{Э}}, \quad (1.10)$$

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

Коефіцієнт використання матеріалу при механічній обробці визначають за співвідношенням

$$K_{ИМ} = M_{Д}/M_{З}, \quad (1.11)$$

де $M_{Д}, M_{З}$ – маси готової деталі та заготовлі, відповідно.

Підставляючи чисельні значення необхідних показників з карт технологічного процесу обробки деталі різанням у вираз (1.9), знаходимо

$$K_{ИМ} = 576/1407 = 0,409.$$

Таким чином, за розрахованими можна зробити висновок про середній рівень технологічності даної конкретної деталі.

Необхідно відзначити, що корпус превентора виготовляють із заготовки, що отримується штампуванням.

Оброблювані поверхні корпусу з точки зору забезпечення точності і шорсткості не становлять значних технологічних труднощів, проте наявність фасонних канавок, що виготовляються, під ущільнення і фасонної складнопов'язаної виточки створює деякі труднощі при остаточній обробці деталі.

На технологічність конструкції деталі, що піддається обробці різанням, впливають як технологічні фактори (оброблюваність матеріалу, вибір баз та розмірних зв'язків, форма та розміри деталі, вимоги точності та шорсткості оброблюваних поверхонь), так і організаційні (обсяг випуску та тип виробництва). При цьому, обсяг випуску та тип виробництва визначають ступінь технологічного оснащення, механізації та автоматизації технологічного процесу.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Обґрунтування форми та розмірів заготовки

Метод отримання заготівлі визначається призначенням та конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, масштабом та серійністю випуску. Для раціонального вибору заготівлі необхідно одночасно враховувати всі вищезгадані дані. При виборі способу отримання заготовки необхідно прагнути максимального наближення форми і розмірів заготовки до параметрів основної деталі і зниження трудомісткості заготівельних операцій, а також подальшої механічної обробки. Для виготовлення деталі «Корпус превентора»

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

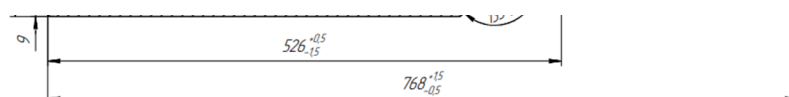


Рисунок 2.1 – Заготовка

Лиття – один з основних способів виробництва заготовок в машинобудуванні, тому що дозволяє одержати відливки практично будь-якої форми і маси з необхідними фізико-механічними властивостями.

Заготовка відливається з припуском на сторону в 9 мм з допуском на розміри по 2 мм. Зовнішні поверхні заготовки мають приблизні контури деталі таким чином зменшуючи припуск та час на обробку. Для зменшення складності заготовки, внутрішні контури були поділені на дві ступені які мають найбільшу різницю в діаметрах. Лиття відбувається в стержневі форми. Литі сталеві деталі мають великі внутрішні напруження, тому їх необхідно піддати термічній обробці до *HB170*. Вага заготовки становить 715 кг.

2.2 Вибір методів обробки поверхонь

При визначенні маршруту виготовлення деталі орієнтуємося на вид заготовки і її точність. Кількість технологічних операцій, їхня концентрація буде зумовлюватись методами обробки поверхонь, які визначаються з огляду на необхідний квалітет розміру, параметр шорсткості й умови оброблюваності алюмінієвих ливарних сплавів. Перелік поверхонь, їх розміри і методи обробки, які забезпечують виконання вимог креслення, наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Методи одержання поверхонь

Вид операційних, розмір, мм	Квалітет	Ra, мкм	Метод обробки поверхонь
Зовнішній $\varnothing 236_{-0,46}$, $\varnothing 380_{-0,52}$, $\varnothing 589_{-0,7}$, $\varnothing 650_{-0,8}$, $\varnothing 660_{-0,8}$.	12	6,3	Точіння чорнове Точіння чистове
Внутрішній $\varnothing 560^{+0,3}$,	10	6,3	Точіння чорнове Точіння чистове

Вид операційних, розмір, мм	Квалітет	Ra, мкм	Метод обробки поверхонь
--------------------------------	----------	---------	-------------------------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

Внутрішній 6, 7 ^{+0,25}	13	6,3	Точіння чистове
Отвори 2 шт. К1" ДСТУ 6111-52	7	12,5	Сверління чорнове Нарізання нарізі

2.3 Обґрунтування технологічного маршруту виготовлення деталі

Вибір устаткування одна із найважливіших завдань розробки технологічного процесу механічної обробки деталі. Від правильного вибору залежить продуктивність, економне використання площ, механізації та автоматизації ручної праці, електроенергії та, в результаті, собівартість виробу.

При виборі верстатного обладнання враховується таке: характер виробництва, методи досягнення заданої точності при обробці, відповідність верстата розмірам деталі, потужність верстата, зручність управління та

обслуговування верстата, габаритні розміри та вартість верстата, можливість оснащення верстата високопродуктивними пристроями та засобами механізації та автоматизації, кінематичні дані верстата, а також наявність наявного обладнання.

Сучасному світі все спрямовано на автоматизацію де тільки можливо зі збереженням часу на виготовлення. Зосередження всіх операцій виготовлення деталі на одному верстаті з мінімальною кількістю переустанов дає підвищену продуктивність.

Відповідно до типового маршруту виготовлення, на першій операції необхідно підготувати технологічні бази для подальшої обробки. Для їхньої підготовки в умовах серійного виробництва доцільно використати верстат з ЧПК. На даному етапі ці умови забезпечить токарно-карусельний верстат з ЧПК.

Подальша обробка допускає чорнове та чистове точіння всіх поверхонь. З огляду на розмір і точність заготовки, а також враховуючи практику розподілення операцій в серійному виробництві, чорнові, чистові токарні операції різьбової поверхні К1" ДСТУ 6111-52 виконуються на тому ж ЧПК (немає необхідності в переналагодженні патрона). Ці верстати характеризуються високим ступенем автоматизації, не вимагають спеціального розмірного налагодження інструмента й постійного супроводу технологів–програмістів, тому ефективні навіть в умовах дрібносерійного виробництва.

Витримання шорсткості і уникнення використання круглошліфувального верстата. На всіх відповідальних поверхнях буде тонке точіння.

Технологічний процес виготовлення деталі завершується контрольною операцією, під час якої здійснюється комплексний контроль розмірів поверхонь та їхнього взаємного розташування.

Технологічний маршрут обробки деталі «Корпус превентора» наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки деталі

№ оп.	Найменування операцій	Стислий зміст операції	Модель верстата
05	Програмна (токарно-карусельна)	Повне чорнове, чистове, тонке точіння. Нарізанням різьби К1" 6111-52, обробка отворів.	YSP VL-850R
10	Контрольна	Комплексний контроль деталі	YSP VL-850R

2.4 Розрахунок припусків на механічну обробку

Припуски на механічну обробку визначаємо розрахунково-аналітичним та дослідно – статистичним методами.

Розрахуємо припуски на обробку та проміжні граничні розміри для \varnothing

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho = 0,05 \times 5,728 = 0,286 \text{ (мм)}.$$

Похибка установки при чорновому розточуванні дорівнює

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.2)$$

де ε_6 – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення.

Похибка базування в даному випадку $\varepsilon_6=0$.

Похибка закріплення заготовки ε_3 приймаємо 0 мкм [1]. Тоді похибка установки при чорновому розточуванні дорівнюватиме 0 мкм.

Далі робимо розрахунок мінімальних припусків, користуючись основною формулою [1]

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \quad (2.3)$$

Мінімальний припуск під розточування:

чорнове $2Z_{\min 1} = 2(2000 + \sqrt{5728^2}) = 15456 \text{ мкм} = 15.456 \text{ (мм)}$;

чистове $2Z_{\min 2} = 2(250 + 240 + \sqrt{286^2}) = 1552 \text{ (мкм)}$.

Для чорнового розточування

$$d_{p1} = 427,3 - 1,552 = 425,748 \text{ (мм)}.$$

Для заготівлі

$$d_{p2} = 425,748 - 15,456 = 410,292 \text{ (мм)}.$$

Розраховуємо величину розрахункового максимального припуску за формулою

$$2z_{\max} = 2z_{\min i} + T_{i-1} - T_i \quad (2.4)$$

Потім, для переходу попереднього кінцевого, визначаємо розрахунковий розмір шляхом складання найменшого граничного розміру за кресленням та розрахункового мінімального припуску $2z_{\min}$.

Записуємо всі найбільші та найменші граничні розміри за всіма технологічними переходами. Визначаємо загальний припуск $z_{0\max}$ та $z_{0\min}$, підсумовуючи проміжні припуски на обробку, та робимо перевірку правильності призначення припусків.

$$T_{d3} - T_{d0} = z_{0\max} - z_{0\min}. \quad (2.5)$$

Перевірка: $2z_{i\max} - 2z_{i\min} = \delta_{Di-1} - \delta_{Di}$;

$$1,882 - 1,552 = 0,63 - 0,3;$$

$$0,33 = 0,33;$$

$$16,226 - 15,456 = 1,4 - 0,630;$$

$$0,77 = 0,77.$$

Отже, розрахунки зроблено правильно.

Отримані дані заносимо до таблиці 2.3.

2.4 Розрахунок режимів різання на механічну обробку

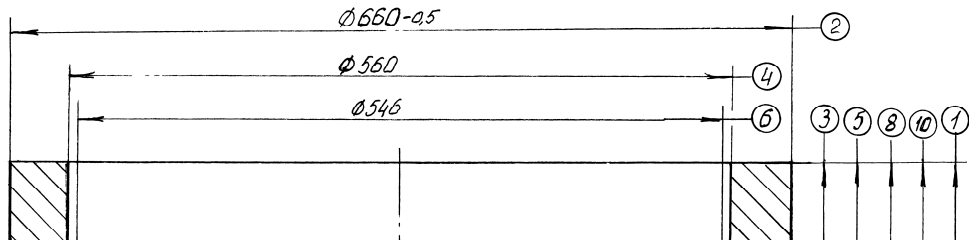
Розрахунок режимів різання полягає у визначенні для заданих умов обробки глибини різання, числа проходів, подачі, швидкості різання, сили різання та потужності, необхідної на різання.

Розрахуємо режими різання на операцію 05 (токарно-карусельну), яка виконується на токарно-карусельному верстаті моделі YSP VL-850R. Ескіз операції представлений рисунком 2.3. Операція 015 (токарно-карусельная)

містить 6 переходів, зміст яких наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.3 – Розрахунок припусків та граничних розмірів за технологічними переходами на обробку поверхні $\varnothing 427^{+0.3}$

Чистове	Розточування: Черновое	Поверхня $\varnothing 427^{(+0.3)}$, вилковок	Розмір елементарної поверхні та технологічні переходи ее обробтки			
			$R_{z_{i-1}}$, МКМ	T_i , МКМ	ρ_{i-1} , МКМ	ε_i , МКМ
40	250	2000	Елементи припуску			
40	240					
–	286	5728	Розрахунковий припуск $2Z_{i\min}$, МКМ			
-	-					
1552	15456					
427,3	425,748	410,292	Розрахунковий розмір d_p , мм			
300	630	1400	Допуск δ , МКМ			
427	425,118	408,892	Граничні розміри			
427,3	425,748	410,292	d_{\min} , мм			
			d_{\max} , мм			
1,882	16,226		Граничні значення припусків			
1,552	15,456		$2Z_{\max}$, мм			
			$2Z_{\min}$, мм			



Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

Рисунок 2.2 – Ескіз операція 05 (токарно-карусельна)

Таблиця 2.4 – Зміст переходів операція 01

№ перехода	Зміст переходу	i	t, мм
A	Установити і після обробки зняти деталь		
1	Підрізати торець розміру 1	3	11,06
2	Точить діаметр 2 на прохід	3	16,71
3	Точить діаметр 4 витримати розмір 3	10	46,84

№ перехода	Зміст переходу	i	t, мм
4	Точить діаметр 6 витримати розмір 5	10	43,79
5	Точить діаметр 7 витримати розмір 8, виконати радіус 11	2	8,88
6	Точить діаметр 9 витримати розмір 8	4	3,65

Перехід 1. Підрізати торець розміру 1

Верстат токарно-карусельний моделі YSP VL-850R Різець К.01.4227.000-06 Т15К6 ДСТУ 21066-75.

Глибина різання $t = 5$ мм.

Швидкість різання при точені, м/хв, визначається за формулою

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_v, \quad (2.6)$$

де C_v, x_v, y_v, m – коефіцієнт та показники ступеня, які обираються залежно від умов різання з довідкових даних;

T – стійкість інструменту, хв;

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об;

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який визначають за формулою

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{rv}; \quad (2.7)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, що відображає вплив якості оброблюваного матеріалу на швидкість різання;

K_{nv} – коефіцієнт, що відображає вплив стану поверхні заготовлі на швидкість різання;

K_{uv} – коефіцієнт, що відображає вплив матеріалу різальної частини на швидкість різання;

$K_{\phi v}, K_{\phi 1v}, K_{rv}$ – коефіцієнти, що відбивають вплив параметрів різця (головний кут у плані, допоміжний кут у плані, радіус при вершині) на

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

Частота обертів n_1 , об/хв, визначається за формулою

$$n_1 = \frac{1000 \cdot v_1}{\pi \cdot D}. \quad (2.8)$$

Підставляючи чисельні значення у формулу (2.8), знаходимо

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 93,74}{3,14 \cdot 660} = 45,20 \text{ (об/хв)}.$$

За паспортом верстата YSP VL-850R призначаємо стандартну частоту обертання $n_{1cm} = 45$ об/хв, з урахуванням якої визначити дійсне значення швидкості різання.

$$v_{1P} = \frac{3,14 \cdot 660 \cdot 45}{1000} = 93,30 (\text{м/хв}).$$

Складові сили різання при зовнішньому поперечному точінні розраховують за формулою

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot v^{n_p} K_p, \quad (2.9)$$

де C_p, x_p, y_p, n_p – коефіцієнт та показники ступеня, які обираються залежно від умов різання з довідкових даних; $C_p = 300$; $x_p = 1,0$; $y_p = 0,75$; $n_p = -0,15$;

K_p – поправочний коефіцієнт, який обчислюють за рівнянням

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}; \quad (2.10)$$

$K_{mp} = (\sigma_B/750)^{n_p}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей сталі, що обробляється;

$$K_{mp} = (586/750)^{0,8} = 0,82;$$

$K_{\phi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання; $K_{\phi p} = 1,0$; $K_{\gamma p} = 1,0$; $K_{\lambda p} = 1,0$; $K_{rp} = 0,93$

Підставляючи чисельні значення у формули (2.9) та (2.10), знаходимо

$$K_p = 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,76;$$

$$P_{z1} = 300 \cdot 5^{1,0} \cdot 1^{0,75} \cdot 93,3^{-0,15} \cdot 0,76 = 576,84 (\text{кГс}) = 5768,4 (\text{Н}).$$

Потужність різання підраховують за формулою

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}. \quad (2.11)$$

Підставляючи чисельні значення формулу (2.11), отримуємо

$$N_1 = \frac{5768,4 \cdot 93,3}{1020 \cdot 60} = 8,79 (\text{кВт}).$$

Встановлений режим різання повинен відповідати умовам

$$N_1 \leq N_{\text{эф}}, \quad (2.12)$$

карусельного верстата моделі YSP VL-850R $N_{\text{эф}} = 22$ кВт.

8,79 кВт < 22 кВт – умови виконуються.

Основний час T_0 , хв розраховують за формулою

$$T_0 = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.15)$$

де l – довжина обробки; для першого переходу $l = 150$ (мм);

l_1 – величина врізання інструменту; при глибині різання;

$t = 5$ мм прохідним різцем з кутом у плані $\varphi = 45^\circ$ $l_1 = 8$ мм;

l_2 – величина перебігу інструмента; при $t = 5$ мм $l_2 = 8$ мм.

i – кількість проходів; $i = 2$

Підставляючи чисельні значення формулу (2.15), отримуємо

$$T_{01} = \frac{(150+8+8) \cdot 3}{45 \cdot 1,0} = 11,06 (\text{хв}).$$

Перехід 2. Точити діаметр 2 на прохід

Верстат токарно-карусельний. YSP VL-850R Різець К.01.4227.000-06 Т15К6 ДСТУ 21066-75.

Глибина різання $t = 8$ мм.

Згідно з довідковими даними [23], ескізу операції 015 (рисунок 2.2) та таблиці 20, названі величини складають:

$$t = 8 \text{ мм}; S = 1,0 \text{ мм/об}; C_v = 340; x_v = 0,15; y_v = 0,45; m = 0,2; T = 60 \text{ мин}; \\ K_{mv} = (750/\sigma_B)^n = (750/586)^1 = 1,218; K_{nv} = 0,8; K_{uv} = 1,0; K_{\phi v} = 1,0 (\phi = 45^\circ); K_{\phi 1v} = 0,87; K_{\rho v} = 0,94.$$

Підставляючи чисельні значення формули (2.6) і (2.7), знаходимо розрахункове значення швидкості різання

$$K_v = 1.218 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 0,94 = 0,796; \\ v_2 = \frac{340 \cdot 0,796}{60^{0,2} \cdot 8^{0,15} \cdot 1,0^{0,45}} = \frac{340 \cdot 0,796}{2,268 \cdot 1,366 \cdot 1} = 87,35 \text{ (хв)}.$$

Частота обертів n_1 , об/хв, визначається за формулою

$$n_2 = \frac{1000 \cdot v_1}{\pi \cdot D}. \quad (2.16)$$

Підставляючи чисельні значення у формулу (2.16), знаходимо

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 87,35}{3,14 \cdot 660} = 42,12 \text{ (об/хв)}.$$

За паспортом верстата YSP VL-850R призначаємо стандартну частоту обертання $n_{2cm} = 42$ об/хв, з урахуванням якої визначити дійсне значення швидкості різання

$$v_{2P} = \frac{3,14 \cdot 660 \cdot 42}{1000} = 87 \text{ (м/хв)}.$$

Складові сили різання при зовнішньому поперечному точені розраховують за формулою

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot v^{n_p} K_p, \quad (2.17)$$

де C_p, x_p, y_p, n_p – коефіцієнт та показники ступеня, які обираються залежно від умов різання з довідкових даних; $C_p = 300$; $x_p = 1,0$; $y_p = 0,75$; $n_p = -0,15$;

K_p – поправочний коефіцієнт, який обчислюють за рівнянням

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{yp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp}; \quad (2.18)$$

$K_{mp} = (\sigma_B/750)^{n_p}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей сталі, що обробляється; $K_{mp} = (586/750)^{0,8} = 0,82$;

$K_{fp}, K_{yp}, K_{lp}, K_{rp}$ – поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання; $K_{fp} = 1,0$; $K_{yp} = 1,0$; $K_{lp} = 1,0$; $K_{rp} = 0,93$.

Підставляючи чисельні значення у формули (2.17) та (2.18), знаходимо

$$K_p = 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,76;$$

$$P_{z2} = 300 \cdot 8^{1,0} \cdot 1^{0,75} \cdot 87^{-0,15} \cdot 0,76 = 933,46 \text{ (кГс)} = 9334,6 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання підраховують за формулою

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}. \quad (2.19)$$

Підставляючи чисельні значення формулу (2.19), отримуємо

$$N_2 = \frac{9334,6 \cdot 87}{1020 \cdot 60} = 13,26 (\text{кВт}).$$

Встановлений режим різання повинен відповідати умовам

$$N_2 \leq N_{\text{ЭФ}}, \quad (2.20)$$

де $N_{\text{ЭФ}}$ – потужність верстата, що визначається за паспортом, кВт; для токарно-карусельного верстата моделі YSP VL-850R $N_{\text{ЭФ}} = 22$ кВт.

13,26 кВт < 22 кВт – умови виконуються.

Основний час T_0 , хв розраховують за формулою

$$T_0 = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.21)$$

де l – довжина обробки; для першого переходу $l = 215$ (мм);

l_1 – величина врізання інструменту; за глибини різання $t = 8$ мм прохідним різцем з кутом у плані $\varphi = 45^\circ$ $l_1 = 11$ мм;

l_2 – величина перебігу інструмента; при $t = 8$ мм $l_2 = 8$ мм.

i – кількість проходів; $i = 3$.

Підставляючи чисельні значення формулу (2.21), отримуємо

$$T_{02} = \frac{(215+11+8) \cdot 3}{42 \cdot 1,0} = 16,71 (\text{хв}).$$

Перехід 3. Точити діаметр 4 витримати розмір 3.

Верстат токарно-карусельний. YSP VL-850R Різець К.01.4227.000-06 Т15К6 ДСТУ 21066-75.

Глибина різання $t = 8$ мм.

Згідно з довідковими даними [23], ескізу операції 015 (рисунок 2.2) та таблиці 2.1, названі величини складають

$$t = 8 \text{ мм}; S = 1,0 \text{ мм/об}; C_v = 340; x_v = 0,15; y_v = 0,45; m = 0,2; T = 60 \text{ мин};$$

$$K_{mv} = (750/\sigma_B)^n = (750/586)^1 = 1,218; K_{nv} = 0,8; K_{uv} = 1,0; K_{\phi v} = 0,7 (\phi = 90^\circ); K_{\phi 1v} = 1;$$

$$K_{\rho v} = 0,94.$$

Підставляючи чисельні значення формули (2.23) і (2.22), знаходимо розрахункове значення швидкості різання

$$K_v = 1.218 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1 \cdot 0,94 = 0,916;$$

$$v_3 = \frac{340 \cdot 0,916}{60^{0,2} \cdot 8^{0,15} \cdot 1,0^{0,45}} = \frac{340 \cdot 0,916}{2,268 \cdot 1,366 \cdot 1} = 100,52 \text{ (хв)}.$$

Частота обертів n_3 , об/хв, визначається за формулою

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi \cdot D} \quad (2.22)$$

Підставляючи чисельні значення у формулу (2.22), знаходимо

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 100,52}{3,14 \cdot 560} = 57,16 \text{ (об/хв)}.$$

За паспортом верстата YSP VL-850R призначаємо стандартну частоту обертання $n_{3ст} = 57$ об/хв, з урахуванням якої визначити дійсне значення швидкості різання

$$v_{3P} = \frac{3,14 \cdot 560 \cdot 57}{1000} = 100,22 \text{ (м/хв)}.$$

Складові сили різання при розточуванні розраховують за формулою

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot v^{n_p} K_p, \quad (2.23)$$

де C_p, x_p, y_p, n_p – коефіцієнт та показники ступеня, які обираються залежно від умов різання з довідкових даних; $C_p = 300$; $x_p = 1,0$; $y_p = 0,75$; $n_p = -0,15$;

K_p – поправочний коефіцієнт, який обчислюють за рівнянням

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{gp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp}; \quad (2.24)$$

$K_{mp} = (\sigma_B/750)^{n_p}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей сталі, що обробляється; $K_{mp} = (586/750)^{0,8} = 0,82$;

$K_{fp}, K_{gp}, K_{lp}, K_{rp}$ – поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання; $K_{fp} = 0,89$; $K_{gp} = 1,0$; $K_{lp} = 1,0$; $K_{rp} = 0,93$.

Підставляючи чисельні значення у формули (2.23) та (2.24), знаходимо

$$K_p = 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,82;$$

$$P_{Z3} = 300 \cdot 8^{1,0} \cdot 1^{0,75} \cdot 100,22^{-0,15} \cdot 0,82 = 985,99(\text{кГс}) = 9859,9(\text{Н}).$$

Потужність різання підраховують за формулою

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}. \quad (2.25)$$

Підставляючи чисельні значення формулу (2.26), отримуємо

$$N_3 = \frac{9859,9 \cdot 100,22}{1020 \cdot 60} = 16,14(\text{кВт}).$$

Встановлений режим різання повинен відповідати умовам

$$N_3 \leq N_{\text{ЭФ}}, \quad (2.26)$$

де $N_{\text{ЭФ}}$ – потужність верстата, що визначається за паспортом, кВт; для токарно-карусельного верстата моделі YSP VL-850R = 22 кВт.

16,14 кВт < 22 кВт - умови виконуються.

Основний час T_0 , хв розраховують за формулою

$$T_0 = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.27)$$

де l – довжина обробки; для третього переходу $l = 162$ (мм);

l_1 – величина врізання інструменту; при глибині різання $t = 8$ мм прохідним різцем з кутом у плані $\varphi = 90^\circ$ $l_1 = 11$ мм;

l_2 – величина перебігу інструмента; при $t = 8$ мм $l_2 = 8$ мм.

i – кількість проходів; $i = 10$.

Підставляючи чисельні значення формулу (2.27), отримуємо

$$T_{03} = \frac{(248+11+8) \cdot 10}{57 \cdot 1,0} = 46,84(\text{хв}).$$

Перехід 4. Точити діаметр 6 витримати розмір 5.

Верстат токарно-карусельний моделі YSP VL-850R. Різець К.01.4207.000-11 Т15К6 ДСТУ 20872-75.

Глибина різання $t = 8$ мм.

Згідно з довідковими даними [23], ескізу операції 05 (рисунок 2.2) та таблиці 2.4, названі величини складають

$t = 8 \text{ мм}; S = 1,0 \text{ мм/об}; C_v = 340; x_v = 0,15; y_v = 0,45; m = 0,2; T = 60 \text{ хв};$
 $K_{mv} = (750/\sigma_B)^n = (750/586)^1 = 1,218; K_{nv} = 0,8; K_{uv} = 1,0; K_{\phi v} = 0,7 (\varphi = 90^\circ); K_{\rho v} = 1;$
 $K_{\rho v} = 0,94.$

Підставляючи чисельні значення формули (2.31) і (2.30), знаходимо розрахункове значення швидкості різання

$$K_v = 1.218 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1 \cdot 0,94 = 0,916;$$

$$v_3 = \frac{340 \cdot 0,916}{60^{0,2} \cdot 8^{0,15} \cdot 1,0^{0,45}} = \frac{340 \cdot 0,916}{2,268 \cdot 1,366 \cdot 1} = 100,52 (\text{м/хв}).$$

Частота обертання n_4 , про/хв визначається за формулою

$$n_4 = \frac{1000 \cdot v_4}{\pi \cdot D}. \quad (2.28)$$

Підставляючи чисельні значення у формулу (2.28), знаходимо

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 100,52}{3,14 \cdot 546} = 58,63 (\text{об/хв}).$$

За паспортом верстата YSP VL-850R призначаємо стандартну частоту обертання $n_{4cm} = 58 \text{ об/хв}$, з урахуванням якої визначаємо дійсне значення швидкості різання

$$v_{4P} = \frac{3,14 \cdot 546 \cdot 58}{1000} = 99,43 (\text{м/хв}).$$

Складові сили різання при розточуванні розраховують за формулою

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot v^{n_p} K_p, \quad (2.29)$$

де C_p, x_p, y_p, n_p – коефіцієнт та показники ступеня, які обираються залежно від умов різання з довідкових даних; $C_p = 300$; $x_p = 1,0$; $y_p = 0,75$; $n_p = -0,15$;

K_p – поправочний коефіцієнт, який обчислюють за рівнянням

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}; \quad (2.30)$$

$K_{mp} = (\sigma_B/750)^{n_p}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей сталі, що обробляється; $K_{mp} = (586/750)^{0,8} = 0,82$;

$K_{\phi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання; $K_{\phi p} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1,0$; $K_{\lambda p} = 1,0$; $K_{rp} = 0,93$

Підставляючи чисельні значення у формули (2.29) та (2.30), знаходимо

$$K_p = 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,82;$$

$$P_{Z4} = 300 \cdot 8^{1,0} \cdot 1^{0,75} \cdot 99,43^{-0,15} \cdot 0,82 = 987,18(\text{кГс}) = 9871,8(\text{Н}).$$

Потужність різання підраховують за формулою

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}. \quad (2.31)$$

Підставляючи чисельні значення формулу (2.35), отримуємо

$$N_4 = \frac{9871,8 \cdot 99,43}{1020 \cdot 60} = 16,03(\text{кВт}).$$

Встановлений режим різання повинен відповідати умовам

$$N_4 \leq N_{\text{ЭФ}}, \quad (2.32)$$

де $N_{\text{ЭФ}}$ – потужність верстата, що визначається за паспортом, кВт; для токарно-карусельного верстата моделі YSP VL-850R $N_{\text{ЭФ}} = 22$ кВт.

16,03 кВт < 22 кВт – умови виконуються.

Основний час T_0 , хв розраховують за формулою

$$T_0 = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.33)$$

де l – довжина обробки; для четвертого переходу $l = 235$ (мм);

l_1 – величина врізання інструменту; при глибині різання $t = 8$ мм

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

с 11.
7.000-11

с 2.2) та

= 60 хв;

$\zeta \phi 1 \nu = 1$;

Ю

розрахункове значення швидкості різання

$$K_v = 1.218 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1 \cdot 0,94 = 0,916;$$

$$v_5 = \frac{340 \cdot 0,916}{60^{0,2} \cdot 8^{0,15} \cdot 1,0^{0,45}} = \frac{340 \cdot 0,916}{2,268 \cdot 1,366 \cdot 1} = 100,52(\text{м/хв})$$

Частота обертання n_5 , об/хв, знаходяться по формулі

$$n_5 = \frac{1000 \cdot v_5}{\pi \cdot D}. \quad (2.34)$$

Підставляючи чисельні значення в формулу (2.33), находим

$$n_5 = \frac{1000 \cdot 100,52}{3,14 \cdot 413} = 77,51 (\text{об/хв}).$$

За паспортом верстата YSP VL-850R призначаємо стандартну частоту обертання $n_{5cm} = 77$ об/хв, з урахуванням якої визначаємо дійсне значення швидкості різання

$$v_{5P} = \frac{3,14 \cdot 413 \cdot 77}{1000} = 99,85(\text{м/хв}).$$

Складові сили різання при розточуванні розраховують за формулою

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot v^{n_p} K_p, \quad (2.35)$$

де C_p, x_p, y_p, n_p – коефіцієнт та показники ступеня, які обираються залежно від умов різання з довідкових даних; $C_p = 300$; $x_p = 1,0$; $y_p = 0,75$; $n_p = -0,15$;

K_p – поправочний коефіцієнт, який обчислюють за рівнянням

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{yp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp}; \quad (2.36)$$

$K_{mp} = (\sigma_B/750)^{n_p}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей сталі, що обробляється; $K_{mp} = (586/750)^{0,8} = 0,82$;

$K_{\phi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання; $K_{\phi p} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1,0$; $K_{\lambda p} = 1,0$; $K_{rp} = 0,93$.

Підставляючи чисельні значення у формули (2.35) та (2.36), знаходимо

$$K_p = 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,82;$$

$$P_{Z5} = 300 \cdot 8^{1,0} \cdot 1^{0,75} \cdot 99,85^{-0,15} \cdot 0,82 = 986,55(\text{кГс}) = 9865,5(\text{Н}).$$

Потужність різання підраховують за формулою

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}. \quad (2.37)$$

Підставляючи чисельні значення формулу (2.43), отримуємо

$$N_5 = \frac{9865,5 \cdot 99,85}{1020 \cdot 60} = 16,09(\text{кВт}).$$

Встановлений режим різання повинен відповідати умовам

$$N_5 \leq N_{\text{ЭФ}}, \quad (2.38)$$

де $N_{\text{ЭФ}}$ – потужність верстата, що визначається за паспортом, кВт; для токарно-карусельного верстата моделі YSP VL-850R $N_{\text{ЭФ}} = 22$ кВт.

16,09 кВт < 22 кВт – умови виконуються.

Основний час T_0 , хв розраховують за формулою

$$T_0 = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.39)$$

де l – довжина обробки; для п'ятого переходу $l = 323,2$ (мм);

l_1 – величина врізання інструменту; при глибині різання $t = 8$ мм прохідним різцем з кутом у плані $\varphi = 90^\circ$ $l_1 = 11$ мм;

Т	Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.	17-000
Т		1.2) та
К		60 хв;
К		$\nu = 1$;

Підставляючи чисельні значення формули (2.6) і (2.7) знаходимо розрахункове значення швидкості різання

$$K_v = 1.218 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,94 = 0,916;$$
$$v_6 = \frac{340 \cdot 0,916}{60^{0,2} \cdot 5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} = \frac{340 \cdot 0,916}{2,268 \cdot 1,273 \cdot 0,784} = 137,59 \text{ (м/хв)}$$

Частота обертання n_6 , об/хв визначається за формулою

$$n_6 = \frac{1000 \cdot v_6}{\pi \cdot D}. \quad (2.40)$$

Підставляючи чисельні значення у формулу (2.48), знаходимо

$$n_6 = \frac{1000 \cdot 137,59}{3,14 \cdot 250} = 175,27 \text{ (об/хв)}.$$

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{gp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp}; \quad (2.42)$$

$K_{mp} = (\sigma_B/750)^{n_p}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей сталі, що обробляється; $K_{mp} = (586/750)^{0,8} = 0,82$;

$K_{fp}, K_{gp}, K_{lp}, K_{rp}$ – поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на складові сили різання; $K_{fp} = 0,89$; $K_{gp} = 1,0$; $K_{lp} = 1,0$; $K_{rp} = 0,93$.

Підставляючи чисельні значення у формули (2.50) та (2.49), знаходимо

$$K_p = 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,82;$$

$$P_{Z6} = 300 \cdot 5^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 137,375^{-0,15} \cdot 0,82 = 349,44(\text{кГс}) = 3494,4(\text{Н}).$$

Потужність різання підраховують за формулою

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

7,84 кВт < 22 кВт – умови виконуються.

Основний час T_0 , хв розраховують за формулою

$$T_0 = \frac{(l+l_1+l_2) \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.45)$$

де l – довжина обробки; для шостого переходу $l=70$ (мм);

l_1 – величина врізання інструменту; при глибині різання $t=5$ мм
прохідним різцем з кутом у плані $\varphi = 90^\circ$ $l_1 = 5$ мм;

l_2 – величина перебігу інструмента; при $t = 5$ мм $l_2 = 5$ мм.

i – кількість проходів; $i = 4$.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

$T_{ПЕР}$ – допоміжний час, пов'язаний з переходом,

$T_{ИЗМ}$ – допоміжний час на контрольні виміри.

Нормативний час на встановлення та зняття деталі $T_{УСТ}$ передбачає виконання наступних робіт: встановлення та закріплення деталі, включення та вимикання верстата, відкріплення та зняття деталі, очищення пристосування від стружки. При масі оброблюваної заготівлі понад 1000 кг та застосування чотирикулачкового патрона за загальномашинобудівними нормативами часу [24] $T_{УСТ} = 15,5$ хв.

Допоміжний час $T_{ПЕР}$, пов'язане з переходом, включає час на зміну числа оборотів шпинделя $T_{пер} = 0,63$ хв;

Допоміжний час на контрольні вимірювання [9] скрадатиметься з часу, що витрачається на проміри штангенциркулем

$$T_{ИЗМ1} = 6 \times 0,21 = 1,26 \text{ (хв).}$$

Підставляючи чисельні значення у формулу (2.54), знаходимо

$$T_B = 15,5 + 1,26 + 0,63 = 17,39 \text{ (хв)}.$$

При цьому величина оперативного часу становитиме

$$T_{OP} = T_0 + T_B = 130,93 + 17,39 = 148,32 \text{ (хв)}.$$

Норма штучного часу визначається за формулою

$$T_{шт} = (T_0 + T_B) \times \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{омд}}{100}\right), \quad (2.47)$$

де $a_{обс}$ – час, що витрачається обслуговування робочого місця (організаційне і технічне); для верстатів токарно-карусельної групи з діаметром столу 1500мм, воно становить $a_{обс} = 3\%$ від оперативного часу T_{OP} ;

$a_{омд}$ – час перерв на відпочинок та особисті потреби; відповідно до [24] воно становить $a_{омд} = 8\%$ від оперативного часу T_{OP} .

Підставляючи чисельні значення у формулу (2.47), знаходимо

$$T_{шт} = 148,32 \times \left(1 + \frac{3+8}{100}\right) = 164,63 \text{ (хв)}.$$

Розрахунок режимів різання та технічного нормування інших операцій технологічного процесу виготовлення корпусу виконується аналогічно. Результати розрахунків наведено у технологічній карті.

2.5 Обґрунтування вибраного обладнання

Автоматизація, висока продуктивність та мінімальна трудомісткість операцій при високій мінімізації витрат часу на переналагодження, все це

забезпечить використання високопродуктивного обробного токарно-карусельного верстату з ЧПК. Його використання цілком доцільне, так як деталь має фрезерні операції, що дозволить оброблювати всі поверхні на одному верстаті з ЧПК.

Обробка деталі виконується на токарно-карусельному верстаті з ЧПК YSP VL-850R рис. 2.3, технічні характеристики верстату занесені в таблицю 2.5, а комплексний контроль оброблених поверхонь виконується щупом

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

операції
111-52,
) також

операції

оброблюється торець та точаться $\varnothing 236$, $\varnothing 380$ канавка на $\varnothing 223,1$. Свердляться отвори $\varnothing 16,5$ та розточуються $\varnothing 179,4$.

Операція 10 Програмна.

Не знімаючи деталь з верстату, після обробки, виконується контроль оброблених поверхонь.

Yu Shine була заснована в 1983 році і починала з виробництва машин різного призначення та спеціального призначення. Вони розробляють та поставляємо наші машини для всіх основних виробників мотоциклів, автомобілів, аерокосмічних, суднобудівних та важких транспортних засобів / вантажних автомобілів у Японії, США та Європі.



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

Рисун

Таблиця 2.5 – Основні характеристики верстату YSP VL-850R

Максим		
Максим		
Максим		
Тип шп		
Оборот		
Підшип		

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

<ul style="list-style-type: none"> • • Постійна потужність • • Пікова короточасна потужність (30 хв) 	<p>18,5 кВт</p> <p>22 кВт</p>
Потужність серводвигуна осі X	7 кВт
Потужність серводвигуна осі Z	7 кВт
Потужність двигуна гідравлічної системи	2,2 кВт
Потужність двигуна конвеєра стружки	0,2 кВт
Потужність помпи охолодження СОЖ	0,75 + 0,75 + 1,1 кВт
Інше:	
3-х кулачковий патрон ЧПК керований	24 дюйма / 610 мм
Тримач інструменту	6 штук
Цанга інструменту	4 штуки
Габарити:	
Розміри (довжина x ширина)	4285 x 2300 мм
Розміри (висота)	4020 мм
Вага	13000 кг
Необхідна потужність	45 кВт

Пізніше, у відповідь на попит на ринку, Yu Shine почала поступовий перехід на виробництво токарних верстатів із ЧПК.

Ґрунтуючись на наших знаннях у галузі машин спеціального призначення та досвіді проектування, накопиченому у всіх сферах застосування промисловості, у політиці компанії, Yu Shine стає першою компанією, що пропонує клієнтам автомобільної промисловості повністю автоматизовану (або напівавтоматичну) лінію з впровадженням роботизованих рук-маніпуляторів, що використовуються у зонах із високим ризиком, високим рівнем забруднення.

Yu Shine має великий технічний досвід у проектуванні індивідуальних машин, підвищення ефективності роботи, оптимізовані розташування виробничих ліній, вибір інструменту та дизайн тощо.

Yu Shine – це стала інновація, яка протягом багатьох років навчається випуску ексклюзивних обробних верстатів, щоб отримувати прибуток для клієнтів і встановлювати взаємовигідні відносини співпраці з клієнтами.

Вся продукція Yu Shine проходить CE (європейська сертифікація), ISO9001 (Міжнародна організація стандартизації).

Високоточні машини визнані та користуються довірою з боку клієнтів та агентів у всьому світі. Ви можете легко знайти наші машини, встановлені в Китаї, Німеччині, Японії, Росії, Італії, Великій Британії, США, Франції і т. д. А також у 56 країнах на 5 континентах.

Yu Shine беруть участь у міжнародних виставках, таких як EMO Europe, Пекін, Китай, Токіо, Японія, Чикаго, США та Тайбей, Тайвань.

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. АНАЛІЗ ПОСЛІДОВНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ПРЕВЕНТОРА

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

ерметизації
бурінні та
(ПВО) дає
ння робіт,
атмосферу,
спеціальний
технологічних
горловини

свердловини;

- 2) процес дегазації ствола;
- 3) циркуляція спеціального розчину для створення протитиску;
- 4) керування гідроприводами противикидного пристрою.

ПВО включає:

- ефективні превентори;
- основну стовбурову частину;
- спеціальні маніфольди.

У свою чергу, стовбурова частина використовує ПВО. Обов'язково осі проходів повинні повністю співпадати з основною віссю стовбура свердловини.

Складовими основної стовбурової частини також є:

- гирлові хрестовини;
- надпревенторна катушка;
- превентори;
- спеціальні додаткові катушки;
- надійний герметизатор;

- роз'ємний жолоб.

Складовими маніфольду є трубопроводи та трубопровідна арматура, з'єднані згідно з певною схемою, оснащена підключеними лініями дроселювання та глушіння.

Складовою колоною головки противикидного пристрою є:

- корпус, оснащений одним або двома фланцями;
- муфтовий або клиневий трубоутримувач;
- нижній і верхній пакери, забезпечені натискними та опорними кільцями ущільнювачів;
- пружні манжетні ущільнювачі.

Корпуси колонних головок виготовляють із спеціальної високоякісної легованої сталі способом кування або лиття.

Після закінчення робіт з його встановлення свердловину випробовують опресовуванням під максимально допустимим тиском. Воно розраховується згідно з ТЗ свердловини. Якщо вона оснащена перфорованою колоною, допускається її опресування під тиском мінімально 3 МПа.

Робочі, які проводять випробування, повинні мати професійні навички монтажу та демонтажу ПВО.

Найважливішим компонентом на будь-якій буровій вежі є універсальний кільцевий превентор. Він забезпечує підвищену безпеку під час експлуатації нафтової свердловини. Завдання даного обладнання полягає у захисті бурової вежі від можливого вибуху та пожежі.

Універсальний превентор призначений для герметизації гирла свердловини навколо будь-якої частини бурильної колони: провідної або бурильної труби, замка складного перерізу, а також для повного перекриття свердловини за відсутності інструменту. Вітчизняною промисловістю нині випускаються універсальні превентори ПУ1-230х35, ПУ1-280х35, ПУ1-350х35.

Даний тип превенторів розміщують зверху плашкового превентора та закріплюють на ньому різьбовими шпильками. Свердловина замикається і

відчиняється завдяки спеціальній гідравлічній системі. Крім герметизації гирла це обладнання застосовується також для походження інструменту. Також його використовують для протягування інструменту із замковими з'єднаннями. За допомогою інвертора можна швидко зменшити тиск у

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

на розрахункове число циклів, швидку заміну кільцевого ущільнювача без демонтажу преентора.

На прикладі рисунку 6 вказано універсальний преентор ПУ1-230х35 де: 1 – втулка; 2-штуцер; 3 – кільце ущільнювача; 4 – манжета; 5 – плунжер; 6 - кільцевий ущільнювач; 7 – корпус; 8 – обмежувач; 9 – кришка. Універсальний преентор ПУ1-230х35.

Преентор складається з корпусу 7, кришки 9, плунжера 5, кільцевого ущільнювача 6, втулки 7. Корпус, плунжер та кришка сталеві виливки ступінчастої форми. Кришка вкручується в корпус за допомогою прямокутного різьблення.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

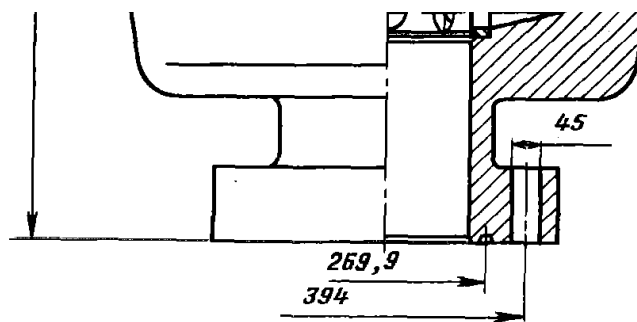


Рисунок 3.1 – Універсальний превентор ПУ1-230х35

Кільцевий ущільнювач масивне гумове кільце армоване металевими вставками двотаврового перерізу. Корпус, плунжер та кришка утворюють у превенторі дві гідравлічні камери А та Б, ізольовані манжетами. Камера А розпірна та служить для відкриття превентора, камера Б - запірна та служить для його закриття. Під тиском масла, що подається в запірну камеру із системи гідроправління, плунжер рухається вгору, переміщуючи кільцевий ущільнювач, останній при цьому герметизує гирло свердловини навколо будь-якої частини бурильної колони, а також за її відсутності.

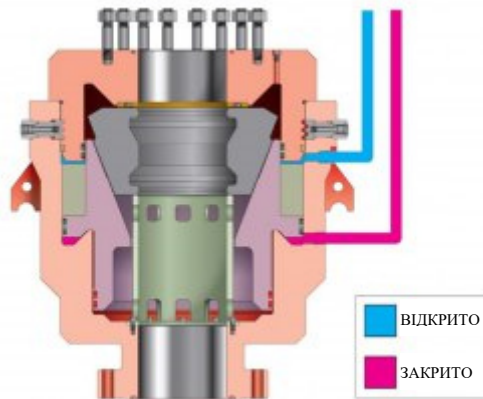


Рисунок 3.2 – Схема роботи превентора

Для відкриття превентора масло подається в розпірну камеру (рис. 3.2 [2]), плунжер переміщається вниз, кільцевий ущільнювач розширюється, набуваючи початкової форми. Рідина із запірної камери витісняється у зливну лінію гідралічного керування. Ущільнювач забезпечує герметизацію гирла при спущених у свердловину трубах діаметром до 194 мм. Час закриття превентора 30 с.

Технологія гідралічних випробувань в умовах заводу або на стенді бази опресування превентора виконується за наступною схемою:

- обладнання встановлюється на фланець у відповідь хрестовини трубної головки;
- внутрішній простір заповнюється робочою рідиною;
- зрізні, глухі або трубні плашки закриваються в ручному або гідралічному режимі;
- усередині превентора нагнітається пробний тиск за нормативами стандартів.

На гирлі свердловини гідралічні випробування превентора виконуються комплексно:

- у ствол опускається один або кілька пакерів залежно від призначення свердловини (бурова, нагнітальна, експлуатаційна) для відсічення її верхньої частини від нафтоносного горизонту;
- зовнішні поверхні превентора очищаються від нафтопродуктів, льоду, бруду;
- візуальним оглядом виявляється відсутність механічних пошкоджень та дефектів корпусу;
- якість переміщення плашок перевіряється обертанням штурвалів ручного приводу з пульта;
- зовнішнім оглядом виявляється відповідність діаметра превенторних плашок та їх ущільнювальних елементів аналогічного розміру штанг або робочої труби;
- плашки превентора закриваються обертанням штурвала за годинниковою стрілкою;
- кульовий кран запірної компоновки закривається обертанням за годинниковою стрілкою;
- на гирловій арматурі закривається одна засувка;
- до другої відкритої засувки, що залишилася, підключається лінія цементувального агрегату;
- всередині системи тиск піднімається до проектного значення, що витримується протягом 10 хвилин.

Задовільним результатом гідравлічного випробування вважається втрата тиску протягом розрахункового часу, трохи більше, ніж 0,5 МПа.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ. ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ СТРУКТУРИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Постановка задачі теоретичного дослідження

Аналіз науково-технічної літератури [21] з технології машинобудування показав, науковці базуються на класифікації складових технологічної системи, яка показана на рисунку 4.1.

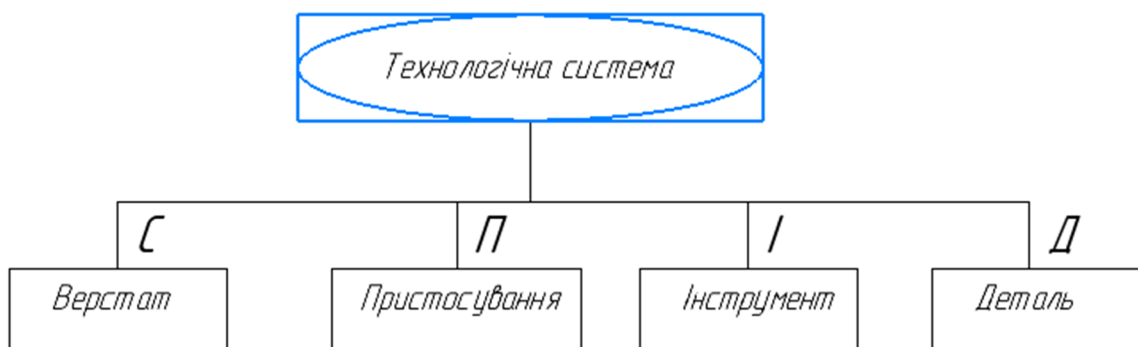


Рисунок 4.1 – Традиційна класифікація складових технологічної системи

Така класифікація не враховує суттєвих змін, що відбулися у промисловості у напрямку тотального поширення у світі обладнання з ЧПК у поєднанні з можливостями комп'ютерного моделювання.

Тому поставлена задача створення адекватної класифікації, яка б враховувала вказані особливості сучасного машинобудування.

4.2 Метод розв'язання наукової задачі

Єдиного загальноприйнятого формалізованого методу для вирішення поставленої задачі не виявляється можливим, що пояснюється її складністю.

Але можливо застосувати методи аналізу і синтезу у поєднанні з методами експертних оцінок.

Саме на цій методологічній основі базується сучасна САМ-система ESPRIT, яка має вбудовані бази даних основних компонентів технологічної системи. Науковцю надається можливість методами комп'ютерного експерименту у діалоговому режимі вести пошук оптимальної структури технологічної системи.

4.3 Обґрунтування запропонованої класифікації структури технологічної системи

Розвиток методів та засобів наукового пошуку оптимальних структур технологічних систем потребує насамперед подальшого розвитку класифікації їх підсистем.

На рис. 4.2 наведена запропонована класифікація складових технологічної системи.

Відрізняється наведена класифікація порядком представлення складових. На перше місце серед складових винесена деталь, бо врахування її технічних параметрів має найвищий пріоритет та найбільший вплив на раціональність (оптимальність) технологічної системи. Стає обов'язковим створення тривимірної моделі деталі у сучасних САМ-програмах. На цій стадії аналізують не лише конструктивну придатність деталі до виконання покладених на неї функцій у вузлі, агрегати, машині, але й технологічність її виготовлення тим чи іншим способом, на тому чи іншому обладнанні. Переваги надаються верстатам з ЧПК, тривимірним принтерам, або комбінованому обладнанню, що використовує обидва способи виготовлення деталей.

Друге місце у структурі відведено верстату. Під час вибору верстату, потрібно враховувати значну кількість обмежень. Зазвичай обирають серед обладнання, що вже є на підприємстві, обирають з найменш навантажених

виробничою програмою верстатів, або тих, на яких виготовлення конкретної деталі буде найбільш економічно доцільним. Але саме вже вибраний верстат і його технічні характеристики впливають кардинальним чином на технічний рівень технологічного процесу виготовлення запроєктованої технології.

Третя частина складається з вибору інструменту це важлива частина у структурі. Під час вибору інструментів потрібно враховувати механічні властивості інструментів, їх стійкість та вартість. Зазвичай обирають з тих, що вже використовуються на підприємстві, або замовляють окремо задля отримання потрібного економічного ефекту.

У четвертій частині треба вибрати (оптимальну структуру керуючої програми). Тут зазвичай використовують спеціалізовані комп'ютерні програми, у яких обирають то чи інший сценарій (стратегію) виготовлення деталі (обробки поверхонь).

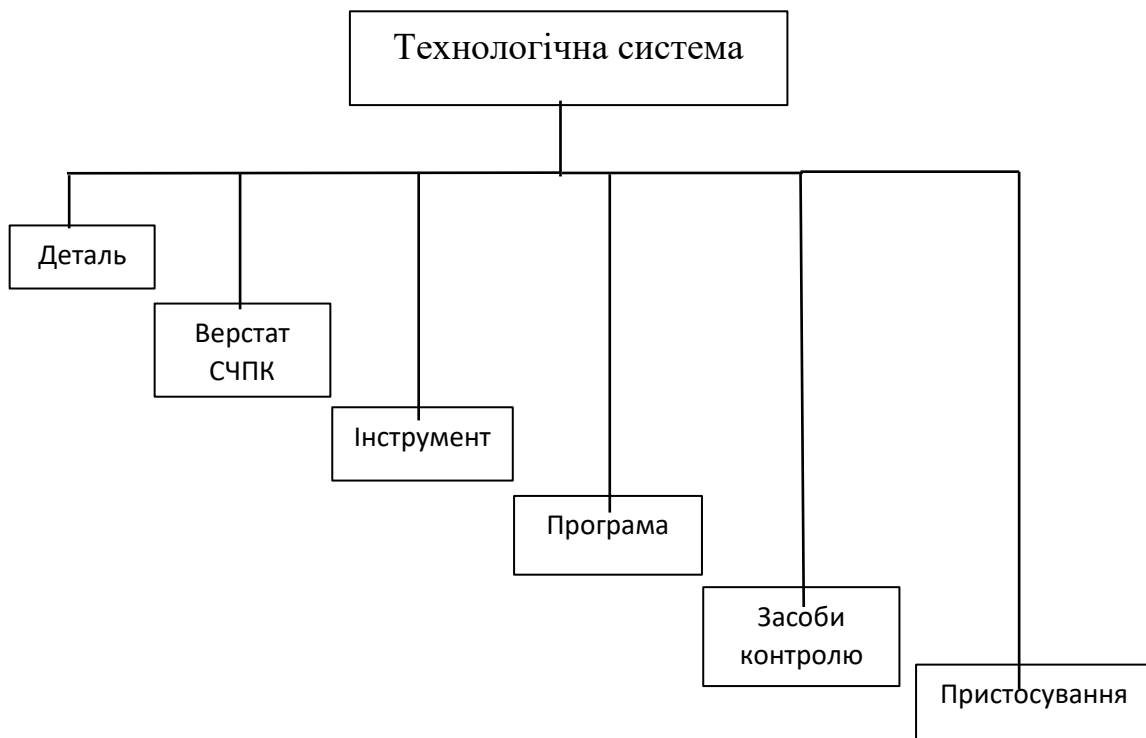


Рисунок 4.2 – Запропонована класифікація складових технологічної системи

Наступна частина складається з (засобів контролю). Контроль за якістю деталі буде проводитися за допомогою спеціалізованих датчиків (наприклад, контактний датчик компанії Renishaw). Для автоматизації цього процесу весь контроль розмірів буде проводитися ще на верстаті з ЧПК. Тому засоби контролю пропонується включати як новий підклас технологічної системи.

Обґрунтування цієї пропозиції викладено в наступному підрозділі.

4.4 Обґрунтування включення до класифікації засобів контролю

На сучасному етапі розвитку машинобудівного виробництва дуже важливим є застосування контролю не лише як засобу розділення готової продукції на придатну і браковану [20]. Контроль повинен забезпечувати автоматизоване керування обладнанням з метою одержання розмірів в заданому допуску, встановлення оптимальних режимів оброблення а також попередження і виключення браку. Одним з найбільш прогресивних методів контролю є активний контроль. У минулому ці засоби використовувалися на верстатах шліфувальної групи, де необхідно забезпечити високу точність оброблення при відносно низькій розмірній стійкості різального інструменту.

Останнім часом активний контроль все частіше використовують на токарних, фрезерних і фрезерно-свердлильно-розточувальних верстатах з ЧПК [21].

Засоби активного контролю повинні входити до класифікаційних складових технологічної системи бо вони можуть фіксувати зміну контрольованих розмірів деталей безпосередньо в процесі оброблення, видавати сигнали про досягнення заданого розміру під час оброблення, або про досягнення заданого положення виконавчих механізмів верстата, або різального інструмента. При цьому виключена необхідність в зупинці верстата, тобто час контролю суміщений з часом обробки. У засобах активного контролю відпрацьовуються відповідні сигнали, які керують механізмами металорізального верстата у відповідь на зміну ходу технологічного процесу,

циклу роботи або на зупинку верстата. В цьому напрямку позитивно показали себе засоби контролю Renishaw [31].

Так як вимірювання розмірів деталей здійснюється засобами активного контролю безпосередньо в процесі оброблення, то вони дозволяють керувати ходом і точністю всього технологічного процесу, що досягається наявністю відповідних засобів зв'язку, які дозволяють відслідковувати положення виконавчих механізмів верстата, попереджуючи появу браку.

Широкого застосування останнім часом в засобах активного контролю набув електронний принцип вимірювань. Цьому сприяє швидкодія, можливість перетворення сигналу в потрібну та зручну форму, добре розвинена елементна база для створення приладів, а також наявність стандартизованих вторинних пристроїв проміжних перетворень і отримання відліку, сигналу і команд в потрібній формі [27].

Всі ці обставини призвели до того, що останнім часом в машинобудуванні все інтенсивніше розробляють і застосовують схеми і засоби автоматичного контролю. Отже, включення до класифікації складових технологічної системи активного контролю є науково обґрунтованою пропозицією.

Останньою складовою запропонованої технологічної системи може бути підсистема пристосувань. З появою багатокординатних верстатів з ЧПК необхідність мати унікальні пристосування відпадає. Але це питання може бути предметом окремої наукової дискусії.

4.5 Опис наукової новизни

Науковою новизною є вперше запропонована розширена та рангована класифікація підсистем сучасної технологічної системи механічної обробки, що на перше місце ставить деталь й включає в собі також стадію контролю розмірів на усіх етапах її виготовлення.

4.6 Результат розв'язання наукової задачі

Після механічної обробки на верстаті завжди потрібно контролювати розміри відповідно до технічного завдання. Ручне контролювання розмірів завдяки людському фактору призводить як до похибки виміру, так і до великої кількості витраченого часу. Тому для більшої автоматизації весь контроль розмірів буде проводитися на верстаті з ЧПК.

Контактний датчик міжнародної компанії Renishaw, яка поглиблено

ія
на
ть
ія
лі

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.



Рисунок 4.3 – Renishaw OMP60

В цілому це компактний контактний тригерний 3D-датчик із оптичною передачею сигналу. Використовується для встановлення заготовки та контролю її обробки на різних середніх та великих обробних центрах.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

Рисунок 4.4 – Renishaw OMP60 в роботі

Автоматизовані вимірювання в процесі за допомогою Renishaw рис. 4.3 можуть допомогти усунути ризик. Система радіозонда Renishaw OMP60 може сприяти наступним заходам для вдосконаленого управління виробництвом, що призводить до збільшення продуктивності рисунок 4.4. Поділяються на певні етапи, такі як:

- фундаментальний аналіз процесу;
- налаштування процесу;
- контроль процесу;
- моніторинг після процесу.

Моніторинг після процесу передбачає перевірку відповідності компонента до вилучення з машини. OMP60, який використовується разом із програмним забезпеченням OMV для перевірки машин Renishaw, забезпечує надійну перевірку за моделлю САПР, що означає меншу перевірку поза машиною, отже менше налаштування та переробки. Дає можливість скоротити час і витрати на перевірку поза машиною, швидше простежувати звітування

про відповідність деталей специфікації та в цілому підвищує впевненості у виробничому процесі.

Програмне забезпечення для контактного налагодження інструменту. Даний пакет макросів для контактного налагодження інструменту дозволяє точно задати довжину та діаметр ріжучих інструментів на обробних центрах з ЧПУ до обробки, а також виявити поломку інструменту та температурну деформацію в процесі обробки. Досвідчені користувачі можуть створювати та виконувати вимірювальні цикли, користуючись традиційними G-кодами. Нові та недосвідчені користувачі можуть скористатися різними зручними графічними інтерфейсами Renishaw (включаючи Set and Inspect) або програмою для смартфона GoProbe.



Рисунок 4.5 – Панель керування Renishaw OMP60

Основні технічні характеристики та призначення щупа Renishaw OMP60 зведені в таблицю 4.1.

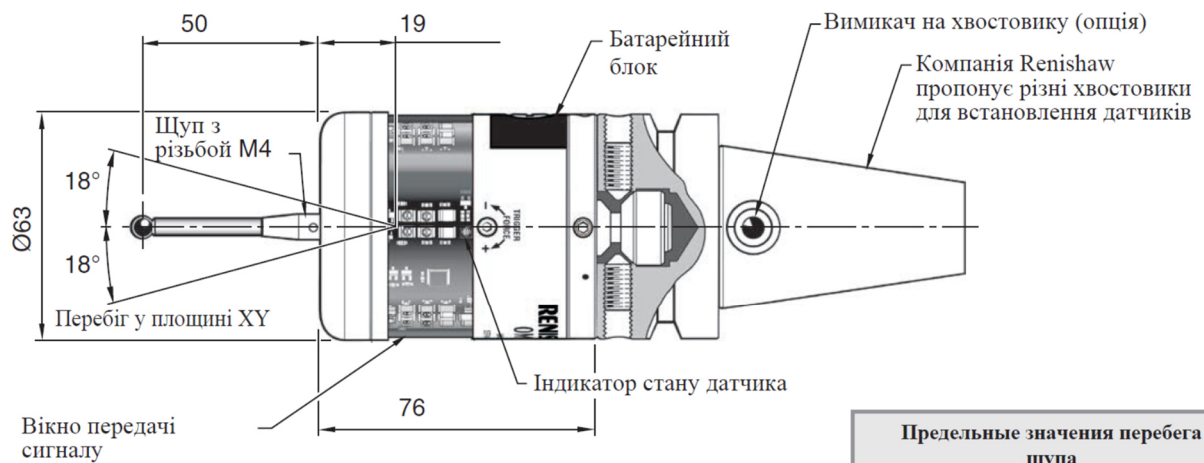
Таблиця 4.1 – Основний опис призначення Renishaw RMP600

Значення	Опис передачі модульованого сигналу
Основне призначення	Вимірювання розмірів деталей та налаштування на технологічні операції на обробних центрах будь-якого габариту та мало- та середньогабаритних багатоцільових верстатів
Спосіб передачі сигналу	Передача оптичного сигналу інфрачервоного діапазону в межах 360° (модульованого або звичайного)
Сумісні інтерфейси	ОМІ-2, ОМІ-2Т, ОМІ-2Н, ОМІ-2С або ОСІ / ОММ-2, ОММ-2С
Робочий діапазон	До 6 м
Рекомендовані щупи	Керамічні, довжиною від 50 до 150 мм
Вага без хвостовика (з батарейками)	885 г
Режими включення / вимикання	Оптичне включення (Оптичне виключення або таймеру) Увімкнення обертанням (Вимкнення обертанням або по таймеру) Увімкнення від вимикача на хвостовику (Вимкнення від вимикача на хвостовику)
	Не більше 1767 днів, залежно від режиму увімкнення/вимкнення

Значення		Опис передачі модульованого сигналу
Термін служби батарейок (2 літій-тіонілхлорідніе батарейки AA 3,6 В)		Не більше 690 годин, залежно від режиму увімкнення/вимкнення
Напрямок вимірювань		$\pm X, \pm Y, + Z$
Одностороння повторюваність		1,00 мкм (2 σ) (см. прим. 1)
Зусилля спрацьовування щупа (див. прим. 2 та 3)	Низьке зусилля спрацьовування ХУ	площина ХУ (Типове мінімальне значення) – 0,20 Н, 20 гс в напрямку + Z (Типове мінімальне значення) - 1,90 Н, 194 гс
	Висока зусилля спрацьовування ХУ	площина ХУ (Типове мінімальне значення) – 2,80 Н, 286 гс (див. прим. 3) в напрямку + Z (Типове мінімальне значення) - 9,80 Н, 999 гс (див. прим. 4)
	Напрямок +Z	3 мм / хв з автоскиданням
Клас захисту		IPX8 (EN / IEC 60529)
Робоча температура		від +5 ° С до +55 ° С

Примітка 1. Перевірка експлуатаційних характеристик виконувалася за стандартної швидкості 480 мм/хв (18,9 дюйма/хв) зі щупом 50 мм. Залежно від вимог конкретного завдання, може вибиратися більш висока швидкість.

Примітка 2. Зусилля спрацьовування, яке є особливо важливим у деяких галузях застосування, є силою, прикладеною до деталі щупом у момент спрацьовування датчика. Максимальне зусилля досягається після точки спрацьовування, тобто при перебігу. Величина зусилля залежить від відповідних змінних факторів, включаючи швидкість вимірювання та величину уповільнення переміщення на верстаті.



Розміри в мм

Предельные значения перебега щупа		
Довжина щупа	$\pm X/\pm Y$	$+Z$
50	21	11
100	37	11

Рисунок 4.6 – Основні розміри Renishaw OMP60

Примітка 3. Це заводські налаштування; передбачене ручне регулювання. Докладніше див. у Посібнику з установки датчика OMP60 (номер за каталогом Renishaw H-4038-8505).

Для датчиків OMP60 рисунок 4.6 обираємо щуп підвищеної міцності з вуглецевого волокна з високим значенням коефіцієнта Юнга. Цей щуп, розроблений з метою зведення до мінімуму робочого ходу і підвищення точності датчика, розпізнаються по гладкій обробці поверхні графіту.

Щуп підвищеної міцності з вуглецевого волокна показаний на рисунку 4.7 та зведені розміри в таблиці 3.2 нижче, забезпечує оптимальні робочі характеристики тензодатчика RMP600.

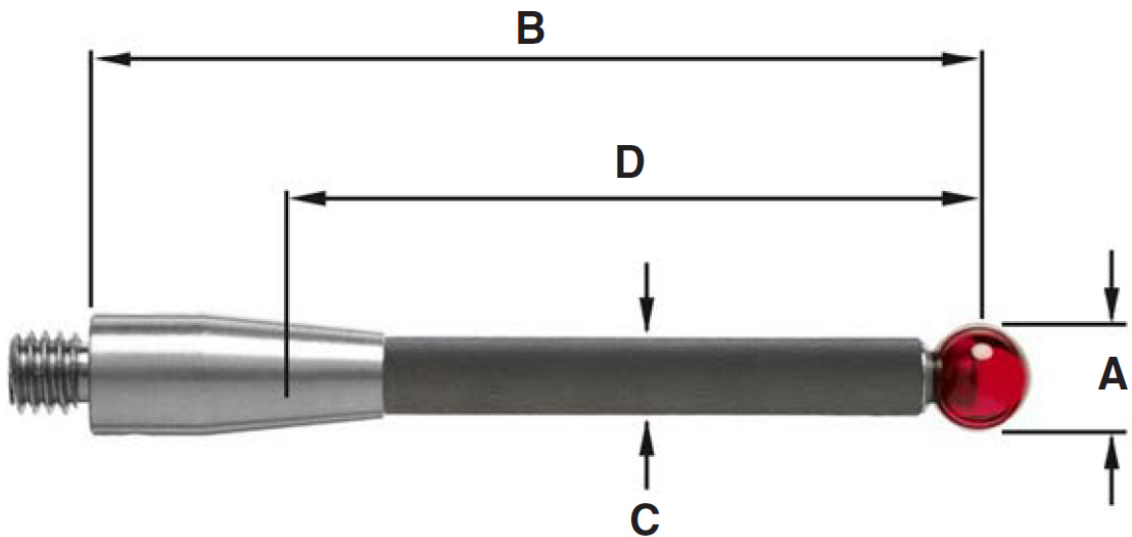


Рисунок 4.7 – Щуп з вуглецевого волокна А-5003-7306

Таблиця 4.2 – Основні розміри щупа Renishaw RMP600

	Опис розміру	А-5003-7306
А	Діаметр сферичного наконечника, мм	6,0
В	Довжина, мм	50,0
С	Діаметр стержню щупа, мм	4,5
Д	Ефективна робоча довжина, мм	38,5
	Вага, г	4,1

4.7 Принципи роботи та інновації в технології сенсорного датчика тригера

З моменту винаходу сенсорного щупа в 1970-х роках ці пристрої стали основним засобом датчиків для вимірювання розмірів на координатно-вимірювальних машинах (КВМ) і верстатах. Датчики сканування все частіше використовуються на КВМ для вимірювання складних форм і для характеристики форми призматичних компонентів. Проте сенсорні тригерні датчики все ще відіграють важливу роль у перевірці розміру та

положення компонентів на КВМ, а також у налаштуванні заготовки та контролі в процесі на верстатах.

У цьому модулі розглянемо характеристики роботи двох ключових технологій сенсорного датчика (кінематичного резистивного і тензометричного) і виділимо, як розвиток цих датчиків продовжує приносити користь на виробництві.

Кінематичні резистивні зонди

Основними вимоги до сенсорного щупа можна віднести:

- відповідність таким чином, що стилус відхиляється, коли він стикається з поверхнею компонента, прикладає низьку силу до компонента і дає час машині уповільнитися, перш ніж відступити від поверхні;
- механічна повторюваність, так що стилус завжди повертається в одне і те ж місце відносно верстата/шпинделя, коли він не контактує з деталлю;
- електрична повторюваність, так що датчик завжди спрацьовує при однаковому відхиленні стилуса в будь-якому конкретному напрямку.



Рисунок 4.8 – Схема кінематичного резистивного зонда

Оригінальний щуп із сенсорним тригером заснований на пружинному кінематичному розташуванні стрижнів і кульок, як показано на рисунку 4.8. Вони забезпечують шість точок контакту, гарантуючи, що держатель стилуса

тримається в унікальному місці з чудовою повторюваністю. Механізм дозволяє відхиляти щуп зонда, коли він зустрічається з поверхнею деталі, тоді як пружина забезпечує повторне встановлення механізму, коли стилус знаходиться у вільному просторі.

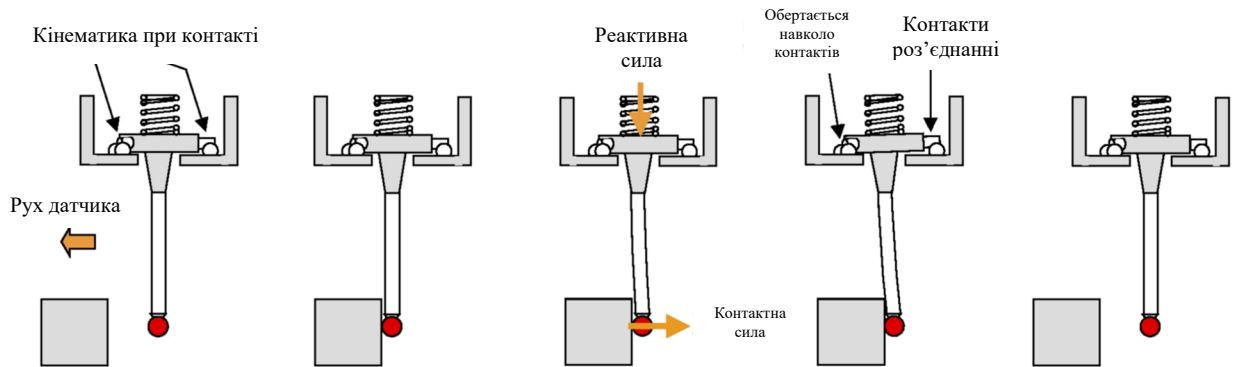


Рисунок 4.9 – Взаємодія кінематичного резистивного зонду з деталлю

Контактні елементи виготовлені з карбіду вольфраму, дуже твердої речовини, для того, щоб плями контакту (де матеріал пружно деформується під дією пружини) були дуже малими. Через контакти проходить електричний ланцюг, і саме опір цього ланцюга вимірюється електронікою зонда.

1) Коли щуп щупа рухається до компонента, пружина утримує всі кінематичні елементи в контакті, так що ігла перебуває у відомому положенні відносно пінолі/шпинделя.

2) Стилус зустрічається з поверхнею.

3) Оскільки рух машини продовжує приводити стилус до контакту з деталлю, у механізмі датчика починають створюватися сили. Контактна сила на наконечнику щупа створює момент у механізмі зонда щодо набору контактів на лівій стороні механізму, який урівноважується реактивним моментом, створеним пружиною, що обертається приблизно на тому самому набору контактів. У міру зростання цих сил стилус зазнає згинання (на схемі значно перебільшено для ілюстрації).

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

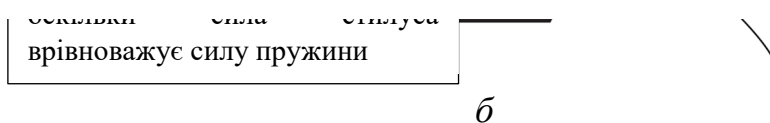


Рисунок 4.10 – електрична схема через кінематику та крупний план контактної шляхи між елементами: *а* – циліндр прикріплений; *б* – контактна пляма зменшується

4. Згодом зростаючий контактний момент долає реактивний момент, і механізм починає обертатися навколо лівого набору контактів. Контакти праворуч розходяться, розриваючи електричне коло в зонді. Перш ніж це станеться, генерується тригер, див. розділ про електричне перемикавання нижче). Сигнал тригера використовується, щоб зафіксувати положення машини в цей момент і надати машині команду сповільнитися і відступити від поверхні.

5. Після того, як машина відступить від поверхні, зонд знову встановиться у своє повторюване положення спокою.

Електричне перемикання

Через кінематичні контакти укладено електричне коло. Кульова пластина ізольована від сфер з карбїду вольфраму, тоді як цилїндри та держатель стилуса також ізольованї один від одного (див. рисунок 4.10а). Проводи в кульковій пластинї несуть струм між наборами контактів.

Під навантаженням пружини контактні елементи зазнають пружної деформації (див. рисунок 4.10б), створюючи невеликі контактні ділянки, через які може протїкати струм. Опір на кожній ділянці контакту обернено пропорційний до площі ділянки контакту ($R = \rho/A$). У міру збільшення сили між іглою та компонентом реактивний момент, який створюється в механізмі датчика, викликає збільшення зусиль між одними контактними елементами, тоді як сила між іншими зменшується. Оскільки сила між двома контактними елементами зменшується, площа плями контакту стає меншою, що збільшує опір між цими елементами. З усіма шістьма контактами, з'єднаними послїдовно, контакти з найменшою силою між ними сильно впливають на загальний опір в ланцюзі датчика.

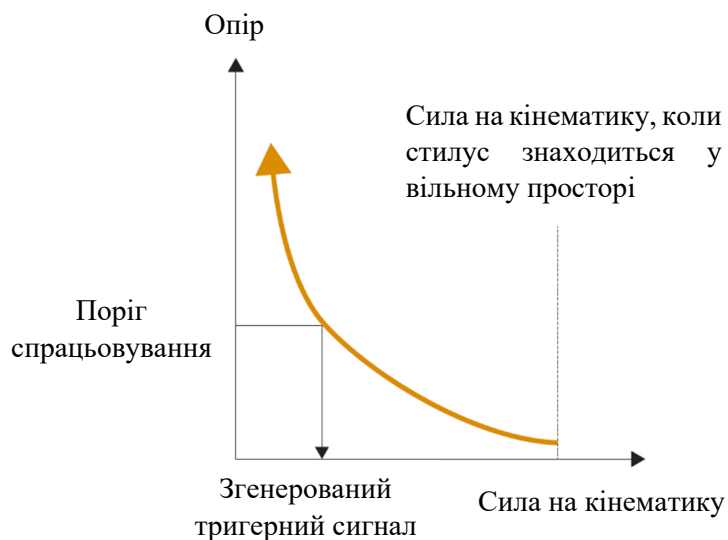


Рисунок 4.11 – Тригер генерується, коли опір ланцюга датчика перевищує порогове значення

Коли опір досягає порогового значення, вихід датчика встановлюється на «спрацьовує» (див. рисунок 4.11). Важливо, що кулі та стрижні все ще знаходяться в контакті, коли відбувається спусковий механізм, так що стилус знаходиться у визначеному положенні, забезпечуючи повторювані вимірювання.

Фактори продуктивності кінематичного резистивного датчика

Перед переміщенням

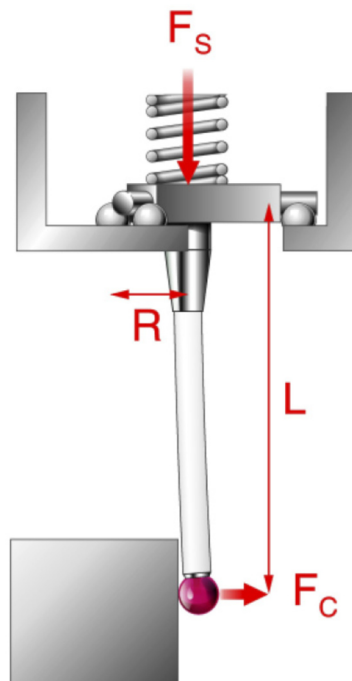


Рисунок 4.12 – Баланс сил у сенсорному тригерному зонді

Коли стилус стикається з поверхнею, встановлюється баланс сил. Перед досягненням порога тригера ці зростаючі сили змушують стилус згинатися. Оскільки машина все ще рухається, величина згинання стилуса, що відбувається до спрацьовування датчика, впливає на зафіксоване положення машини під час запису тригера. Такий згин стилуса перед спусковим гачком відомий як попередній хід.

Посилаючись на рисунок 4.12, попередній хід залежить від F_C і L , а також від жорсткості стилуса за формулою:

Попереднє переміщення = $F_C \cdot L^3 / 3EI$ (де E — модуль Юнга матеріалу штока щупа, а I — момент інерції).

Перед роз'єднанням контактних елементів баланс сил виглядає наступним чином:

$$F_C \times L = F_S \times R$$

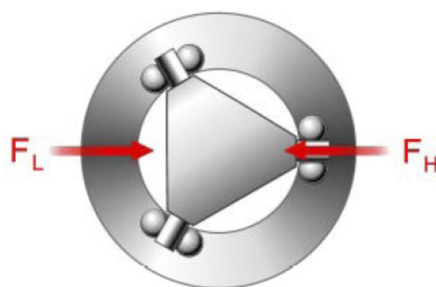


Рисунок 4.13 – Напрямки високої та низької сили

Варіація перед поїздкою (лобінг)

Контактні набори в кінематичному резистивному зонді утворюють трикутне розташування. Це означає, що відстань повороту R змінюється в залежності від напрямку, в якому діє контактна сила по відношенню до механізму зонда. Для певного стилуса (тобто L є постійною) контактна сила F_C пропорційна R .

На рисунку 6 показано, як змінюється контактна сила для даного стилуса в залежності від напрямку контакту. У напрямку малої сили (F_L) відстань повороту R приблизно вдвічі менша, ніж у напрямку високої сили (F_H). Малюнки 4.14 і 4.15 ілюструють це більш детально. Оскільки $R1 > R2$, то $F_{c1} > F_{c2}$. Для досягнення порога спускового механізму в напрямку високої сили потрібна більша сила, що призводить до більшого попереднього переміщення

в цьому напрямку. Зміна сили тригера призводить до явища, відомого як варіація перед пересуванням (PTV) або лобування.

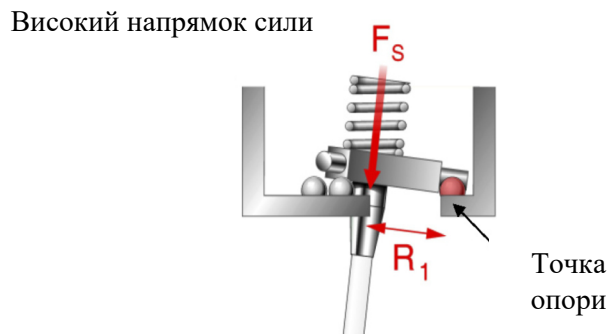


Рисунок 4.14 – Точка опори знаходиться далі від центральної лінії стилуса в напрямку високої сили

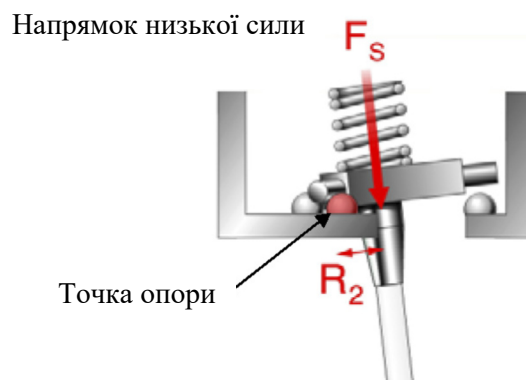


Рисунок 4.15 – Точка опори ближче до центральної лінії стилуса в напрямку малої сили

На рисунку 4.16 показаний типовий графік ХУ перед ходом для кінематичного резистивного датчика сенсорного тригера ТР6. Три напрямки високої сили можна розглядати як пікові точки цього графіка. Максимальне відхилення попереднього ходу в цьому випадку становить близько 3,3 мкм (0,00013 дюйма).



Рисунок 4.16 - графік змін перед переміщенням для зонда КВМ TR6

XYZ варіація перед поїздкою

Попередня подорож існує не тільки в площині XY, а й у напрямку Z. У цьому випадку немає механічної переваги (дія важеля) над пружиною щупа, тому контактне зусилля таке ж, як і зусилля пружини (див. рисунок 4.17); тому спускова сила в цьому напрямку набагато вище, ніж у площині XY. Однак, оскільки стилус стискається під час спрацьовування в цьому напрямку, його ефективна жорсткість набагато вища, а попередній хід у напрямку Z, як правило, набагато менший, ніж у площині XY.

Кінематичні резистивні датчики демонструють 3-вимірний (XYZ) PTV, комбінацію ефектів XY і Z перед переміщенням. При вимірюванні складних поверхонь це стає важливою характеристикою.

Калібрування зонда

Сам по собі попередній хід не є формою помилки, оскільки його можна легко компенсувати за допомогою калібрування датчика. Базовий елемент, відомого розміру та положення, вимірюється для встановлення середнього попереднього ходу для відповідного стилуса. Коли це буде завершено, ключовим фактором, що впливає на точність вимірювання, є повторюваність датчика (див. наступний розділ).

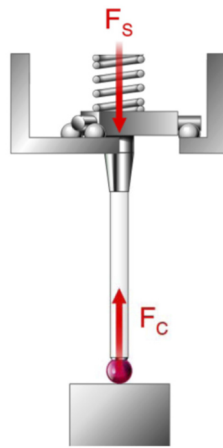


Рисунок 4.17 – Баланс сил у напрямку Z

Однак є деякі обмеження. На складних частинах може знадобитися багато напрямків зондування. Якщо значення RTV для комбінації датчик/щуп є досить низьким, то його вплив на точність вимірювання може бути прийнятним. Однак, якщо ця потенційна похибка вимірювання неприпустимо велика, то може знадобитися калібрувати зонд для кожного напрямку, в якому він буде використовуватися.

Повторюваність

Здатність датчика спрацьовувати в одній і тій же точці кожен раз відома як повторюваність. Це випадкова помилка і кінематичні резистивні датчики для верстатів, які зазвичай повторюються в межах 1,0 мкм (0,00004 дюйма) (2σ) на кінчику стилуса. Багато кінематичних резистивних датчиків ШМ можуть повторюватися в межах 0,35 мкм (0,000014 дюйма) (2σ). Важливо зазначити, що це значення на випробувальній установці і не обов'язково відображають повторюваність вимірювань системи. Будь-яка зміна часу, необхідного для фіксації положення машини з моменту, коли датчик видає тригерний сигнал, буде проявлятися як збільшення повторюваності. Хоча проекти керування ШМ оптимізовано навколо входу датчика, для верстатів з ЧПУ це не завжди так.

Інші фактори, які можуть вплинути на повторюваність вимірювань щупів верстатів, включають:

- Частота вибірки сигналу датчика контролером машини - на СММ це зазвичай переривання в реальному часі, в той час як деякі верстати з ЧПУ оснащені високошвидкісними входами для пропуску, щоб мінімізувати невизначеність положення в точці тригера. Однак деякі ЧПУ вибірки вводяться лише кожні кілька мілісекунд.

- Повторюваність передачі – зміна часу, необхідного для передачі сигналу тригера пробника до контролера. Оптичні та радіопередачі Renishaw розроблені так, щоб мати коротку і дуже повторювану затримку.

Гістерезис

Напрямок спускового механізму попереднього щупа має невеликий вплив на точку спускового гачка - схоже на люфт у кульково-гвинтовому механізмі. Гістерезис максимізується, коли вимірювання слідує за переміщенням зондування в протилежному напрямку в площині ХУ. Цей ефект посилюється із збільшенням довжини стилуса та сили контакту. Однак кінематичний механізм мінімізує гістерезис, тому він зазвичай є лише невеликою складовою односпрямованої повторюваності зонда.

Фактори ефективності корегуються за важливістю

1. Повторюваність.

Це ключова вимога до продуктивності будь-якого датчика тригера і є основним обмеженням продуктивності системи. Гістерезис сприяє повторюваності.

2. Передрухові варіації.

Цей фактор можна видалити за допомогою калібрування за умови, що всі напрямки зондування відомі.

Точність вимірювання буде знижена, якщо зонд з високим значенням РТV використовується в некваліфікованому напрямку. РТV швидко збільшується з довжиною стилуса в кінематичних резистивних датчиках.

3. Гістерезис.

Невеликий коефіцієнт для зондів з кінематичними механізмами.

Технологія тензометричного зонда

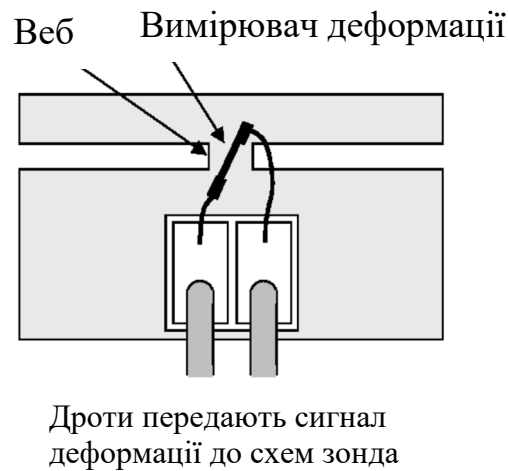


Рисунок 4.18 – Тензодатчик, закріплений на перетинці всередині зонда

Новіша форма сенсорної технології вирішила обмеження продуктивності механізму кінематичного резистивного зонда: кремнієвих тензодатчиків. Це стало можливим завдяки сучасній компактній електроніці та твердотільному датчику, який Renishaw розробив для зондів розміром до 13 мм (0,5 дюйма) в діаметрі.

Хоча тензодатчики все ще використовують кінематичний механізм для утримання стилуса, вони не використовують опір через контактні елементи як засіб для виявлення тригера. Замість цього набір тензорезисторів розташований на ретельно розроблених полотнах у структурі зонда над кінематикою (див. рисунок 4.17). Ці датчики вимірюють контактну силу, прикладену до стилуса, і генерують тригер, коли деформація перевищує порогове значення. Це забезпечує низьку силу спускового механізму, а оскільки датчик не залежить від кінематики, забезпечує постійну характеристику тригера в усіх напрямках.

Вимірювання контактної сили

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 28.06.2022р.

На рисунку 4.19 показана схема тензометричного зонда. При малих контактних зусиллях кінематика залишається в силі, і сила передається через них на структуру зонда. Тензодатчики – три вимірювальні манометри, вирівняні по осі X, Y і Z – встановлені на тонких полотнах. Вони виявляють сили в конструкції, і їх вихідні результати підсумовуються разом, так що, як тільки поріг сили порушено в будь-якому напрямку, генерується сигнал тригера. Це порогове зусилля, як правило, становить кілька грамів - набагато нижче, ніж зусилля тригера на еквівалентному резистивному датчику.

Тензодатчики дуже чутливі до зусиль, що діють на конструкцію, і виявлять вібрації на машині, поки стилус не контактує з поверхнею деталі. Схема фільтрації всередині зонда визначає, чи є деформації, що спостерігаються на манометрах, результатом реального та постійного відхилення стилуса. Щоб досягти цього, коротка і дуже повторювана затримка вводиться в ланцюг виявлення з моменту першого перевищення поріг сили, після чого необхідно спостерігати постійну і зростаючу силу перед тим, як спрацює тригер в кінці періоду затримки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В сучасній ринковій економіці є певне співвідношення між масовим та одиничним виробництвом, але найчастіше зустрічається серійне та дрібносерійне виробництво деталей типу “Корпус”. На кожному підприємстві завжди виникає потреба в одиничному виробництві і в цілому розглянуто сучасну тенденцію розвитку машинобудівної галузі. Було обрано раціональну структуру технологічної системи, призначеної для оброблення деталі Корпус превентора.

Науковою новизною є вперше запропонована розширена та рангована класифікація підсистем сучасної технологічної системи механічної обробки, що на перше місце ставить деталь й включає в собі також стадію контролю розмірів на усіх етапах її виготовлення.

У кваліфікаційній роботі розроблено прогресивну технологію обробки деталі “Корпус превентора” в умовах серійного виробництва. Розглянуто інноваційні технології зі створення режимів різання, методи утворення поверхонь та симуляція обробки в програмах CAD/CAM систем. Комбіновані операції формоутворень поверхонь деталі досліджені на сучасних верстатах з ЧПК.

Докладно описано конструкторські та технологічні особливості. Зроблена оцінка технологічності конструкції деталі. Проаналізовано обраний метод отримання заготовки. На підставі розрахунку запропоновані технологічні маршрути обробки деталі. Зроблені розрахунки режимів різання, з використанням норм часу. У проекті виконано підбір прогресивного ріжучого інструменту, спеціального вимірювального пристрою, а також обґрунтовано чому нова технологічна система краще старій.

Запропонована технологія має інноваційну структуру технологічної системи бо, використання одного сучасного токарно-карусельний верстата з ЧПК та приводним інструментів замінює роботу трьох верстатів універсальних: токарного, фрезерного та шліфувального. Все це спричинено

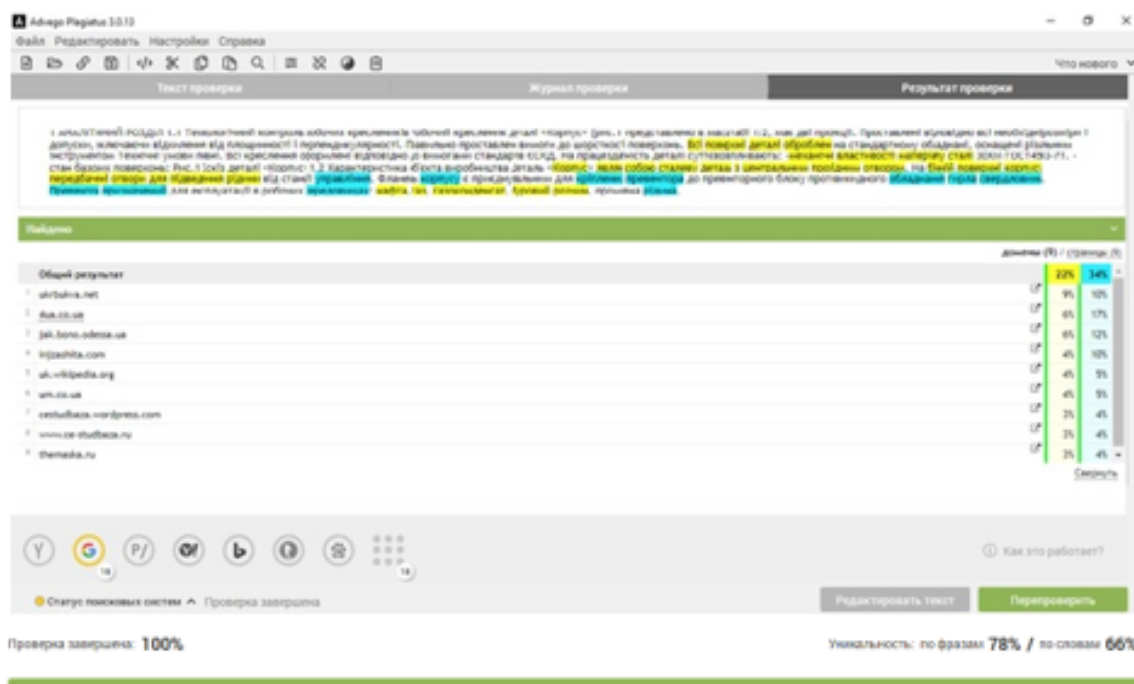
досить високою жорсткістю та точністю сучасних верстатів з ЧПК, які прямо впливають на точність та шорсткість виготовленої деталі. Це дозволяє досягти заданої точності та шорсткості поверхні деталі при тонкому точінні замість використання шліфувального верстату. Окрім того, функція приводного інструменту дає можливість обробки отворів, що виключає використання свердлильного верстату. Технологічна система з ЧПК зменшує ризики, пов'язані з людським фактором та зменшує в цілому брак на виробництві.

Результат перевірки унікальності тексту

випускної кваліфікаційної роботи магістра Ковтун К.С.

Advego Plagiatius <https://advego.com/antiplagiat/>

Дата перевірки: 30 травня 2022 року;
Інструмент перевірки: ADVEGO Plagiatius 3.0.16 for Windows 10 x64 bit
Пошукові системи: Google, DuckDuckGo
Зміст перевірки: пояснювальна записка та додатки роботи
Кількість перевірених символів: 58204
Унікальність за фразами, %: 78
Унікальність за словами, %: 66
Збіги, %: 22
Рейт, %: 34



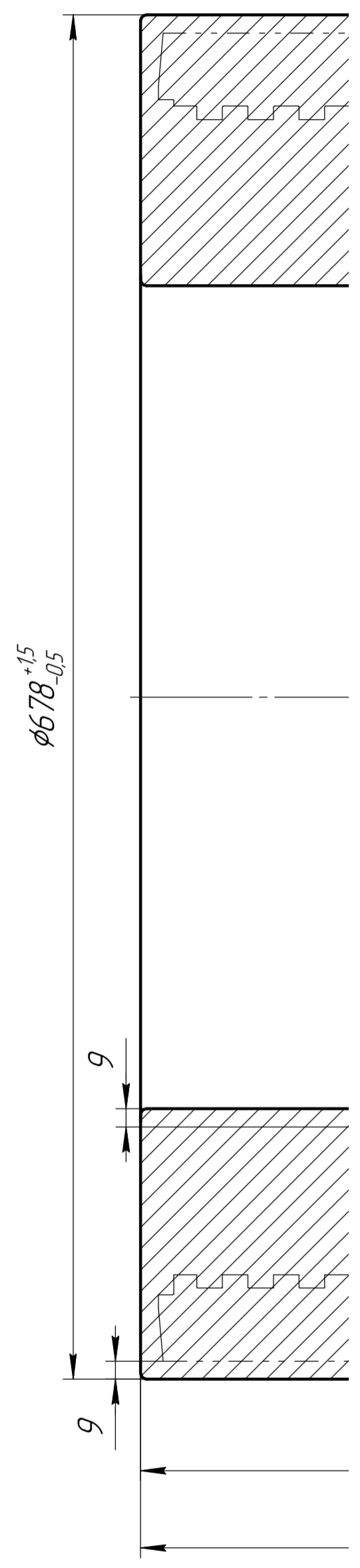
Виконавець кваліфікаційної роботи _____ К.С. Ковтун
Керівник кваліфікаційної роботи _____ В.В. Проців
Перевірив текст _____ В.А. Дербаба
Завідувач кафедри _____ В.В. Проців



ТМ3.0НМП.131.22.03.ТК2

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$

Інв. № подл.	Подп. і дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. і дата	Спроб. №	Перв. примен.



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

ие 0,5 h величины припуска

НМП.131.22.03.ТК2

зробка	Лист	Масса	Масштаб
		577,81	1:2,5
	Лист	Листов	1

СТ 977-88

НТУ "ДП" 131М-20Н-1 ММФ

Чтв.

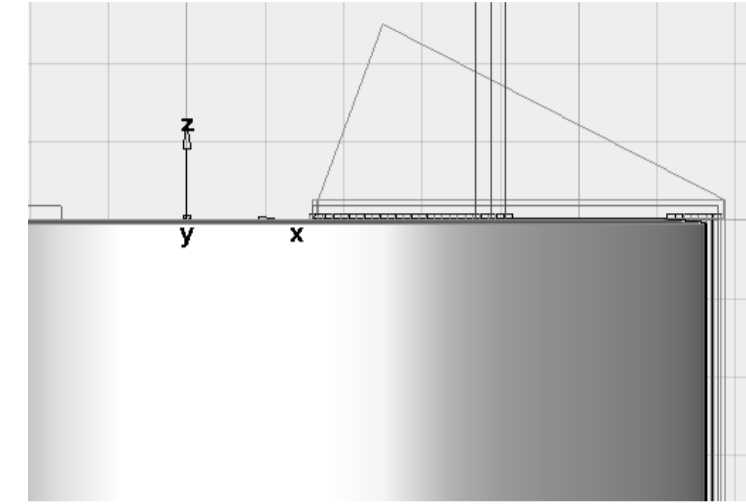
Копировал

Формат А2

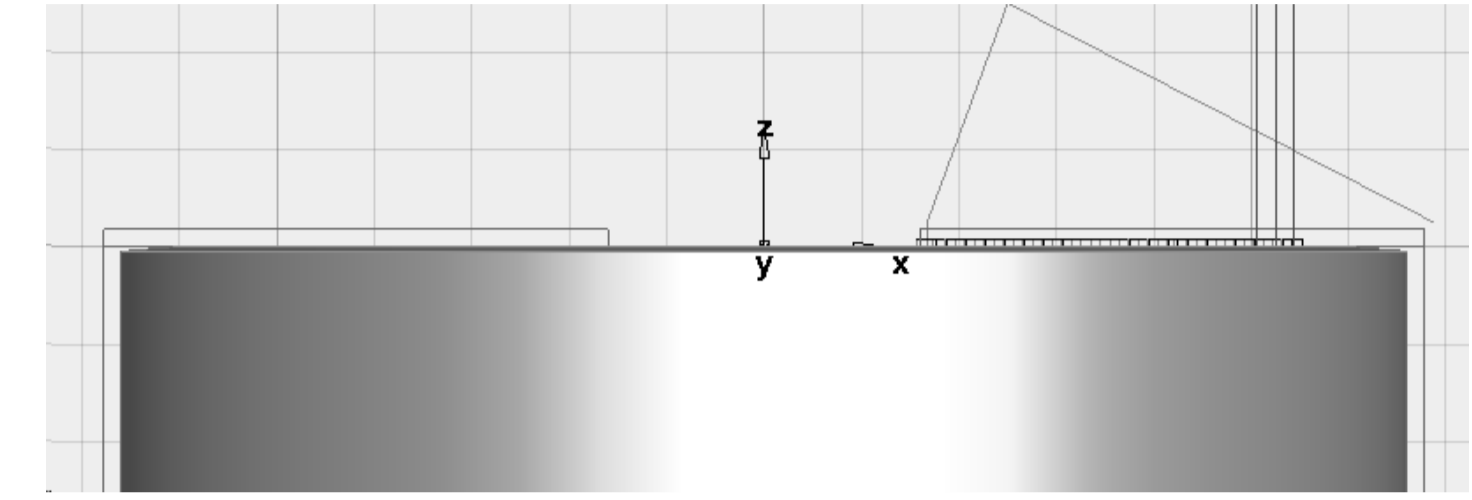
Додаток В

Технологічні налаштування переходів точіння поверхонь з підвищеними вимогами до точності

Читанов 1



Чит



Перехід 3 - Розточка

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.



Пер

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.

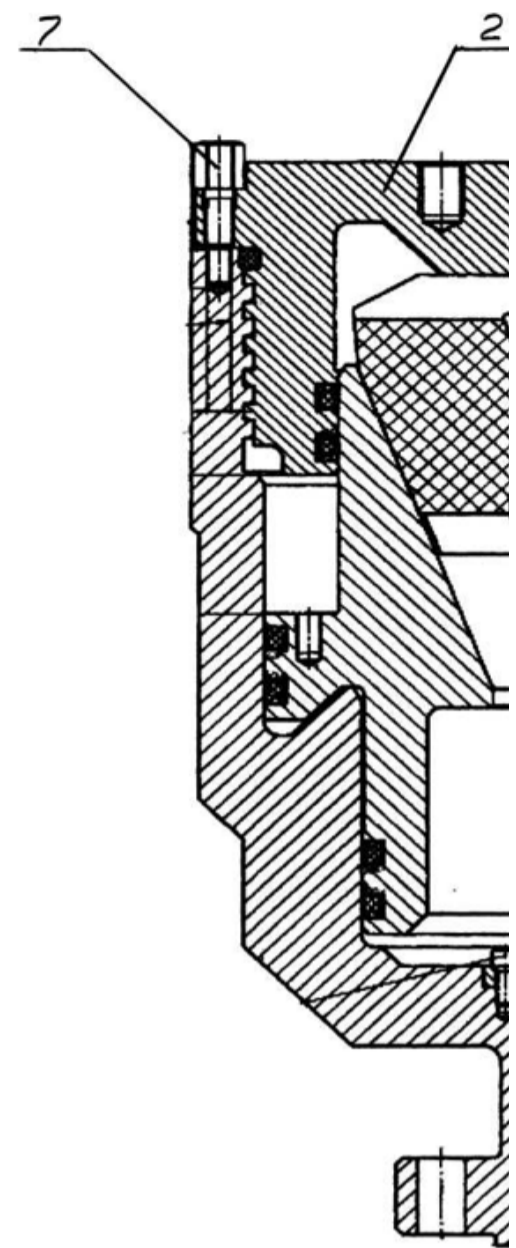
Перехід 8 - Свердління
5 отворів $\phi 16,5$

ЧЕНИЕ1)
ЧОРЕН2)
ЧЕЩЕ2)
N125 G0 X24.0 T101
N130 G92 S4500
N135 G96 S164
N140 X56.0 Z3.778
N145 X40.1

Програмний код

Додаток Г

СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. Аналіз послідовності проведення випробувань преветора

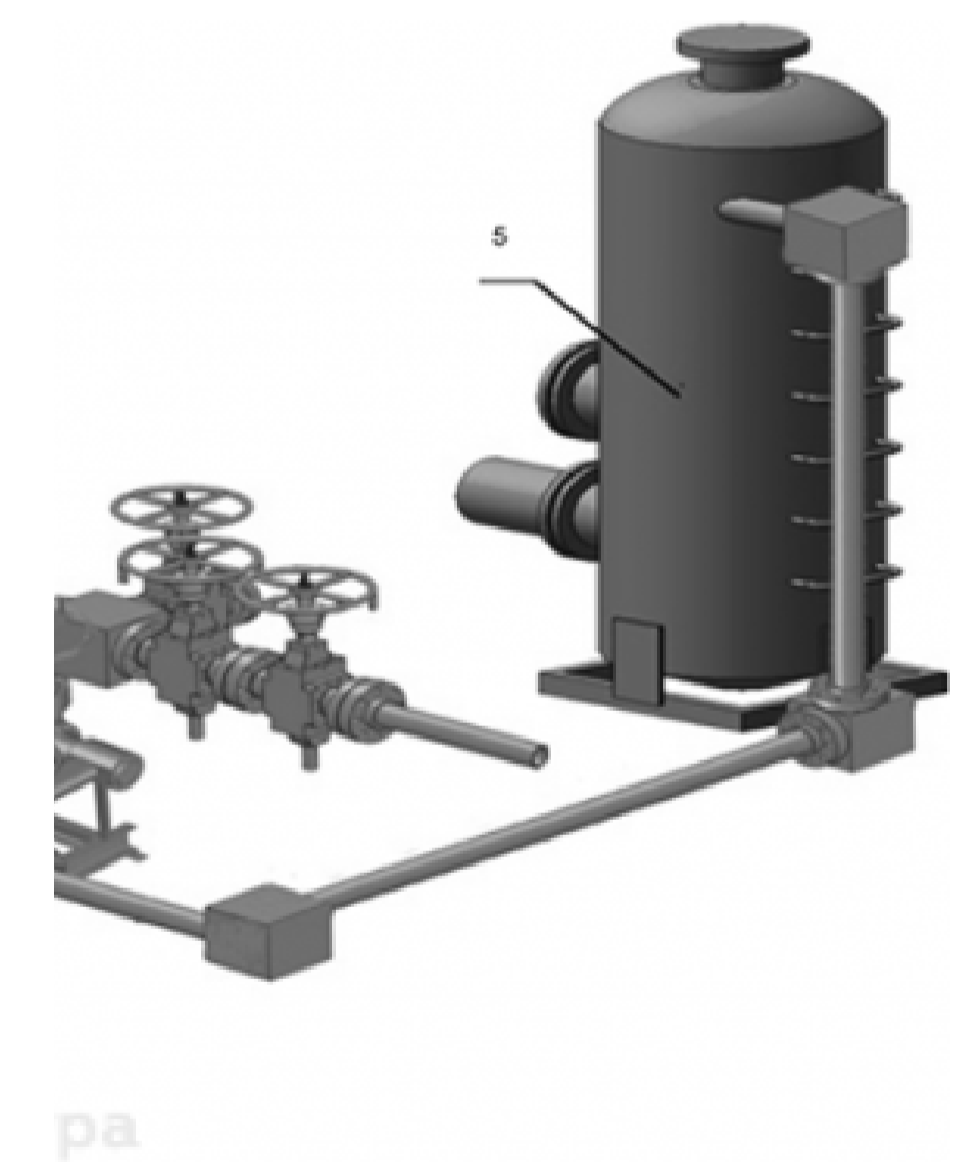


“Преветор”

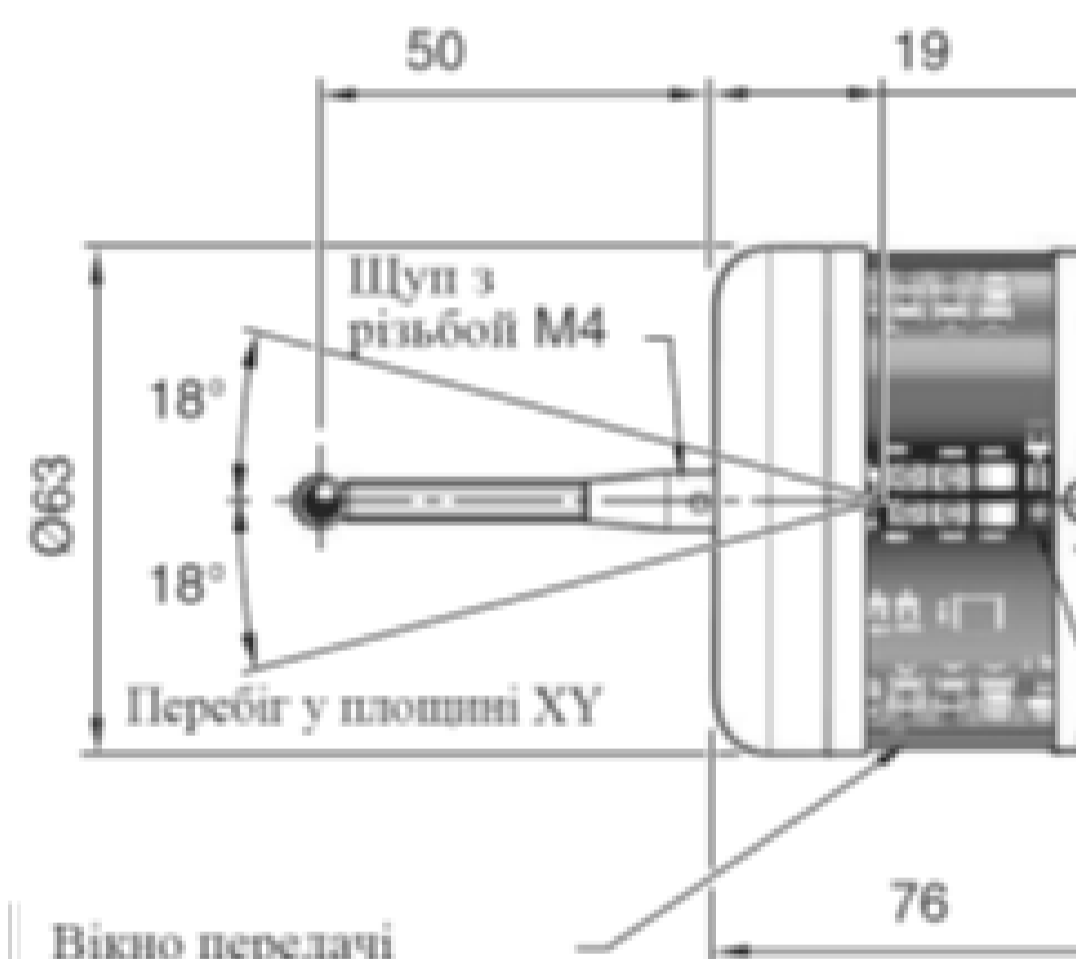


Випробування
в заводських умовах

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.



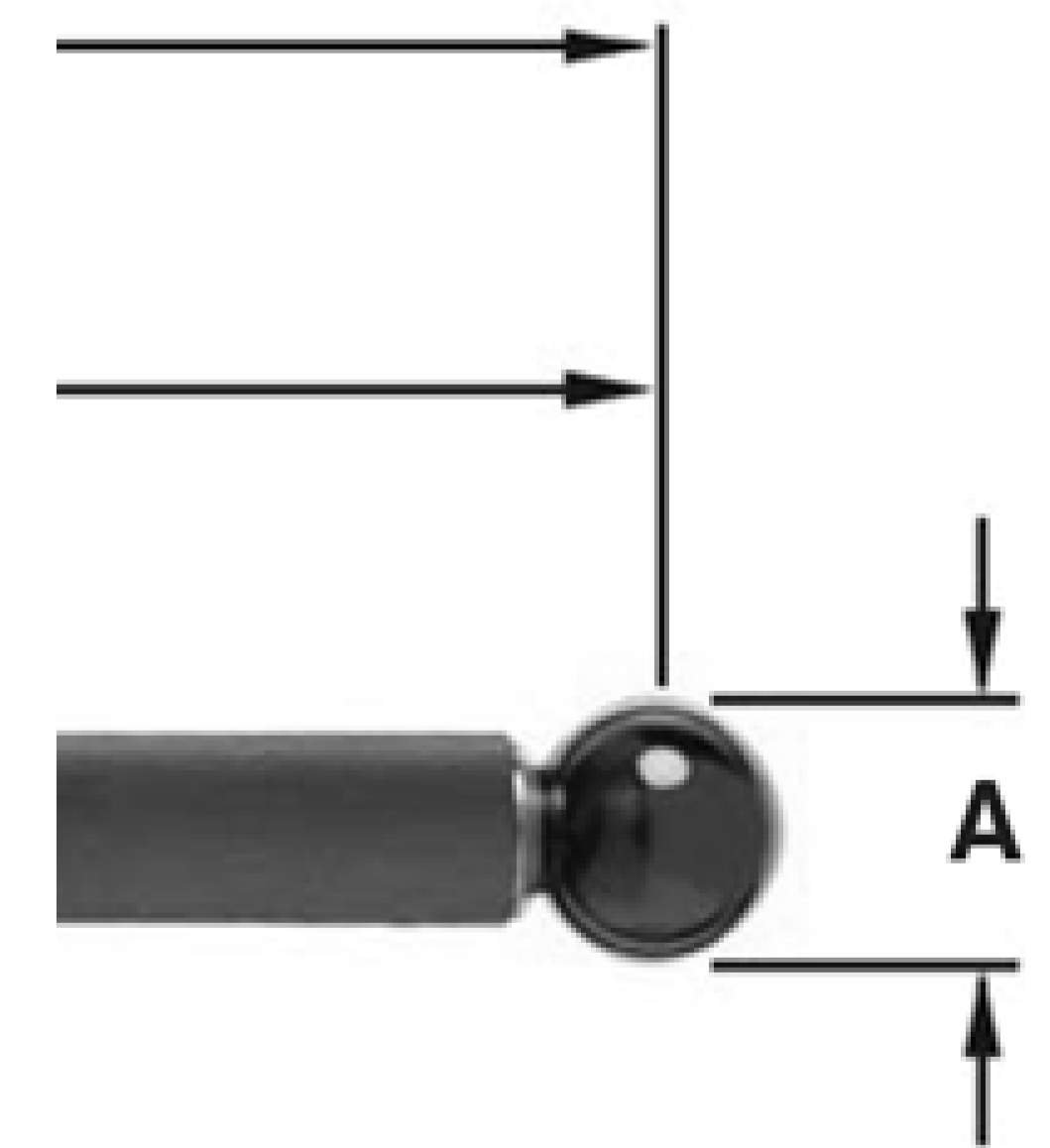
СИСТЕМИ



Вікно передачі сигналу

Розміри в мм

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 28.06.2022р.



Додаток В

	6	1
--	---	---

НТУ «ДП»	ТММ.131- ОНПМ.22.03.ТД		02070743.10101.00402
Корпус приватира			

«Затверджую»

Головний інженер ()
« » _____ 2022 р.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Корпуса превентора

ПОГОДЖЕНО:

Метрол. контроль _____ ()

Вед. технолог _____ ()

Н. контроль _____ ()

Акт № ____ від « ____ » _____ 2022 р.

Підпис _____

Гол. спеціаліст _____ ()

Нач. техбюро _____ ()

Розробник Ковтун К.С. ()