

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему Закономірності формоутворення стружки при обробці деталей на
металорізальних верстатах

Виконав: студент(ка) II курсу, групи Мз-119м

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Технологія машинобудування»

Меланчук С.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Степанов Д.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Обдул В.Д.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут,
 факультет Машинобудівний
 Кафедра Технологія
машинобудування
 Ступінь вищої освіти другий
(магістр)
 Спеціальність 131«Прикладна механіка»
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) «Технології машинобудування»
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри С.І. Дядя

«_____» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Меланчука Сергія Артемовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Закономірності формоутворення стружки при обробці деталей на мателорізальних верстатах

керівник проєкту (роботи) Степанов Д.М. доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 03 » грудня 2020 року № 369

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі, річна программа випуску N=5000 шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Автоматизація відведення стружки; 4 Спеціальне завдання; 5 Розрахунок деталі на міцність; 6 Оцінка очікуваної економічної ефективності запропонованих заходів; 7 Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, заготовки, графічне зображення 3-D моделей деталей та заготовок, маршрут виготовлення деталі, графічне зображення етапів підготовки УП для верстатів з ЧПК за лист автоматизації, креслення робочого та контрольного пристосувань, графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність креслення до спецзавдання

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	доцент Степанов Д.М.		
7	доцент Шмирко В.І.		
Нормоконтроль	доцент Козлова О.Б.		

7. Дата видачі завдання « _____ » _____ 20__ року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина		
2	Конструкторська частина		
3	Автоматизація відведення стружки		
4	Спеціальне завдання		
5	Розрахунок деталі на міцність		
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності запропонованих заходів		
7	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях		
8	Оформлення пояснювальної записки		
9	Нормоконтроль та рецензія		
10	Захист дипломного проєкту		

Студент(ка)

_____ Меланчук С.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Степанов Д.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 151 с., 16 табл., 23 рис., 4 дод., 15 джерел.

ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, SIEMENS NX, ОСНОВНИЙ ЧАС, СВЕРДЛИЛЬНИЙ ПЕРЕХІД, СВЕРДЛО, ФРЕЗЕРНИЙ ПЕРЕХІД, ФРЕЗА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, НАВАНТАЖЕННЯ.

Об'єкт дослідження – деталь «Вал антени». Вал є однією з деталей системи обертання, призначеною для обертання антеною системи по азимуту.

Мета роботи – вивчити закономірності формоутворення стружки при обробці деталей на металорізальних верстатах.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний; комп'ютерне моделювання експлуатаційного навантаження деталі; комп'ютерна симуляція процесів механічної обробки валу.

В магістерській роботі: обрано метод виготовлення деталі; спроектовано технологічний процес виготовлення деталі; обрано обладнання, інструмент, режими різання, норми часу; проведена симуляція окремих механічних операцій обробки за допомогою САМ-модулю; спроектовано робоче та контрольне пристосування; запропоновані рекомендації для автоматизації; проаналізовано закономірності формоутворення стружки; проведено розрахунок моделі деталі на міцність за допомогою САМ-модулю; розрахована економічна доцільність; передбачені заходи з охорони праці.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	8
ВСТУП	9
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	10
1.1.1 Аналіз креслення деталі і технічних вимог	10
1.1.2. Аналіз конструкції деталі	10
1.1.3 Аналіз матеріалу деталі	11
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	15
1.2.1 Вибір типу виробництва	15
1.2.2 Вибір форми організації виробництва	15
1.3 Вибір заготовки	16
1.4 Вибір технологічних баз	19
1.5 Проектування плану обробки елементарних поверхонь	20
1.5.1 Аналіз конструкції деталей на технологічність	20
1.5.2 Проектування МОП	23
1.5.3 Проектування маршруту обробки заготовки	28
1.6 Проектування операційної технології	36
1.6.1. Розрахунок режимів різання на операції механічної обробки	36
1.7 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXCAM, або іншої програми, що має CAM-модуль	71
1.7.1 Розробка токарної операції за допомогою модуля NX CAM	70
1.7.2 Розробка свердлувальної операції за допомогою модуля NX CAM.	72
1.7.3 Розробка фрезерної операції за допомогою модуля NX CAM	72
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	74

2.1 Проектування робочого пристосування	74
2.1.1 Опис конструкції і принципу роботи токарного пристосування	74
2.1.2 Визначення похибки установки	74
2.1.3 Розрахунок пристосування на точність	75
2.1.4. Розрахунок необхідного зусилля закріплення деталі	76
2.1.5 Розрахунок затискного пристрою	78
2.1.6 Перевірочний розрахунок на міцність деталей пристосування	81
2.2 Фрезерне пристосування	82
2.2.1 Опис конструкції і принципу роботи	82
2.3 Контрольне пристосування	82
2.3.1 Опис конструкції і принципу роботи	82
2.3.2 Розрахунок похибки виміру	83
2.3.3 Розрахунок сумарної погрішності виміру КВП	85
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ВІДВЕДЕННЯ СТРУЖКИ	88
4 СПЕЦЗАВДАННЯ	93
4.1 Вступ	93
4.2 Закономірності формоутворення і напрямку руху потоку стружки і пилових часток	94
4.3. Пилостружкоприймачі	96
4.4. Пилостружкоприймачі для токарних верстатів	98
4.5. Пневматична система видалення пилу і стружки від різальних інструментів	102
4.6. Приклади рішення і досвід впровадження індивідуальних і групових пилостружковідсмоктуючих систем	108
4.7. Висновок	112
5 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДНТАЛІ	114
6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	

РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ	116
ВИСНОВОК	122
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	123
ДОДАТОК А: Специфікація токарного пристосування	124
ДОДАТОК Б: Специфікація фрезерного пристосування	127
ДОДАТОК В: Специфікація контрольного пристосування	130
ДОДАТОК Г: Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	133

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ДСТУ	Державний стандарт
ЗОТС	Змащувально-охолоджуюче технологічне середовище
КВМ	Коефіцієнт використання матеріалу
КЕ	Кінцевий елемент
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
ОП	Охорона праці
ППТЯ	Послідовність показників точності та якості
СНіП	Система норм і правил
ТП	Технологічний процес
ЧПК	Числове програмне керування

ВСТУП

На сьогодні головною проблемою в машинобудуванні залишаються забезпечення продуктивності виробництва за рахунок автоматизації, підвищення якості, зменшення кількості незадіяного матеріалу, зменшення витрат. Ці задачі вирішуються шляхом знаходження і застосування інноваційних підходів в розробці технологій.

Значно скорочується тривалість циклу конструкторської та технологічної підготовки виробництва при використанні новітніх засобів комп'ютерної автоматизації та візуалізації процесів за допомогою таких програм як AutoCAD, Unigraphics (NX), ANSYS тощо.

Для найрізноманітніших профілів деталей постає необхідність використання новітніх обладнань (станків) з ЧПУ, що значно може скоротити час та витрати при середньому та масовому виробництві

Підвищення якості як на етапі виробництва, так і на етапі складання і експлуатації здійснюється за рахунок ефективних засобів і методів за контролем продукції.

Головною метою дипломного проекту є проектування технологічного процесу створення деталі валу антени аналіз закономірностей формоутворення стружки при обробці деталей на металорізальних верстатах. Необхідно: визначити найбільш раціональний метод отримання заготовки, спроектувати МВД, обрати обладнання та інструменти, а також провести розрахунок режимів різання, спроектувати робоче та контрольне пристосування, провести розрахунок собівартості виготовлення деталі, призначити заходи з ОП.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

1.1.1 Аналіз креслення деталі і технічних вимог

Деталь – Вал.

Креслення містить усі необхідні види і перерізи, відомості про шорсткість і точність, відхилення на розміри, форму і взаємне розташування поверхонь, що допускаються; обмовляється точність вільних поверхонь, матеріал, вид термічної обробки.

З креслення видно, що зовнішні циліндричні поверхні валу обробляються, а також обробляються торцеві поверхні, які є основними при складанні, тобто до яких приєднуються інші деталі. Ці поверхні повинні мати певну шорсткість.

1.1.2. Аналіз конструкції деталі

Маса деталі – 5,55 кг. Габарити деталі – $\varnothing 73 \times 419$.

Деталь має складну форму, але технологічна у виготовленні.

Деталь – вал є однією з деталей системи обертання, призначеною для обертання антеною системи по азимуту. Частота обертання антенної системи складає: $n_1(12 \pm 0,6)$ об/хв, $n_2(6 \pm 0,3)$ об/хв; напруга живлення приводного двигуна: 220В; струм частотою: 400Гц. Цей вал – вхідний вал блоку 194AB01 (який входить в цю систему). Блок 194AB01 є єдиною електромеханічною конструкцією, що складається з двигуна, редуктора і ручного приводу. Він призначений для кругового обертання антенної системи. Вал передає обертальний момент на вхідний вал редуктора ОПУ-050 опорно-поворотного пристрою через кулачкову дискову муфту типу Ольдгейма. Потім через конічну передачу і дві

циліндричні передачі і момент передається на вихідний фланець ОПУ 000. Частота обертання самого валу 507,5 об/хв. В обертання самого валу приводить обертання руків'я через кулачкову муфту і далі на вихідний вал. Напрямок обертання вхідного валу – проти годинникової стрілки. Габарити блоку 978x990x465 мм, маса 216 кг

1.1.3 Аналіз матеріалу деталі

Вал виготовлений з конструкційної сталі 40Х. Ця сталь схильна до відпускної крихкості, має низьку корозійну стійкість. Детальний опис властивостей матеріалу можна проглянути в таблицях з (1.1) по таблицю (1.8).

Таблиця 1.1 – Загальні відомості

Замінник
сталі: 45Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР.
Вид постачання
Сортовий прокат, у тому числі фасонний: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-71, ГОСТ 2591-71, ГОСТ 2879-69, ГОСТ 10702-78. Прутки, що калібрується, ГОСТ 7414-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73. Шліфований прутки і сріблянка ГОСТ 14955-77. Лист товстий ГОСТ 1577-81, ГОСТ 19903-74. Смуга ГОСТ 82-70, ГОСТ 103-76, ГОСТ 1577-81. Поковки і ковані заготовки ГОСТ 8479-70. Труби ГОСТ 8731-87, ГОСТ 8733-87, ГОСТ 13663-68.
Призначення
осі, вали, вал-шестерні, плунжери, штоки, колінчасті і кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправляння, рейки, зубчасті вінці, болти, півосі, втулки і інші покращувані деталі підвищеної міцності.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад

Хімічний елемент	%
Кремній (Si)	0.17-0.37
Марганець (Mn)	0.50-0.80
Мідь (Cu), не більше	0.30
Нікель (Ni), не більше	0.30
Сірка (S), не більше	0.035
Вуглець (C)	0.36-0.44
Фосфор (P), не більше	0.035
Хром (Cr)	0.80-1.10

Таблиця 1.3 – Механічні властивості

t випробування, °C	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	σ_5 , %	σ %	KCU, Дж/м ²
Загартування 830 °C, олія. Відпустка 550 °C					
200	700	880	15	42	118
300	680	870	17	58	
400	610	690	18	68	98
500	430	490	21	80	78
Зразок діаметром 10 мм, завдовжки 50 мм кований і такий, що відпалюється. Швидкість деформації 5 мм/хв, швидкість деформації 0,002 м/с.					
700	140	175	33	78	
800	54	98	59	98	
900	41	69	65	100	
1000	24	43	68	100	
1100	11	26	68	100	
1200	11	24	70	100	

Таблиця 1.4 – Технологічні властивості

Температура кування
Початка 1250, кінця 800. Перерізи до 350 мм охолоджуються на повітрі.
Зварюваність
важкозварюваємі. Способи зварювання: РДС, ЭШС. Потрібні підігрівання і подальша термообробка. КТС – потрібна подальша термообробка.
Оброблюваність різанням
У гарячекатаному стані при НВ 163-168, $\sigma_B = 610$ МПа $K\sigma_{\text{тв.спл.}}=0.20$, $K\sigma_{\text{ст.}} = .95$.
Схильність до відпускнуї здатності
Схильна

Таблиця 1.5 – Температура критичних точок

Критична точка	°C
A_{C1}	743
A_{C3}	815
A_{r3}	730
A_{r1}	693
Mn	325

Таблиця 1.6 – Ударна в'язкість, KCU, Дж/см²

Стан постачання, термообробка	+20	-25	-40	-70
Загартування 850 °C, олія. Відпустка 650 °C.	160	148	107	85
Загартування 850 °C, олія. Відпустка 580 °C.	91	82		54

Таблиця 1.7 – Межа витривалості

σ_{-1} , МПа	σ_{-1} , МПа	n	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	Термообробка, стан сталі
363		1E+6	690		
470		1E+6	940		
509			960	870	
333	240	5E+6	690		
372					Загартування 860 °С, олія, відпук 550 °С.

Матеріал вибраний вдало, оскільки інші матеріали, що мають більшу ударну в'язкість, σ_T , і НВ набагато дорожче, а цей матеріал здатний при відносно невеликих геометричних розмірах деталі забезпечити необхідний запас міцності. До того ж він має середню оброблюваність.

Таблиця 1.8 – Фізичні властивості

Температура випробування, °С	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Модуль нормальної пружності, Е, ГПа	214	211	206	203	185	176	164	143	132	
Модуль пружності при зрушенні крученням G, ГПа	85	83	81	78	71	68	63	55	50	
Щільність, ρ_n , кг/см ³	7850		7800			7650				
Коефіцієнт теплопровідності Вт/м·°С)	41	40	38	36	34	33	31	30	27	
Температура випробування, °С	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600	20-700	20-800	20-900	20-1000
Коефіцієнт лінійного розширення	11,8	12,2	13,2	13,7	14,1	14,6	14,8	12,0		
Питома теплоємність	466	508	529	563	592	622	634	664		

1.2 Вибір типу і форми організації виробництва

1.2.1 Вибір типу виробництва

Тип виробництва визначається за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності, обсягів випуску виробів і їх маси.

Заздалегідь тип виробництва вибираємо по таблиці 1.9, знаючи масу деталі і річну програму випуску [1].

Таблиця 1.9 – Вибір типу виробництва

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей в рік		
	важкі, $m > 100$ кг	середні, $m = 10 \dots 100$	легкі, $m < 10$ кг
одиничне	до 5	до 10	до 100
дрібносерійне	5...10	10...200	100...500
серійне	100...300	200...500	500...5000
великосерійне	300...1000	500...5000	5000...50000
масове	понад 1000	понад 5000	понад 50000

Оскільки, маса деталі з категорії легких деталей і річна програма випуску у неї $N = 5000$ штук, то тип виробництва можна вважати серійним.

1.2.2 Вибір форми організації виробництва

Форма організації робіт на ділянці встановлюють залежно від принципу розміщення робочих місць і характеру переміщення оброблюваних заготівель з

урахуванням рівномірності або кратності тривалості кожної операції, такту випуску.

У зв'язку серійним типом виробництва найзручніше буде застосувати змінно-потоккову форму організації виробництва, при якій деталі поступають на ділянку партіями, але обробка їх здійснюється поточковим методом. Об'єм партії заготівель, що запускаються у виробництво, визначається по формулі (1.1):

$$n = \frac{a \cdot N}{250} = \frac{3 \cdot 5000}{250} = 60 \text{шт}, \quad (1.1)$$

де $a=3$ днів – періодичність запуску деталі у виробництво;

$N = 5000$ шт – річна програма випуску деталі;

250 – кількість робочих днів в одному році.

1.3 Вибір заготовки

При виборі заготовки для заданої деталі призначають метод її отримання, визначають конфігурацію, розміри, допуски, припуски на обробку і формують технічні умови на виготовлення. У міру ускладнення конфігурації заготовки, зменшення напуску і припусків, підвищення точності розмірів і параметрів розташування поверхонь ускладнюється і дорожчає технологічне оснащення заготівельного цеху і зростає собівартість заготовки, але при цьому знижується трудомісткість і собівартість подальшої механічної обробки заготовки, підвищується коефіцієнт використання матеріалу. Заготовки простої конфігурації дешевші, оскільки не вимагають при виготовленні складного і дорогого технологічного оснащення. Головним при виборі заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі при її мінімальній собівартості. Собівартість деталі визначається підсумовуванням собівартості заготовки по калькуляції

заготівельного цеху і собівартості її подальшої обробки до досягнення заданих вимог якості по кресленню.

Рішення задачі формоутворення деталей доцільно перенести на заготівельну стадію і тим самим понизити витрату матеріалу, зменшити долю витрат на механічну обробку в собівартості готової деталі.

В якості методу отримання заготовки для ступінчастого валу можуть служити литво, поковка і пруток. Литво, може робиться декількома методами, найпоширеніший з них – литво в піщані форми . Але цей метод має низьку точність і вимагає великого напуску і припусків на механічну обробку, що для деталей з невеликими уступами не раціонально. Куванням отримують заготовки простої форми масою до 250 т, із застосуванням штампів (закритих і відкритих) отримують заготовки масою до 150 кг (в основному 5 кг). Припуски від 4 мм і вище. Для деталей з невеликими уступами описаний метод є доцільним для виготовлення деталей починаючи з серійного виробництва.

Таким чином, з огляду на те, що наш ступінчастий вал виконаний з невеликими перепадами діаметрів і виробництво є серійним, то доцільно буде виготовити його заготівлю методом кування у відкритих штампах.

У цьому дипломному проекті проведемо порівняння двох методів отримання заготівель – пруток кований, альтернативний метод отримання – гаряче штампування у відкритих штампах.

Початкові дані:

Матеріал деталі: 40Х.

Програма випуку: $N=5000$ шт.

Маса деталі: $q=5,55$ кг.

Маса заготівель виготовлених: 1 – пруток кований $q=14,86$ кг; 2 – штампування у відкритих штампах $q=9,12$ кг.

Робимо аналіз ефективності на основі КВМ (коефіцієнта використання матеріалу):

$$\eta_1 = \frac{q}{m_{зав.}} = \frac{5,55}{14,86} = 0,37 \quad (1.2)$$

$$\eta_2 = \frac{q}{m_{проект.}} = \frac{5,55}{9,12} = 0,61 \quad (1.3)$$

Визначаємо вартість заготівель за допомогою формули:

$$S_{заг} = \frac{3}{1000} Q K_T K_M K_C K_b K_n - (Q - q) \frac{S_{ові}}{1000}, \quad (1.4)$$

де 3 – базова вартість 1т заготівель, грн

K_T, K_C, K_b, K_M, K_n – коефіцієнти залежать від класу точність [1, табл. 1.6, стор. 14], групи складності [1, табл. 1.6, стор. 14], маси [1, табл. 1.8, стор. 14], марки матеріалу [1, табл. 1.7, стор. 14] і обсягу виробництва [1, табл. 1.10, стор. 15] відповідно;

Q – маса заготівель, кг;

q – маса деталі, кг;

$S_{від}$ – ціна 1т відходів.

$3=1750$ грн/т.; $Q_1=14,86$ кг; $Q_2=9,12$ кг; $S_{від}=250$ грн.;

$K_T=1,0$; $K_C=1,0$; $K_b=0,65$; $K_M=1,8$; $K_n=1$ [2, стор. 155, таблиця. 36].

Виконуємо ескізи заготівель (рис. 1.1).

$$S_1 = \frac{1750}{1000} \cdot 14,86 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 1,8 \cdot 1 - (14,86 - 5,55) \cdot \frac{250}{1000} = 28,1 \text{ грн}$$

$$S_2 = \frac{1750}{1000} \cdot 9,12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 1,8 \cdot 1 - (9,12 - 5,55) \cdot \frac{250}{1000} = 17,78 \text{ грн.}$$

Таким чином, $KBM_1 < KBM_2$ і $S_1 > S_2$, означає застосування нових методів отримання заготовки раціональніше, ніж раніше застосовувані.

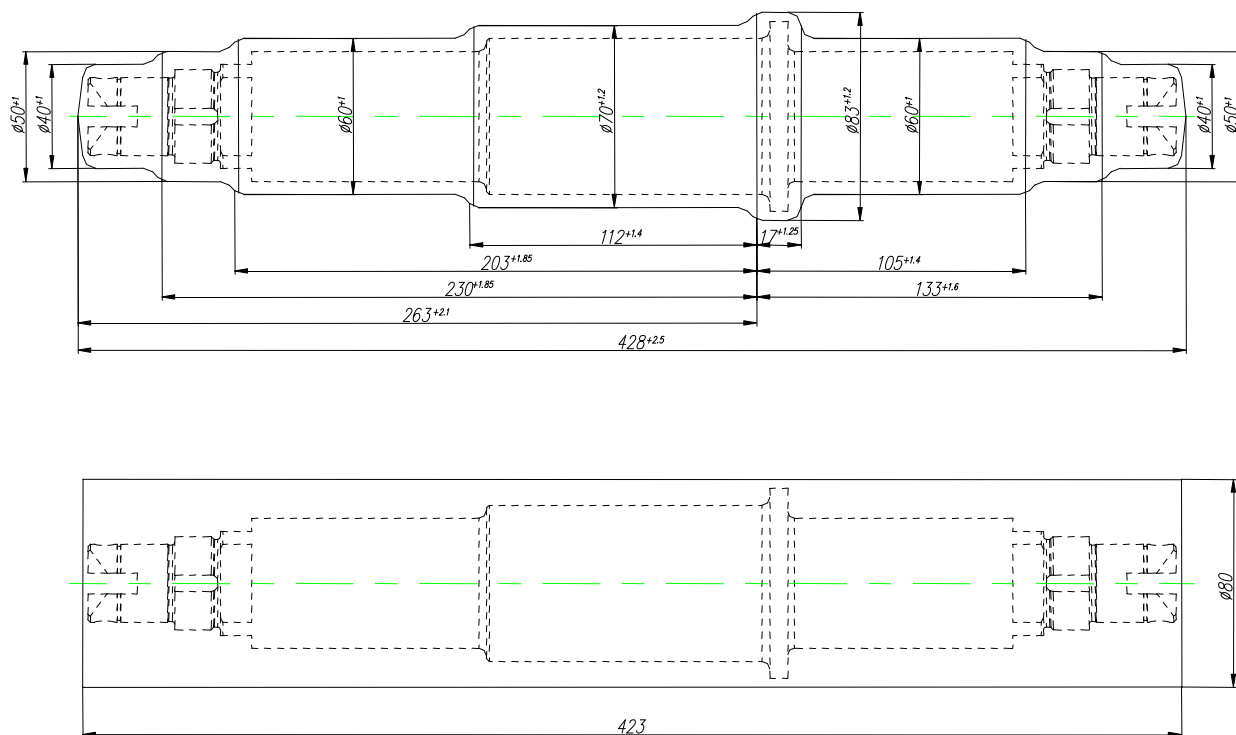


Рисунок 1.1 – Ескізи заготівель

Економічний ефект:

$$\mathcal{E} = (S_{\text{зав}} - S_{\text{проект}}) \cdot N = (28,1 - 17,78) \cdot 5000 = 51600 \text{ грн.} \quad (1.5)$$

1.4 Вибір технологічних баз

При виборі баз ми повинні керуватися принципами єдності і постійності баз. Технологічна база визначає положення деталі на верстаті відносно траєкторії різального інструменту і знаходиться у безпосередньому контакті з елементами пристосування.

За чорнові бази приймаємо конструкторські бази – зовнішній діаметр Ø50 і торець розміром 149,5.

Бази для чистової обробки повинні мати найбільшу точність розмірів і геометричної форми, а також найменшу шорсткість поверхні. Вони не повинні деформуватися під дією сил різання, затиску і власної маси.

Базами для чистової токарної, фрезерної і свердлувальної обробки є діаметр Ø50 і торець розміром 149,5.

1.5 Проектування плану обробки елементарних поверхонь

1.5.1 Аналіз конструкції деталей на технологічність

Креслення деталі дає повне уявлення про конструкцію і виконане відповідно до вимог ЄСКД. Представлені усі необхідні розміри і перерізи, але відхилення на розміри представлені за застарілими стандартами.

Креслення деталі засноване на застарілих вимогах до деталі, застарілих Гостах по шорсткості обробки деталі.

В процесі контролю креслення була зроблена заміна ТУ і Гостів згідно з сучасними вимогами ЄСКД (шорсткість на кресленні приведена параметром Ra). Вказані необхідні граничні відхилення форми і взаємного розташування поверхонь. Робоче креслення містить також назву і марку матеріалу, ГОСТ на нього. Креслення має технічні вимоги, які дають повне представлення про конструкцію деталі, вид термічної обробки, твердість, групу контролю після нього відповідно до ОСТ1.90021-78, а також вид заготовки і її групу контролю по ОСТ1.90074-72. Дан також вид ХТО, глибина зміцненого шару, група контролю після ХТО по ОСТ1.00021-78.

У технологічних вимогах не вказані граничні відхилення форми і взаємного розташування поверхонь, а при вказівці граничних відхилень на "вільні" розміри йде посилення на застарілий ГОСТ-722АТ, замість ОСТ 1.00022-88. Вказані

вимоги до точності виготовлення спец. поверхонь, види контролю. А так само вказані маса деталі і інші технологічні вимоги, які обумовлює конструктор.

Оптимальна точність геометричних характеристик оцінюється коефіцієнтом точності обробки.

$$K_{m.o.} = 1 - \frac{1}{A_{cp.}} \leq 0.8, \quad (1.6)$$

де $A_{cp.}$ – середній квалітет точності деталі

$$A_{cp.} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (1.7)$$

де A_i – квалітет точності i -ої поверхні;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітета.

Таблиця 1.10 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Кількість розмірів, що відповідають квалітету									$\sum A_i \cdot n_i$	$\sum n_i$	A_{cp}	K_{TO}
5	6	7	8	9	10	11	12	14				
2	4	1	12	3	2	19	7	4	515	54	9,53	0,9

$$A_{cp.} = \frac{5 \cdot 2 + 6 \cdot 4 + 7 \cdot 1 + 8 \cdot 12 + 9 \cdot 3 + 10 \cdot 2 + 11 \cdot 19 + 12 \cdot 7 + 14 \cdot 4}{2 + 4 + 1 + 12 + 3 + 2 + 19 + 7 + 4} = \frac{515}{54} = 9,53$$

$$K_{m.o.} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} = 1 - \frac{1}{9,53} = 0,9 > 0.8.$$

Деталь відноситься до деталей нормальної точності.

Оптимальна шорсткість поверхонь деталі оцінюється коефіцієнтом шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}}, \quad (1.8)$$

де B_{cp} – середній клас шорсткості деталі

$$B_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \cdot n_{iш}}{\sum_{i=1}^n n_{iш}} \quad (1.9)$$

де B_i – клас шорсткості i -ої поверхні;

n_i – к-ть поверхонь відповідного класу шорсткості.

Таблиця 1.11 – Визначення $K_{ш}$.

Кількість розмірів відповідного квалітету		$\sum B_i \cdot n_i$	$\sum n_i$	B_{cp}	$K_{ш}$
6	5				
46	8	316	54	5,85	0,17

$$B_{cp} = \frac{6 \cdot 46 + 5 \cdot 8}{46 + 8} = 5,85$$

Деталь відносимо до добре оброблюваних, оскільки $K_{ш} = 0,17$.

Коефіцієнт уніфікації – $K_{у.е.}$, який визначається по формулі:

$$K_{у.е.} = \frac{Q_y}{Q_o} \quad (1.10)$$

де Q_y – кількість уніфікованих типорозмірів і конструктивних елементів;

Q_o – загальна кількість типорозмірів і конструктивних елементів деталі.

При $K_{у.е.} > 0,6$ – деталь вважати технологічною.

Для визначення коефіцієнта уніфікації деталі доцільно скористатися таблицею.

Таблиця 1.12 – Визначення $K_{y.e}$.

№ деталі	Шифр магазинний номер	Q_{ye}	Q_o	K_{ye}
	6370109080	16	51	0,18

$$K_{y.e} = \frac{10}{54} = 0,31$$

1.5.2 Проектування МОП

Проектування маршруту обробки поверхонь деталі є одним з етапів проектування технологічних процесів механічної обробки. Цей етап використовується після того, як визначений тип виробництва, спосіб отримання заготовки і визначені технологічні бази. Маршрут обробки поверхонь деталі потрібний для подальшого компонування операцій, розрахунку припусків і технологічних розмірів, розробки схем налаштування або розрахунково-технологічних карт програм, що управляють.

Визначаємо технічні характеристики деталі і заготовки (визначаємо для деталі допуск і квалітет, показники похибки взаємного розташування, шорсткість, теж саме для поверхонь в заготовки). Заносимо усі дані в таблицю (1.13).

Таблиця 1.13 – Показники точності і якості основних поверхонь деталі.

Геометрич. параметр пов-ні.	Характер поверхні		Показники точності взаємного розташування, якості поверхонь							
			Квалітет точн.		Взаємного положення		Шорсткість Rz		Твердість HB	
	вид	тип	Дет.	Заг.	Дет.	Заг.	Дет	Заг.	Дет.	Заг.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Деталь Ø73js14(±0,37) Td=0,74 Заготівля Ø80js17(±1,5) Td=3,0	Цил	Зов	H14	Js17	0,08	2,5	40	200	293 - 341	293 - 341
Деталь Ø60k6□ Td=0,019 Заготівля Ø70 js17(±1,5) Td=3,0	Цил.	Зов	k6	Js17	0,05	2,5	0,8	200	293 - 341	293 - 341
Деталь Ø35h12□ Td=0,25 Заготівля Ø45js17(±1,25) Td=2,5	Цил.	Зов	h12	Js17	0,05	2,5	40	200	293 - 341	293 - 341
Деталь Ø30h12□ Td=0,25 Заготівля Ø40js17(±1,25) Td=2,5	Цил.	Зов	h12	Js17	0,05	2,5	40	200	293 - 341	293 - 341

Продовження таблиці 1.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Деталь Ø48h12□ Td=0,25 Заготівля Ø58 Js17(±1,25) Td=3,0	Цил.	Зов	h12	Js17	0,05	3,0	3,2	200	293 - 341	293 - 341
Деталь L419h10(- 0,25) Td=0,25 Заготівля 430Js17(±3,15) Td=6,3	Дл.	Зов	h12	Js17	0,02	3,0	40	200	293 - 341	293 - 341

Визначаємо загальні уточнення по показникам точність і якості поверхонь [1, табл. 3.7, стор. 19].

E_{do} – загальне уточнення по точності геометричного розміру

$$E_{do} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}} \quad (1.11)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю (1.14).

Визначаємо загальні уточнення по точності взаємного розташування поверхонь.

$E_{\Delta o}$ – загальне уточнення по точності взаємного розташування поверхонь

$$E_{\Delta o} = \frac{\Delta_{заг}}{\Delta_{дет}} \quad (1.12)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю (1.14).

Визначаємо загальні уточнення по шорсткості [1, табл. 3.7, стор. 19]

$$E_{Rz} = \frac{Rz_{заг}}{Rz_{дет}} \quad (1.13)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю (1.14).

Визначимо кількість переходів, механічної обробки поверхонь виходячи із загального уточнення домінуючого параметра.

$$Kd = 2 \lg E_{jo} \quad (1.13)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю (1.14).

Складаємо послідовність показників точності і якості (ППТК) за основними параметрами. Знаходимо різницю квалітетів точності заготовки і деталі.

Результати розрахунків заносимо в таблицю (1.14).

Складаємо маршрут обробки поверхонь і заносимо в таблицю (1.14). Призначаємо допуски по переходах і визначаємо уточнення, по переходах дані заносимо в таблицю (1.14).

Таблиця 1.14 – Маршрути обробки основних поверхонь деталі.

Характер і показники точності і якості пов. у дет. і заг.	Показник	Уточнення	К-ть переходів обробки		Різниця показників і ППТК	МОП		Допуск			Уточнення		
			Розр.	Проек		i	Метод обробки	Розміру	Взаимн. расп	Шorst.	Розміру	Взаимн. раст	Шorst.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Деталь Ø73js14(±0,37) Td=0,74 Δ=0,08 Rz40 Заготівля Ø80js17(±1,5) Td=3,0 Δ=2,5 Rz200	Td Δ Rz	4,05 31,25 5	 1,5	 2,0	Rz200=Rz125=Rz40 Js17 - Js14=3=2+1	 1 2	 Заготівля Точ. чорн. Точ.н.чист	3000 1200 740		200 125 40	 2,5 1,62		 3,2 1,6
Деталь Ø60k6□ Td=0,019 Δ=0,05 Rz0, 8 Заготівля Ø70 js17(±1,5) Td=3,0 Δ=2,5 Rz200	Td Δ Rz	15,79 50 250	 2,4	 3,0	Rz200=Rz40=Rz3.2= =Rz0, 8 Js17 - k6=11=5+4+2	 1 2 3	 Заготівля Точ. чорн. Точ.н.чист Точ.чист	3000 300 46 19		200 40 3,2 0,8	 4,37 2,54 1,57		 6,4 3,2 1,6
Деталь Ø35h12□ Td=0,25 Δ=0,05 Rz40 Заготівля Ø45js17(±1,25) Td=2,5 Δ=2,5 Rz200	Td Δ Rz	10 50 5	 1,69	 2,0	Rz200=Rz125=Rz40 Js17 - h12=5=3+2	 1 2	 Заготівля Точ. чорн. Точ.н.чист	2500 620 250		200 125 40	 1,59 1,57		 1,6 3,2
Деталь Ø30h12□ Td=0,25 Δ=0,05 Rz40 Заготівля Ø40js17(±1,25) Td=2,5 Δ=2,5 Rz200	Td Δ Rz	10 50 5	 1,69	 2,0	Rz200=Rz125=Rz40 Js17 - h12=5=3+2	 1 2	 Заготівля Точ. чорн. Точ.н.чист	2500 620 250		200 125 40	 6,08 2,21		 3,2 1,6

Продовження таблиці 1.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Деталь Ø48h12□ Td=0,25 Δ=0,05 Rz3, 2 Заготівля Ø58 Js17(±1,25) Td=3,0 Δ=3,0 Rz200	Td	12			Rz200=Rz40=Rz3.2 Js17 - h12=5=3+2	1 2	Заготівля Точ. чорн. Точ.н.чист	3000 740 300		200 40 3.2	3,12 2,53		5 12,5
	Δ	60	1,7 9	2,0									
	Rz	62,5											
Деталь L419h10 (-0,25) Td=0,25 Δ=0,02 Rz40 Заготівля L430Js17 (±3,15) Td=6,3 Δ=3,0 Rz200	Td	2,52			Rz200=Rz40=Rz40 Js17 - h10=7=3+2+2	1 2 3	Заготівля Точ. чорн. Точ.н.чист Точ.чист	6300 1550 630 250		200 125 40 40	2,0 2,5 2,7		1,6 3,12 5,1
	Δ	150	2,18	3,0									
	Rz	5											

1.5.3 Проектування маршруту обробки заготовки.

Розрахунок міжопераційних припусків і технологічних розмірів.

Припуски на три поверхні визначаємо розрахунково-аналітичним методом, а на інші табличним методом.

Розрахунково-аналітичний метод:

Зовнішня діаметральна поверхня Ø60

Зовнішня діаметральна поверхня Ø50

Зовнішня діаметральна поверхня Ø30

Готуємо таблицю і вносимо основні характеристики поверхонь.

Прийняті позначення:

hi_1 – глибина дефектного шару матеріалу від попередньої операції;

ρ_i – похибка форми і взаємного розташування поверхонь на попередній операції;

ε_i – похибка установки на виконуваному переході.

Просторові відхилення заготовки визначаємо як суму допустимих значень зміщень $\rho_{зм}$ [3, таблиця. 18, с. 187] і викривлення поверхні $\rho_{кор}$ [3, таблиця. 16, с. 186].

Сумарне значення просторових відхилень ρ_i визначаємо по формулі:

$$\rho = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (1.14)$$

Похибку установки ε_i заготовки визначаємо по формулі:

$$\varepsilon_i = 0.25\sqrt{Td^2 + 1} \quad (1.15)$$

Мінімальний припуск поверхні обертання для переходів механічної обробки визначаємо по формулі:

$$2Z_{i\min} = 2[Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{(\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2)}] \quad (1.16)$$

Rz_{i-1}, h_{i-1} – визначаємо по [3, таблиця 25, стор.188].

Допуски на розміри для технологічних переходів призначаємо згідно раніше розробленим МОП, починаючи з останнього переходу.

Допуски на розмір заготовки знаходимо по [1, таблиця 23, стор.147].

Враховуючи масу заготовки, групу сталі, міру складності заготовки визначуваний мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки:

$$d_{6\min} = d_{6ном} + eid_6 \quad (1.17)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі:

$$d_{i\min} = d_{i+1\min} + 2Z_{i+1\min} \quad (1.18)$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі:

$$d_{i\max} = d_{i\min} + Td_i \quad (1.19)$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки :

$$2Z_{i\max} = d_{i-1\max} - d_{i\max} \quad (1.20)$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи рівність:

$$Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{заг} - Td_{дет} \quad (1.21)$$

Визначаємо виконавчі технологічні розміри для переходів механічної обробки. Перший перехід – заготівля.

Визначуваний виконавчий розмір заготовки:

$$d_{1ном} = d_{1\min} + eid_1 = d_{1\max} - esd_1 \quad (1.22)$$

Виконавчі технологічні розміри для переходів визначаємо в системі "вала- h ", тобто за номінальний розмір поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення.

Результати розрахунків заносимо в таблицю (1.15).

1.6. Проектування операційної технології

1.6.1. Розрахунок режимів різання на операції механічної обробки

Операція 010. Фрезерно-центрувальна.

Складаємо операційний ескіз:

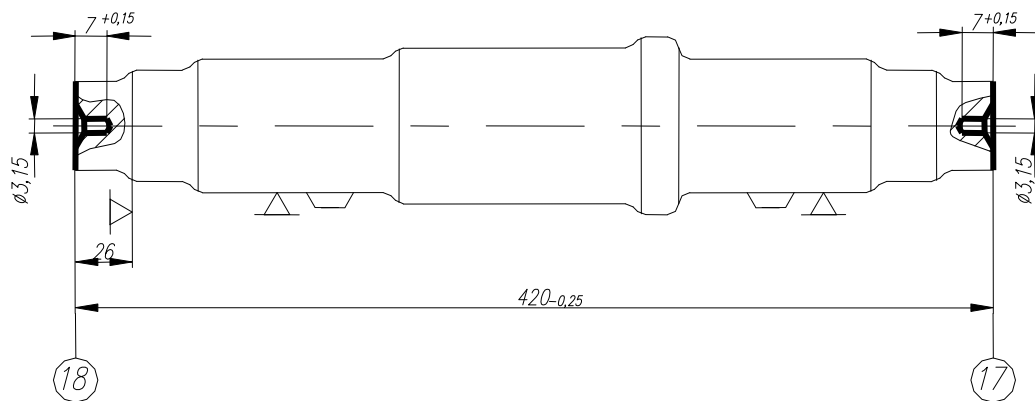


Рисунок 1.2 – Операційний ескіз №05

Робимо розрахунок режимів різання:

Поверхня Ø30 L=7мм Rz=40; інструмент: фреза торцева з пластинами з твердого сплаву ВК8, ГОСТ 24359-80 свердло центровочное D=3,15 мм, L=49 мм, l=18 мм, ГОСТ 14652-75

Підрізування торця:

1. Визначаємо глибину різання:

$$t=Z_{\max}=3,5 \text{ мм.}$$

$$t=Z_{\text{чорн}}=3 \text{ мм.}$$

$$t=Z_{\text{чист}}=0,5 \text{ мм.}$$

2. Довжина робочого ходу супорта:

$$L_{\text{рх.пр}} = l_{\text{різ}} + l_{\text{вріз}} \quad (1.23)$$

де $l_{\text{різ}}$ – найбільша довжина різання для різця подовжнього супорта, мм;

$l_{\text{вріз}}$ – величина врізування;

$$l_1 = l_{\text{вріз}} = 1,6 \text{ мм;}$$

$$L_{px.np}=15+1,6=16,6\text{мм};$$

3.Визначаємо подачу супорта [3, табл. 26, стор. 237]:

$$S=K1 \cdot K2 \quad (1.24)$$

де $K1$ – поправочний коефіцієнт на величину подачі залежний від матеріалу оброблюваної деталі;

$K2$ – поправочний коефіцієнт на величину подачі залежний від виду обробки.

$$S_{np}=0,35 \cdot 1,25 \cdot 0,95 = 0,5 \text{ мм/об};$$

Приймаємо $S_{np}=0,5 \text{ мм/об}$

$$S_{чист}=0,35 \text{ мм/об}$$

4.Визначаємо швидкість різання [3, табл. 36, стор. 243]:

$$v = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \dots K_n \quad (1.25)$$

де K_1 – коефіцієнт, який залежить від охолодження;

K_2 – коефіцієнт, який залежить від кута в плані;

K_3 – коефіцієнт, який залежить від стану оброблюваної поверхні;

K_4 – коефіцієнт при поперечному точінні, який залежить від відношення $D_{поч}/D_{кін}$;

K_5 – коефіцієнт, який залежить від матеріалу різальної частини;

K_6 – коефіцієнт, який залежить від твердості матеріалу;

K_7 – коефіцієнт, який залежить від глибини різання;

K_8 – коефіцієнт, який залежить від подання;

K_9 – коефіцієнт, який залежить від стійкості інструменту;

K_{10} – коефіцієнт, який залежить від виду обробки.

$$V_{р.черн.}=150,15 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1,1=104,9 \text{ м/хв}$$

$$V_{р.чист.}=150,15 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 0,96 \cdot 1,1=115,8 \text{ м/хв}$$

5. Частота обертання шпинделя:

$$n_{\text{черн}} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 104,9}{3,14 \cdot 30} = 603,5 \text{ об/хв}$$

$$n_{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 115,8}{3,14 \cdot 30} = 666 \text{ об/хв}$$
(1.26)

По верстату приймаємо $n=530$ об/хв

6. Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 530}{1000} = 49,9 \text{ м/хв}$$
(1.27)

7. Визначаємо потужність різання [6, карта 5, стор. 522]:

$$N = N_T \frac{V}{100} \cdot K_n$$
(1.28)

де $K_n = 0,8$ – коефіцієнт враховує властивості оброблюваного матеріалу;

N_T – табличне значення потужності, кВт.

$$N = 5,6 \cdot \frac{49,9}{100} \cdot 0,8 = 2,24 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{роз}} < N_{\text{ст.}}$$

$$2,24 \text{ кВт} < 14 \text{ кВт}$$

8. Основний час:

$$T_o = \frac{L_{\text{р.пр.}}}{S_{\text{пр.черн.}} \cdot n} + \frac{L_{\text{р.пр.}}}{S_{\text{пр.чист.}} \cdot n} = \frac{16,6}{0,5 \cdot 530} + \frac{16,6}{0,35 \cdot 530} = 0,16 \text{ хв.}$$
(1.29)

Свердління

1. Визначаємо глибину різання:

$$t = \frac{3,15}{2} = 1,58 \text{ } \kappa Bm$$

2. Довжина робочого ходу супорта:

$$L_{px \cdot np} = l_{piz} + l_{vpiz} \quad (1.30)$$

де l_{piz} – найбільша довжина різання для різця подовжнього супорта, мм;

l_{vpiz} – величина урізування.

$$l_1 = l_{vpiz} = 2,02 \text{ мм};$$

$$L_{px \cdot np} = 7 + 2,02 = 9,02 \text{ мм}$$

3. Визначаємо подання супорта:

$$S = K_1 \cdot K_2 \quad (1.31)$$

де K_1 – поправочний коефіцієнт на величину подачі залежний від матеріалу оброблюваної деталі;

K_2 – поправочний коефіцієнт на величину подачі залежний від виду обробки.

$$S_{np} = 0,06 \cdot 1,0 = 0,06 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S_{np} = 0,06 \text{ мм/об}$

4. Визначаємо швидкість різання:

$$v = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \dots K_n \quad (1.32)$$

де K_1 – коефіцієнт, який залежить від твердості оброблюваного матеріалу;

K_2 – коефіцієнт, який залежить від діаметру свердла;

K_3 – коефіцієнт, який залежить від стійкості інструменту;

K_4 – коефіцієнт який залежить від глибини різання;

K_5 – коефіцієнт, який залежить від відношення фактичної швидкості різання до нормальної;

K_6 – коефіцієнт, який залежить від відношення фактичної глибини різання до нормальної;

K_7 – коефіцієнт, який залежить від наявності охолодження;

K_8 – коефіцієнт, який залежить від подання;

K_9 – коефіцієнт, який залежить від стійкості інструменту;

K_{10} – коефіцієнт, який залежить від матеріалу різального інструменту.

$$V_p = 11,9 \cdot 0,76 \cdot 0,86 \cdot 1,0 \cdot 1,07 \cdot 1,23 \cdot 0,91 \cdot 1,0 = 6,8 \text{ м/хв}$$

5. Частота обертання шпинделя по формулі 1.26:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 6,8}{3,14 \cdot 3,15} = 687,15 \text{ об/хв}$$

По верстату приймаємо $n = 530$ об/хв

6. Визначаємо фактичну швидкість різання по формулі 1.27:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 3,15 \cdot 530}{1000} = 5,2 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо потужність різання по формулі 1.28:

$$N = 5,6 \cdot \frac{5,2}{100} \cdot 0,8 = 0,23 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{розр}} < N_{\text{ст.}}$$

$$0,23 \text{ кВт} < 14 \text{ кВт}$$

8. Основний час:

$$T_o = \frac{L_{\text{р.нр.}}}{S_{\text{нр}} \cdot n} = \frac{9,02}{0,06 \cdot 530} = 0,29 \text{ хв.} \quad (1.33)$$

Робимо нормування операції:

1. Визначаємо основний час

$$t_o = 0,16 + 0,29 = 0,45 \text{ хв.}$$

2. Визначаємо допоміжний час

$$t_{всп} = t_y + t_{упр} + t_{контр} + t_{пр.} = 0,5 + 0,8 + 0,39 + 0,65 = 2,52 \text{ хв.} \quad (1.34)$$

де $t_y = 0,5 \text{ хв}$ – допоміжний час на установку і зняття деталі;

$t_{упр} = 0,39 \text{ хв}$ – допоміжний час на управління верстатом;

$t_{контр.} = 0,65 \text{ хв}$ – нормативний час контролю.

3. Визначаємо оперативний час

$$t_{он} = t_o + t_{всп} = 0,45 + 2,52 = 2,97 \text{ хв.} \quad (1.35)$$

4. Визначаємо додатковий час

$$t_{дон} = (\alpha_{обс} + \alpha_{отд}) \cdot t_{он} = (0,04 + 0,04) \cdot 2,97 = 0,65 \text{ хв.} \quad (1.36)$$

де $t_{он}$ – час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця;

$\alpha_{отд} = 4\%$ – час на відпочинок і особисті потреби.

5. Визначаємо штучний час

$$t_{шт} = t_{он} + t_{всп} + t_{дон} = 0,45 + 2,52 + 0,65 = 3,62 \text{ хв.} \quad (1.37)$$

6. Визначаємо підготовчо-заклучний час на партію заготівель

$$t_{п-з} = 3,62 + 4,76 + 0,5 = 8,88 \text{ хв.} \quad (1.38)$$

7. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{ш-к} = t_{ум} + \frac{t_{n-3}}{n} = 6,73 + \frac{8,88}{20} = 7,17 \text{ хв.} \quad (1.39)$$

Операція 030. Токарна.

Верстат: Токарний -16К30Ф325. Матеріал: сталь-40Х, твердість: НВ 262.311.

Поверхня Ø62 L=262,3 мм Ø52 L=153,3 мм Ø38 L=50,8 мм Ø32 L=32,8 Rz=40;

інструмент: різець розточувальної φ=95, φ1=15; R=1мм; ВК8 ГОСТ 18883-73

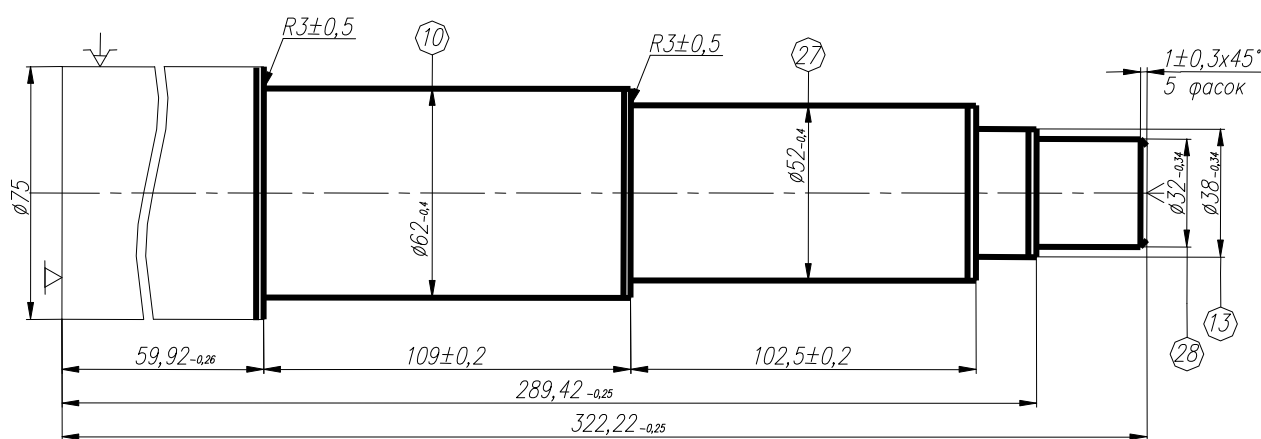


Рисунок 1.3 – Операційний ескіз №25

Робимо розрахунок режимів різання по траєкторіях:

Траєкторія 1

Обробляємо розміри: Ø62, L262, 3 Rz 40мкм

Інструмент: різець прохідної відігнутий лівий напологливий φ=90°; φ1=10°;

R=1,5мм; ВК8 ГОСТ 18883-73

Точіння поверхонь згідно з ескізом.

1.Визначаємо глибину різання для напівчистового одноразового точіння:

$$t = \frac{z_{\max}}{2} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ мм.}$$

2.Довжина робочого ходу супорта:

$$L_{px. np} = l_{рез} + y_{врез}$$

де $l_{рез}$ - найбільша довжина різання для різця подовжнього супорта, мм;

$l_{врез}$ - величина врізання, $l_{врез} = 2,0$ мм;

$$L_{px. np} = 262,3 + 2,0 = 264,3 \text{ мм}$$

3. Визначаємо подання супорта:

$$S_o = S_{om} K_{so}; \quad (1.40)$$

$$K_{so} = K_{сп} K_{си} K_{сф} K_{сз} K_{сж} K_{см} \quad (1.41)$$

де $K_{см}$ - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні, $K_{сп} = 1,0$;

$K_{си}$ - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{си} = 1,0$

$K_{сф}$ - коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні $K_{сф} = 0,85$;

$K_{сз}$ - коефіцієнт враховує вплив загартування $K_{сз} = 0,8$

$K_{сж}$ - коефіцієнт враховує жорсткість технологічної системи $K_{сж} = 1,0$;

$K_{см}$ - коефіцієнт матеріал оброблюваної деталі, що враховує, $K_{см} = 1,0$

S_{om} - табличне значення подання, $S_o = 0,15$ мм/о

$$K_{см} = 0,15 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,85 \times 0,8 \times 1,0 \times 1,0 = 0,11 \text{ мм/о}$$

По паспорту $S_{пр} = 0,1$ мм/о.

4. Визначаємо швидкість різання:

$$V = v_T \times K_v; \quad (1.42)$$

$$K_v = K_{vm} K_{vi} K_{vf} K_{vt} K_{vj} K_{vn} K_{vo}; \quad (1.43)$$

де V_T - табличне значення швидкості різання, м/хв $V_T = 150,2$ м/хв

K_{vm} - коефіцієнт, оброблюваності матеріалу $K_{vm} = 0,8$

K_{vi} - коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструменту $K_{vi} = 0,83$

K_{vf} - коефіцієнт, що враховує вплив кута в плані $K_{vf} = 1,13$

K_{vt} - коефіцієнт, що враховує вид обробки $K_{vt} = 0,75$

K_{vj} - коефіцієнт враховує жорсткість технологічної системи $K_{vj} = 1,0$

K_{vn} - коефіцієнт враховує стан оброблюваної поверхні $K_{vn} = 1,0$

K_{vo} - коефіцієнт ЗОТС, що враховує вплив, $K_{vo} = 1,0$

$$V = v_T \times K_{vm} \times K_{vu} \times K_{v\phi} \times K_{vt} \times K_{vjc} \times K_{vn} \times K_{vo} = \\ = 150,2 \times 0,8 \times 0,83 \times 1,13 \times 0,75 \times 1,0 \times 1,0 = 84,5 \text{ м/хв}$$

5. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 84,5}{3,14 \cdot 62} = 434,1 \text{ об/хв}$$

По верстату $n_{ст}=400$ об/хв

6. Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 62 \cdot 400}{1000} = 77,9 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 0,75^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 77,9^0 \cdot 0,88 = 240 \text{ Н}$$

де x, y, n - показатели міри;

S, V, t - режим різання;

K_p - коефіцієнт, що враховує вплив умов різання;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 1,07 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,8$$

де K_{mp} - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^n = \left(\frac{835}{750} \right)^{0,75} = 1,07$$

де $K_{\phi p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані $K_{\phi p}=0,89$;

$K_{\gamma p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута $K_{\gamma p}=1,0$;

$K_{\lambda p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза $K_{\lambda p}=1,0$;

K_{rp} - коефіцієнт, що враховує вплив радіусу при вершині $K_{rp}=0,93$

$$C_p=204; x=1,0; y=0,75; n=0$$

8. Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{240 \cdot 77,9}{1020 \cdot 60} = 0,5 \text{ кВт}$$

Порівняємо отриману потужність з потужністю верстата:

$$N_{\text{ст}} = 60 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ст}} > N$$

9. Основний час:

$$T_o = i \cdot \frac{L_{\text{р.нр.}}}{S_{\text{нр}} \cdot n} = 2 \cdot \frac{264,3}{0,1 \cdot 400} = 13,2 \text{ хв.}$$

Траєкторія 2

Обробляємо розміри: Ø52, L153, 3 Rz 40 мкм

Інструмент: різець прохідної відігнутий лівий наполегливий $\varphi = 90^\circ$; $\varphi_1 = 10^\circ$;
R=1,5 мм; ВК8 ГОСТ 18883-73

Точіння поверхонь згідно з ескізом.

1. Визначаємо глибину різання для напівчистового одноразового точіння:

$$t = \frac{z_{\text{max}}}{3} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ мм.}$$

2. Довжина робочого ходу супорта:

$$L_{\text{рх.нр}} = l_{\text{рез}} + u_{\text{врез}} + u_{\text{переб}} \quad (1.44)$$

де $l_{\text{рез}}$ - найбільша довжина різання для різця подовжнього супорта, мм;

$u_{\text{врез}}$ - величина урізування;

$u_{\text{переб}}$ - величина перебігання.

$$L_{\text{рх.нр}} = 153,3 + 2,0 = 155,3 \text{ мм}$$

3. Визначаємо подання супорта по формулі 1.40:

де $K_{\text{сн}}$ - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні $K_{\text{сн}} = 1$;

$K_{\text{су}}$ - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{\text{су}} = 1$;

$K_{s\phi}$ - коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні $K_{s\phi}=0,85$;

K_{sz} - коефіцієнт, що враховує вплив загартування $K_{sz}=0,8$

K_{sj} - коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи $K_{sj}=1,0$;

K_{sm} - коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі $K_{sm}=1,0$

S_{om} - табличне значення подання $S_{om}=0,15\text{мм/об}$

$$S_o = 0,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,11\text{мм/об}$$

По паспорту $S_{pr}=0,1\text{мм/об}$.

4. Визначаємо швидкість різання по формулі 1.42:

де V_T - табличне значення швидкості різання, м/хв $V_T=150,2$ м/хв;

K_{vm} - коефіцієнт, оброблюваності матеріалу $K_{vm}=0,8$;

K_{vu} - коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструменту $K_{vu}=0,83$;

$K_{v\phi}$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута в плані $K_{v\phi}=1,13$;

K_{vt} - коефіцієнт, що враховує вид обробки $K_{vt}=0,75$;

K_{vj} - коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи $K_{vj}=1,0$;

K_{vn} - коефіцієнт враховує стан оброблюваної поверхні $K_{vn}=1,0$;

K_{vo} - коефіцієнт ЗОТС, що враховує вплив, $K_{vo}=1,0$

$$\begin{aligned} V &= v_T \cdot K_{vm} \cdot K_{vu} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vj} \cdot K_{vn} \cdot K_{vo} = \\ &= 150,2 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1,13 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 84,5\text{м/хв} \end{aligned}$$

5. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 84,5}{3,14 \cdot 52} = 517,5 \text{ об/хв}$$

По верстату $n_{ct}=500$ об/хв

6. Фактична швидкість різання:

$$V_6 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 52 \cdot 500}{1000} = 81,6 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 0,75^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 81,6^0 \cdot 0,88 = 240 \text{ Н}$$

де x, y, n - показник міри;

S, V, t - режим різання;

K_p - коефіцієнт, що враховує вплив умов різання.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 1,07 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,8$$

де K_{mp} - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^n = \left(\frac{835}{750} \right)^{0,75} = 1,07$$

де $K_{\varphi p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані $K_{\varphi p}=0,89$;

$K_{\gamma p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута, $K_{\gamma p}=1,0$;

$K_{\lambda p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза $K_{\lambda p}=1,0$;

K_{rp} - коефіцієнт, що враховує вплив радіусу при вершині, $K_{rp}=0,93$

$$C_p=204; x=1,0; y=0,75; n=0$$

8. Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{240 \cdot 81,6}{1020 \cdot 60} = 0,5 \text{ кВт}$$

Порівняємо отриману потужність з потужністю верстата:

$$N_{ст}=60 \text{ кВт}$$

$$N_{ст} > N$$

9. Основний час:

$$T_o = i \cdot \frac{L_{p.np.}}{S_{np} \cdot n} = 2 \cdot \frac{155,3}{0,1 \cdot 500} = 6,2 \text{ хв.}$$

Траєкторія 3

Обробляємо розміри: Ø38, L50, 8 Rz 40мкм.

Інструмент: різець прохідної відігнутий лівий напологливий $\varphi=90^\circ$; $\varphi_1=10^\circ$;
R=1,5мм; BK8 ГОСТ 18883-73

Точіння поверхонь згідно з ескізом.

1.Визначаємо глибину різання для напівчистового одноразового точіння:

$$t = \frac{z_{\max}}{3} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ мм.}$$

2.Довжина робочого ходу супорта по формулі 1.44:

$$L_{px.np} = 50,8 + 2,0 = 52,8 \text{ мм}$$

3.Визначаємо подання супорта по формулі 1.40:

де K_{sn} - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні $K_{sn}=1,0$;

K_{su} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту $K_{su}=1,0$;

$K_{s\phi}$ - коефіцієнт враховує форму оброблюваної поверхні $K_{s\phi}=0,85$;

K_{sz} - коефіцієнт враховує вплив загартування $K_{sz}=0,8$;

K_{sj} - коефіцієнт враховує жорсткість технологічної системи $K_{sj}=1,0$;

K_{sm} - коефіцієнт матеріал оброблюваної деталі $K_{sm}=1,0$, що враховує;
 $S_{om}=0,15 \text{ мм/об.}$

$$S_o = 0,15 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,85 \times 0,8 \times 1,0 \times 1,0 = 0,11 \text{ мм/об}$$

По паспорту $S_{np}=0,1 \text{ мм/об.}$

4.Визначаємо швидкість різання по формулі 1.42:

де V_T -табличное значення швидкості різання, м/хв $V_T=150,2 \text{ м/хв}$;

K_{vm} - коефіцієнт, оброблюваності матеріалу $K_{vm}=0,8$;

K_{vu} - коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструменту $K_{vu}=0,83$;

$K_{v\varphi}$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута в плані $K_{v\varphi}=1,13$;

K_{vt} - коефіцієнт, що враховує вид обробки $K_{vt}=0,75$;

K_{vj} - коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи $K_{vj}=1,0$;

K_{vn} - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні $K_{vn}=1,0$;

K_{vo} - коефіцієнт, що враховує вплив ЗОТС $K_{vo}=1,0$.

$$V = v_T \cdot K_{vm} \cdot K_{vu} \cdot K_{v\varphi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vj} \cdot K_{vn} \cdot K_{vo} = \\ = 150,2 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1,13 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 84,5 \text{ м/хв}$$

5. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 84,5}{3,14 \cdot 38} = 708,2 \text{ об/хв}$$

По верстату $n_{ст}=500$ об/хв

6. Фактична швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 500}{1000} = 59,6 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 0,75^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 59,6^0 \cdot 0,88 = 240 \text{ Н}$$

де x, y, n - показники міри;

S, V, t - режим різання;

K_p - коефіцієнт, що враховує вплив умов різання

$$K_p = K_{tr} \cdot K_{\varphi r} \cdot K_{\gamma r} \cdot K_{\lambda r} \cdot K_{rp} = 1,07 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,8$$

де K_{tr} - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^n = \left(\frac{835}{750} \right)^{0.75} = 1.07$$

$K_{\phi p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані $K_{\phi p}=0,89$;

$K_{\gamma p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута $K_{\gamma p}=1,0$;

$K_{\lambda p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза $K_{\lambda p}=1,0$;

K_{rp} - коефіцієнт, що враховує вплив радіусу при вершині $K_{rp}=0,93$

$$C_p=204; x=1,0; y=0,75; n=0$$

8.Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{240 \cdot 59,6}{1020 \cdot 60} = 0,23 \text{ кВт}$$

Порівняємо отриману потужність з потужністю верстата :

$$N_{ст}=60 \text{ кВт}$$

$$N_{ст} > N$$

9.Основний час:

$$T_o = i \cdot \frac{L_{p.нр.}}{S_{нр} \cdot n} = 2 \cdot \frac{50,8}{0,1 \cdot 500} = 2,1 \text{ хв.}$$

Траєкторія 4

Обробляємо розміри: Ø32, L32, 8 Rz 40мкм

Інструмент: різець прохідної відігнутий лівий напологливий $\phi=90^\circ$; $\phi_1=10^\circ$;

R=1,5мм; BK8 ГОСТ 18883-73

Точіння поверхонь згідно з ескізом.

1.Визначаємо глибину різання для напівчистового одноразового точіння:

$$t = \frac{z_{\max}}{3} = \frac{1.5}{2} = 0,75 \text{ мм.}$$

2. Довжина робочого ходу супорта по формулі 1.44:

$$L_{px.np}=32,8+2,0=34,8\text{мм}$$

3. Визначаємо подання супорта по формулі 1.42:

де K_{sn} - коефіцієнт що враховує стан оброблюваної поверхні $K_{sn}=1,0$;

K_{su} - коефіцієнт матеріал інструменту $K_{su}=1,0$;

$K_{s\phi}$ - коефіцієнт враховує форму оброблюваної поверхні $K_{s\phi}=0,85$;

K_{sz} - коефіцієнт враховує вплив загартування $K_{sz}=0,8$;

K_{sjc} - коефіцієнт враховує жорсткість технологічної системи $K_{sjc}=1,0$;

K_{sm} - коефіцієнт матеріал оброблюваної деталі $K_{sm}=1,0$, що враховує;
 $S_{om}=0,15\text{мм/об}$

$$S_o=0,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,11\text{мм/об}$$

По паспорту $S_{pr}=0,1\text{мм/об}$.

4. Визначаємо швидкість різання по формулі 1.42:

де V_T - табличне значення швидкості різання, м/хв $V_T=150,2$ м/хв;

K_{vm} - коефіцієнт, оброблюваності матеріалу $K_{vm}=0,8$;

K_{vu} - коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструменту $K_{vu}=0,83$;

$K_{v\phi}$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута в плані $K_{v\phi}=1,13$;

K_{vt} - коефіцієнт, що враховує вид обробки $K_{vt}=0,75$;

K_{vjc} - коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи $K_{vjc}=1,0$;

K_{vn} - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні $K_{vn}=1,0$;

K_{vo} - коефіцієнт, що враховує вплив ЗОТС $K_{vo}=1,0$.

$$\begin{aligned} V &= v_T \cdot K_{vm} \cdot K_{vu} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vt} \cdot K_{vjc} \cdot K_{vn} \cdot K_{vo} = \\ &= 150,2 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1,13 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 84,5\text{м/хв} \end{aligned}$$

5. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 84,5}{3,14 \cdot 32} = 743,2 \text{ об/хв}$$

По верстату $n_{\text{ст}}=500$ об/хв

6. Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 500}{1000} = 50,24 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 0,75^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 50,24^0 \cdot 0,88 = 240 \text{ Н}$$

де x, y, n - показники міри;

S, V, t - режим різання;

K_p - коефіцієнт, що враховує вплив умов різання;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 1,07 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,8$$

де K_{mp} - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^n = \left(\frac{835}{750} \right)^{0,75} = 1,07$$

$K_{\phi p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані $K_{\phi p}=0,89$;

$K_{\gamma p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута $K_{\gamma p}=1,0$;

$K_{\lambda p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза $K_{\lambda p}=1,0$;

K_{rp} - коефіцієнт, що враховує вплив радіусу при вершині $K_{rp}=0,93$

$$C_p=204; x=1,0; y=0,75; n=0$$

8. Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{240 \cdot 50,24}{1020 \cdot 60} = 0,21 \text{ кВт}$$

Порівняємо отриману потужність з потужністю верстата:

$$N_{ст}=60\text{кВт}$$

$$N_{ст}>N$$

9.Основний час:

$$T_o = i \cdot \frac{L_{p.нр.}}{S_{нр} \cdot n} = 2 \cdot \frac{32,8}{0,1 \cdot 500} = 1,3\text{хв.}$$

Робимо нормування операції:

1.Визначаємо основний час.

$$t_o=22,\text{хв.}$$

2.Визначаємо допоміжний час

$$t_{всп} = t_y + t_{унр} + t_{контр} + t_{нр.} + t_{нр.перф.} = 5,3 + 0,015 + 3,5 + 4,71 + 0,2 = 13,72\text{хв.}$$

де $t_y=5,3$ хв - допоміжний час на установку і зняття деталі

$t_{унр}=0,015$ хв - допоміжний час на управління верстатом

$t_{контр.}=0,33+1,9+0,46+0,59+0,22=3,5$ хв -нормативное час контролю

$$t_{нр.}=t_{прох.} + t_{изм.реж} + t_{уст.загр.} = 3,99 + 0,42 + 0,3 = 4,71\text{хв}$$

де $t_{прох}=3,99$ хв - час пов'язаний з проходом

$t_{изм.реж}=0,42$ хв - час пов'язаний з перемиканням числа оборотів і величини подача

$t_{уст.защ}=0,3$ хв - установка захисного загородження

$t_{нр.перф.}=0,2$ хв - час пов'язаний з перемотуванням перфострічки

3.Визначаємо оперативний час

$$t_{он} = t_o + t_{всп} = 22,8 + 13,72 = 36,52\text{хв.}$$

4.Визначаємо додатковий час

$$t_{дон} = (\alpha_{обс} + \alpha_{омд}) \cdot t_{он} = (0,04 + 0,04) \cdot 36,52 = 2,92\text{хв.}$$

де $\alpha_{обс} = 4\%$ - час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця;

$\alpha_{отд} = 4\%$ - час на відпочинок і особисті потреби

5. Визначаємо штучний час

$$t_{um} = t_{on} + t_{дон} = 36,52 + 2,92 = 39,44 \text{ хв}$$

6. Визначаємо підготовительно-заключительное час на партію заготовель

$$t_{n-3} = 16 + 5,2 + 7 = 28,2 \text{ хв.}$$

7. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{ш-к} = t_{um} + \frac{t_{n-3}}{n} = 39,44 + \frac{28,2}{20} = 40,85 \text{ хв.}$$

Операція 045. Шліфувальна

Верстат: внутрішньошліфувальний 3М152В.

Матеріал: сталь 40Х, твердість: НВ 262.311.

Поверхня: $\varnothing 60$, $R_a = 0,8$ (мкм). Інструмент: шлифкруг ПП 600x80x305 24А 25ПСМ1, 7К5 ГОСТ 2424-83.

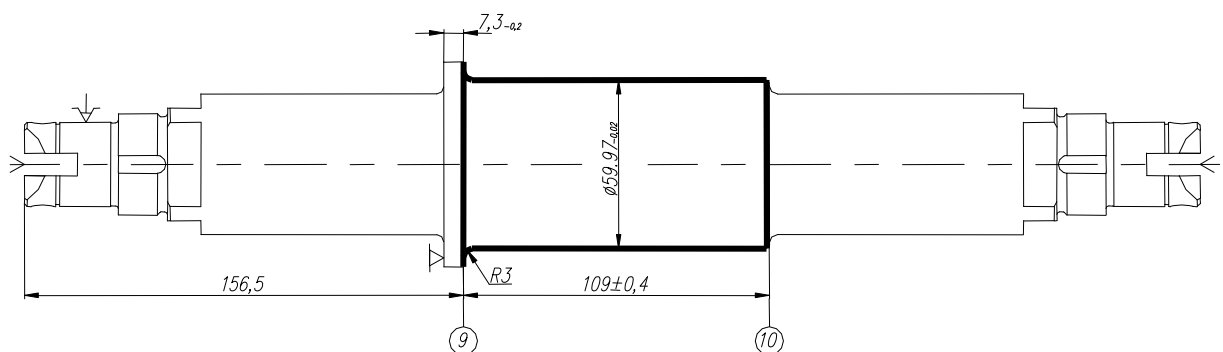


Рисунок 1.4. - Операційний ескіз №60

Шліфуємо розмір $\varnothing 60$

1. Визначаємо глибину різання:

$$t = Z_{\max} = 0,3 \text{ (мм)}$$

2. Визначаємо швидкість круга :

$$V_{\text{кр.}} = 50 \text{ м/с}$$

3. Визначаємо швидкість деталі [4, табл. 161, стор. 343]:

$$V_d = (20-40) \text{ м/хв}$$

Вибираємо швидкість $V_d = 20 \text{ м/хв}$.

4. Визначаємо число оборотів деталі:

$$n_d = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 20}{3.14 \cdot 60} = 106,16 \text{ об/хв.}$$

Коригуючи по паспорту верстата приймаємо $n_d = 80 \text{ об/хв}$.

5. Визначаємо дійсну швидкість обертання деталі:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 60 \cdot 80}{1000} = 15,1 \text{ м/хв.}$$

6. Визначаємо подачу [4, табл. 163, стор. 346]

Подовжнє подання за один оборот деталі

$$S_B = 5 \text{ мм/об.}$$

Поперечне подання на подвійний хід столу

$$S_{\text{тдв.ход.}} = S_{\text{тдв.ход.табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 0.0098 \cdot 1.0 \cdot 0.9 \cdot 0.67 = 0.00059 \text{ мм/подвход.} \quad (1.45)$$

де $S_{\text{тдв.ход.табл.}}$ - табличне значення поперечного подання на подвійний хід

$S_{\text{дов.хід таблиці}}=0,0098$ мм/подв.хід;

$\kappa_1 = 1,0$ - коеф., припуск, що враховує точність обробки

$\kappa_2=0,67$ - коеф., що враховує відношення діаметру круга до діаметру деталі

$\kappa_3 = 0,9$ - коеф., що враховує оброблюваний матеріал і діаметр круга

7. Визначаємо потужність різання [5, к. 8, стор. 631]:

$$N_s = 0.98(v_d \cdot s_B \cdot s_{\text{тод.ход}})^{0.7} \cdot K_1 \cdot K_2 = 0.98 \cdot (15,1 \cdot 5 \cdot 0,0059)^{0.7} \cdot 1,04 \times (1.46) \times 1,25 = 0,74 \text{ кВт}$$

де K_1 -коеф.що враховує твердість і ширину круга $K_1=1,04$;

K_2 - коеф.діаметр отвору $K_2=1,25$

Порівняємо отриману потужність з потужністю верстата:

$$N_{\text{ст}}=10 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ст}}>N$$

8. Визначаємо технологічний час [5, к. 12, стор. 636]:

$$T_o = \frac{L \cdot h \cdot K}{n_d \cdot s_B \cdot s_{\text{тод.ход}}} = \frac{109 \cdot 0,33 \cdot 1,4}{80 \cdot 5 \cdot 0,0059} = 21,34 \text{ хв} \quad (1.47)$$

де L - довжина обробки $L=109$ мм;

h - припуск на діаметр $h=0,3$ мм;

K - коефіцієнт виходжування $K = 1,5$

Робимо технічне нормування:

1.Визначаємо основний час.

$$t_o=21,34 \text{ хв.}$$

2.Визначаємо допоміжний час

$$t_{\text{всп}} = t_y + t_{\text{упр}} + t_{\text{контр}} + t_{\text{пр.}} = 7,8 + 0,015 + 1,14 + 1,66 = 10,62 \text{ хв}$$

де $t_y=7,8$ хв- допоміжний час на установку і зняття деталі

$t_{\text{упр}}=0,015$ хв-допоміжний час на управління верстатом

$t_{\text{контр.}} = 1,14$ хв-нормативний час контролю

$$t_{\text{пер}} = t_{\text{прох.}} + t_{\text{изм.реж}} + t_{\text{уст.загр.}} = 1,3 + 0,06 + 0,3 = 1,66 \text{ хв}$$

де $t_{\text{прох.}} = 1,3$ хв-час пов'язаний з проходом

$t_{\text{изм.реж}} = 0,06$ хв-час пов'язаний з перемиканням числа оборотів і величини подачі

$t_{\text{уст.защ}} = 0,3$ хв-установка захисного загородження

3. Визначаємо оперативний час

$$t_{\text{он}} = t_o + t_{\text{дон}} = 21,34 + 10,62 = 31,98 \text{ хв.}$$

4. Визначаємо додатковий час

$$t_{\text{дон}} = (\alpha_{\text{обс}} + \alpha_{\text{отд}}) \cdot t_{\text{он}} = (0,04 + 0,04) \cdot 31,98 = 2,56 \text{ хв.}$$

де $\alpha_{\text{обс}} = 4\%$ - час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця

$\alpha_{\text{отд}} = 4\%$ - час на відпочинок і особисті потреби

5. Визначаємо штучний час

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{он}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{дон}} = 31,98 + 2,56 = 34,54 \text{ хв.}$$

6. Визначаємо підготовительно-заключительное час на партію заготівель

$$t_{n-3} = 19 + 2,5 + 2 + 4,5 + 1,5 = 29,5 \text{ хв.}$$

7. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{\text{ш-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{n-3}}{n} = 34,54 + \frac{29,5}{20} = 36,1 \text{ хв.}$$

Операція 080. Свердлувальна

Верстат: Радіально-свердлувальний 2Ф125 Матеріал: сталь-40Х, твердість: НВ 262.311 Поверхня $\varnothing 9 \pm 0,016$ $L=30\text{мм}$ $Ra=0,8\text{мкм}$; інструмент: свердло спіральне $\varnothing 7\text{мм}$, $L=100\text{мм}$, Р6М5, ГОСТ10902-77

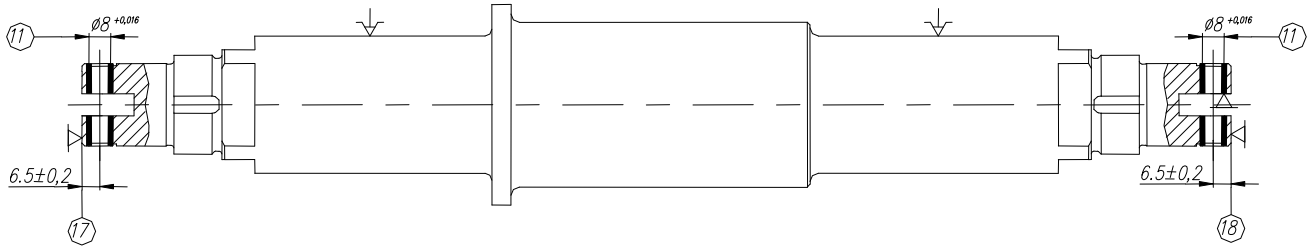


Рисунок 1.5. - Операційний ескіз №70

Свердлити згідно з ескізом послідовний 2 отвори:

1. Довжина робочого ходу

$$L_p = 2 \cdot (l + y) = 2 \cdot (30 + 4,2) = 68,4 \text{ мм} \quad (1.48)$$

де l - довжина свердління $l=30\text{мм}$.

$y=0,6d_{св}$ - урізування, мм; де $d_{св}$ - діаметр свердла, мм

Глибина різання:

$$t = \frac{d_{св}}{2} = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ мм.}$$

3. Вибірємо подання

$$S_{таб} = 0,18 \text{ мм/об}$$

$$S = S_{таб} \cdot K_S = 0,18 \cdot 0,75 = 0,135 \text{ мм/об};$$

$$K_S = K_{S_l} \cdot K_{S_{ж}} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_d} \cdot K_{S_M} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,75, \quad (1.49)$$

де K_{S_l} - коефіцієнт, що враховує глибину свердління $K_{S_l}=1,0$

$K_{S_{ж}}$ - коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи $K_{S_{ж}}=1,0$;

K_{SH} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту $K_{SH}=1,0$;

K_{Sd} - коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору $K_{Sd}=1,0$;

K_{SM} - коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу $K_{SM}=0,75$.

Коригуємо подання по паспорту верстата $S=0,13$ мм/об

4.Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot d_{\hat{n}\hat{a}}^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 7^{0,40}}{25^{0,20} \cdot 0,13^{0,7}} \cdot 0,21 = 7 \text{ м/хв} \quad (1.50)$$

де C_v, q, y, m - коефіцієнт і показники міри

T - стійкість свердла, хв;

S – подача мм/об;

K_v - поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 0,72 \cdot 0,3 \cdot 1,0 = 0,21$$

де K_{MV} - коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механических властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_{\hat{a}}} \right)^{n_v} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{835} \right)^{1,0} = 0,72$$

K_{IV} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу,
 $K_{IV}=0,3$;

K_{IV} - коефіцієнт, що враховує глибину свердління $K_{IV}=1,0$

$$C_v=7,0; q=0,40; y=0,7; m=0,20; T=25 \text{ хв};$$

5.Розраховуємо кількість оборотів свердла:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d_{\hat{n}\hat{a}}} = \frac{1000 \cdot 7}{3,14 \cdot 7} = 318,47 \text{ об/хв};$$

Коригуємо по верстату: $n=272$ об/хв.

6.Визначаємо фактичну швидкість обертання свердла:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 272}{1000} = 5,98 \text{ м/хв}$$

7.Розраховуємо момент, що крутить, і осьову силу:

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,041 \cdot 7^{2,0} \cdot 0,13^{0,7} \cdot 1,08 = 2,2 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (1.51)$$

де C_M , q , y - коефіцієнт і показник міри;

$$K_p = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{835}{750} \right)^{0,75} = 1,08$$

$$C_M = 0,041; q = 2,0; y = 0,7;$$

де C_p , q , y - коефіцієнт і показник міри;

$$C_p = 143, q = 1,0, y = 0,7$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 143 \cdot 7^{1,0} \cdot 0,13^{0,7} \cdot 1,08 = 2591 \text{ Н}.$$

8.Потужність різання:

$$N = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{2,2 \cdot 272}{9750} = 0,061 \text{ кВт.}$$

Порівняємо отриману потужність з потужністю верстата :

$$N_{ст} = 8,5 \text{ кВт.}$$

$$N_{ст} > N$$

9.Операційний час:

$$T_o = \frac{L_p}{S \cdot n} i = \frac{68,4}{0,13 \cdot 272} \cdot 2 = 3,87 \text{ хв.}$$

Зенкувати згідно з ескізом послідовний 2 отвори:

1. Довжина робочого ходу

$$Lp = 2 \cdot (l + y) = 2 \cdot (30 + 4,74) = 69,48 \text{ мм}$$

де l - довжина свердління $l=30$ мм.

$y=0,6d_{св}$ - врізання, мм; де $d_{св}$ - діаметр свердла, мм;

Глибина різання:

$$t = \frac{d_o - d_{св}}{2} = \frac{7,9 - 7}{2} = 0,45 \text{ мм.}$$

3. Вибираємо подачу

$$S_{таб} = 0,18 \text{ мм/об}$$

$$S = S_{таб} \cdot K_S = 0,18 \cdot 0,75 = 0,135 \text{ мм/об};$$

$$K_S = K_{S_l} \cdot K_{S_{ж}} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_d} \cdot K_{S_M} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,75;$$

де K_{S_l} - коефіцієнт, що враховує глибину свердління $K_{S_l}=1,0$

$K_{S_{ж}}$ - коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи $K_{S_{ж}}=1,0$;

$K_{S_{II}}$ - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту $K_{S_{II}}=1,0$;

K_{S_d} - коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору $K_{S_d}=1,0$;

K_{S_M} - коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу $K_{S_M}=0,75$.

Коригуємо подачу по паспорту верстата $S=0,13$ мм/об

4. Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot d_{\hat{n}\hat{a}}^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 7,9^{0,40}}{25^{0,20} \cdot 0,13^{0,7}} \cdot 0,21 = 7,36 \text{ м/хв}$$

де C_v , q , y , m - коефіцієнт і показники міри ;

T- стійкість свердла, хв;

S - подання мм/об;

K_V - поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{HV} \cdot K_{IV} = 0,72 \cdot 0,3 \cdot 1,0 = 0,21$$

де K_{MV} - коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механических властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_{\hat{a}}} \right)^{n_v} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{835} \right)^{1,0} = 0,72$$

K_{HV} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу $K_{HV}=0,3$;

K_{IV} - коефіцієнт, що враховує глибину свердління $K_{IV}=1,0$;

$$C_v=7,0; q=0,40; y=0,7; m=0,20; T=25 \text{ хв}$$

5.Расчитываем кількість оборотів свердла:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d_{\hat{a}}} = \frac{1000 \cdot 7,36}{3,14 \cdot 7,9} = 296,7 \text{ об/хв}$$

Коригуємо по верстату: $n=272$ об/хв.

6.Визначаємо фактичну швидкість обертання свердла:

$$V_{\hat{o}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 7,9 \cdot 272}{1000} = 6,75 \text{ м/хв}$$

7.Розраховуємо момент, що крутить, і осьову силу:

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,041 \cdot 7,9^{2,0} \cdot 0,13^{0,7} \cdot 1,08 = 6,63 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де C_M, q, y - коефіцієнт і показник міри ;

$$K_p = \left(\frac{\sigma_{\hat{a}}}{750} \right)^n = \left(\frac{835}{750} \right)^{0,75} = 1,08$$

$$C_M=0,041; q=2,0; y=0,7;$$

де C_p, q, y - коефіцієнт і показник міри;

$$C_p=143, q=1,0, y=0,7$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 143 \cdot 7,9^{1,0} \cdot 0,13^{0,7} \cdot 1,08 = 2925 \text{ Н.}$$

8.Потужність різання:

$$N = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{6,63 \cdot 272}{9750} = 0,184 \text{ кВт.}$$

Порівняємо отриману потужність з потужністю верстата :

$$N_{ст}=8,5\text{кВт.}$$

$$N_{ст}>N$$

9.Операційний час:

$$T_o = \frac{L_p}{S \cdot n} i = \frac{69,48}{0,13 \cdot 272} \cdot 2 = 3,93 \text{ хв.}$$

Розгорнути згідно з ескізом послідовний 2 отвори:

1.Довжина робочого ходу

$$L_p = 2 \cdot (l + y) = 2 \cdot (30 + 4,8) = 69,6\text{мм}$$

де l - довжина свердління $l=30\text{мм}$.

$y=0,6\text{дсв}$ -врезание, мм; де дсв - діаметр свердла, мм;

Глибина різання:

$$t = \frac{d_o - d_{св}}{2} = \frac{8 - 7,9}{2} = 0,05\text{мм.};$$

3.Вибираємо подання

$$S_{таб}=0,18\text{мм/об}$$

$$S = S_{таб} \cdot K_S = 0,18 \cdot 0,75 = 0,135\text{мм/об};$$

$$K_S = K_{S_l} \cdot K_{S_{ж}} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_d} \cdot K_{S_M} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,75,$$

де K_{S_l} - коефіцієнт, що враховує глибину свердління $K_{S_l}=1,0$

K_{SK} - коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи $K_{SK}=1,0$;

K_{SH} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту $K_{SH}=1,0$;

K_{Sd} - коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору $K_{Sd}=1,0$;

K_{SM} - коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу $K_{SM}=0,75$.

Коригуємо подачу по паспорту верстата $S=0,13$ мм/об

4.Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot d_{\hat{n}\hat{a}}^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 8^{0,40}}{25^{0,20} \cdot 0,13^{0,7}} \cdot 0,21 = 7,4 \text{ м/хв}$$

де C_v , q , y , m - коефіцієнт і показники міри;

T - стійкість свердла, хв;

S - подача мм/об;

K_v - поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{HV} \cdot K_{IV} = 0,72 \cdot 0,3 \cdot 1,0 = 0,21$$

де K_{MV} - коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_{\hat{a}}} \right)^{n_v} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{835} \right)^{1,0} = 0,72$$

де K_{HV} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу, $K_{HV}=0,3$;

K_{IV} - коефіцієнт, що враховує глибину свердління, $K_{IV}=1,0$;

$$C_v=7,0; q=0,40; y=0,7; m=0,20; T=25 \text{ хв}$$

5.Расчитываем кількість оборотів свердла:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d_{\hat{n}\hat{a}}} = \frac{1000 \cdot 7,4}{3,14 \cdot 8} = 294,59 \text{ об/хв};$$

Коригуємо по верстату: $n=272$ об/хв.

6.Визначаємо фактичну швидкість обертання свердла:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 272}{1000} = 6,83 \text{ м/хв};$$

7.Розраховуємо момент, що крутить, і осьову силу:

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,041 \cdot 8^{2,0} \cdot 0,13^{0,7} \cdot 1,08 = 6,79 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де C_M , q , y - коефіцієнт і показник міри;

$$K_p = \left(\frac{\sigma_d}{750} \right)^n = \left(\frac{835}{750} \right)^{0,75} = 1,08$$

$$C_M = 0,041; q = 2,0; y = 0,7;$$

де C_p , q , y - коефіцієнт і показник міри;

$$C_p = 143, q = 1,0, y = 0,7$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 143 \cdot 8^{1,0} \cdot 0,13^{0,7} \cdot 1,08 = 2962 \text{ Н}.$$

8.Потужність різання:

$$N = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{6,79 \cdot 272}{9750} = 0,189 \text{ кВт}.$$

Порівняємо отриману потужність з потужністю верстата:

$$N_{ст} = 8,5 \text{ кВт}.$$

$$N_{ст} > N$$

9.Операційний час:

$$T_o = \frac{L_p}{S \cdot n} i = \frac{69,6}{0,13 \cdot 272} \cdot 2 = 3,93 \text{ хв}.$$

Робимо технічне нормування:

1.Визначаємо основний час.

$$t_o = 3,87 + 3,93 + 3,93 = 11,73, \text{ хв.}$$

2. Визначаємо допоміжний час

$$t_{всп} = t_y + t_{упр} + t_{контр} + t_{пр.} + t_{конд} = 7,8 + 0,015 + 0,5 + 0,17 = 8,48 \text{ хв}$$

де $t_y = 7,8$ хв - допоміжний час на установку і зняття деталі ;

$t_{упр} = 0,015$ хв-допоміжний час на управління верстатом

$t_{контр.} = 0,17$ хв-нормативний час контролю;

$$t_{пер} = t_{прох.} + t_{изм.реж} + t_{инст.} + t_{кондвт} + t_{союз} = 0,19 + 0,06 + 0,06 + 0,13 + 0,06 = 0,5 \text{ хв}$$

де $t_{прох} = 0,19$ хв-час пов'язаний з проходом;

$t_{изм.реж} = 0,06$ хв-час пов'язаний з перемиканням числа оборотів і величини подачі;

$t_{кондвт.} = 0,06$ хв-час на установку кондукторної втулки ;

$t_{конд} = 2,1$ хв-час на установку і зняття накладного кондуктора ;

$t_{инст} = 0,13$ хв-час на установку і зняття інструменту;

$t_{союз} = 0,06$ хв-час на включення ЗОТС.

3. Визначаємо оперативний час

$$t_{он} = t_o + t_{дон} = 11,73 + 8,48 = 20,21 \text{ хв.}$$

4. Визначаємо додатковий час

$$t_{дон} = (\alpha_{обс} + \alpha_{отд}) \cdot t_{он} = (0,04 + 0,04) \cdot 20,21 = 1,62 \text{ хв}$$

де $\alpha_{обс} = 4\%$ - час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця;

$\alpha_{отд} = 4\%$ - час на відпочинок і особисті потреби

5. Визначаємо штучний час

$$t_{um} = t_{on} + t_{ecn} + t_{don} = 20,21 + 8,48 + 1,62 = 30,31 \text{ хв}$$

6. Визначаємо підготовчо-заключний час на партію заготівель

$$t_{n-3} = 20 + 2 + 5 = 27 \text{ хв.}$$

7. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{ш-к} = t_{um} + \frac{t_{n-3}}{n} = 30,31 + \frac{27}{20} = 31,66 \text{ хв.}$$

Операція 075. Фрезерна

Верстат: Універсально-фрезерний 676, матеріал: сталь-40Х, твердість: НВ 262.311.

Параметри фрезерування: ширина фрезерування $B=6,3$, глибина фрезерування $t=3,15$, довжина фрезерування $L=12$

Інструмент: кінцева твердосплавна фреза $\varnothing 6,3$ мм ГОСТ 9140-78

Фрезерувати 2 пази послідовно по ескізу:

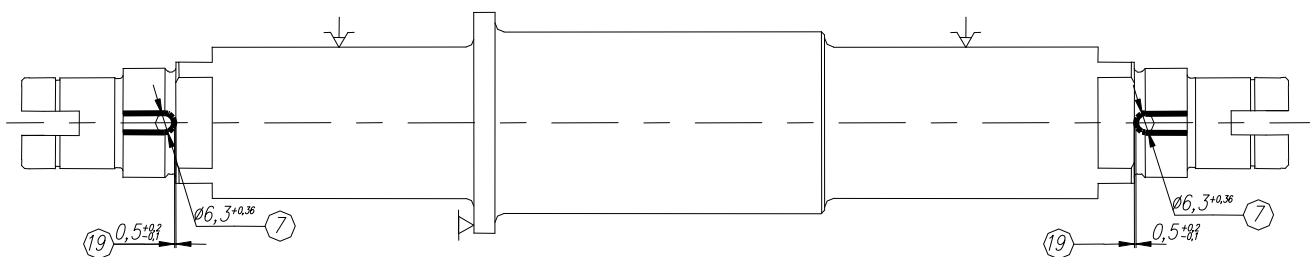


Рисунок 1.6. - Операційний ескіз №65

Робимо розрахунок режимів різання

1. Довжина робочого ходу

$$L_{p.xid} = L + l_1$$

де $l_1=1,5$ -величина врізання, мм

2.Глибина фрезерування

$$t=z_{\max}=3,15\text{мм}$$

3.Призначаємо подачу

$$S = S_{\text{маб}} \cdot k_{\text{зу}} \cdot k_{\text{зф}} \cdot k_{\text{зР}} = 0.04 \cdot 0.85 \cdot 0.66 \cdot 0.25 = 0.005\text{мм} / \text{зуб}$$

4.Визначаємо кількість оборотів фрези

$$n = n_{\text{маб}} \cdot K_{\text{zn}} \cdot K_{\text{Bn}} \cdot K_{\text{Mn}} \cdot K_{\text{Tn}} \cdot K_{\text{nn}} \cdot K_n = 350 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,51 \cdot 0,92 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 144,51 \text{об} / \text{хв} (1.52)$$

де $n_{\text{маб}}=350$ об/хв;

$K_{zn}=1,0$ коефіцієнт враховує число зубів фрези;

$K_{Bn}=1,1$ коефіцієнт враховує ширину фрезерування;

$K_{Mn}=0,51$ коефіцієнт що враховує оброблюваний матеріал;

$K_{Tn}=0,92$ коефіцієнт враховує стійкість фрези;

$K_{n_n}=1,0$ коефіцієнт що враховує характер заготовки і стан її поверхні;

$K_n=0,8$ коефіцієнт що враховує характер обробки

Приймаємо по паспорту $n=165$ об/хв

5.Визначаємо швидкість різання

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 6,3 \cdot 165}{1000} = 3,26\text{м} / \text{хв}.$$

6.Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot z \cdot n = 0.005 \cdot 5 \cdot 165 = 4,125\text{мм} / \text{хв}$$

де $z=5$ число зубів фрези

7. Визначаємо операційний час

$$t_o = 2 \cdot \frac{L}{S_M} = 2 \cdot \frac{12}{4,125} = 5,82 \text{ хв}$$

Робимо технічне нормування:

1. Визначаємо основний час.

$$t_o = 5,82 \text{ хв.}$$

2. Визначаємо допоміжний час

$$t_{всп} = t_y + t_{упр} + t_{контр} + t_{пр.} = 7,5 + 0,015 + 0,66 + 1,2 = 9,4 \text{ хв.} \quad (1.53)$$

де $t_y = 7,5$ хв - допоміжний час на установку і зняття деталі;

$t_{упр} = 0,015$ хв - допоміжний час на управління верстатом;

$t_{контр.} = 0,66$ хв - нормативний час контролю

$$t_{пер} = t_{прох.} + t_{изм.реж} + t_{уст.загр.} + t_{дел.гол} = 0,22 + 0,12 + 0,56 + 0,3 = 1,2 \text{ хв}$$

де $t_{прох} = 0,22$ хв - час пов'язаний з проходом;

$t_{изм.реж} = 0,12$ хв - час пов'язаний з перемиканням числа оборотів і величини подачі;

$t_{дел.гол} = 0,56$ хв - час на налаштування ділильної голівки;

$t_{уст.защ} = 0,3$ хв - установка захисного загородження

3. Визначаємо оперативний час

$$t_{он} = t_o + t_{всп} = 5,82 + 9,4 = 15,22 \text{ хв}$$

4. Визначаємо додатковий час

$$t_{дон} = (\alpha_{обс} + \alpha_{омо}) \cdot t_{он} = (0,04 + 0,04) \cdot 15,22 = 1,22 \text{ хв.}$$

де $\alpha_{обс} = 4\%$ - час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця;

$\alpha_{отд} = 4\%$ - час на відпочинок і особисті потреби

5.Визначаємо штучний час

$$t_{шт} = t_{он} + t_{всп} + t_{дон} = 15,22 + 1,22 = 16,44 \text{ хв.}$$

6.Визначаємо підготовчо-заклучний час на партію заготівель

$$t_{n-3} = 20 + 2,0 + 10 = 32 \text{ хв.}$$

7.Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{ш-к} = t_{шт} + \frac{t_{n-3}}{n} = 16,44 + \frac{32}{20} = 18,04 \text{ хв}$$

1.7 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXCAM, або іншої програми, що має САМ-модуль

1.7.1 Розробка токарної операції за допомогою модуля NX CAM

Розробка операції відбувається у програмному модулі Siemens NX

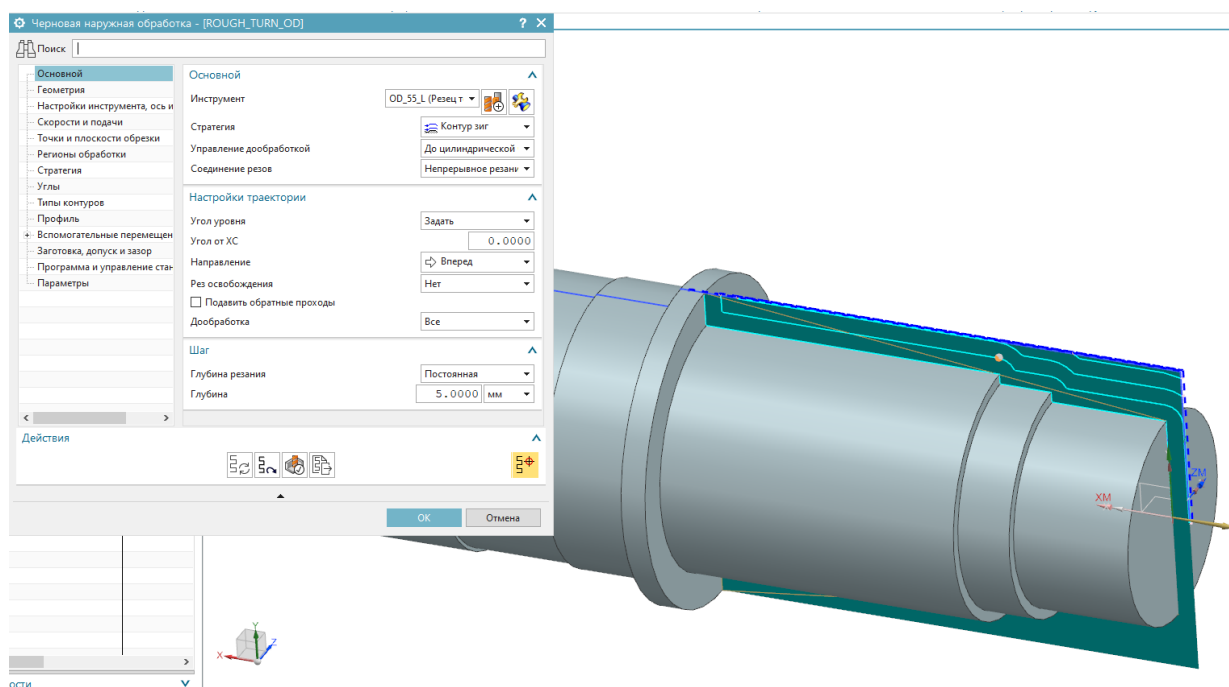


Рисунок 1.7 - Токарна траекторія в NX CAM

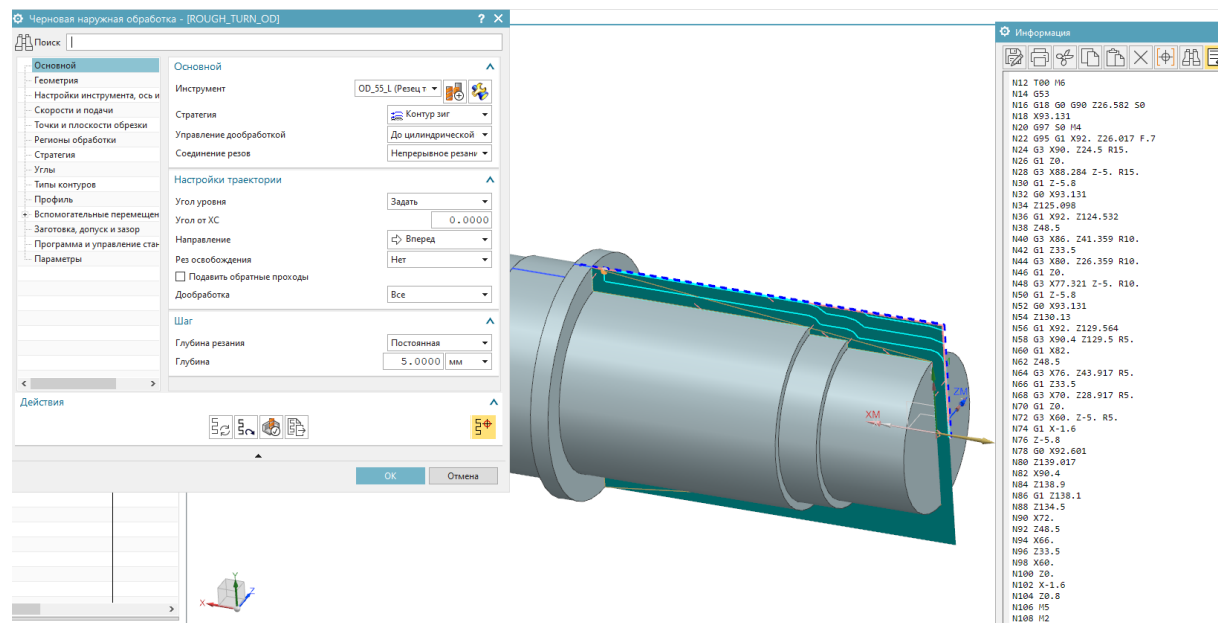


Рисунок 1.8 - Програма на токарну траекторію в NX CAM

1.7.2 Розробка свердлувальної операції за допомогою модуля NX CAM.

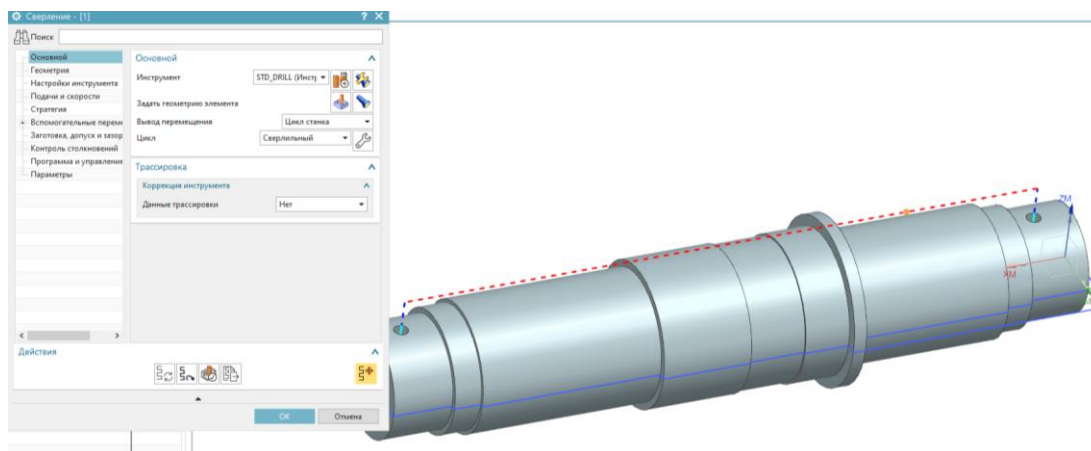


Рисунок 1.9 - Траектория свердлувальної операції в NXCAM

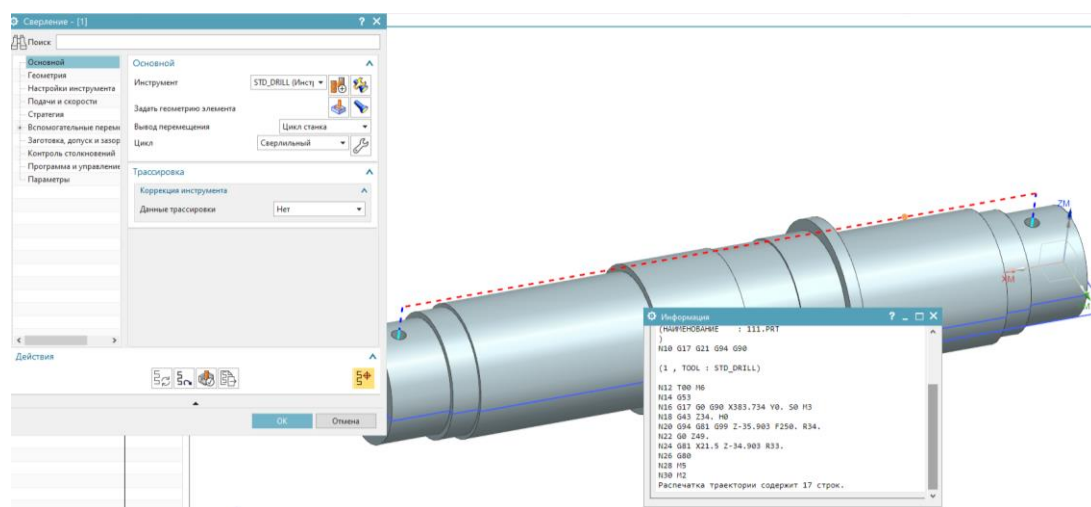


Рисунок 1.10 - Програма свердлувальної операції в NXCAM

1.7.3 Розробка фрезерної операції за допомогою модуля NX CAM

Розробка фрезерної операції в системі unigraphiks ведеться згідно розробленої раніше РТК з використанням 3D моделі деталі на розрахованих режимах різання.

Програма, що управляє, згенерована з урахуванням особливостей цього постпроцесора і вильотів інструменту.

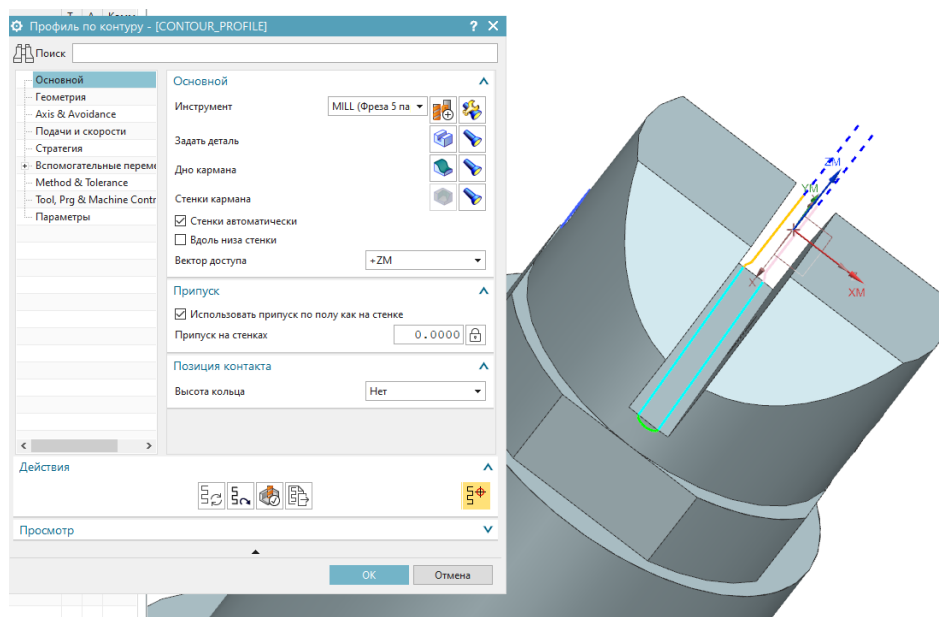


Рисунок 1.11 - Моделювання обробки в програмі NX

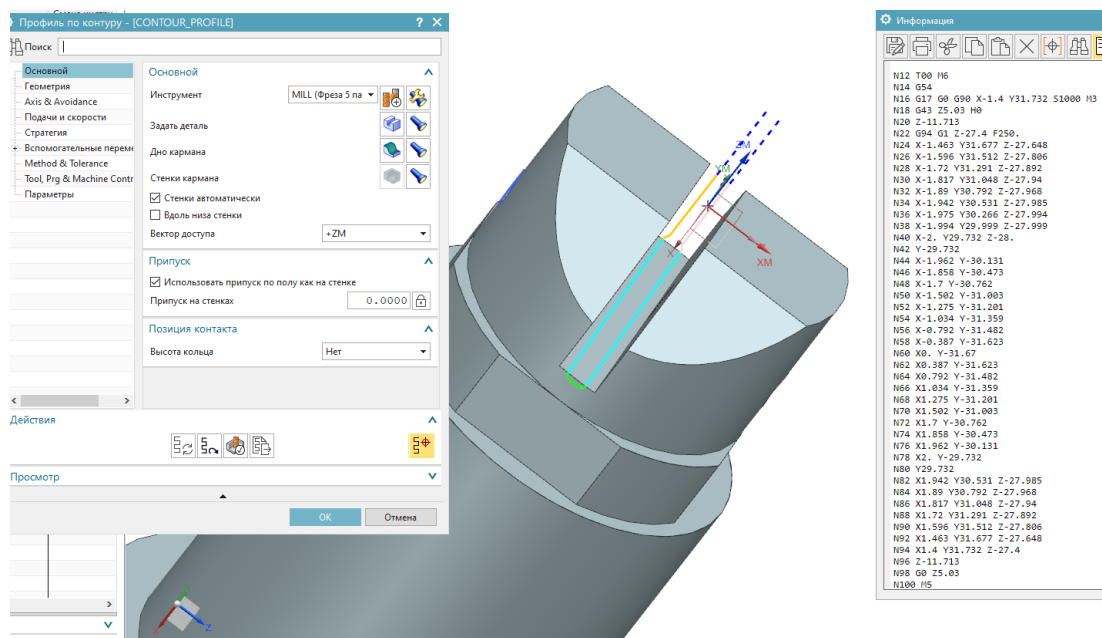


Рисунок 1.12 - Програма фрезерної обробки в програмі NX

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Проектування робочого пристосування

2.1.1 Опис конструкції і принципу роботи токарного пристосування

Деталь встановлюється в процесі обробки на затискне оправлення гідропласта (рис. 2.1). При цьому вимірювальною базою є вісь деталі, а настроювальною базою вісь пристосування.

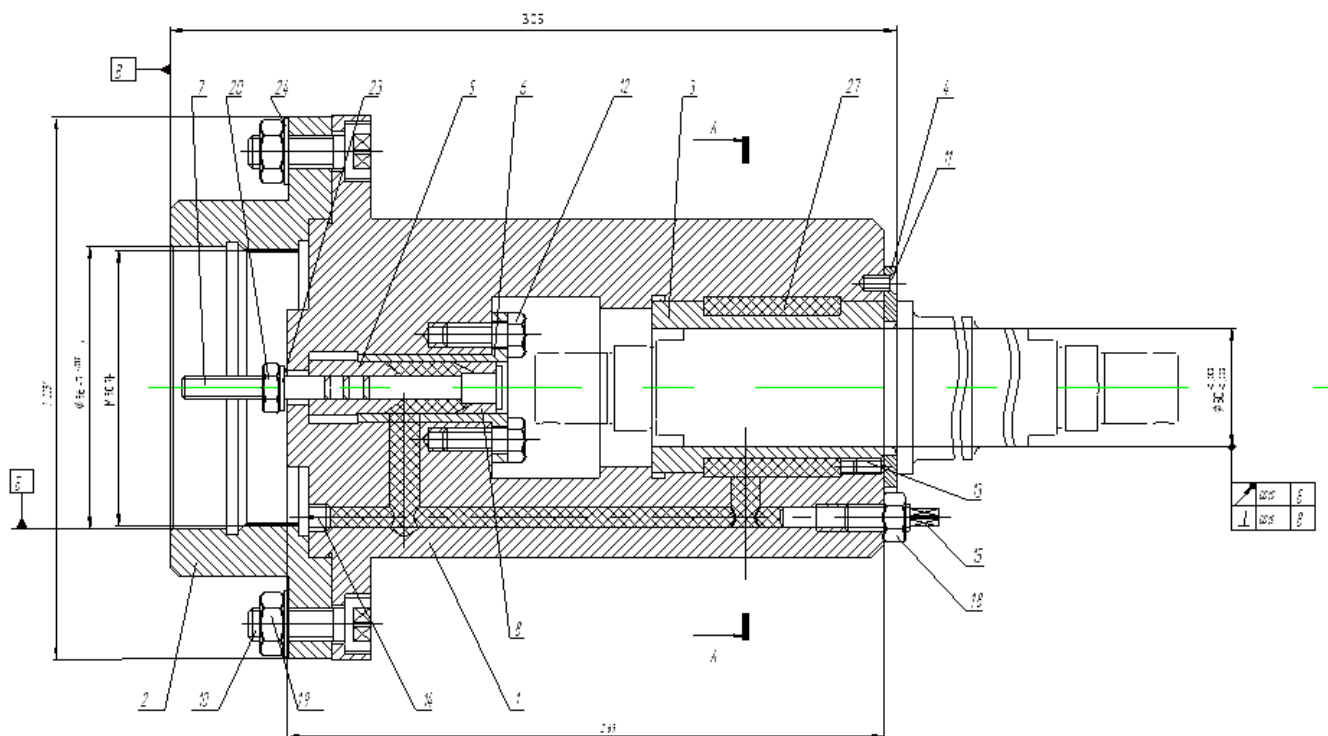


Рисунок 2.1 – Затискне оправлення гідропласта для обробки деталі на токарному верстаті

2.1.2. Визначення похибки установки

Похибка установки [1, стор. 134-136] визначається за формулою (2.1):

$$E_{\text{УСТ}} = \sqrt{E_{\text{БАЗ}}^2 + E_{\text{ЗАКР}}^2} \quad (2.1)$$

де $E_{закр}$ - похибка закріплення - це частина похибки установки, викликана зміщенням вимірювальної бази відносно встановленого на розмір різального інструменту, в наслідок того, що зім'яло мікронерівностей в зоні контакту заготівля - настановний елемент і пружних віджимань в наслідок прикладеної сили закріплення. Оскільки напрям сили затиску і розмірів обробки взаємно перпендикулярні, то $E_{закр}=0$

$E_{баз}$ — похибка базування — частина похибки установки, являє собою неспівпадання вимірювальної та настроювальної баз.

$$E_{баз} = 0,5 \cdot \delta = 0,5 \cdot 0,02 = 0,01 \text{ мм} \quad (2.2)$$

де δ - допуск на розмір діаметру обробки

$$E_{уст} = E_{баз} = 0,01 \text{ мм} \quad (2.3)$$

З практики відомо, що похибка установки не повинна перевищувати 1/3 допуски на розмір обробки тобто

$$E_{уст} = 0,01 \leq \frac{1}{3} \cdot Td_{обр} \leq \frac{1}{3} \cdot 0,02 = 0,007 \quad (2.4)$$

де $Td_{обр}$ - допуск на розмір обробки $Td_{обр} = 0,02 \text{ мм}$

2.1.3 Розрахунок пристосування на точність

Робимо розрахунок пристосування на точність.

Методика розрахунку базується на тому, що допуск на розмір обробки має бути більший або дорівнює сумі погрішностей, що виникають в процесі виготовлення і налаштування інструменту, пристосування і погрішностей тих, що безпосередньо виникають в процесі обробки.

Налаштування інструменту на розмір обробки робиться за допомогою еталону який не входить в систему пристосування.

Розрахунок цього пристосування на точність буде зводиться до визначення точності виготовлення пристосування.

$$T_H \leq T_{OBR} - (K1 \cdot E_{\phi} + K2 \cdot \omega) = 0,02 - (0,8 \cdot 0,01 + 0,6 \cdot 0,01) = 0,02 - 0,014 = 0,006$$

де $K1$ - коефіцієнт, що враховує зменшення погрішності базування в слідстві того, що настановний елемент в пристосуванні замінюється не часто, а дійсні розміри заготовки рідко рівні граничним: $K1=0,8$

$K2$ - коефіцієнт, що враховує долю погрішності обробки від загальної, такої, що викликається чинниками, не залежними від конструкції пристосування: $K2=0,6$

ω - середня економічна точність обробки : $\omega = 0,02$

Посилюємо до найближчого нормалізованого $\pm 0,005$. Це пристосування по точності виготовлення відноситься до пристосувань для чистової обробки.

2.1.4. Розрахунок необхідного зусилля закріплення деталі.

Методика визначення необхідних сил закріплення заснована на використанні принципу моментної рівноваги. Схеми дії сил затиску в пристосуванні показана на рис. 2.2.

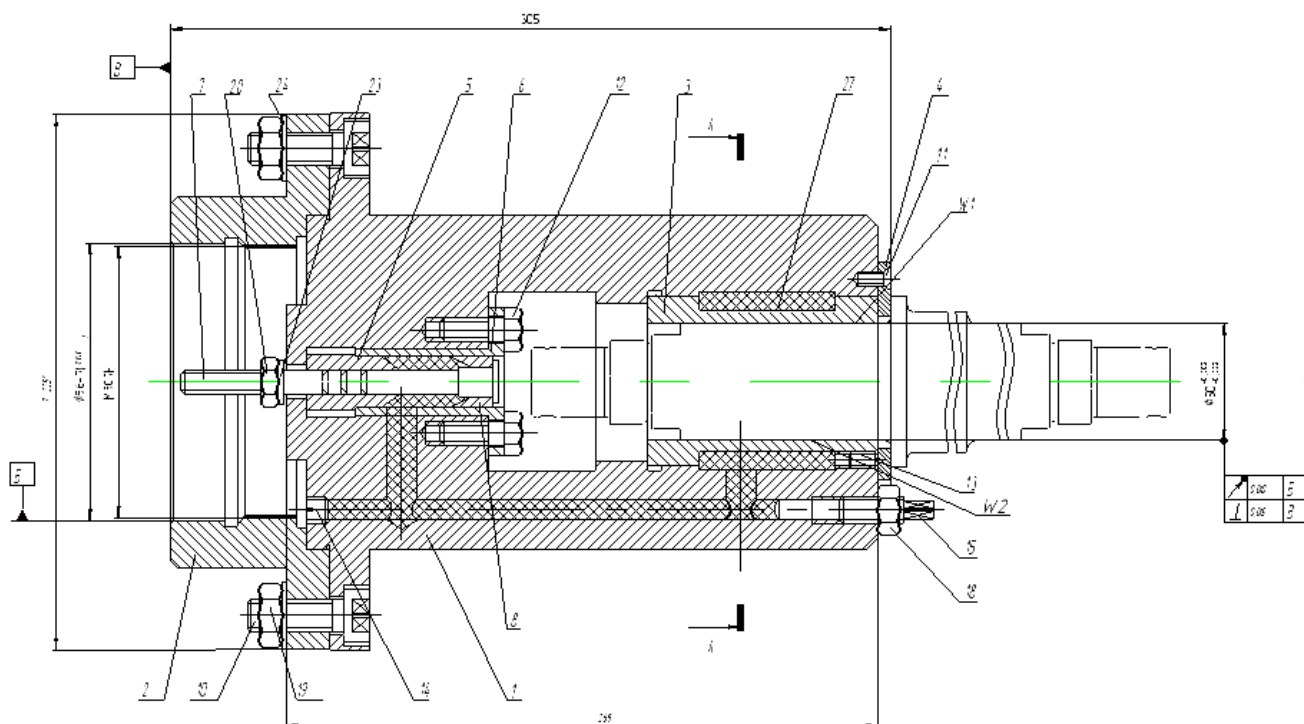


Рисунок 2.2 – Схема дії сил затиску в пристосуванні

У загальному випадку рівняння моментів рівнодій деталі в пристосуванні, які виникають під дією сил різання і сил затиску [11], має вигляд:

$$W=3kM_{mp} \quad (2.5)$$

де W - момент від сил тертя, Нм;

k - коефіцієнт запасу;

M_{mp} - момент від сил тертя в місцях затиску деталі в пристосування, Нм

$$M_{mp}=F_{mp}L \quad (2.5)$$

де L - відстань від осі до точки затиску;

F_{mp} - сила тертя, Н.

$$F_{mp}=N \cdot f;$$

де N сила діє на притиск від штока;

f - коефіцієнт тертя.

Таким чином, сила необхідна для затиску [11]:

$$Q = \frac{W}{k \cdot L \cdot f} \quad (2.6)$$

Сила затиску гідроциліндра рівна:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \quad (2.7)$$

де D - діаметр гідроциліндра, см;

p - тиск в гідроциліндрі, кгс/см²

Таким чином, потрібний гідроциліндр діаметром:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot k \cdot L \cdot f \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 75}{\pi \cdot 1,3 \cdot 0,03 \cdot 0,1 \cdot 50}} = 12,13 \text{ см}$$

З умови $D \leq [D]$ по [8 стор. 141], вибираємо гідроциліндр ГОСТ 16514-96

2.1.5 Розрахунок затискного пристрою

Розрахунок виконавчих розмірів гідропласта :

Використання гідропласта як середовища, передавального тиск, дозволяє створювати прості і раціональні конструкції затискаючих органів. У пристосуваннях типу оправлянь або патронів настановна поверхня втулки являється одночасно і що затискає. Це забезпечує високу точність установки і в той же час скорочує витрати часу на установку і закріплення.

Допустимий приріст затискаючої поверхні втулки

$$\Delta = \delta_{\text{заз}} + \delta_{\text{пат}} \quad (2.8)$$

де $\delta_{\text{заз}}$ - проміжок між настановною поверхнею втулки і заготівлю;

δпат - натяг, що створює затиск заготовки.

Приріст ΔD діаметру втулки залежить від властивостей сталі, з якої вона виготовлена, і умов термічної обробки. Для виготовлення втулок застосовують вуглецеві і леговані сталі з межею пружності після термічної обробки $\sigma_{0.05} = 70 \div 90 \text{ кгс/мм}^2$.

Для виготовлення втулок діаметром до 40мм застосовують сталь марки 40Х (ГОСТ 4543-71), зверху 40мм - сталь У7А (ГОСТ 1435- 74). Твердість після термічної обробки для втулок діаметром до 40 мм HRC 35...40, зверху 40мм - HRC 33-36. Застосовують також леговані сталі марок 30ХГС, 12ХНЗА та ін.

Допустима межа пружності, по якій розраховують приріст ΔD діаметру втулки, повинна складати $\sigma_{0.05}$

В цілях найбільш раціонального використання пружних властивостей втулок для центрування і затиску їх посадочну поверхню виготовляють по 2-у класу точності з посадками А або Д(для патрона або оправляння) . Практичне застосування втулок із сталі з межею пружності $\sigma_{0.05}=50-70 \text{ кгс/мм}^2$ можливо для заготівель з базовою поверхнею, виготовленою по 2-у класу точності при $d \geq 10 \text{ мм}$, по 3-у класу точності при $d \geq 25 \text{ мм}$ б по 4-у класу точності при $d \geq 90 \text{ мм}$, де d— діаметр заготовки, що затискається.

Максимальний посадочний проміжок між заготівлею і настановною поверхнею втулки(до затиску), при затиску по внутрішній поверхні:

$$\delta_{\max} = D_{\text{вт. min}} - D_{\text{зд. max}} = 60,123 - 60,023 = 0,1$$

Допустимий приріст діаметру настановної втулки практично для легованих сталей в середньому

$$\Delta D = 0,002 - 0,0025 \text{ мм.}$$

Натяг при затиску заготовки :

$$\delta_{\text{нат}} = \Delta D - \delta_{\text{max}} = 0,0005 - 0,1 = 0,0995 \text{ мм}$$

Товщина стінки настановної поверхні втулки

$$b = 0.025 \cdot D = 1,5 \text{ мм.}$$

Зусилля затиску, протидіюче зміщенню заготовки, кгс

$$P = 100 \cdot \frac{2b}{D} \sqrt{\frac{2b}{D}} \cdot \delta_{\text{нат}} \cdot D = 100 \cdot \frac{2 \cdot 0,15}{6} \sqrt{\frac{2 \cdot 0,15}{6}} \cdot 0,0995 \cdot 6 = 0,66 \text{ кгс} \cdot \text{см} \quad (2.9)$$

Передаваний момент, що крутить, кгс·см:

$$M = 100 \cdot D b \sqrt{\frac{2b}{D}} \cdot \delta_{\text{нат}} \cdot D = 100 \cdot 6 \cdot 0,15 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,15}{6}} \cdot 0,0995 \cdot 6 = 20,12 \text{ кгс} \cdot \text{см} \quad (2.10)$$

Рекомендована висота робочої порожнини під заповнення гідропластом

$$H = 2\sqrt[3]{D} = 7,82 \text{ мм} \quad (2.11)$$

Збільшення об'єму робочої порожнини за рахунок приросту діаметру втулки

$$\Delta V = \pi \cdot D \cdot L \frac{\Delta D}{2} = 1410 \text{ мм}^3 \quad (2.12)$$

Зменшення об'єму гідропласта за рахунок стисливості повітряних бульбашок, що знаходяться в її середовищі

$$v = 0,002 \cdot V = 4,176 \text{ мм}^3 \quad (2.13)$$

Величина угвинчування плунжера, необхідна для затиску заготовки

$$m = \frac{4(\Delta V + v)}{m \cdot l^2} = 18,5 \text{ мм} \quad (2.14)$$

Діаметр штока

$$d_1 = (1,5 \dots 1,8) \sqrt{D} = 15 \text{ мм} \quad (2.14)$$

2.1.6 Перевірочний розрахунок на міцність деталей пристосування

У конструкції пристосування максимальне осьове навантаження випробовує шток

Умова міцності штока

$$\sigma_p = \frac{P_{um}}{\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} - d \cdot s\right)} \quad (2.13)$$

де $P_{шт}$ - сила на штоці рівна 500Н.

d - діаметр штока, м;

s - діаметр штифта, м.

$$\sigma_p = \frac{500}{\left(\frac{\pi \cdot 15^2}{4} - 0,015 \cdot 0,04\right)} = 4,3 \text{ МПа} \leq [\sigma_B] = 350 \text{ МПа}$$

Таким чином умова міцності виконується

2.2 Фрезерне пристосування

2.2.1 Опис конструкції і принципу роботи

Це пристосування служить для фрезерування пазів.

Пристосування складається з основи 1 на якій розташовується корпус пневмопривода 2. На корпусі пневмопривода 2 розташовується плита 3 на якій у свою чергу встановлені нерухома призма 4 і регульована призма 15. Упор 19 встановлений таким чином щоб забезпечувати осьове положення пазів. Налаштування пристосування здійснюється за допомогою еталонного валу. Деталь встановлюється в призми 4 і 15 таким чином щоб торець валу упирався впритул 19. Після того, як деталь встановлена подається повітря в порожнину пневмоциліндра. Створений тиск переміщає поршень 9, який своєю черга через шток 7 притискує деталь затискним важелем 5. Затиск відбувається двома пневмоциліндрами що дозволяє здійснювати обробку двох пазів за один установ.

2.3 Контрольне пристосування

2.3.1 Опис конструкції і принципу роботи

Це контрольне пристосування - контрольне вимірювальне пристосування для перевірки биття посадочних місць валу (рис. 2.3). Воно є плитою 9, на якій розташовані стійки з призмами 10, кожухи 6 і 8, важільна система 15 з упорами 20, електронними датчиками 2 і індикаторним табло 3. Упори 20 торкаються деталі, а щуп датчика знімає свідчення биття поверхні і видає на індикаторне табло 3 інформацію про придатність деталі.

Биття визначається як різницю найбільшого і найменшого відстаней від точок реальної поверхні, розташованих на колі заданого діаметру до площини, перпендикулярної до базової осі обертання. Биття є результатом відхилення геометричної форми поверхні і відхилення осі реальної поверхні до базової осі.

Деталь(контрольний валик встановлюється) в жорстку призму III, призми I, II, IV, V переміщаючись на рухливих елементах орієнтуються відносно неї по діаметрах поверхонь валу.

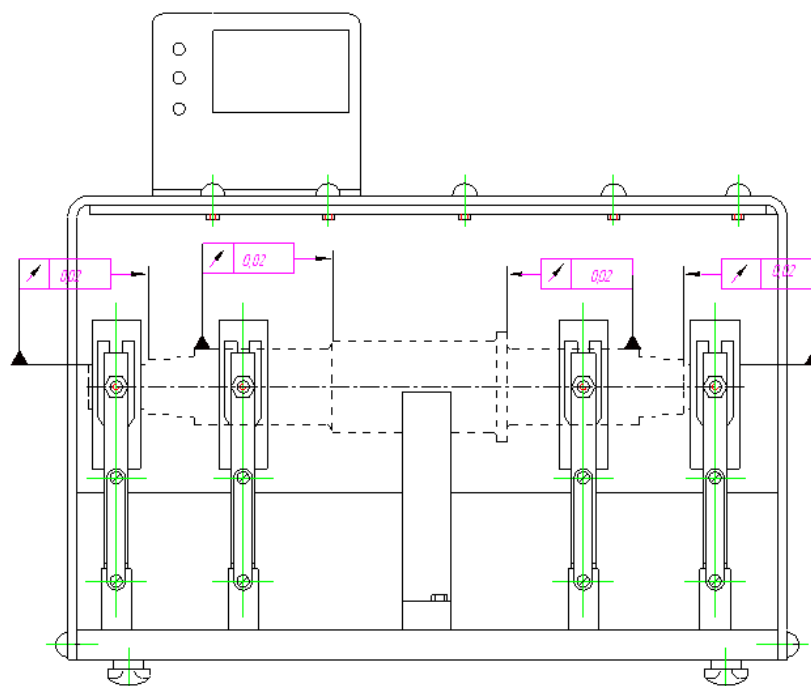


Рисунок 2.3 – Схема установки деталі у пристосуванні

На електронному табло пристосування встановлюється «0» положень усіх датчиків. Знімаємо контрольний зразок валу і встановлюємо контрольовану деталь. Провертаємо деталь в призмах фіксуємо показники датчиків в різних положеннях. Аналізуємо показання приладу і перевіряємо допустимі відхилення. Звільняємо прилад для контролю наступної деталі.

2.3.2 Розрахунок похибки виміру

Похибка базування дозволила поєднати технологічну і вимірну бази для вимірюваного параметра, то $\varepsilon_{\delta_{0,02}} = 0$. Також відпадає необхідність в закріпленні деталі в Кіпі. Отже $\varepsilon_{z_{0,02}} = 0$.

Вибірання засобу виміру розпочнемо з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних і надійностних характеристик, які повинні мати засоби виміру.

Сумарної похибки виміру КІП, що припускається, знаходиться як частину допуску контрольованого параметра (биття не більше 0,02мм $|\delta_{изм}| = k \cdot IT$, де k залежить від квалитета або міри точності контрольованого параметра і може набувати значень від 0,2 до 0,35. Для нашому випадку приймаємо $до=0,35$ [4, с.3].

$$|\delta_{изм}| = 0,35 \cdot 20 = 7 \text{ мкм}$$

Відповідно до ГОСТ 8.051-81(СТ СБ 303-76) [1, с. 118-120, таблиця. 4.1] рекомендується прийняти $|\delta_{изм}| = 7 \text{ мкм}$.

Визначимо допустиму погрішність засобу виміру (інструментальну похибку) [1, с. 127]:

$$|\Delta_{ин}| = 0,7 |\delta_{изм}| = 0,7 \cdot 7 = 4,9 \approx 5 \text{ мкм}.$$

Ціна ділення визначається залежно від величини допустимої інструментальної погрішності СІ. Приймаємо $|z| = |\Delta_{ин}| = 5 \text{ мкм}$.

Межа вимірів засобу(діапазон вимірів) визначається умовами експлуатації.

Вимірювальне зусилля $R_{ус}$ обумовлюється характером контрольованих поверхонь при вимірі, жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допуску вимірюваного параметра. Значення вимірювального зусилля набуваємо рівним 500сН, оскільки обмеження на його величину відсутній. Допустиме коливання вимірювального зусилля обумовлене величиною $|B| = 1 \text{ мм}$.

Основним нормованим показником надійності СІ є напрацювання $t(P)$ до першої відмови при вірогідності безвідмовної роботи P . Відповідно до ГОСТ 23542-79 обумовимо кількістю циклів вимірів, що забезпечує задану кількість контрольних операцій.

За 3 роки буде виготовлено 15000 виробів. Контролюватися буде 25%, тобто 3750 штук

$$t = 3750 \cdot 2 = 7500 \text{ циклів}$$

Вірогідністю безвідмовної роботи задамося $\underline{\quad}$, виходячи з можливостей вимірювальних засобів, що випускаються інструментальною галуззю машинобудування.

Пошук ЗВ по заданих обмеженнях [3, с.95-99].

Після того, як сталі відомі допустимі значення за метрологічними, експлуатаційними і надійностним показниками, можемо приступити до пошуку ЗВ. Прийнятним вважається ЗВ, значення характеристик якого знаходяться в такому співвідношенні з допустимими:

$$\begin{array}{ll} \Delta_{ин} \leq |\Delta_{ин}| & c \leq |c| \\ a \geq |a| & A \geq |A| \\ B \geq |B| & P_{yc} \leq |P_{yc}| \\ \Delta P \leq |\Delta P| & t(P) \geq |t(P)| \\ P \geq |P| & \end{array}$$

Пошук здійснюємо в таблицях технічних характеристик електронних вимірювальних голівок.

Зіставивши ці значення з допустимими(розрахунковими), приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності і економічності дотримуються.

Інші СІ мають надмірну точність і меншу надійність.

2.3.3 Розрахунок сумарної погрішності виміру КВП.

$$\varepsilon_{кп} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_{\varepsilon} + \Delta_{ин} + \Delta_t + \Delta_{вус} \quad (2.14)$$

де Δ_p - похибка передатного пристрою, оскільки в конструкції нашого КІП передатний пристрій відсутній;

Δ_{ε} – похибка виготовлення еталонної деталі;

$\Delta_{ин}$ – похибка вибраного засобу виміру $\Delta_{ин}=2\text{мкм}$;

Δ_t – похибка, викликана зміною температури довкілля, в нашому випадку $\Delta t=0$.

Δ_{yc} – похибка, що викликається вимірювальним зусиллям за рахунок контактної деформації.

Визначимо фактичну погрішність по формулі Герца :

$$\Delta_{yc} = 0,43 \cdot K \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{yc}^2}{r}} = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{2^2}{5}} = 0,032 \text{ мкм}$$

де P_{yc} - вимірювальне зусилля, Н ($P_{yc}=2\text{Н}$);

r - радіус вимірювального наконечника, мм ($r = 5\text{мм}$);

K - коефіцієнт, залежний від матеріалу наконечника ($K=0,81$).

ε – похибка положення контрольованої деталі в пристосуванні.

Вона визначається як:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (2.15)$$

де ε_0 - похибка базування. У нашому випадку вона дорівнює 0.

ε_3 – похибка закріплення. Оскільки вимір проводиться без закріплення $\varepsilon_3 = 0$.

ε_{np} – неточність виготовлення елементів пристосування, що беруть участь у формуванні розмірного ланцюга. Визначається квадратичним підсумовуванням елементарних погрішностей, викликаних як неточністю виготовлення деталей для установки ЗВ, так і для базування об'єкту контролю.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2}, \quad (2.16)$$

де $\Delta_1=0=0$ - відхилення положення осі наконечника від заданої точки виміру;

$\Delta_2=10$ мкм - похибка положення наконечника у вертикальному напрямі;

$\Delta_3 = 4$ мкм - похибка осьового переміщення;

$\Delta_4 = 0$ – похибка виміру величини відхилення від паралельності переміщення вимірювального наконечника відносно осі отвору в кронштейні. Від неспівпадання переміщення наконечника і вимірюваного параметра виникає погрішність в соті долі мікрометра, тому нею можна нехтувати;

$$\Delta_5 = 0;$$

$\Delta_6 = 0$ – похибка від неспівпадання напряму виміру і розміру.

Тоді:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2} = \sqrt{0 + 10^2 + 4^2 + 0 + 0 + 0} = 10,7 \text{ мкм}$$

Похибка положення вимірюваної деталі можна вчислити по формулі:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_{np}^2}$$

$$\varepsilon = \sqrt{0 + 0 + 10,7^2} = 10,7 \text{ мкм}$$

Підставивши знайдені значення, отримаємо фактичну сумарну похибка КІП :

$$\varepsilon_{кип} = \varepsilon + \Delta p + \Delta \alpha + \Delta_{ин} + \Delta t + \Delta_{вус}$$

$$\varepsilon_{кип} = 10,7 + 0 + 0 + 2 + 0 + 0,32 = 13,02 \text{ мкм.}$$

Зіставивши фактичну сумарну погрішність $\varepsilon_{кип}$ з допустимою $|\delta_{зм}| = 20 \text{ мкм}$, робимо висновок про те, що необхідна умова точності дотримується :

$$\varepsilon_{кип} = 13,02 \text{ мкм} < 20 \text{ мкм.}$$

3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВІДВЕДЕННЯ СТРУЖКИ

В умовах автоматизованого виробництва стружка віддаляється різними пристроями, які в сукупності складають окрему транспортну систему [12]. Залежно від розміщення обладнання та організації праці застосовуються дві автоматизовані системи збирання стружки:

- 1) автономні конвеєри виносять стружку з верстатів в загальний магістральний конвеєр, який встановлюється поза виробничого обладнання;
- 2) стружка транспортується магістральним конвеєром, вбудованим безпосередньо в виробничу систему.

Вибір того чи іншого принципу відведення стружки залежить від конкретних умов роботи автоматизованого обладнання (форми і розмірів стружки, застосування або відсутності МОР, необхідність повернення супутників і т.д.).

Транспортні конвеєри для прибирання стружки бувають механічними, пневматичними, гідравлічними і магнітними.

До механічних конвеєрів відносяться стрічкові зі сталевую або прогумованої стрічкою, скребкові, йоржеві, вібраційні, шнекові.

Стрічкові конвеєри (рис. 3.1, а) мають високу продуктивність, можуть транспортувати стружку на великі відстані, прості за конструкцією, безшумні і економічні в роботі. До недоліків цього типу конвеєрів можна віднести швидкий знос стрічки 1 і те, що частина стружки несеться холостий гілкою стрічки під раму 2.

Скребкові конвеєри застосовують для транспортування дрібної роздробленої стружки. Вони бувають двох видів: нескінченна стрічка 1, на якій розташовані скребки (рис. 3.1, б), і штанга 2 зі скребками, що здійснюють зворотно-поступальний переміщення (рис. 3.1, в). Скребкові конвеєри дають можливість транспортувати стружку під значним кутом нахилу і ефективно працюють при перенесенні стружки на невеликі відстані.

Йоржеві конвеєри (рис. 3.1, г) представляють собою металеві жолоб 3 з привареними шипами. Всередині жолоби здійснює зворотно-поступальний рух штанга 2 з йоржами 1.

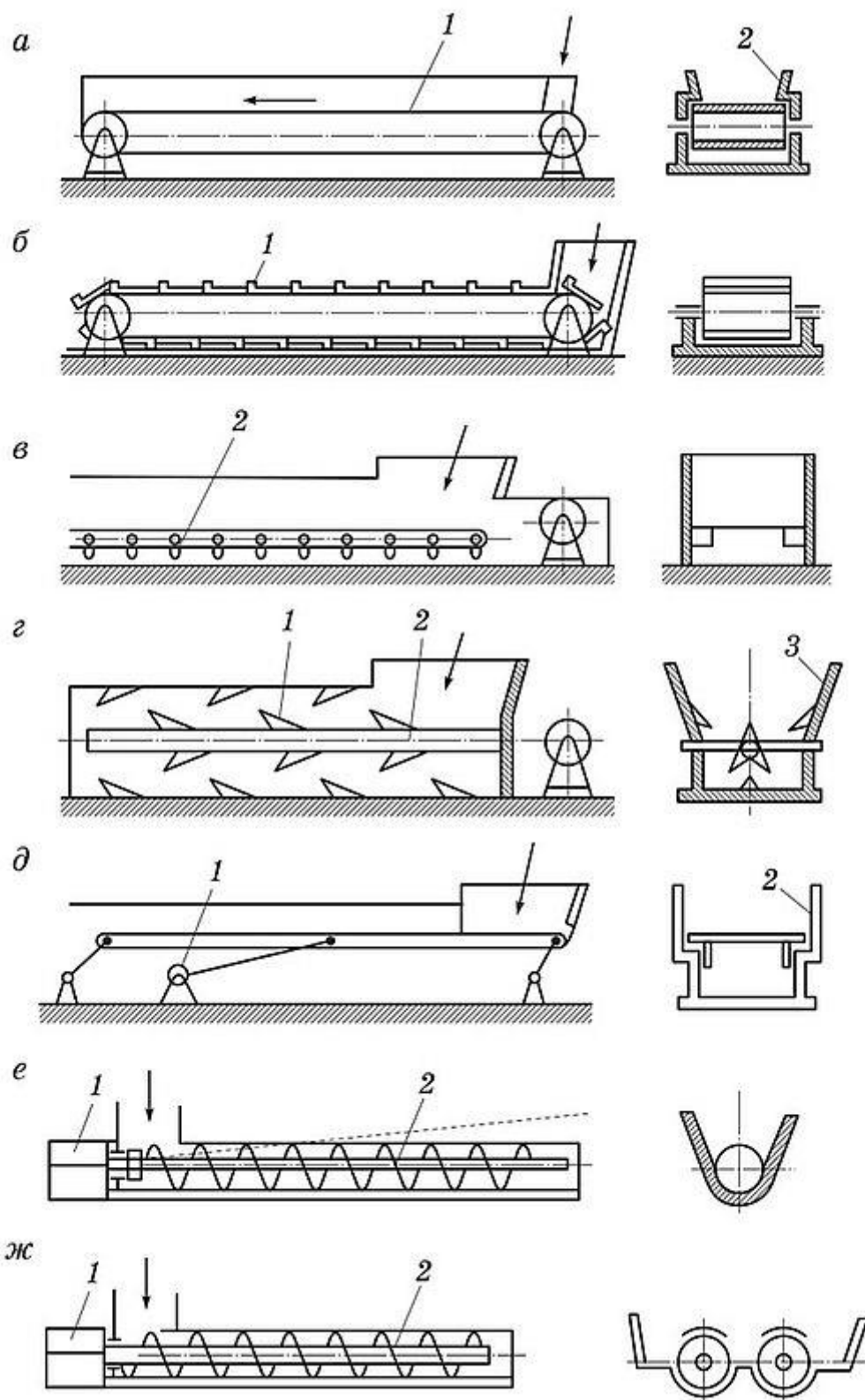


Рисунок 3.1 – Механічні транспортери для відведення стружки

При русі справа наліво (робочий хід) штанга йоржами захоплює стружку і проштовхує її вперед. При русі зліва направо (холостий хід) штанга прослизає по стружці, яка утримується шипами жолоби. Найбільш ефективний цей тип конвеєра при транспортуванні кручений або зливний стружки.

Використовуються для збирання стружки також вібраційні транспортери (рис. 3.1, д), які складаються з ринви на пружних упорах 2, що здійснює вібраційне рух, і механічного або електромагнітного Вібропривід 1. Вони однаково ефективно використовуються для транспортування як дрібної, так і кручений стружки.

Шнекові конвеєри (рис. 3.1, е, ж) складаються з металевого жолоба, в якому розташовується гвинт 2, який одержує обертання від приводу 1. При обертанні гвинт проштовхує стружку по жолобу. Ці конвеєри виконуються з одним гвинтом - Одношнекові (е) або двома - двухшнекові (ж). Шнекові конвеєри надійно і ефективно працюють з будь-яким видом стружки.

Пневматичні пристрої бувають з нагнітальної, усмоктувальної і всмоктувально-нагнітаючі системами.

У нагнітаючій системі (рис. 3.2, а) стружка вводиться в трубопровід 4 з воронки 2 за допомогою шлюзового затвора 3, що перешкоджає проході повітря в воронку. Повітряний потік, створюваний повітродувної установкою 1, захоплює стружку по трубопроводу 4. Повітряний потік має надлишковий тиск 0,03...0,04 МПа і швидкість до 25 м / с.

У всмоктувальній системі (рис. 3.2, б) стружка засмоктується через воронку 2 за допомогою повітряного потоку, створюваного в трубі 3 вакуум-насосом або вентилятором 1. Потік повітря створюється за рахунок розрідження до 0,055 МПа, і його швидкість досягає 25...65 м / с.

У всмоктувально-нагнітальної системі (рис. 3.2, в) стружка засмоктується з воронки 2 за рахунок розрідження, що утворюється потоком повітря, що нагнітається 1.

Видалення стружки за допомогою пневматичних пристроїв рекомендується застосовувати, якщо в процесі обробки заготовок утворюється пилоподібна стружка.

При використанні гідравлічних пристроїв стружка з кожного верстата 2 змивається сильним струменем МОР і надходить в загальний жолоб 1, по якому рухається до збірки 5 (рис. 3.2, г). У збірнику 5 МОР відділяється від стружки і подається насосом 4 по трубі 3 назад до верстатів. Стружка конвеєром 6 виноситься в тару.

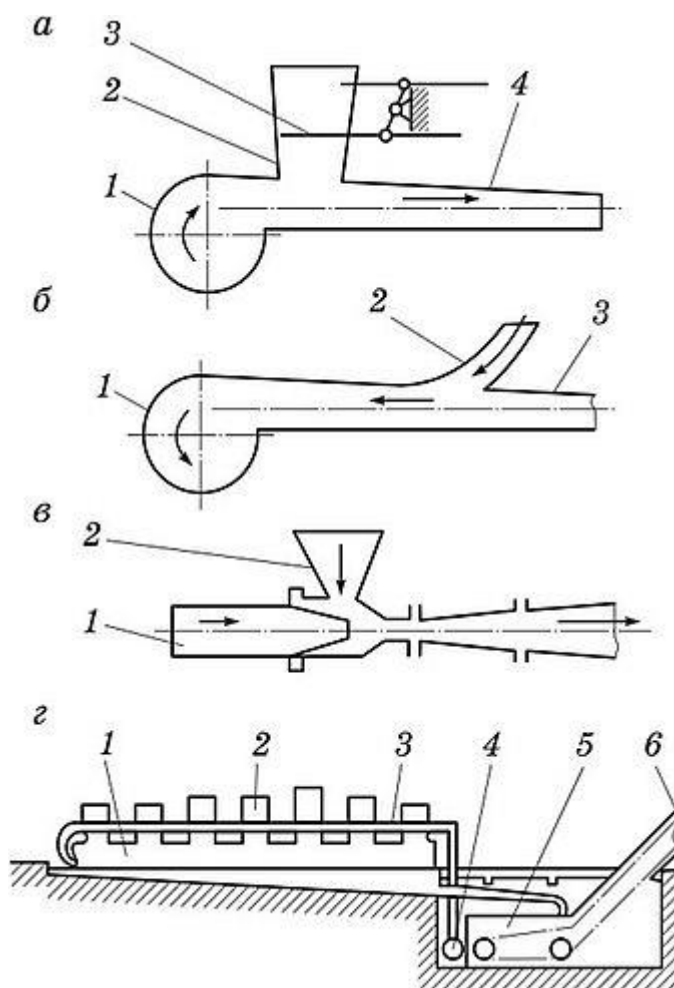


Рисунок 3.2 – Пневматичні та гідравлічні транспортери для відводу стружки

Магнітні пристрої призначені для видалення дрібної, розміром до 3 мм, стружки зі сталі, чавуну або інших магнітних матеріалів. Їх виготовляють у вигляді магнітних сепараторів або магнітних конвеєрів. У магнітних сепараторах верстатів для абразивної обробки магнітний барабан використовується як для очищення МОР, так і для видалення стружки і шламу (рис. 3.3, а). Зняття захоплених магнітним полем феромагнітних частинок з поверхні барабана здійснюється за допомогою скребка.

Магнітні конвеєри призначені головним чином для відводу дрібної стружки від зуборізних верстатів, пив і т.п. При цьому магніти можуть бути закріплені стаціонарно (рис. 3.3, б) або переміщатися разом з цапфами роликів ланцюгів, які рухаються по напрямних рейках з боків корпусу конвеєра. Транспортується стружка переміщається уздовж аркуша з магнітного матеріалу, який закриває внутрішню частину конвеєра.

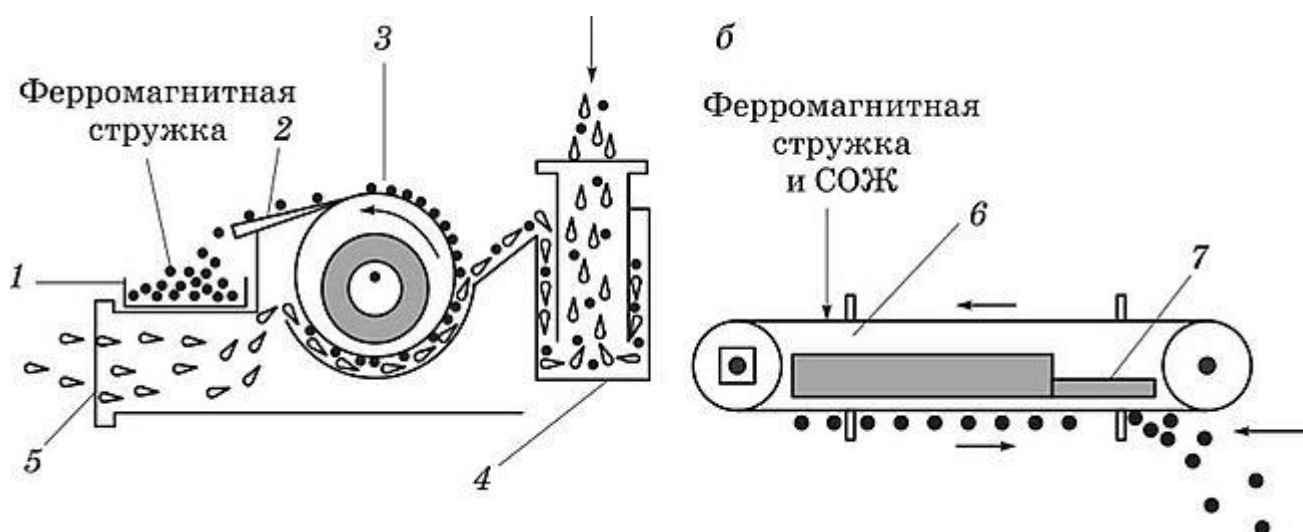


Рисунок 3.3 – Схеми роботи магнітного сепаратора (а) та магнітного конвеєра (б):

- 1 — мусоросбірник; 2 — скребок; 3 — магнітний барабан; 4 — відстійник;
5 — злив очищеної ЗОТС; 6 — магнітна плита; 7 — допоміжна магнітна плита

4 СПЕЦЗАВДАННЯ

4.1 Вступ

Первинне соціально-економічне значення придбаває широке впровадження маловідхідної технології виготовлення заготівель, всемірне скорочення припусків на механічну обробку. Одночасно потрібна організація на підприємствах машинобудування єдиної системи видалення пилу і стружки із зони різання, механізоване транспортування їх до місця збору і брикетування. Таке рішення дозволяє усунути безповоротні втрати металу (у зв'язку з окисленням, розсіпом стружки і забрудненнями сторонніми включеннями); скоротити велике число прибиральників стружки; підвищити безпеку праці (скоротити випадки травмування стружкою); поліпшити гігієнічні умови праці верстатників. При вдосконаленні існуючих і впровадженні нових технологічних процесів і устаткування необхідно забезпечувати дотримання нормативів про шкідливі дії та атмосферне повітря. При цьому повинні передбачатися уловлювання, утилізація, знешкодження шкідливих речовин і відходів. Ця вимога повною мірою відноситься до обробки на металообробних верстатах ряду металів і неметалічних матеріалів з шкідливими наповнювачами (берилій, свинцеві бронзи і латуні, різні пластмаси), а також сильнопылящих матеріалів - сірий чавун, графіть та ін.

Проблема видалення пилу і стружки безпосередньо від різальних інструментів набуває важливого значення у зв'язку з технічним прогресом у верстатобудуванні, особливо у зв'язку з підвищенням швидкостей різання, широким впровадженням верстатів з програмним управлінням, роботизованих систем і їх комплексів. Практика показує, що стружка і пил оброблюваного матеріалу дуже негативно впливають на надійність роботи цих складних систем і безпеку обслуговуючого їх персоналу.

З вітчизняної і зарубіжної практики відоме велике число різних пристроїв, призначених для захисту обслуговуючого верстати персоналу від пилу і травм відлітаючою стружкою. Це різні модифікації засобів індивідуального захисту

(окуляри, наголовные щитки, напівмаски, респіратори та ін.); облаштування колективного захисту - обгороджування зони різання, відсмоктування пилу з укриття зони різання, різні відбивачі стружки, що частково направляють її на вбудовані у верстатах транспортери(шнекові, стрічкові та ін.). Відомі немало технічних засобів, призначених для попередження травм(у вигляді порізів) стрічковою стружкою, - різні облаштування дроблення сталеві стружки в процесі різання. Проте ці засоби захисту, будучи корисними і доки необхідними, не вирішують проблему в цілому, що виникла у зв'язку з науково-технічним прогресом.

4.2 Закономірності формоутворення і напрямку руху потоку стружки і пилових часток.

Спостереження за процесом різання ряду крихких металів і неметалічних матеріалів у виробничих умовах і проведення серії експериментів в лабораторних умовах показали, що формоутворення і напрям потоку елементних стружок залежать від ряду чинників. Основними з них є характер обробки(точіння, фрезерування, свердління і тому подібне), фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу, режими різання і геометричні параметри різального інструменту.

Дослідження проводилися при точінні, фрезеруванні і свердлінні сірого чавуну, крихкої латуні і бронзи, нейзильберу, графіту, текстоліту, карболіту, склотекстоліту і деревних пластиків. Вибір оброблюваних матеріалів для дослідження визначався численними запитами промислових підприємств на пристрої по знепилюванню і захисту від стружки і перспективами широкого впровадження в промисловості крихких неметалічних матеріалів.

Режими різання і геометричні параметри різального інструменту приймалися по відповідних нормативах і з досвіду промислових підприємств.

При дослідженні визначалися форма потоку стружки і його напрям, а також морфологія елементної стружки, що утворюється за різних умов різання крихких матеріалів. При цьому увага була зосереджена головним чином на вивченні впливу на формоутворення потоку стружки швидкості, подання і глибини різання, основних параметрів різального інструменту і специфічних особливостей різання прийнятим інструментом: подовжнього зовнішнього точіння, попутного і зустрічного фрезерування, свердління з поданням зверху вниз і від низу до верху і так далі

Для дослідження використовувалися швидкісна кінозйомка і фотометод, результати досліджень послужили основою для визначення шляхів найбільш ефективного технічного рішення проблеми безперервного видалення стружки і пилу від різальних інструментів.

Узагальнюючи результати досліджень процесу формоутворення і напрямку потоку стружки і пилових часток, можна зробити наступні висновки.

1. При точінні, фрезеруванні і свердлінні крихких матеріалів від оброблюваній деталі відділяється потік стружки і пилових часток складною геометричної форми, яка змінюється зі зміною умов різання.

При точінні крихких матеріалів на малих поданнях($s < 0,15$ мм/о) і відносно великих швидкостях різання($v > 80$ м/мін) форма потоку близька до форми конуса з вершиною у різальній кромки інструменту.

У міру збільшення подання переріз потоку стружки поблизу місця його відділення набуває усе більш витягнутої еліпсоподібну форми; при поданнях $s=0,4-0,6$ мм/об (залежно від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу) потік лягає на передню грань різця і стає плоскими.

При фрезеруванні крихких матеріалів основний потік стружки і пилових часток має зоні різання форму, що наближається до форми клину.

При свердлінні крихких матеріалів потік елементної стружки має воронкоподібну, дзвоноподібну або складнішу форму головним чином залежно від характеру подання свердла(зверху вниз, від низу до верху і так далі).

2. Напрямок потоку стружки і пилових часток при фрезеруванні циліндричними і дисковими фрезами завжди визначається напрямом обертання фрези. Величина кута відхилення потоку стружки від оброблюваної поверхні залежить від режимів обробки і головним образом від глибини різання, а також від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу.

4.3. Пилостружкоприймачі

На підставі вітчизняного і зарубіжного досвіду, а також результатів досліджень процесу формоутворення і напрямку потоку стружки і пилових часток можна стверджувати, що одним з найбільш ефективних шляхів вирішення проблеми безперервного видалення стружки і пилу є створення раціональних пилостружкоприймачів, органічно пов'язаних з різальними інструментами і з пневмотранспортним пристроєм, працюючим на всмоктування.

Техніко-економічна доцільність уловлювання і видалення стружки і пилу(особливо металевих) від різального інструменту за допомогою пилостружкоприймачів значною мірою визначається швидкістю повітряного потоку і об'ємом повітря в пилостружкоприймачах і транспортних трубопроводах.

С.Н. Святковим [13] вичислене, що для відхилення повітряним потоком в приймач деревної тирси, що летить паралельно вхідному (всмоктуючому) отвору приймача, потрібна швидкість повітря в цій зоні 66 м/с.

Дослідження показують, що при сучасних режимах різання бронзи і латуні металева елементна стружка має значно більшу, ніж деревна кінетичною енергією, і знадобилася б значно велика швидкість повітряного потоку для відхилення її в приймач(в усякому разі, що перевищує 100 м/с). Створення таких швидкостей повітряного потоку в зоні різання при великих об'ємах повітря представляє значні технічні труднощі.

У зв'язку з цим запропоновано для уловлювання потоку стружки і пилових часток використати їх кінетичну енергію, закономірності формування і напрям потоку стружки і застосовувати спеціальні пилостружкоприймачі, розташовані у безпосередній близькості від різальної кромки інструменту. Повітряний потік слід використати головним чином для безперервного видалення(переміщення) стружки і пилу з пилостружкоприймачів по трубопроводах за межі верстата і для уловлювання легких пилових часток в зоні їх освіти.

Доцільність прийнятого шляху вирішення проблеми безперервного видалень елементної стружки і пилу від різальних інструментів обґрунтовується також деякими експериментами, проведеними М.Ф. Бромлеєм [14] для визначення зміни швидкостей повітряного потоку у всмоктуючого отвору. Цими дослідженнями, зокрема, встановлено, що у міру видалення від всмоктуючого отвору швидкість повітряного потоку дуже швидко убиває. Так, наприклад, на відстані, рівному $1/2$ діаметри всмоктуючого отвору, швидкість повітряного потоку складає близько 20 % швидкості в площині всмоктуючого отвору, а на відстані одного діаметру - всього біля 6 %.

Виходячи з цих даних, а також з результатів дослідження, представляється можливим дещо конкретизувати вимоги до пилостружкоприймачів.

При проектуванні пилостружкоприймачів необхідно враховувати форму, напрям і кінетичну енергію потоку стружки і пилових часток, що утворюються в заданих умовах різання, а також форму, розмір і масу елементної стружки.

Вхідний отвір пилостружкоприймачів слід розташовувати зустрічно до напрямку потоку стружки і пилових часток.

Геометрична форма вхідного отвору пилостружкоприймачів переважна прямокутна, така, що наближається до квадрата. В окремих випадках(наприклад, для свердління) доцільне застосування щілинних приймачів з вхідним отвором для стружки і свердла у вигляді кола. Відстань від робочої частини різального інструменту до вхідного отвору пилостружкоприймачів має бути мінімальною.

Доцільно, щоб пилостружкоприймачі були конструктивно пов'язані з пристосуваннями для закріплення або напрямку різального інструменту (з

різцетримачем, фрезерною або свердлувальною голівкою, кондукторною плитою і т. д.) і складали їх невід'ємну частину.

Форма, розміри і спосіб кріплення пилостружкоприймачів на верстаті повинні забезпечувати швидке знімання різального інструменту для його заточування і переналадки і не утрудняти спостереження за зоною різання.

Пилостружкоприймачі для токарних верстатів доцільно вбудовувати в державки різального інструменту, а для багатошпиндельних свердлувальних верстатів - в кондукторні плити. пилостружкоприймачі для фрезерних верстатів повинні забезпечувати також захист від випадкового дотику верстатників фрези, що обертається, тобто служити обгороджуванням фрези.

4.4. Пилостружкоприймачі для токарних верстатів.

Проблема створення таких пилостружкоприймачів вирішувалася нами стосовно трьох основних токарних операцій: зовнішнє подовжнє точіння, поперечне точіння(підрізування торця) і розточування отворів. При цьому була зроблена спроба вбудувати пилостружкоприймачі в державки різального інструменту.

В даному випадку застосовані спеціальна порожниста державка 1 і короткий змінний різець 5, закріплений на рифленій пластині 4 болтом 3. Таким чином, державка і різець в зібраному виді утворюють канал, вхідний отвір якого розташований над передньою гранню різця у безпосередній близькості до різальної кромки. Канал пилостружкоприймачів в процесі точіння зчленований з повітропроводом 2, через який доходить потік повітря, що створюється вентилятором. Таким чином, в зоні різання створюється безперервний рух повітря у бік вхідного отвору пилостружкоприймачів. При різних режимах точіння різних крихких матеріалів потік стружки і пилових часток входить в канал під різними

кутами до передньої грані різця, як це визначено дослідженнями і схемний показано на рис. 4.1.

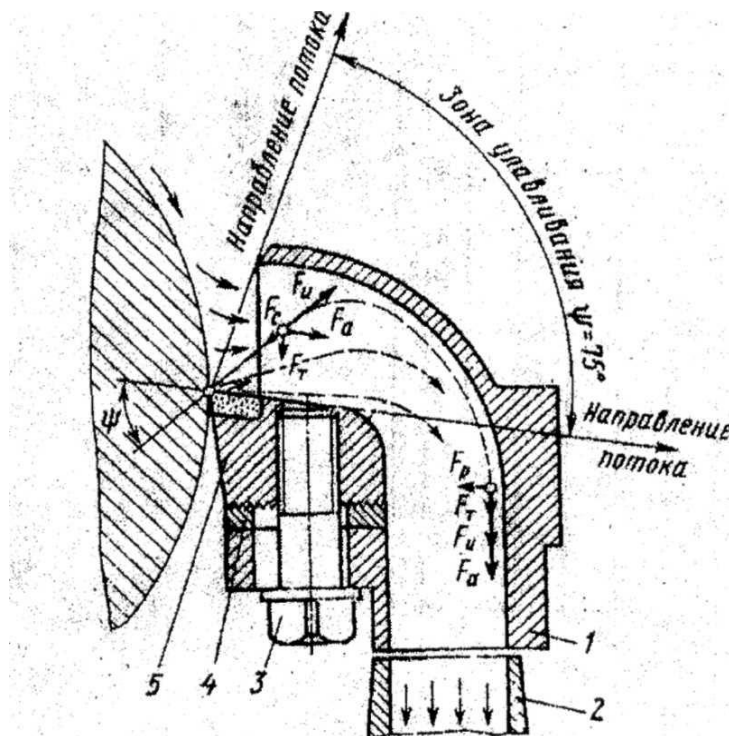


Рисунок 4.1. - Принципова схема облаштування різця-пилостружкоприймачів конструкції ВЦННІОТ, призначеного для зовнішнього подовжного і поперечного точіння(торцювання) виробів з крихких матеріалів.

Увійшовши до зони активної дії повітряного потоку під кутом ϕ , елементна стружка опиняється під впливом трьох основних сил : сили тяжіння F_T , сили інерції F_H і аеродинамічної сили F_a (опором повітря F_c нехтуємо). Внаслідок впливу цих сил різко викривляється траєкторія руху елементної стружки(і усього потоку), остання притискається до криволінійної поверхні каналу державки і ковзає вниз в повітропровід 2. Як видно на рисунку 4.1, зона уловлювання потоку стружки і пилових часток досить велика. Відхилення потоку від передньої грані різця, спостережувані при точінні досліджених крихких матеріалів на сучасних режимах різання, зазвичай не виходять за межі цієї зони.

Тільки при невеликих поданнях($s < 0,15$ мм/о) і одночасно великих швидкостях різання($v > 100$ м/мін) частина потоку металевої стружки може

рухатися паралельно всмоктуючому отвору приймача. В цьому випадку, як показали дослідження, для уловлювання усіх стружок слід передбачати в зоні різання швидкість повітряного потоку, в 2 - 3 рази необхідну транспортну швидкість, що перевищує.

Конструкція пневматичного пилостружкоприймачів (див. рис 4.1) не утрудняє спостереження за зоною різання і різальною кромкою інструменту. Порожнистий корпус (різцедержавка) пилостружкоприймачів може бути виготовлений зварним або методом точного литва. Змінні короткі різці(прохідний, підрізний або спеціальний) виконуються взаємозамінними.

У міру укорочення різця у зв'язку з переточуванням він закріплюється на рифленій пластині 4 в новому положенні, для чого в пластині 4 і в державці 1 передбачений подовжній проріз під болт 3.

При роботі пневматичного приймача з різцем типу «відігнутий прохідною» характерно при досить великій швидкості повітряного потоку в зоні різання забезпечується видалення стружки і пилу від різальної кромки інструменту і при зворотному поданні(як подовжньою, так і поперечною). При точінні сірого чавуну і ряду неметалічних матеріалів потік стружки і пилових часток змінював напрям у бік всмоктуючого отвору на 90° при швидкості повітряного потоку в зоні різання, в 2,5 разу що перевищує необхідну транспортну швидкість.

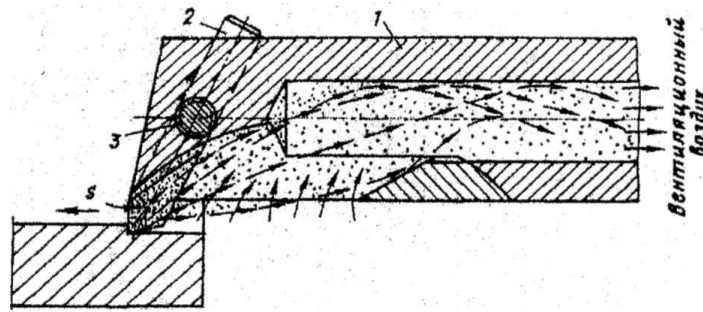
Враховуючи тенденцію переходу інструментальної промисловості на непереточувані багатогранні пластинки з твердого сплаву, з експериментальними цілями була зроблена деяка модернізація пилостружкоприймачів ВЦННІОТ, Укорочений різець з пластинкою, що напаяла, був замінений на непереточувану твердосплавну пластинку з механічним кріпленням.

Експериментальні дослідження показали, що криволінійна форма передньої грані на стандартних непереточуваних пластинках надає потоку стружки напрям, менш сприятливий для уловлювання в порівнянні з плоскою передньою гранню, яка передбачена в конструкції різця в пилостружкоприймачів ВЦННІОТ. У зв'язку з цим ефективність уловлювання стружки, особливо при точінні бронзи і латуні, нижче. Для повного уловлювання стружки в даному випадку застосування

непереточуваних пластинок необхідно створити в зоні різання значно великі швидкості повітряного потоку. Проблема застосування непереточуваних пластинок для пневматичних пилостружкоприймачів заслуговує на увагу і повинна стати предметом дослідження інструментальників.

На базі тих же досліджень вирішувалося питання про видалення стружки і пилу від різальних інструментів при розточуванні отворів в деталях з крихких матеріалів. В цьому випадку також був використаний принцип органічного зв'язку пилостружкоприймачів з різальним інструментом.

На рисунку 4.2 показана принципова схема облаштування розточувального оправляння - пилостружкоприймачів ВЦННІОТ. Тут також застосовані порожниста державка(оправляння) 1 і нормалізований розточувальний різець 2, закріплений в державці болтом 3. Для уловлювання потоку стружки і пилу в державці у голівки різця передбачений вхідний (всмоктуюче) отвір прямокутної форми, розташований над передньою гранню різця. Цей отвір сполучений з каналом державки. Потік стружки і пилових часток, що відділяється від різальної кромки інструменту, входить в канал і, відбиваючись від його гладких стінок, дещо втрачає швидкість. Канал різцедержавки сполучений з повітропроводом, і стружки, що поступили в канал, і пилові частки відносяться повітряним потоком за межі верстата до місця відділення від повітря. Як і у попередньому випадку, в зоні різання створюється значна швидкість руху повітря у бік вхідного отвору пилостружкоприймачів, що забезпечує повне уловлювання пилових часток і відхилення легкої стружки у бік всмоктуючого отвору.



Обработана деталь

Рисунок 4.2 - Схема облаштування розточувальної оправки-пилостружкоприймачів ВЦНИИОТ.

На основі принципових схем облаштування пилостружкоприймачів (див. рис. 4.1 і 4.2) розроблені різні конструкції пилостружкоприймачів стосовно умов різання крихких матеріалів на токарно-гвинторізних і revolverних верстатах.

4.5. Пневматична система видалення пилу і стружки від різальних інструментів

Основними елементами пневматичної системи видалення пилу і стружки від різальних інструментів є: спеціальні пилостружкоприймачі, транспортна мережа, стружковідділювач, пиловіддільник (фільтр) і спонукач тяги повітря (рисунок 4.3). Розрізняють індивідуальні пилостружкоприймачні системи з простою транспортною мережею (рис. 4.3, а), призначені для окремих верстатів, і групові пилостружкоприймачні системи із складною транспортною мережею (рис. 4.3, б і в), призначені для групи верстатів і автоматичних ліній.

Дані пневматичні системи працюють на всмоктування. В зв'язку з цим стружкоовідділювач, а у багатьох випадках і пиловіддільник (фільтр) включаються в систему до спонукача тяги повітря.

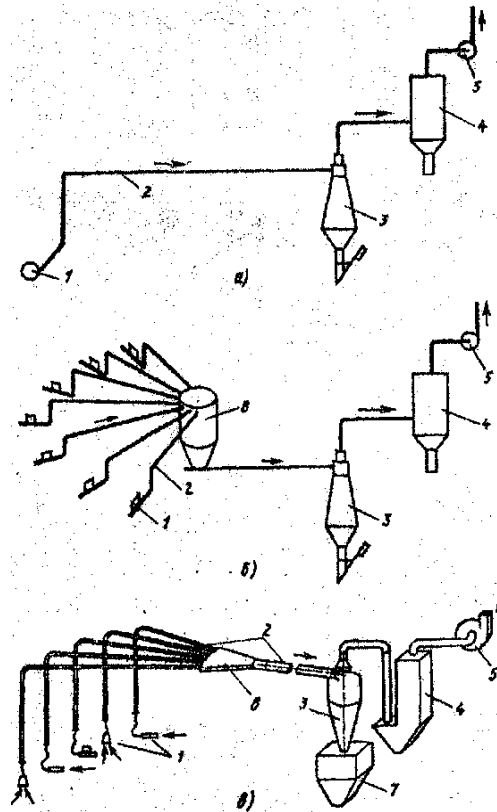


Рисунок 4.3 - Схеми різних пневматичних систем видалення пилю і стружки від різальних інструментів

Ефективність пневматичної системи, що розробляється для конкретних умов обробки крихких матеріалів, забезпечується за умови обліку ряду положень, витікаючих з приведених вище. Це, передусім закономірності формоутворення і напрямку руху потоку стружок і пилових часток; фізико-механічні і аеродинамічні особливості елементної стружки; особливості і функції основних елементів пневматичної системи; методологія розрахунку необхідної кількості повітря і його швидкості в елементах системи з урахуванням їх опору. Для нормального функціонування пневматичної системи, спроектованої і виготовленої для конкретних умов обробки крихких матеріалів, важливе значення має встановлений на підприємстві порядок нагляду і профілактичного ремонту пневматичної системи відповідно до санітарних правил організації технологічних процесів і гігієнічних вимог до виробничого устаткування.

Закономірності формоутворення і напрямку потоку стружки і пилових часток.

При точінні, фрезеруванні і свердлінні крихких матеріалів від оброблюваного виробу відділяється потік стружок і пилових часток, що мають складну геометричну форму, що міняється зі зміною умов різання. При точінні крихких матеріалів на малих поданнях ($s < 0,15$ мм/об) і відносно великих швидкостях різання ($v > 80$ м/мін) форма потоку близька до форми конуса з вершиною у різальній кромці інструменту. У міру збільшення подання переріз потоку стружки поблизу місця його відділення набуває усе більш витягнутої еліпсоутворюючу форми, і при поданнях $s = 0,4 \dots 0,5$ мм/об (залежно від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу) потік «лягає» на передню грань різця і стає плоскими.

При фрезеруванні крихких матеріалів основний потік стружки і пилу має в зоні різання форму, що наближається до форми клину. При свердлінні крихких матеріалів потік елементної стружки має воронкоподібну, дзвоноподібну або складнішу форму залежно від напрямку подання свердла (зверху вниз, від низу до верху і т. д.).

Напрямок потоку стружки і пилових часток при фрезеруванні циліндричними і дисковими фрезами завжди визначається напрямом обертання фрези. Величина кута відхилення потоку стружки від оброблюваної поверхні залежить від режимів обробки і головним чином від глибини різання, а також від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу. При фрезеруванні площин торцевими фрезами напрям руху потоку стружки і пилових часток визначається головним чином характером фрезерування (зустрічне або попутне) і режимами різання.

Напрямок руху потоку стружки при точінні крихких матеріалів досить точно визначається кутом ϕ відхилення потоку від передньої поверхні різця у вертикальній площині і кутом ϕ між вектором подання і напрямом руху потоку в горизонтальній площині. Основним чинником, що різко впливає на напрям руху потоку стружки у вертикальній площині, є величина подачі S . Зі збільшенням подачі кут значно зменшується. Зі збільшенням швидкості різання кут ϕ збільшується у меншій мірі. Основними чинниками, що різко впливають на напрям

руху потоку стружки в горизонтальній площині, є геометричні параметри різального інструменту - величина головного кута в плані ϕ , величина радіусу при вершині різця g і число одночасно працюючих різальних кромek інструменту. Вплив вказаних геометричних параметрів різального інструменту на величину кута φ знаходиться в деякій залежності від режимів різання і головним чином від величини відношення S/t . Напрями потоку стружки і пилових часток на невеликій ділянці шляху(біля місця різання) співпадають. Пил захоплюється потоком стружки в усіх випадках різання крихких матеріалів.

При сучасних режимах різання крихких матеріалів потік стружки(особливо металевою) має велику кінетичну енергію і здатний переміщатися на 3...6 м від різального інструменту. Потік стружки легко обтікає гладкі криволінійні поверхні, що слід використати для цілей його уловлювання і організованого відведення із зони різання.

Фізико-механічні і аеродинамічні особливості елементної стружки.

Форма стружки, що утворюється за різних умов точіння, фрезерування і свердління крихких матеріалів, різна. Найбільш характерними формами при точінні і фрезеруванні крихких матеріалів є спірально-трубчаста, полу кільцева, пластинчата, призматична; при свердлінні крихких металів - конічно-спіральна; при точінні, фрезеруванні і свердлінні крихких неметалічних матеріалів крупкообразна, пластівці і змішана, залежно від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу.

Пилостружкоприймачі є початковим елементом пневматичної системи, вони повинні забезпечити якнайповніше уловлювання стружки і пилових часток безпосередньо в зоні різання. Це досягається не лише відповідною конструкцією приймача, розташованого поблизу різального інструменту, але і раціональною взаємодією повітряних потоків і потоку стружки і пилу поблизу його всмоктуючого отвору.

При проектуванні пилостружкоприймачів необхідно враховувати форму, напрям і кінетичну енергію потоку стружки і пилових часток, що утворюються в заданих умовах різання, а також форму, розмір і масу елементної стружки.

Вхідний отвір пилостружкоприймачів слід розташовувати зустрічно до напрямку потоку стружки і пилових часток. Геометрична форма вхідного отвору пилостружкоприймачів переважна прямокутна, така, що наближається до квадрата. В окремих випадках (наприклад, для свердління) доцільне застосування щілинних приймачів з вхідним отвором для стружки і свердла у вигляді кола.

Відстань від робочої частини різального інструменту до вхідного отвору пилостружкоприймача має бути мінімальна можливим, оскільки швидкість повітряного потоку за всмоктуючим отвором приймача різко зменшується.

Доцільно, щоб пилостружкоприймачі були конструктивно пов'язані з різальним інструментом або з пристосуваннями для закріплення і напрямку різального інструменту (з різцетримачем, фрезерною або свердлувальною голівкою, кондукторною плитою і т. д.) і складали їх невід'ємну частину.

Форма, розмір і спосіб кріплення пилостружкоприймачів на верстаті не повинні утрудняти спостереження за зоною різання і в той же час забезпечувати швидке знімання різального інструменту для заточування і переналадки.

Пилостружкоприймачі для токарних верстатів доцільно вбудовувати в державки різального інструменту, а для багатошпиндельних свердлувальних верстатів в кондукторні плити. Пилостружкоприймачі для фрезерних верстатів повинні забезпечувати захист від випадкового дотику до фрези, що обертається, т. е. служити обгороджуванням фрези.

Для верстатів з програмним управлінням пилостружкоприймачами доцільно виконувати органічно пов'язаними з різальним інструментом або передбачати пристрої, що забезпечують автоматичне введення пилостружкоприймачів в зону різання за програмою, що відповідає введенню в робочу зону різальних інструментів.

Транспортна мережа (трубопроводи).

Трубопроводи призначені для переміщення стружки і пилу з пилостружкоприймачів в стружковідділювач. Від правильного пристрою і розрахунку трубопроводів значною мірою залежать економічність і надійність системи. Міра зосередженості верстатів, на яких однієї марки, у більшості випадків

є вирішальним чинником при виборі типу пневматичної системи - індивідуальний або груповий.

Індивідуальними пневматичними системами видалення стружки і пилу від різальних інструментів доцільно обладнати не лише поодинокі верстати, але і автоматичні лінії, якщо ділянки щедрого пилостружковідділення розташовані на значній відстані один від одного. У ряді випадків доцільне поєднання пневматичної системи видалення стружки і пилу з механічними або вібраційними транспортерами. При цьому початковою ланкою має бути пневматична система.

При проектуванні групових пневмотранспортних мереж слід приділяти увагу вибору і розрахунку найбільш раціональних збірних колекторів. З досвіду пневматичного транспортування стружки і пилу, крихких металів, що утворюються при обробці, і неметалічних матеріалів на металорізальних верстатах, а також відходів, що утворюються при обробці деревини на деревообробних верстатах, можуть бути рекомендовані циліндричний, конічний і секторний колектори і колектор-люстра.

Стружковідділювачі

Стружковідділювач призначений для відділення стружки і великих часток пилу від транспортуючого повітря і видачі їх в стружкозбірник або на транспортер для подальшого переміщення до місця збору. В якості стружковідділювач для сухої сипкої стружки, що утворюється при обробці крихких матеріалів, застосовують інерційні стружковідділювачі, зазвичай різного типу циклони.

Пиловіддільники (фільтри)

Фільтри застосовують для затримання дрібних пилових часток. Тип пиловіддільника вибирається головним чином залежно від дисперсного складу і гранично допустимого вмісту цього пилу в повітрі робочих приміщень після очищення фільтром, а також фізико-хімічного складу, пилу(вологості, клейкості, волокнистості, температури, взриваємості, займистості, електричних властивостей і т. п.). У зв'язку з цим як пиловіддільники можуть використовуватися як сухі фільтри(наприклад, рукавні), так і мокрі(водяні або масляні), а також електрофільтри. При використанні пневматичної системи для видалення стружки,

що утворюється при фрезеруванні звичайних конструкційних сталей без охолоджувальних рідин, наявність пиловіддільників(фільтрів) необов'язкова, оскільки концентрація пилу в зоні дихання при фрезеруванні цих сталей зазвичай не перевищує гранично допустимої санітарної норми.

Спонукач тяги.

Спонукач тяга використовує для створення в пилостружкоприймачах і в транспортній мережі відповідних швидкостей повітря при заданій продуктивності, сприяючих максимальному уловлюванню стружки і пилових часток приймачами і що забезпечують стійке їх транспортування по трубопроводах. Для пневматичної системи видалення стружки і пилу, крихких металів, що утворюються при обробці, і неметалічних матеріалів на металорізальних верстатах, зазвичай в якості спонукача тяги повітря застосовують відцентрові вентилятори середнього і високого тиску і вакуум-насоси.

Підбір спонукача тяги повітря здійснюється з урахуванням опору усієї пневмотранспортної системи.

4.6. Приклади рішення і досвід впровадження індивідуальних і групових пилостружковідсмоктуючих систем

Індивідуальні системи

Останніми роками знепилюванню при обробці різних матеріалів на металообробних верстатах приділяється значне, уся зростаюча увага, як в нашій країні, так і в деяких зарубіжних країнах. Ряд зарубіжних фірм випускає для цієї мети різні індивідуальні відсасуючі установки з одно- і двоступінчатим очищенням повітря, що відсисається, за допомогою циклонів і матер'яних рукавних фільтрів. Відомі також індивідуальні пилостружковсасуючі агрегати з водоструминними фільтрами, призначені для уловлювання легкозаймистого і вибухонебезпечного пилу, а також масляні пиловловлювачі, що випускаються до плоскошліфувальних

верстатів. У цих індивідуальних пиловловлювачах повітря, що відсисається вентилятором через гнучкий металорукав нагнітається в масляну ванну, в якій осідає пил, а очищене повітря повертається в приміщення.

Слід зазначити, що в деяких зарубіжних агрегатах використовуються фільтри з синтетичних волокнистих матеріалів, стійких проти вологи і олії. Поверхня фільтрів, виконана з таких матеріалів, відрізняється підвищеною гладкістю, що дозволяє легко струшувати зволожений пил, підвищуючи міру очищення поверхні, що фільтрує.

Розглянуті зарубіжні відсасуючі агрегати — приставного типу, вони органічно не пов'язані з конструкцією верстата і призначені головним чином для відсмоктування пилу оброблюваного матеріалу.

Із зарубіжного досвіду не виявлено досліджень і конструктивних рішень пилостружкоприймачів, органічно пов'язаних з різальним інструментом, і пилостружковідсасуючих пристроїв, органічно пов'язаних з верстатом. А саме такий взаємозв'язок значною мірою визначає ефективність видалення пилу і стружки безпосередньо від різальних інструментів.

Нижче наведені приклади рішення вітчизняних індивідуальних відсасуючих пристроїв, призначених для видалення пилу і елементної стружки від різальних інструментів, як це передбачено ГОСТ 12.2.009-80. «Верстати металообробні. Загальні вимоги безпеки».

На рисунку 4.4 показана принципова схема індивідуального навісного агрегату, призначеного для видалення пилу і елементної стружки при обробці крихких матеріалів на токарних верстатах різцями-пилостружковідвідниками ВЦНИИОТ [15]. Цей відсасуючий агрегат складається з пневматичного приймача 7, телескопічного патрубку 8, циклону 5, вентилятора 6, електродвигуна фланцевого виконання 7, рукавного фільтру з щільного молескина, поміщеного в металевому футлярі 4. Уся ця система закріплена кронштейнами на задніх санчатах супорта і під час точіння переміщається разом з останнім паралельно осі центрів. Електродвигун 7 блокується з руків'ям фрикціону і працює тільки під час обертання шпинделя. При зовнішньому точінні і розточуванні отворів

пилостружкоприймачі послідовно зчленовуються з відростком телескопічного патрубку 2, що забезпечує безперервне подання повітря через канал пилостружковідвідника.

Стружка і пил уловлюються приймачем і переміщаються повітряним потоком, що створюється вентилятором, по телескопічних патрубках 8 в циклон 5. У останньому стружка і великий пил відділяються від повітря (внаслідок наявності відцентрових сил) і через автоматично діючий гумовий клапан поступають в стружкозбірник або на транспортер.

Напрямна повітряного потоку 9, вмонтована в праву частину телескопічного патрубку 8, забезпечує рух повітря по дну патрубку, що виключає скупчування і затори стружки і пилу в цьому патрубку. Повітря з вентилятора для повнішого очищення від пилу поступає в матер'яний фільтр, після чого повертається в приміщення.

Конструктивне виконання і компоновання елементів індивідуального навісного агрегату ВЦННІОТ стосовно токарно-гвинторізного верстата - двоступінчатого очищення повітря від пилу, застосоване в даному відсасуючому пристрої, дає можливість дотримуватися санітарних норм. Загальна характеристика агрегату : електродвигун напругою 220/380 В, $N = 0,4$ кВт, $n = 2800$ про/хв. Вентилятор - середнього тиску, № 3. Циклон - типу СІОТ, малого розміру з автоматичним гумовим клапаном на вихідному патрубку.

Продуктивність відсасуючого пристрою близько 100 м повітря в годину. Швидкість повітряного потоку в пилостружкоприймачах ВЦННІОТ складає близько 25 м/с.

У зв'язку з тим, що електродвигун відсасуючого пристрою блокується з руків'ям фрикціону і працює тільки при обертанні шпинделя, стружка і пил з циклону виводяться при вимкненому електродвигуні відсасуючого пристрою, що виключає швидке забруднення фільтру. Ефективність цього агрегату по видаленню елементної стружки із зони різання більше 99 %, а по знепилюванню в зоні дихання верстатника біля 100 %. Заміряна запиленість навіть при обробці графіту в 3 - 5 разів нижче ГДК.

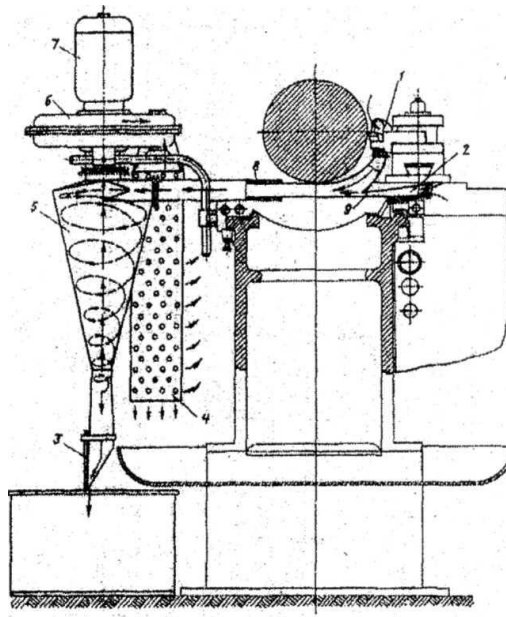


Рисунок 4.4 - Схема індивідуального навісного агрегату ВЦННІОТ.

Такий індивідуальний відсвсуючий пристрій може застосовуватися не лише на токарних, але і на інших металорізальних верстатах за наявності відповідних пилостружкоприймачів і розрахунку усієї системи для конкретних умов.

Групові системи

З вітчизняного і зарубіжного досвіду виходить, що останніми роками для видалення пилу і стружки від різальних інструментів найбільша увага приділяється розробці групових відсисаючих пристроїв. На малюнку 5.5 показана схема відсасуючої установки, що являється як би перехідної від індивідуальних до групових систем. Ця установка складається з двох спеціалізованих пилостружкоприймачів 7, двох циклонів із зворотним конусом 2, шибера-переключателя 5, транспортній мережі 4 і вентилятора середнього тиску 6, приведенного в обертання двигуном 7. Повітря з вентилятора викидається в атмосферу по трубі 5.

Таке рішення прийняте заводом у зв'язку із специфічними особливостями обробки заготівель на фрезерному верстаті:

1) фрезерування робиться торцевою фрезою при поданні столу справа наліво і зліва направо при обертанні фрези в одному напрямі; у цьому випадку

потоки стружки і пилових часток різко міняють свій напрям тому для уловлювання їх довелося передбачити два пилостружкоприймача (лівий і правий) 1 і шиббер-перемикач відсмоктування 3;

2) при обробці кольорових сплавів кількість пилу по масі що відділяється від оброблюваної заготовки, невелико і в даному випадку виявилось достатнім одноступінчате очищення повітря від пилу циклоном з зворотним конусом, що відрізняється підвищеною мірою очищення.

Оздоровча і економічна оцінка цієї системи, здійсненої на 1ГПЗ, показала наступне: видалення елементної стружки від різальних інструментів складало 98... 99% маси усієї стружки, знятої з оброблюваної заготовки; запилена в зоні дихання верстатників різко знижувалася і була значно(у 2 - 4 рази) нижча ГДК; економічна ефективність складала близько 2 ТОВ доларів США на верстат в рік при окупності системи впродовж 0,5 - 0,7 року.

3) на одному верстаті обробляються(кілька разів в зміну) сплави різних марок; у зв'язку з великою цінністю відходів(стружки) змішування їх недоцільне, тому збір стружки і пилу робиться в лівому або правому циклоні, які забезпечені клапанами-розвантажниками періодичної дії.

4.7. Висновок

З різноманіття технічних засобів рішення завдань захисту від травм стружкою і організованого її видалення від верстатів необхідно відбирати для конкретних умов обробки комплексні рішення, обґрунтовані критеріями безпеки і соціально-економічними показниками. Так, наприклад, при проектуванні верстатів і автоматичних ліній, призначених для обробки крихких металів і неметалічних матеріалів без СОЖ, найбільш ефективною слід визнати пневматичну систему видалення пилу і стружки безпосередньо від різальних інструментів; при проектуванні верстатів, призначених для обробки різних матеріалів із

застосуванням СОЖ (у закритій камері) для напряду елементної стружки на вбудований у верстат транспортер. В окремих випадках для видалення стружки із зони різання доцільне застосування стислого повітря.

Первинного значення набуває завдання видалення пилю і стружки при проектуванні верстатів з ЧПУ і роботизованих комплексів по обробці металів різанням. У цій області потрібні додаткові дослідження і рішення як в плані стійкого дроблення сталевих стружки в процесі різання, так і в плані видалення стружки і пилю від різальних інструментів і організованого їх транспортування в зону брикетування.

Дуже перспективним завданням є використання методу порошкової металургії для перетворення металевих стружки на порошок в єдиній системі пневматичного її видалення із зони різання, транспортування до місця переробки в порошок і штампування з нього різноманітних виробів.

5 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДНТАЛІ

Розрахунок напружено-деформованого стану виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. Тривимірна модель показана на рисунку 5.1.

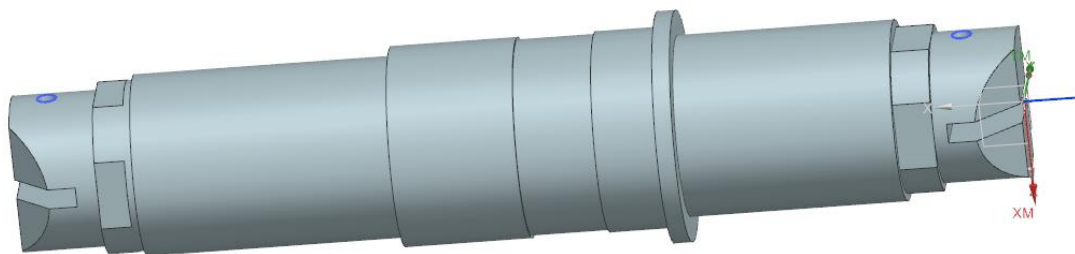


Рисунок 5.1 – Тривимірна модель вала антени

На першому етапі розрахунку виконуємо розбивку моделі сіткою кінцевих елементів, результат показано на рисунку 5.2.

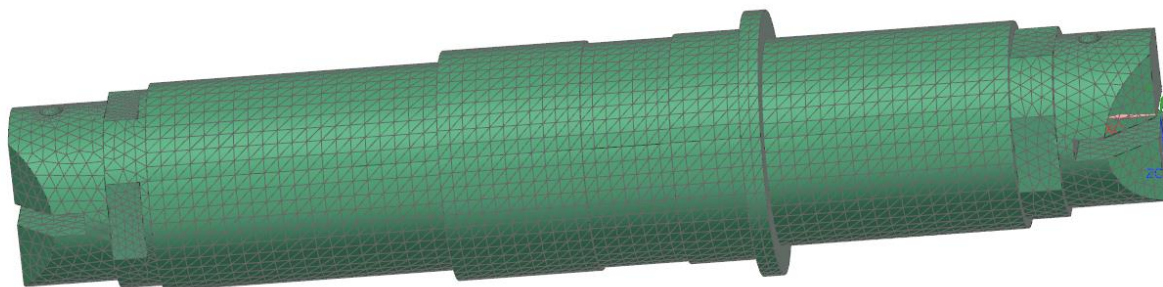


Рисунок 5.2 – Модель розбита на сітку кінцевих елементів

Другий етап виконуємо прикладення обмежень, що унеможливляють переміщення деталі у окремих напрямках (рисунок 5.3).

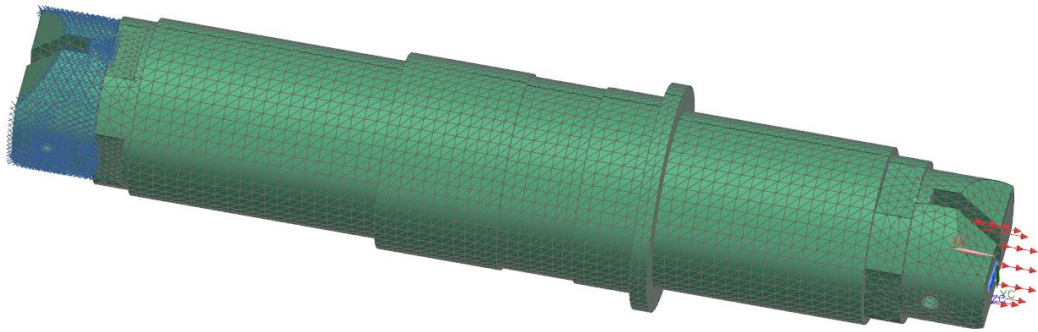


Рисунок 5.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

Наступним етапом виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану (рисунок 5.4).

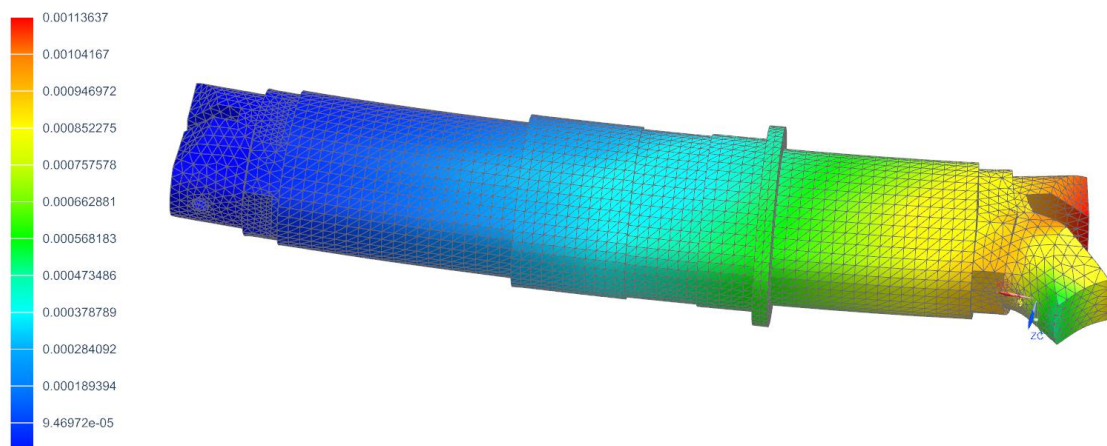


Рисунок 5.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану

У результаті виконаного розрахунку можна зробили висновок, що найбільш небезпечним перерізом будуть пази.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

У даному розділі проведемо порівняння економічної ефективності однієї і тієї операції виконаної двома методами. Порівняння проводитимемо для токарної операції 030, яка у першому випадку виконується на токарно-гвинторізному верстаті мод. 16К20, а у другому – на токарному верстаті з ЧПК мод. 16К30Ф325.

Проводимо визначення необхідної кількості верстатів на дану операцію за формулою (6.1):

$$n_p = \frac{t_{\text{шт-к}}}{\tau}, \text{ шт} \quad (6.1)$$

де $t_{\text{шт-к}}$ – штучно калькуляційний час на операцію:

$$t_{\text{шт-к}1} = 31.17 \text{ хв};$$

$$t_{\text{шт-к}2} = 16.17 \text{ хв};$$

τ – такт випуску, розраховується за формулою (6.2):

$$\tau = \frac{F_d \cdot 60}{N}, \text{ хв} \quad (6.2)$$

де F_d – дійсний річний форт роботі у 2020 році, $F_d = 4015$ год;

N - річна програма випуску, $N=5000$ шт.

$$\tau = 4015 \cdot 60 / 5000 = 120,45 \text{ хв}$$

Проводимо розрахунок кількості верстатів:

$$n_{p1} = \frac{31.17}{120.45} \approx 0.26 = 1 \text{ шт} \quad n_{p2} = \frac{16.17}{120.45} \approx 0.13 = 1 \text{ шт}$$

Для визначення економічної ефективності проводимо визначення економічний ефект за формулою (6.3):

$$E_e = (C_1 \cdot N + E_1 \cdot Ц_1 \cdot n_1) - (C_2 \cdot N + E_2 \cdot Ц_2 \cdot n_2), \text{грн} \quad (6.3)$$

де E – нормативний коефіцієнт ефективності;

$Ц$ – вартість обладнання;

$Ц_1 = 1476000$ грн;

$Ц_2 = 2225000$ грн;

C – технологічна собівартість, визначається за формулою (6.4):

$$C = (З_p + З_n + E + П + И + А + О + Р) \cdot t_{шт-к}, \text{грн} \quad (6.4)$$

де P – витрати на ремонт обладнання, грн;

$И$ – витрати на інструмент, грн.;

$П$ – витрати на пристосування, грн.;

$О$ – витрати на ремонт обладнання, грн;

A – витрати на амортизацію обладнання, грн;

E – норми витрат на електроенергію, грн /год;

$З_n$ – заробітна плата наладчика, грн/хв;

$З_p$ – заробітна плата робітника, розраховується за формулою (6.5):

$$З_p = З_t \cdot K, \text{грн} \quad (6.5)$$

де $З_t$ – тарифна хвилинна заробітна плата робочого з урахуванням начислень діючих на базовому підприємстві, згідно;

K – коефіцієнт перевиконання норми:

$$З_{p1} = 0.912 \cdot 1.2 = 1.09 \text{ грн}$$

$$З_{p2} = 1.414 \cdot 1.2 = 1.7 \text{ грн}$$

Проводимо розрахунок заробітної плати наладчика за формулою (6.6):

$$З_{\text{н}} = З_{\text{т}} \cdot K, \text{ грн} \quad (6.6)$$

де $З_{\text{т}}$ – тарифна хвилинна заробітна плата наладчика з урахуванням начислень діючих на базовому підприємстві, згідно;

$$З_{\text{н}1} = 1.414 \cdot 1.2 = 1.7 \text{ грн}$$

$$З_{\text{н}2} = 1.414 \cdot 1.2 = 1.7 \text{ грн}$$

Проводимо розрахунок норми витрат на електроенергію за формулою (6.7):

$$E = \frac{N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{е}}}{60}, \text{ грн/год} \quad (6.7)$$

де N – потужність верстата:

$$- N_1 = 5.5 \text{ кВт};$$

$$- N_2 = 7.5 \text{ кВт};$$

K_1 – коефіцієнт який враховує використання електроенергії за потужністю;

K_2 – коефіцієнт який враховує використання електроенергії за часом;

$C_{\text{е}}$ – вартість 1 кВт/год електроенергії у 2020 році, грн., $C_{\text{е}}=2.24$ грн.

$$E_1 = \frac{5.5 \cdot 0.8 \cdot 0.7 \cdot 2.24}{60} = 0.06 \text{ грн/год}$$

$$E_2 = \frac{7.5 \cdot 0.6 \cdot 0.5 \cdot 2.24}{60} = 0.16 \text{ грн/год}$$

Витрати на амортизацію за рік визначаємо за формулою (6.8):

$$A = \frac{A_r \cdot 100}{F_{\text{д}} \cdot 60}, \text{ грн} \quad (6.8)$$

де A_r – амортизаційні нарахування за рік, визначаються за формулою (6.9):

$$A_r = \frac{\alpha_1 \cdot 1.15 \cdot Ц}{100}, \text{ грн} \quad (6.9)$$

де α_1 – відсоток відрахувань від балансової вартості обладнання.

$$A_{r1} = \frac{15 \cdot 1.15 \cdot 1476000}{100} = 254610 \text{ грн}$$

$$A_{r2} = \frac{15 \cdot 1.15 \cdot 2225000}{100} = 383812.5 \text{ грн}$$

Розраховуємо витрати на амортизацію по формулі (6.8):

$$A_1 = \frac{254610 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 105.69 \text{ грн}$$

$$A_2 = \frac{383812.5 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 159.32 \text{ грн}$$

Нарахування за обслуговування за рік визначаємо за формулою (6.10):

$$O = \frac{O_r \cdot 100}{F_d \cdot 60}, \text{ грн} \quad (6.10)$$

де O_r – нарахування на обслуговування за рік, визначаються за формулою (6.11):

$$O_r = \frac{\alpha_2 \cdot 1.15 \cdot Ц}{100}, \text{ грн} \quad (6.11)$$

де α_2 – відсоток відрахувань від балансової вартості обладнання.

$$O_{r1} = \frac{0.5 \cdot 1.15 \cdot 1476000}{100} = 8047 \text{ грн}$$

$$O_{r2} = \frac{0.5 \cdot 1.15 \cdot 2225000}{100} = 12793.75 \text{ грн}$$

Розраховуємо нарахування за обслуговування по формулі (6.10):

$$O_1 = \frac{8047 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 3.52 \text{ грн}$$

$$O_2 = \frac{12793.75 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 5.31 \text{ грн}$$

Витрати на ремонт обладнання розраховуємо згідно формули (6.12):

$$P = \frac{P_r \cdot 100}{F_d \cdot 60}, \text{ грн} \quad (6.12)$$

де P_r – нарахування на ремонт за рік, визначаються за формулою (6.13):

$$P_r = \frac{\alpha_3 \cdot 1.15 \cdot Ц}{100}, \text{ грн} \quad (6.13)$$

де α_3 – відсоток відрахувань від балансової вартості обладнання.

$$P_{r1} = \frac{4.5 \cdot 1.15 \cdot 1476000}{100} = 76383 \text{ грн}$$

$$P_{r2} = \frac{4.5 \cdot 1.15 \cdot 2225000}{100} = 115143.75 \text{ грн}$$

Розраховуємо витрати на ремонт по формулі (6.12):

$$P_1 = \frac{76383 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 31.71 \text{ грн}$$

$$P_2 = \frac{115143.75 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 47.8 \text{ грн}$$

Витрати на інструмент: $I=0.092$ грн

Так як в обох випадках для закріплення деталі на верстаті не передбачено спеціального пристосування, то витрат на нього не передбачено, тобто: $\Pi = 0$ грн.

Виконуємо розрахунок технологічної собівартості згідно формули (6.4):

$$C_1 = (1.09 + 1.7 + 0.06 + 0 + 0.092 + 105.69 + 3.52 + 31.71) \times \\ \times 31.17 = 4484.31 \text{ грн}$$

$$C_2 = (1.7 + 1.7 + 0.16 + 0 + 0.092 + 159.32 + 5.31 + 47.8) \times \\ \times 16.17 = 3492.44 \text{ грн}$$

Економічну ефективність розраховуємо за формулою (6.3):

$$E_e = (4484.31 \cdot 2000 + 0.15 \cdot 1476000 \cdot 1) - \\ - (3492.44 \cdot 2000 + 0.15 \cdot 2225000 \cdot 1) = 1871389.5 \text{ грн}$$

Як видно з проведених розрахунків проведення обробки на сучасному верстаті з ЧПК мод. 16K30Ф35 економічно вигідніше ніж на токарно-гвинторізному верстаті мод. 16K20. Річна економія від заміни обладнання становить 1871389.5 грн

ВИСНОВОК

Згідно з завданням на дипломний проект, розроблений технологічний процес обробки валу антени. Обрано і економічно обгрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режими різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості. Розроблено розрахунково-технологічні карти обробки деталі на верстатах з ЧПУ. Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій. Спроектвані верстатні пристосування дозволяють швидко і надійно закріплювати заготовку під час обробки, що в умовах великосерійного виробництва дуже важливо. Виконано спеціальне завдання. У частині з охорони праці проведено аналіз потенційно небезпечних факторів, які можуть з'являтися під час роботи на підприємствах. Складено альбом технологічної документації на виготовлення валу антени.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до практичних занять з технології машинобудування (розділ – проектування технологічних процесів) для студентів спеціальностей: 8.090205, 8.090203, 8.090214, 7.100102 усіх форм навчання / Укл. В.Д. Хорошков, О.В. Алексєєнко, Д.В. Павленко – Запоріжжя, ЗДТУ, 1999 р.. – 78 с.
2. Технологический процесс. : ОАО «Мотор Сич», 1992. – 245с.
3. Справочник технолога - машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.
4. Маталин А.А. и др. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением.-Л., 1977г.
5. Стандарты предприятия: Система качества, Положения о цехе основного производства ОАО “Мотор Сич”, 1998. –45с.
6. Должностная инструкция. СТП 549.00.200.1 – 2004 г.
7. Горохов В.А. «Проектирование и расчет приспособлений»: Учебное пособие для студентов вузов. – Минск: «Вышэйшая школа», 1986г. – 237с.
8. Иванов И.И. «Детали машин» Учебник для вузов. – 2-е издание. – М.: Машиностроение 1983г. – 277с.
9. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін “ Технологія машинобудування» (розділ проектування зубообробних операцій) для студентів спеціальностей: 8.090202, 8.090203, 7.090260, усіх форм навчання./Укл. В.Д. Хорошков. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. - 93 с.
10. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Гаков., В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Гакова.- М.: Машиностроение.1988.- 736 с., ил.
11. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика. М.: Машиностроение, 1961.-Т.2.- 890 с
12. Електронний ресурс. Режим доступу:
https://studref.com/318120/tehnika/avtomatizatsiya_otvoda_struzhki

13. Святков С.Н. Удаление стружки при работе на деревообрабатывающих станках. – Издательство: Л.: Машиностроение. 1964. – 120 с.

14. Бромлей М. Ф. Технические испытания и проверка эффективности вентиляционных установок промышленных предприятий / М. Ф. Бромлей, В.В Кучерук. - М. : Госстройиздат, 1952. - 215 с.

15. Электронный ресурс. Режим доступа:
https://studopedia.su/12_56939_ustroystva.html

Додаток А
Специфікація токарного пристосування

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание							
Справ. №		A2			НУЗП 715514.008 СК	Складальне креслення Пояснювальна записка									
						Детали									
Подп. и дата															
Взам. инв. №															
Подп. и дата															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
Инв. № подл.															
										</					

Формат А4

Додаток Б

Специфікація фрезерного пристосування

Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
					Документация			
A2				НУЗП 715514.008 СК	Складальне креслення			
					Пояснювальна записка			
					Детали			
			1		Плита	1		
			2		Стіл	1		
			3		Плита	1		
			4		Призма	1		
			5		Ричаг	1		
			6		Штанга	1		
			7		Тяга	1		
			8		Шток	1		
			9		Поршень	1		
			10		Гільза	1		
			11		Втулка	1		
			12		Ущільнювач	1		
			13		Ущільнювач	1		
			14		Дно	1		
			15		Призма	1		
			16		Основа	1		
			17		Гайка	1		
			18		Упор	1		
				НУЗП 715514.008				
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Меланчук С.А.						
Проб.		Степанов Д.М.						
Н.контр.		Козлова О.Б.						
Утв.		Дядя С.І.						
Пристрій для фрезерування двох пазів						Лист	Лист	Листов
							1	2
						НУЗП, каф. ТМБ гр. МЗ-119м		

Копировал

Формат А4

[illegible]

Копировал

Формат А4

Додаток В

Специфікація контрольного пристосування

[illegible]

Копировал

Формат А4

[illegible]

Додаток Г

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Дотримання усіх норм охорони праці (ОП) забезпечує досягнення безпечних умов праці на робочих місцях, попереджує виникнення травматизму та професійних захворювань на робочих місцях.

У даному розділі магістерської роботи проведено аналіз потенційно небезпечних факторів, які можуть з'являтися під час роботи на підприємствах. У ньому будуть розглянуті наступні теми: аналіз потенційних небезпек; заходи по забезпеченню техніки безпеки; заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці; заходи по пожежній безпеці; заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях[Г1].

Аналіз потенційних небезпек

Під час виготовлення виробів на механічній дільниці ймовірними є наступні небезпеки:

1.Отримання механічних травм різного ступеню важкості можливо внаслідок наступних організаційних причин:

а) травми, що з'являються внаслідок присутності на дільниці рухомих машин і механізмів, рухомих частин виробничого обладнання, заготовок, матеріалів, а також конструкцій, що руйнуються [Г2] ;

б) нераціонального планування робочого місця верстатника;

в) травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей;

г) пошкодження шкіряного покриву рук стружкою, гострими кромками на поверхні заготовок та деталей, що оброблюють, у випадку роботі без рукавиць.

2. Під час токарної обробки деталей можливе травмування очей пиловими частками або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів. Причини травматизму - порушення технологічного процесу та робота без захисних окулярів або щитків для захисту обличчя.

3.Ураження електричним струмом, внаслідок несправності електрообладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні

електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку [Г3].

4. Робота без перерв на відпочинок при неправильній організації технологічного процесу сприяє передчасному розвитку загального стомлення, зниженню працездатності.

5. Виконання роботи стоячи, внаслідок постійного статичного навантаження, сприяє передчасному розвитку загального стомлення та зниженню працездатності.

6. Небезпеки що пов'язанні з незадовільною професійною підготовкою фахівців, зокрема виникнення аварійних ситуацій при неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, виконанні хибних дій у приміщенні з обладнанням, що може призвести до руйнування обладнання та тяжких випадків травматизму.

7. Недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору [Г4].

8. Незадовільні параметри концентрації пилу на робочих місцях, у зв'язку з відсутністю ефективної системи місцевої вентиляції, можуть викликати захворювання органів дихання, збільшенню частоти загальних захворювань.

9. Зневага правилами пожежної безпеки може привезти загоряння, пожежі.

10. Опіки можливі при порушенні правил безпеки при виконанні операцій точіння в'яких металів без спеціального одягу.

Заходи по забезпеченню безпеки

Щоб уникнути механічних та електричних травм під час роботи за обладнанням передбачені заходи по проведенню навчання, перевірки знань з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». [Г5].

Під час прийому на роботу представник служби охорони праці проводить вступний інструктаж з усіма особами, що прибули на підприємство.

На робочому місці безпосередній керівник проводить спочатку первинний, а потім і повторний, позаплановий інструктажі. Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи.

Для уникнення дискомфорту, передвчасної втоми, фізичного та психологічного стресу під час організації робочого процесу враховані принципи ергономіки. Такі як: врахування можливих фізичних розмірів оператора, його сили і витривалості; забезпечення достатнього простору для рухів частин тіла оператора; уникнення встановлення фіксованої продуктивності; уникнення необхідності спостереження, пристосування системи взаємодії “людина - машина” до передбачуваних характеристик операторів (ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування») [Г7].

Передбачена звукова сигналізація, яка попереджає про пуск обладнання, засоби зупинки, про порушення нормального режиму роботи, автоматичного відключення від джерела енергії при небезпечних несправностях. Елементи конструкції виробничого обладнання не мають гострих кутів, країв і поверхонь з нерівностями. Робочі місця безпечні зручні ті відповідають вимогам ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування», НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями». [Г7, Г9].

З метою уникнення ризиків отримання механічних травм різної важкості передбачено використання кольорів та сигналів безпеки, що використані на робочих місцях, у відповідності вимогам «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

Згідно регламенту червоний колір застосовують для позначення безпосередньої небезпеки або заборони.

Ним фарбують заборонні знаки безпеки, вимикаючі пристрої машин і механізмів, верстатів, кнопку «Стоп» та важелі термінової зупинки обладнання, пожежну техніку, пожежні щити, обладнання та інвентар, сигнальні лампи (ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір»). Жовтий колір означає попередження, імовірну небезпеку. Його застосовують для фарбування попереджувальних знаків безпеки, балконів, постійне та тимчасове огороження, огороження драбин, відкриті рухомі частини обладнання та інше.

Синій колір застосовують для заборонювальних і вказівних знаків безпеки.

Зелений колір сигналізує про нормальний режим роботи машин, позначаються евакуаційні виходи, надписи типу «Виходити тут». У відповідності до ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір» проходи та проїзди цехів та ділянок позначаються розмежувальною лінією білого кольору не менше 100 мм. [Г9].

Категорія приміщення механічної дільниці, відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» - підвищеної небезпеки.

Відповідно до вимог «ПУЕ», електрообладнання на механічній дільниці характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом. [Г10]

Захисні засоби безпеки електроустаткування будинків виконується відповідно вимога ПУЕ іДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом». Для підвищення рівня захисту від загорання при замиканні на заземні частини, коли величина струму не є достатньою для спрацювання максимального струмового захисту, рекомендовано застосування УЗО зі струмом спрацювання до 400 мА. [Г3, Г10].

Для виключення травматизму зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки

адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів (табл.7.1). Ширину цехових проходів та проїздів приймаємо при розробці проекту цеху 4500 мм та 2000 мм. [Г11].

Таблиця Г.1: Орієнтовна площа устаткування та рекомендована відстань між верстатами в залежності від його габаритів

Категорія верстата	Габаритні розміри, мм	Орієнтовна площа, м ²	Відстань між верстатами, мм
Дрібні верстати	1800 x 800	10– 12	1300
Середні верстати	4000 x 2000	15 – 25	1500
Великі верстати	8000 x 4000	30 – 45	1800

З метою зменшення тяжкої фізичної праці та зменшення травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м.

На ділянці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. ДСТУ EN 13155-2018 «Крани вантажопідіймальні. Вимоги щодо безпеки. Пристрої вантажозахоплювальні знімні». Кран-балка з пультовим керуванням.

Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогам «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається. [Г9].

Для уникнення травмування робітник повинен використовувати спеціальний одяг та взуття. Респіратори, навушники та захисні окуляри використовуються під час роботи для захисту органів дихання, слуху та очей [Г13].

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»).

Таблиця Г.2 – Показники, що характеризують умови мікроклімату на механічній дільниці

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість переміщення повітря, м/с
холодний	Легкая - 1а (адміністративні приміщення)	22-24	40-60	0,1
	Середньої важкості 2а	18-20		0,2
теплый	Легкая - 1 а (адміністративні приміщення)	23-25	40-60	0,1
	Середньої важкості 2а	21-23		0,3

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Системи вентиляції, кондиціонування та опалення повинні у різні пори року забезпечувати відповідний мікроклімат у робочому приміщенні. Система загальної припливно-витяжною вентиляції забезпечує очистку повітря від зайвих домішок у повітрі та постійну подачу вологого або нагрітого повітря та подачу

свіже очищеного повітря. При ефективній вентиляції вміст пилу на робочому місці не повинен перевищувати 30%.[Г15, Г16].

Вимоги до систем вентиляції, кондиціонування та опалення зазначені в ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору.

Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. [Г17].

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочий поверхні становить 200-300 лк. Для забезпечення нормованого освітленні на ділянці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП,з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин.

Місцеве освітлення забезпечується лампами розжарювання, для живлення застосовується напруга 42В. Розрахуємо загальне рівномірне освітлення в приміщенні, яке має довжину 24м , ширину 12м, висоту 6м, висоту робочої поверхні $h_p=0$ м., висота звисання світильника від стелі $h_s=0$ м.

Необхідно визначити сумарний світловий потік освітлюваної установки у даному приміщенні Φ_{Σ} . [Г18].

1 Обчислимо значення індексу приміщення i , що характеризує співвідношення розмірів освітлювального приміщення і висоти розміщення світильників:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}$$

де: A – довжина, м;

B – ширина, м;

H – висота приміщення, м;

$$i = \frac{24 \cdot 12}{6(24+12)} = 1.3$$

3 Значення коефіцієнта використання світлового потоку η , створюваного світильниками вибраного типу. Згідно з додатком для світильника типу ЛПО та індексу приміщення 1.3 $\eta = 50 \%$

4 Сумарний світловий потік освітлювальної установки у даному приміщенні Φ_{Σ} :

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_H \cdot A \cdot B \cdot k_s \cdot z}{\eta}$$

де: E_H – рівень нормованого загального освітлення, лк;

A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

k_s – коефіцієнт запасу (для люмінесцентних ламп $k_s = 1,4 \dots 1,7$);

z – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості (відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості), як правило дорівнює (для люмінесцентних ламп $z = 1,1$);

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{300 \times 24 \times 12 \times 1,4 \times 1,1}{0,50} = 247104 \text{ лм}$$

Виходячи з розрахунків сумарний світловий потік освітлюваної установки у приміщенні площею 288 м^2 та висотою 6 м становить 247104 лм.

Розрахуємо кількість рядів світильників на механічній ділянці [Г19]:

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) \cdot [L/h]} = \frac{12}{(6-0) \cdot 1,4} = 1,4 \approx 2$$

Визначимо максимальну відстань між світильниками

$$L_{\max} = [L/h] \cdot h, \text{ м}$$

де $[L/h]$ – числове значення коефіцієнта світильника (додаток В)

$$L_{\max} = 1,4 \cdot 6 = 8,4 \text{ м}$$

Визначаємо умовну загальну кількість світильників у робочому приміщенні:

$$N^* = AB/L_{\max}^2$$

$$N^* = \frac{24 \cdot 12}{70,56} = 4,08 \approx 4 \text{ шт}$$

Розрахуємо світловий потік умовного джерела світла:

$$\Phi_{\text{л}}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{\text{л}}}, \text{ лм}$$

де Φ_{Σ} – розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні, лм;

$N_{\text{л}}$ – загальна кількість ламп у приміщенні, шт;

$$N_{\text{л}} = N^* \cdot n$$

n – кількість ламп у світильнику (в ЛПО світильнику знаходиться 4 лампи)

$$N_{\text{л}} = 4 \cdot 4 = 16 \text{ шт.}$$

Тоді,
$$\Phi_{\text{л}} = \frac{247104}{16} = 15136 \text{ лм}$$

Обираємо тип стандартної лампи з найближчим значенням фактичного світлового потоку лампи $\Phi_{\text{л}}$ і знайти коефіцієнт m (співвідношення між розрахунковим світловим потоком лампи $\Phi_{\text{л}}^*$ та фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи $\Phi_{\text{л}}$):

Обираємо лампу ЛБ 80, $\Phi_{\text{л}} = 5400 \text{ лм}$

$$m = \frac{\Phi_{\text{л}}^*}{\Phi_{\text{л}}}$$

$$m = \frac{15136}{5400} = 2,8$$

Визначаємо оптимальну (фактичну) кількість світильників у приміщенні:

$$N = N^* \cdot m$$

$$N = 4 \cdot 2,8 = 11,4 \approx 12 \text{ шт.}$$

Фактична кількість ламп у приміщенні:

$$N_{\text{фл}} = N_{\text{ф}} \cdot n$$

$$N_{\text{фл}} = 12 \cdot 4 = 48 \text{ шт.}$$

Визначаємо загальну розрахункову освітленість E_p у приміщенні, що створюється при застосуванні стандартних ламп:

$$E_p = \frac{\Phi_{\text{л}} N_{\text{фл}} \eta}{S k_z}, \text{ лк}$$

$$E_p = \frac{5400 \cdot 48 \cdot 0,5}{24 \cdot 12 \cdot 1,4 \cdot 1,1} = 292,2 \text{ лк}$$

Тобто виконується умова $E_p = (-10\% \dots +20\%) \cdot E_{н, лк}$

Розрахуємо загальну потужність освітлювальної установки:

$$P_{\Sigma} = N_{\text{фл}} \cdot P_{\text{л}}, \text{ Вт}$$

де $P_{\text{л}}$ – потужність вибраної стандартної лампи.

$$P_{\Sigma} = 48 \cdot 80 = 3840 \text{ Вт}$$

Таким чином, з метою забезпечення нормованого освітлення в 300лк на механічній дільниці рекомендується розмістити світильники типу ЛПО в два ряди по 6 світильників в кожному ряду, в кожному світильнику передбачено по чотири люмінесцентні лампи потужністю 80Вт.

ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» регламентують рівень шуму у робочій зоні.

Рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБ.

При перевищенні цього значення робочий час повинен бути скорочений в залежності від рівня перевищення шуму. Верстати повинні бути оснащені шумоізоляційними корпусами. [Г12].

Вимірювання та обчислювання впливу на здоров'я загальної виробничої вібрації виконується відповідно ДСТУ ISO 2631-1:2004 «Вібрація та удар механічні.

Оцінка впливу загальної вібрації на людину» та ДСН 3.3.6.039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрацій», ДСТУ EN 14253-2018 «Вібрація механічна,. Практична настанова». [Г19].

Для контролю стану здоров'я працюючих та можливості виявлення віброхвороби на ранній стадії обов'язковим є медичний огляд один раз на рік згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій». На робочих місцях, де виникає вібрація необхідно забезпечити перерви в роботі кожні 15-20 хвилин.

Для контролю негативного впливу вібрацій на стан здоров'я робітників необхідно один раз на рік проводити медичний огляд та проходити профілактичне лікування.

Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки для приміщення механічної дільниці розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». [Г20].

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані горіння електроустановок (вестати), що перебувають під напругою до 1000 В.) [Г19].

Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості приміщення механічної дільниці – ІІ. [Г20].

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із адміністративних приміщень та два евакуаційних виходи з механічної дільниці. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу, згідно п.2.29 СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» становить 70 метрів.

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 приміщення (лабораторія) оснащено переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. [Г22].

З метою привернення уваги усіх працюючих пожежні щити, обладнання та інвентар фарбують в червоний колір, відповідно до вимог ДСТУ ISO 6309:2007 «Противопожечный захист. Знаки безпеки. Форма та колір».

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено

використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДІП-1, який буде реагувати на дим.

Враховуючи пожежну небезпеку в приміщеннях та на ділянці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3). [Г20].

Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Відшкодування матеріальних збитків та надання допомоги постраждалим внаслідок надзвичайної ситуації, згідно Кодексу цивільного захисту України

Згідно Кодексу цивільного захисту України передбачено відшкодування матеріальних збитків та надання допомоги постраждалим внаслідок надзвичайної ситуації [Г23].

Стаття 84. Соціальний захист постраждалих

1. Постраждалий внаслідок надзвичайної ситуації - це особа, якій заподіяно моральну, фізичну або матеріальну шкоду внаслідок надзвичайної ситуації або проведення робіт з ліквідації її наслідків.

2. Заходи соціального захисту та відшкодування матеріальних збитків постраждалим внаслідок надзвичайної ситуації включають:

- 1); надання інших видів допомоги
- 2) Заходи соціального захисту та відшкодування
- 3) надання гуманітарної допомоги;
- 4) надання медичної та психологічної допомоги;
- 5) забезпечення житлом;
- 6) надання (виплату) матеріальної допомоги (компенсації).

3. Заходи соціального захисту та відшкодування матеріальних збитків постраждалим здійснюються за рахунок:

- 1) коштів за договорами добровільного страхування, укладеними відповідно до законодавства про страхування;

2) коштів суб'єктів господарювання або фізичних осіб, винних у виникненні надзвичайних ситуацій;

3) коштів державного та місцевих бюджетів;

4) добровільних пожертвувань фізичних та юридичних осіб, благодійних організацій та об'єднань громадян;

5) інших не заборонених законодавством джерел.

4. Надання невідкладної допомоги постраждалим може здійснюватися за рахунок коштів резервних фондів державного та місцевих бюджетів відповідно до рівня надзвичайної ситуації, а також матеріальних резервів для запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Стаття 85. Відшкодування матеріальних збитків постраждалим внаслідок надзвичайних ситуацій

1. Відшкодування матеріальних збитків постраждалим внаслідок надзвичайних ситуацій здійснюється у порядку, визначеному законом.

Стаття 86. Забезпечення житлом постраждалих внаслідок надзвичайних ситуацій

1. Забезпечення житлом постраждалих, житло яких стало непридатним для проживання внаслідок надзвичайної ситуації, здійснюється місцевими державними адміністраціями, органами місцевого самоврядування та суб'єктами господарювання шляхом:

1) закупівлі квартир або житлових будинків;

2) позачергового надання житла, збудованого за замовленням місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування та суб'єктів господарювання;

3) будівництва житлових будинків для постраждалих;

4) надання житлових приміщень з фонду житла для тимчасового проживання;.

2. Будівництво або закупівля житлових будинків чи квартир для постраждалих, які проживали у приватному житловому фонді, здійснюється за рахунок державних коштів, які виділяються на зазначені цілі, за вирахуванням коштів, отриманих постраждалим за страхування будинку, якщо будинок був застрахований.

3. Будівництво або закупівля житлових будинків чи квартир для постраждалих, які проживали в будинках державного або комунального житлового фонду, здійснюється за рахунок державних коштів, виділених на зазначені цілі, з урахуванням площі жилих (нежилих) приміщень та кількості кімнат, якими володів постраждалий.

4. Постраждалі, які проживали у приватному житловому фонді, мають право на власне будівництво житлового будинку на умовах фінансування, зазначених у частині третій цієї статті, з одержанням для цього земельних ділянок.

5. Закупівля житлових будинків чи квартир для постраждалих може здійснюватися у населеному пункті, де він проживав, або за їх згодою у будь-якому населеному пункті України.

6. Придбання шляхом централізованої закупівлі житлового будинку чи квартири для постраждалого здійснюється за бажанням одержувача.

7. Якщо будівництво або закупівля квартири (житлового будинку) для постраждалих здійснюється місцевими державними адміністраціями та органами місцевого самоврядування, суб'єктами господарювання, грошова компенсація за зруйновану або пошкоджену квартиру (житловий будинок) не виплачується.

8. Постраждалі, яким виплачено грошову компенсацію за зруйновану або пошкоджену квартиру (житловий будинок), житлом за рахунок держави не забезпечуються.

9. Розмір грошової компенсації за зруйновану або пошкоджену квартиру (житловий будинок) визначається за показниками опосередкованої вартості спорудження житла у регіонах України відповідно до місцезнаходження такого майна.

10. Забезпечення житлом постраждалого або виплата грошової компенсації за рахунок держави здійснюється за умови добровільної передачі постраждалим зруйнованого або пошкодженого внаслідок надзвичайної ситуації житла місцевим державним адміністраціям або органам місцевого самоврядування, суб'єктам господарювання.

Стаття 87. Надання медичної та психологічної допомоги.

1. Постраждалі під час надзвичайних ситуацій мають право на надання їм безоплатної медичної допомоги. [Г24].

2. Неповнолітні особи, які постраждали внаслідок надзвичайних ситуацій, забезпечуються психологічною реабілітацією у санаторно-курортних закладах, при яких утворено центри медико-психологічної реабілітації.

3. Постраждалі, а також особи, які залучалися до виконання аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, гасіння пожеж, за висновками медико-соціальних експертних комісій забезпечуються психологічною реабілітацією.

4. Постраждалі, а також особи, які залучалися до виконання аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, гасіння пожеж, мають право на отримання безоплатної психологічної допомоги.

Стаття 88. Гуманітарна допомога

1. Одержання Україною міжнародної гуманітарної допомоги для постраждалих внаслідок надзвичайної ситуації, її розподіл та видача здійснюються у порядку, встановленому законодавством. [Г23].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ ДО ДОДАТКУ Г «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Г1. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах (проектах) зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» за освітньою програмою (спеціалізація) «Технологія машинобудування»; 133 «Галузеве машинобудування» за освітньою програмою (спеціалізація) «Металорізальні верстати та системи; 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» за освітньою програмою (спеціалізація) «Авіаційні двигуни та енергетичні установки», «Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок» / Укл. : В.І. Шмирко – Запоріжжя: Каф. ОП і НС. НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 32 с.

Г2. ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Г3. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.-М.: Энергоатомиздат, 1985.-376с. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2011. 557 с.

Г4. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-ге, доп. К. : Знання, 2014. 373 с. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-3

Г5. НПАОП 0.00-4.12-05.Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнагляд охорони праці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці)

Г6. Технічний регламент безпеки машин [Електронний ресурс] – Чинний від 2013-08-12. : станом на 11.07.2018 р. – К. : КМ України, 2013. – 76 с. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/62-2013-п> – (Постанова)

Г7. ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування»

Г8. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966 .

Г9. Технічний регламент знаків безпеки і захисту здоров'я працівників, затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

Г10. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

Г11. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення . [На заміну СНиП 2.09.04-87 ; чинний від 2011-10-01]. К.: Міненбуд України, 2011. 31 с.

Г12. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2011. 557 с.

Г13. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении [Текст]: учебник для машиностроительных вузов 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. 432 с.

Г14. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)

Г15. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]:– Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>.

Г16. Люманов, Е.М Безпека технологічних процесів та обладнання на машинобудівних підприємствах [Текст]: навчальний посібник. – Сімферополь: ВАТ «Сімферопольська міська друкарня» (СГТ), 2008. – 128 с.

Г17. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

Г18. Методичні вказівки до лабораторного заняття «Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення виробничих приміщень» з дисципліни

«Цивільний захист і охорона праці в галузі»: для студентів усіх спеціальностей та форм навчання /Укл. : В.І. Шмирко, О.В. Коробко, Ю.І. Троян. – Запоріжжя: каф. ОПіНС. НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 36с., 3 рис., 12 табл.

Г19. ДСН 3.3.6.039-99Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації, [Електронний ресурс] Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>

Г20. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Державний Стандарт України)

Г21. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. К. : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Державні будівельні норми)

Г22. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників. [На заміну НАПБ Б.03.001-2004 ; чинний від 2018-02-23]. К. : МВС України, 2018. 23 с. (Правила)

Г23. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI. Редакція від: 01.01.2018. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

Г24. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник вид. 2-ге, перероб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.