

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»  
Механіко-машинобудівний факультет  
Кафедра технологій машинобудування та матеріалознавства

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню магістра**

студента Трусенко Сергія Олександровича

академічної групи 131М-21Н-1 ММФ

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг  
машинобудівного виробництва»

на тему: «Дослідження і інтеграція САЕ-систем в розрахунок  
автоматизованої технології обробки деталі «Корпус» на верстаті з ЧПК»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від

\_\_\_\_\_ р. за № \_\_\_\_\_

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Дербаба В.А.			
розділів:				
Аналітичний	Дербаба В.А.			
Технологічний	Дербаба В.А.			
Спеціальний	Дербаба В.А.			
Науково-	Дербаба В.А.			

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

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри  
машинобудування та матеріалознавства

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року

## **ЗАВДАННЯ**

**на кваліфікаційну роботу**

**ступеню магістра**

**студенту Трусенко Сергію Олександровичу**

**академічної групи 131М-21Н-1 ММФ**

**спеціальності 131 Прикладна механіка**

**за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва»**

**на тему: Дослідження і інтеграція CAE-систем в розрахунок автоматизованої технології обробки деталі «Корпус» на верстаті з ЧПК»**

**затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від**

**\_\_\_\_\_ р. за № \_\_\_\_\_**

<b>Розділ</b>	<b>Зміст</b>	<b>Термін виконання</b>
Аналітичний	Службове призначення деталі Аналіз технологічності конструкції деталі	
Технологічний	Розробка та обґрунтування маршруту обробки деталі	
Спеціальний	Пристосування, оснащення та ріжучий інструмент для верстата з ЧПК	
Науково-дослідницький	Дослідження деталі під навантаженням SolidWorks Simulation	

**Завдання видано \_\_\_\_\_**

**Дербаба В.А.**

**Дата видачі \_\_\_\_\_**

**Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_**

**Прийнято до виконання \_\_\_\_\_**

**Трусенко С.О.**

## Зміст

Вступ. . . . .	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ. . . . .	7
1.1 Службове призначення деталі . . . . .	7
1.2 Фізико-механічні властивості матеріалу деталі. Хімічний склад . . . . .	7
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі. . . . .	8
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ. . . . .	11
2.1 Призначення річної програми випуску. . . . .	11
2.2 Вибір заготівки. . . . .	12
2.3 Розробка маршруту виготовлення деталі. . . . .	13
2.4 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів механічної обробки	16
2.5 Детальна розробка операцій технологічного процесу. . . . .	19
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. . . . .	23
3.1 Пристосування, оснащення та ріжучий інструмент для верстата з ЧПК.	23
3.2 Складання автоматизованої технології обробки деталі в обраній САМ-системі. . . . .	30
4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ. . . . .	35
4.1 Дослідження деталі під навантаженням SolidWorks Simulation. . . . .	35
Загальні висновки. . . . .	45
Перелік посилань. . . . .	46
Додатки	

## Вступ

Технологія машинобудування – комплекс технологічних наук, технологій, що використовуються в машинобудуванні. Машинобудування традиційно визначається як галузь важкої промисловості, яка виготовляє машини і обладнання для промисловості, оборони, а також для широкого споживання.

Головне завдання машинобудування – забезпечити всі галузі промисловості високоефективними машинами та обладнанням. Машинобудування є основою індустріалізації.

Машинобудування часто розуміють як складову частину більш широкої виробничої групи – машинобудування і металообробка – в яку, окрім машинобудування входить обробка металів, виробництво металевих виробів, металоконструкцій, ремонт машин і устаткування.

Машинобудування займає провідне місце в промисловості за обсягом продукції, що випускається, вартості основних виробничих фондів і чисельності робітників, зайнятих у виробництві. У сучасному машинобудуванні більшість продукції випускається в серійному виробництві, для якого характерний безперервний процес виробництва. Велика номенклатура машин і устаткування, їх складність і можливість розчленування на окремі вузли і деталі обумовлюють широку спеціалізацію виробництва продукції машинобудування.

Виробництво машин та устаткування в розвинених країнах високо монополізовано. Найбільші монополії грають провідну роль у виробництві машинобудівної продукції.

Технологія машинобудування широко використовується практично у всіх галузях промисловості, в тому числі в авіаційній, автомобільній, верстатобудуванні у виробництві побутових приладів і машин, в інструментальній промисловості, приладобудуванні, радіопромисловості, в сільськогосподарському машинобудуванні, верстатобудуванні, судобудівництві, в важкому машинобудуванні, в електричній промисловості, енергетичному машинобудуванні.

Випускна кваліфікаційна робота з технології машинобудування присвячений вдосконаленню та оптимізації технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус» за рахунок використання САМ-САЕ систем.

Робота пов'язана з науковим напрямом кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства та виконана відповідно договору про співпрацю та договором про нерозголошення конфіденційної інформації та комерційної таємниці з ТОВ «ЕЙ БІ ЕМ ТЕХНОЛОДЖИ».

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Опис конструкції та службового призначення деталі

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

	Стан поставки	Переріз, мм	$\Sigma$ <u>B</u>	$\Sigma$ <u>4</u>	$\Psi$
			МПа	<u>%</u>	
			Не менше		
	Квадрат, нормалізація	115 зразки	600	16	40

### 1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

### 3. Коефіцієнт уніфікації .

Для визначення цих коефіцієнтів складаємо таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Точність розмірів та шорсткості поверхонь деталі

№ з/п	Найменування та розміри поверхні	Квалітет точності	Граничні відхилення	Шорсткість, Ra, мм.
1	<u>Діаметри:</u> Внутрішня поверхня Ø36	H9	+0.062	6.3
2	Внутрішня поверхня Ø48	H9	+0.062	6.3
3	Зовнішня поверхня Ø110	f9	-0.016 -0.059	6.3

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

15	20			
16	18	h7	-0.018	3.2
17	15	h12	-0.18	6.3
18	<u>Шпонковий паз:</u> Ширина паза 26	P9	+0.022 -0.074	3,2
19	Довжина паза 16	H9	+0.043	3,2
20	<u>Шпонковий паз:</u> Ширина паза 26	P9	+0.022 -0.074	3,2
21	Довжина паза 16	H9	+0.043	3,2

#### 1) Визначаємо коефіцієнт точності

Деталь вважається технологічною за точністю, якщо виконується умова:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \geq 0,8 \quad (1.1)$$

де  $T_{cp}$  – середній квалітет розмірів деталі

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (1.2)$$

де  $n_i$  - кількість розмірів кожного квалітету

$$T_{cp} = \frac{12 \times 5 + 9 \times 14 + 7 \times 2}{21} = 9.52$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{9.52} = 0,89 > 0,8$$

$0,89 > 0,8$  – тобто за точністю деталь технологічна.

2) Визначаємо коефіцієнт шорсткості

Деталь вважається технологічною за шорсткістю, якщо виконується умова:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} \leq 0,32 \quad (1.3)$$

де  $Ш_{cp}$  – середня шорсткість

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_{cp} \times n_i}{\sum n_i} \quad (1.4)$$

$$Ш_{cp} = \frac{6.3 \times 14 + 3.2 \times 5 + 1.6 \times 2}{21} = 5.1$$

$$K_{ш} = \frac{1}{5.1} = 0,2 < 0,32$$

$0,2 < 0,32$  – тобто за шорсткістю деталь технологічна.

3) Визначаємо коефіцієнт уніфікації.

За коефіцієнтом уніфікації деталь вважається технологічною, якщо виконується умова:

$$K_y = \frac{Q_y}{Q_e} \geq 0,6 \quad (1.5)$$

де  $Q_y = 21$  – число уніфікованих елементів

$Q_e = 21$  – число конструкційних елементів

$$K_y = \frac{21}{21} = 1 > 0,6$$

$1 > 0,6$  – тобто за коефіцієнтом уніфікації деталь технологічна.

Тобто за всіма коефіцієнтами деталь технологічна.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1. Призначення річної програми випуску

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

$n_z$  – запас деталей, необхідних на складі,

$P_d$  – число робочих днів у поточному році,

$$P_d = D_k - (D_v + D_{св}) \quad (2.2)$$

де  $D_k = 365$  днів – кількість календарних днів на рік,

$D_v = 105$  днів – кількість вихідних днів,

$D_{св} = 11$  днів – кількість законодавчо встановлених вихідних днів та свят.

$$P_d = 365 - (105 + 10) = 250 \text{ днів}$$

$$n_z = \frac{800}{250} \times 8 = 25 \text{ штук.}$$

Приймаємо партію запуску деталей 25 штук.

## 2.2 Вибір заготовки

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

-відхилення від скручення 3 градуса

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу

$$КВМ = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} \quad (2.3)$$

Де,  $m_{дет} = 12,85$  - маса деталі, кг

$m_{заг}$  - маса заготовки, кг

Розраховуємо вагу заготовки

Вага заготовки розрахована за допомогою КОМПАС 3D і дорівнює 19.7кг

$$КВМ = \frac{12.8}{19.7} = 0.64$$

Коефіцієнт використання матеріала відповідає вимогам серійного виробництва.

## 2.3 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

В соответствии с чертежом детали разработаем технологический маршрут и оформим его в виде таблицы.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

035	точити поверхню $\varnothing 110_{\pm 0,143}$ ; точити фаску $1 \times 45^0$ ; розточити канавку $\varnothing 48$ , $b=15_{-0,12}$ .	16K20Ф3
040	Радіально - свердлильна Свердлити отвір $\varnothing 11-16$ на довжину 5мм; свердлити отвір $\varnothing 18,5$ на довжину свердла; свердлити отвір $\varnothing 11-16$ на довжину $50_{-0,25}$ ; свердлити отвір $\varnothing 18,5$ до зустрічі з отвором $\varnothing 18,5$ (який був раніше просвердлений); свердлити отвір $\varnothing 11$ на довжину $60_{\pm 0,5}$	Радіально – свердлильний верстат моделі 2М55

№ операції	Найменування і короткий зміст операції	Обладнання
	<div data-bbox="544 631 959 837" style="border: 1px solid red; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.</p> </div>	
	<p>Зенкерувати 2 отвори <math>\varnothing 39</math> остаточно; зенкувати фаски <math>1 \times 45^0</math> в отворах <math>\varnothing 39</math>; розгорнути 2 отвори <math>\varnothing 39</math>; нарізати різьбу M39x1,5-7H; свердлити 2 отвори <math>\varnothing 20</math> глибиною 55 мм; розсвердлити 2 отвори з <math>\varnothing 20</math> до <math>\varnothing 36</math> глибиною 55 мм; зенкерувати 2 отвори <math>\varnothing 36</math>; розсвердлити в 2 отворах (<math>\varnothing 36</math>) отвори <math>\varnothing 37,5</math> глибиною <math>4^{+0,2}</math> мм; нарізати різьбу M36x1,5.; свердлити отвір <math>\varnothing 14,25</math> до виходу у центральний отвір; зенкерувати отвір <math>\varnothing 14,25</math> під отримання трубної різьби попередньо; зенкерувати отвір <math>\varnothing 14,25</math> остаточно ; зенкувати фаску <math>1 \times 45^0</math> в отворі <math>\varnothing 14,25</math>; розгорнути отвір <math>\varnothing 14,25</math>; нарізати різьбу M11*1,5-7H</p>	

№ операції	Найменування і короткий Зміст операції	Обладнання
------------	---	------------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

--	--	--

## 2.4 Розрахунок припусків та міжопераційних розмірів механічної обробки

Припуски під обробку обираємо з нормативних таблиць визначення операційних припусків [2.с43т.27]

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

		2	112	-	+0,6 -1,5
	2.Точіння чорнове	1,1	109,1	h10	-0,14
	3.Точіння чистове	0,9	110	f9	-0,016 -0,059
2	Зовнішня поверхня Ø110f9, Ra 6,3				
	1.Заготовка	2	112	-	+0,6 -1,5
	2.Точіння чорнове	1,1	109,1	h10	-0,14
	3.Точіння чистове	0,9	110	f9	-0,016 -0,059
3	Довжина 112h7, Ra 1,6				
	1.Заготовка	3	115	-	+0,6 -1,5
	2.Фрезерування	1,5	113,5	h14	-0,87

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 17.07.2023р.

визначаємо найбільший та найменший розміри заготовки та припуски.

#### Заготовки

$$D_{\text{заг.маx}} = 115 + 0,6 = 115,6 \text{ мм}$$

$$D_{\text{заг.мін}} = 115 - 1,5 = 113,5 \text{ мм}$$

#### Фрезерування чорнове

$$D_{1\text{маx}} = 113,5 \text{ мм}$$

$$D_{1\text{мін}} = 113,5 - 0,87 = 112,63 \text{ мм}$$

#### Фрезерування чистове

$$D_{2\text{маx}} = 112,5 \text{ мм}$$

$$D_{2\text{мін}} = 112,5 - 0,14 = 112,36 \text{ мм}$$

#### 4. Шліфування

$$D_{3\text{маx}} = 112 \text{ мм}$$

$$D_{3\text{мін}} = 112 - 0,035 = 111,965 \text{ мм}$$

Визначаємо припуски по переходам.

Φ

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

I

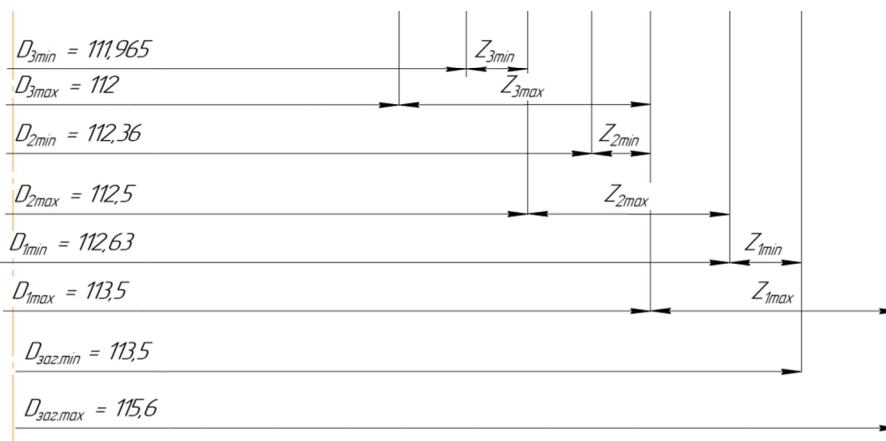


Рисунок 2.1 – Схема розташування операційних припусків

## 2.5 Докладна розробка операції технологічного процесу

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

P6M5.Матеріал деталі Сталь 40X.

Визначаємо глибину різання,  $t$  мм:

$$t=h \quad (2.6)$$

Де  $h$  – припуск під фрезерування

$$h=3\text{мм}$$

Визначаємо подачу на зуб,  $S_z$  мм/зуб:

$$S_z=0,15 \text{ (мм/зуб)}$$

Приймаємо по таблиці [4с283т33]

Визначаємо розрахункову величину швидкості різання:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (2.7)$$

Де  $K_V$  - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання

$K_V$  - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання

$$K_V = K_{Mv} * K_{Nv} * K_{Uv}, \text{ где} \quad (2.8)$$

$K_{Mv}$  - коеф., що враховує якість оброблюваного матеріалу ( $K_{Mv} = 0.57$ )

$K_{Nv}$  - коеф., що враховує стан поверхні заготовки ( $K_{Nv} = 0.8$ )

$K_{Uv}$  - коеф., що враховує стан поверхні інструмента ( $K_{Uv} = 1$ )

Приймаємо по таблиці [Зс.286т.39]: значення стійкості інструменту і значення коефіцієнтів входять в формулу:  $T=80$  мин;  $C_v=41$ ;  $q=0,25$ ;  $x=0,1$ ;  $y=0,4$ ;  $u=0,15$ ;  $p=0$ ;  $m=0,2$ ; при  $t=3$  мм;  $B=25$  мм;  $S_z=0,15$  мм/зуб.

$$V_p = \frac{41 * 25^{0.25}}{80^{0.2} * 3^{0.1} * 0.15^{0.4} * 25^{0.15} * 3^0} * 0,456 = 22,17 \text{ (м/хв)} \quad (2.9)$$

Визначимо число оборотів шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.10)$$

$$n_p = \frac{1000 * 22,17}{3,14 * 25} = 282 \text{ (об/ хв.)}$$

У нашому випадку застосовується верстат з безступінчатим регулюванням, тоді приймаємо число оборотів, рівне:  $n=300$  об/мин;

Тоді швидкість різання дорівнює:

$$V = \frac{\pi * D * n}{1000} = \frac{3,14 * 25 * 300}{1000} = 23,55 \text{ (м/хв)} \quad (2.11)$$

Подача:

$$S_{XB} = S_z * z * n = 0,15 * 3 * 300 = 135 \text{ (мм/ хв.)} \quad (2.12)$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10 * C_p * t^x * S_t^y * B^u * z}{D^q * n^w} * K_{mp}, \quad (2.13)$$

По табл. [Зс.286т.29] де,  $C_p=82,5$ ,  $x=0.95$ ,  $y=0.8$ ,  $u=1.1$ ,  $q=1,1$ ,  $w=0$ ,

Поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу:

$$K_{mp} = \left( \frac{O_B}{750} \right)^n = \left( \frac{981}{750} \right)^{0.3} = 0,7 \quad (2.14)$$

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

Основний час на виконання 1-го переходу.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S_{XB}}, \quad (2.18)$$

де  $L$  - довжина оброблюваної поверхні, мм;  $l$  - довжина врізання інструмента, мм;  $i$  - число робочих ходів;  $n$  - частота обертання шпинделя, об / хв;  $S$  - подача, мм / об.

$$T_o = \frac{286,7 \cdot 1}{135} = 2,12 \text{ хв.}$$

$$t_b = t_{b.y} + t_{m.b}$$

$t_{b.y}$  = установка і зняття заготовки - 0,4 хв.

$t_{m.b}$  = час на перехід, установку фрези - 0,38 хв.

$$t_b = 0,4 + 0,38 = 0,78 \text{ хв.}$$

Часи  $t_{обс}$  і  $t_{п}$  приймаються в процентному відношенні від оперативного часу ( $t_{оп}$ ):

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 17.07.2023р.

Для середнесерійного (600-1200 деталей в рік) виробництва можна прийняти  $S_n = 25$ .

$$n_3 = \frac{800}{25} = 32$$

$$T_{ш-к} = 5,066 + \frac{24}{32} = 5.816 \text{ (хв.)}$$

### 3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Пристосування, оснащення та ріжучий інструмент для верстата з ЧПК.

Обробка деталі була виконана в програмі PowerMill 2021, оскільки вона

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

1000%

#### Параметри робочої зони

Діаметр інтегрованої похило-поворотної планшайби з Т-обр. пазами, мм - 635

Кількість Т-подібних пазів - 5

Ширина Т-подібних пазів, мм - 15,9...16,0

Відстань між сусідніми Т-подібними пазами, мм - 125

Максимально допустиме навантаження на стіл, кг - 454

## **Параметри шпінделя**

Виконання конуса шпінделя - ISO40

Максимальна частота обертання шпінделя, об/хв – 12000

Крутний момент (пост/макс), Нм - 122

Потужність шпінделя (пост/макс), кВт - 22,4

Спосіб передачі крутного моменту - прямий привід

Масило підшипників шпінделя - повітряно-олійне

## **Параметри переміщення робочих органів**

Величина робочих переміщень осями

по осі X, мм - 1016

по осі Y, мм - 635

по осі Z, мм - 635

по поворотній осі, град – повний оборот (360 град.)

по похилій осі, град. - від +120 до -35

Відстань від поверхні столу до торця шпінделя, мм

у крайньому нижньому положенні шпінделя - 102

у крайньому верхньому положенні шпінделя - 737

Максимальна величина робочих подач по осях X, Y, Z, м/хв – 16.5

Максимальна швидкість холостих переміщень по осях X, Y, Z, м/хв - 30,5

Максимальна швидкість обертання поворотних осей на робочій подачі, град/сек  
- 170,0

Максимальна швидкість обертання поворотних осей при прискореному  
переміщенні, град/сек – 170,0

Потужність серводвигунів по осях X/Y/Z, кВт

## **Максимально допустимі зусилля по осях, кН**

по осі X - 14,7

по осі Y - 14,7

по осі Z - 18,0

Крутний момент поворотної осі, Нм - 2514

Гальмівний момент поворотної осі Нм - 1220

Крутний момент похилої осі, Нм - 3037

Гальмівний момент похилої осі, Нм - 2712

### **Параметри інструментального магазину**

Виконання інструментального магазину - Бокового типу

Тип оправок, що встановлюються - СТ40

Кількість інструментальних позицій у магазині – 30

Максимальний діаметр інструменту, що встановлюється, мм - 100

Максимальна довжина інструменту, мм – 235

Максимальний діаметр інструменту, що встановлюється, мм

при порожніх сусідніх позиціях - 127

при зайнятих сусідніх позиціях – 64

Максимальна вага інструменту, що встановлюється, кг - 5,4

Час зміни інструменту, сік

від інструменту до інструменту – 2,8

від стружки до стружки - 3,6

### **Параметри точності**

Точність позиціонування по осях X/Y/Z (VDI/DGQ3441, на всій довжині), мм -  $\pm 0,0050$

Повторюваність позиціонування по осях X/Y/Z (VDI/DGQ3441), мм -  $\pm 0,0025$

Точність позиціонування поворотної осі, кут. сек. -  $\pm 15$

Повторюваність позиціонування поворотної осі, кут. сек. -  $\pm 10$

Точність позиціонування похилої осі, кут. сек.

Повторюваність позиціонування похилої осі, кут. сек.

### **Параметри пристрої ЧПК**

Тип пристрою - HAAS

Кількість керованих осей – 5

Тип монітора для відображення інформації - LCD 15"

Швидкість обробки програм, блоків/сек – до 1000

Тип інтерфейсу для підключення носіїв пам'яті, що знімаються - USB

Об'єм пам'яті для зберігання програм, ГБ - 1

Мінімальна дискретність значень, що задаються, мм - 0,001

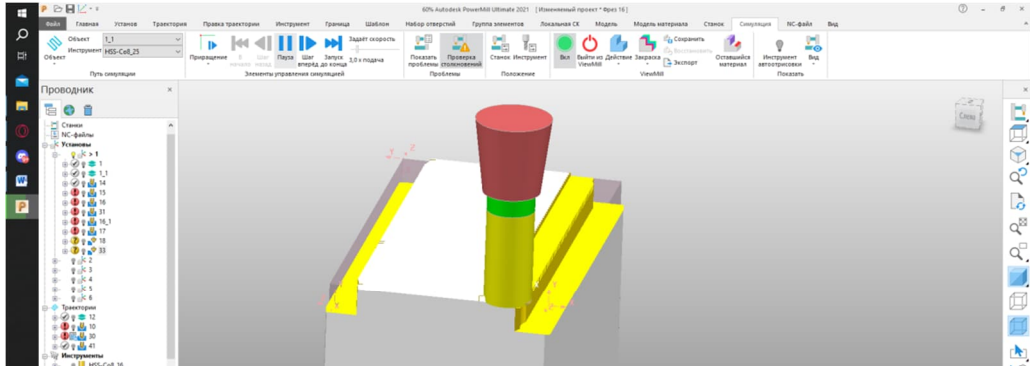
**Габаритні робочі розміри верстата, мм**

довжина - 3738

ширина - 3321

висота - 3394

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 17.07.2023р.



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

**Gačan Патрон Weldon Performance – бывший DIN 69871**

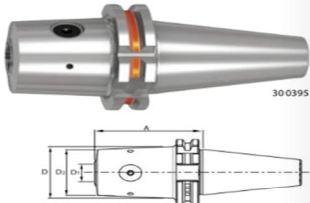
- С отверстием для chips хранения данных.
- Все хвостовики с дополнительной финишной обработкой.
- 4 канала для подвода СОЖ.

**Преимущество:**


- Без вытигивания фрезы и биения.
- Оптимизированный наружный контур.
- Повышенное усилие зажима благодаря ступенчатому винту с различным шагом резьбы на ступенях.
- Низкая вероятность слома хвостовика фрезы.
- Прецизионное исполнение.

**Применение:** Для зажимания инструментов с боковой лыской на хвостовике по DIN 1835 Форма В и DIN 6535 Форма НВ. Идеально подходит для фрез ТРС и моделей с высокими подачами. Без вытигивания фрезы и биения, **совершенная надежность технологического процесса!**

**Специальные принадлежности:** Штрели № 308600 – 308806, затяжные ключи № 308820 – 308835.



300395



- Пружина в корпусе перемещает фрезу с лыской на хвостовике в правильное положение.
- Специальная деталь на затяжном винте удерживает фрезу по всем поверхностям лыски.

зажимания D <sub>1</sub>	мм	6	8	10	12	16	20
30 0395	Патрон Weldon Performance с каналами для подвода СОЖ	SK 40 короткий	по запросу	по запросу	по запросу	по запросу	по запросу
30 0398	Форма АDB	SK 50 короткий	по запросу	по запросу	по запросу	по запросу	по запросу
Размер А (30 0395)	мм	50	50	50	50	63	63
Размер А (30 0398)	мм	25,5	28	35	40,5	47,1	49,5
∅ D (30 0395)	мм	26,7	29,2	36,2	41,7	47,1	50,6
∅ D <sub>1</sub> (30 0398)	мм	22,5	25	32	37,5	43	46,5

Оснастка: Центруючі лещата з верхніми губками

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

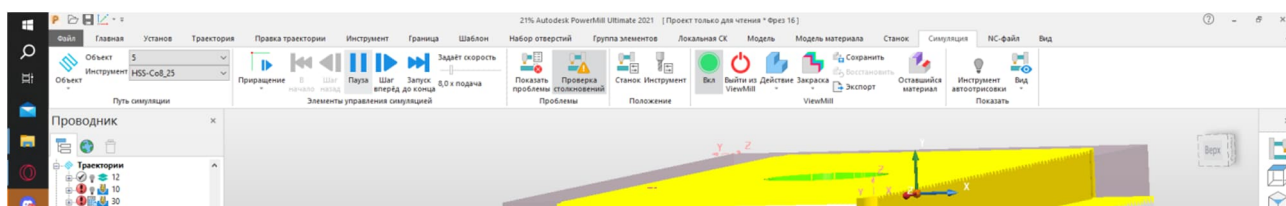
## Перелік використаних інструментів

Фрези:

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

## 3.2 Складання автоматизованої технології обробки деталі в обраній САМ-системі

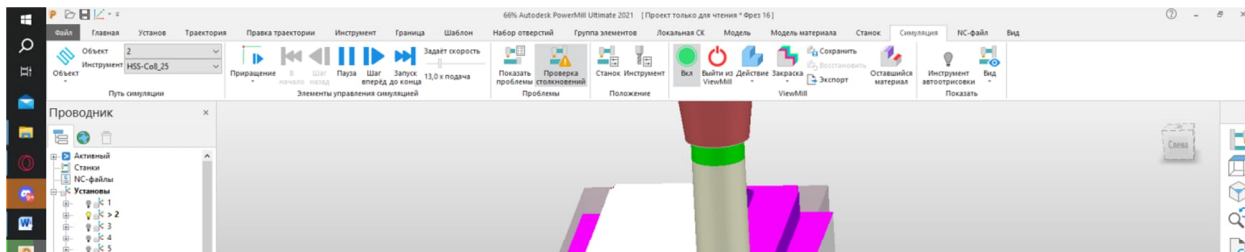
Симуляція обробки деталі за допомогою Autodesk PowerMill



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.



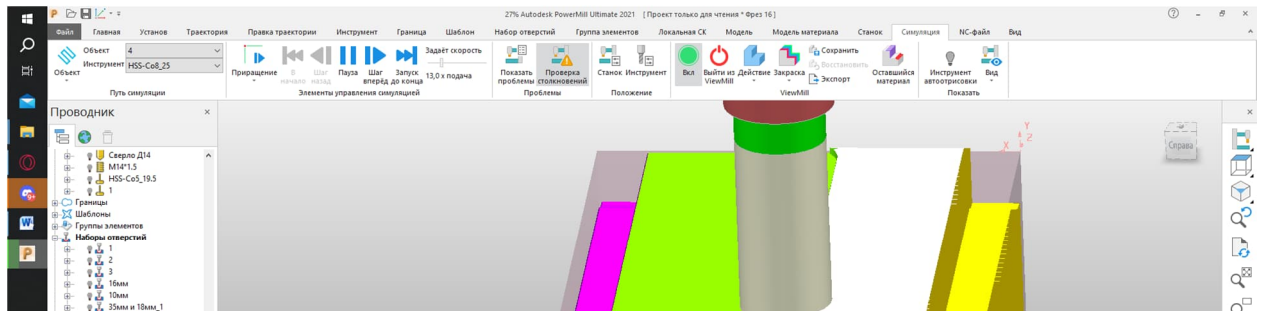
Рисунок 3.4 – Фрезерування центрального отвору з пазом



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.



Рисунок 3.6 – Фрезерування площини



Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 17.07.2023р.

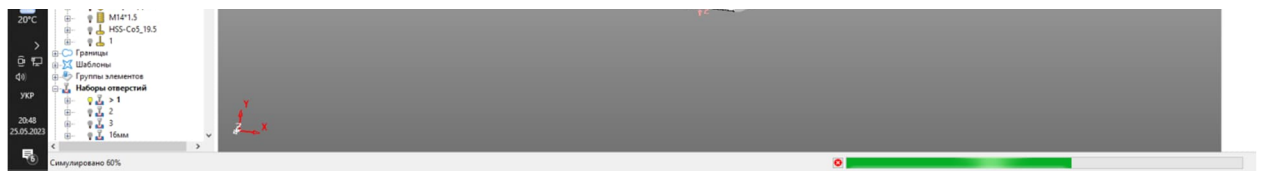
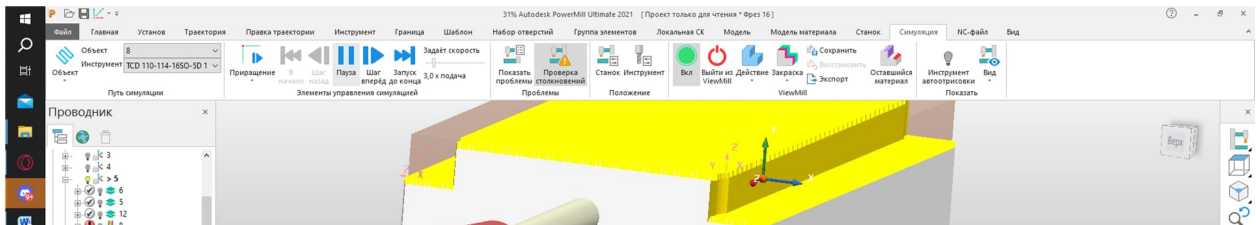


Рисунок 3.8 – Свердлення центрального отвору наскрізь



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

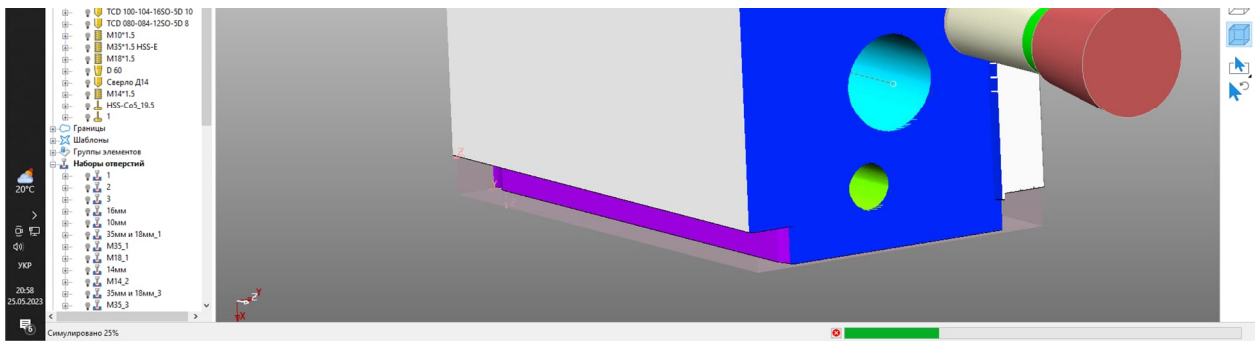
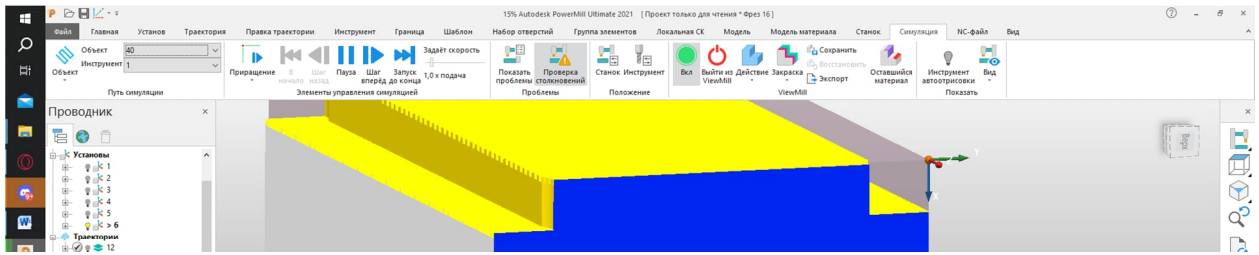


Рисунок 3.10 – Фрезерування площини



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.



Рисунок 3.11 – Фрезерування отворів

## 4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

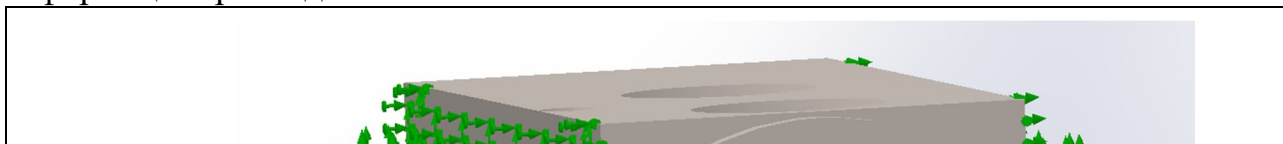
### 4.1 Перевірка деталі під навантаженням в SolidWorks Simulation

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

Сталь 40Х маса деталі 12,85кг; найбільший ширина 112мм, найбільша довжина 185мм.

Деталь «Корпус» відноситься до 73 класу – «Корпусні». Деталь простої форми, при обробці не потребує спеціального пристосування, різального та вимірювальних інструментів. Заготовка простої форми, всі поверхні доступні для обробки. Вказані на кресленні допустимі відхилення розмірів не перевищують геометричних похибок верстата.

## Інформація про модель



Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 17.07.2023р.

--	--	--	--

В даній таблиці показано яке тверде тіло розглядаю та визначив об'ємні властивості за допомогою SolidWorks.

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 17.07.2023р.

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 17.07.2023р.

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 17.07.2023р.

## Результати дослідження

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Напруга1	VON: Напруга Von Mises	1,498e <sup>-2</sup> N/m <sup>2</sup> Вузол: 72209	9,189eN/m <sup>2</sup> Вузол: 4101

Конференційну інформацію  
та комерційну таємницю  
вилучено з матеріалів на  
підставі експертного  
висновку від 17.07.2023р.

програма дозволяє використовувати граничне розтягування або задавати свою граничну напругу.

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Переміщення1	URES: Результуюче переміщення	0,000e <sup>+0</sup> mm Вузол: 4092	6,651e <sup>-10</sup> mm Вузол: 63171

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Деформація1	ESTRN: Еквівалентна деформація	$4,549e^{-14}$ Елемент: 16307	$3,324e^{-11}$ Елемент: 40186

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.

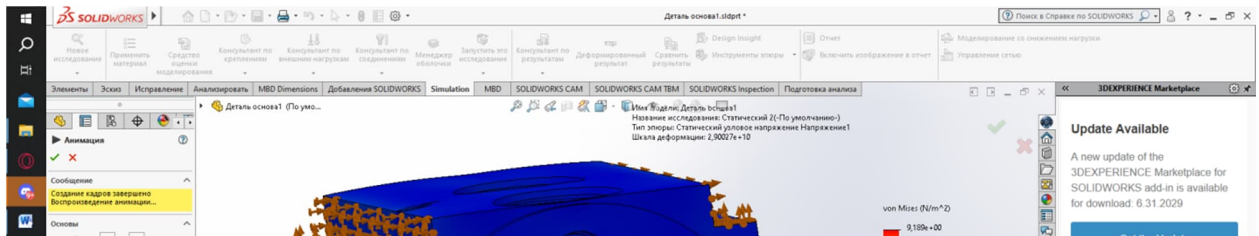
### Информация о сетки

Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Використовуване розбиття:	Стандартна сітка
Автоматичне ущільнення сітки:	Вимк
Увімкнуті автоцикли сітки:	Вимк
Крапки Якобіана для сітки високої якості	16 Точок
Розмір елемента	7,22666 mm
Допуск	0,361333 mm
Якість сітки	Висока

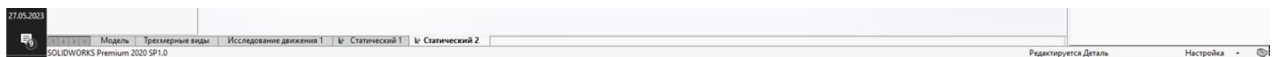
### Информация о сетки - Деталізація

Всього вузлів	85729
Всього елементів	54047
Максимальне співвідношення сторін	33,241

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.



Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 17.07.2023р.



Висновок: Деталь «Корпус» виготовлення зі сталі 40Х має хороші фізичні та механічні показники. Деталь працює як гідравлічний регулюючий клапан для сільгосптехніки. Для системи використовують спеціальне гідравлічне мастило, тиск в системі має бути 1-5 бар. Провів перевірку на деформацію деталі, розміри отвору ( $\text{Ø}36 \times 185 \text{ мм}$ ) на який докладається основний тиск, деталь тиск витримує.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Після викладу розділів випускної кваліфікаційної роботи бакалавра зробимо висновки про виконану роботу в наступному:

- в аналітичному розділі проведено аналіз креслень конструкцій деталі метою визначення якісної оцінки технологічності конструкцій та визначення коефіцієнта уніфікації деталі, що представляє собою кількісну оцінку технологічності конструкцій деталі;

- в технологічному розділі визначається тип виробництва і форма організації технологічного процесу виробництва деталі, вибирається і економічно обґрунтовується спосіб отримання заготовок, розробляється маршрут обробки деталей, визначаються режими різання. У розробленому маршруті обробки деталей досягли вищої точності і зниження основного технологічного часу за рахунок раціональної послідовності обробки деталі на верстаті з ЧПК;

- в спеціальному розділі виконано комп'ютерне моделювання тривимірної моделі у CAD системі та програмування технології автоматизованої обробки деталі у CAM системі з отриманням керуючого коду для верстата з ЧПК.

- в науково-дослідницькому розділі виконано перевірку деталі на деформацію при заданому робочому тиску. Виконано за допомогою SolidWorks Simulation. Надані практичні рекомендації щодо оптимальної геометрії деталі у відповідальних вузлах під навантаженням.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Довідник користувача ЄКТС [Електронний ресурс].  
<https://kpi.ua/files/ECTS.pdf> (дата звернення: 04.11.2017).
  - 26 Залога В.О., Зінченко Р.М.. Система "PowerShape". Основи 3D моделювання: Метод. вказівки з курсів "Комп'ютерні технології у верстатобудуванні" та "Комп'ютерні технології в інструментальному виробництві". Суми : Сумський держ ун-т, 2009.
  - 27 Залога В.О., Зінченко Р.М. Система "PowerShape" Поверхневе моделювання: Метод. вказівки з курсів "Комп'ютерні технології у верстатобудуванні" та "Комп'ютерні технології в інструментальному виробництві". Суми : Сумський держ ун-т, 2010.
  - 28 Залога В.О., Зінченко Р.М. Система "PowerShape" Створення САПР за допомогою макросів: Метод. вказівки з курсів "Комп'ютерні технології у верстатобудуванні" та "Комп'ютерні технології в інструментальному виробництві"/ Суми : Сумський держ ун-т, 2011.
  - 29 Величко О.Г. Інноваційна діяльність у сферах техніки, технології, технічного регулювання і забезпечення якості: підручник / Величко О.Г., Должанський А.М., Віткін Л.М., Янішевський О.Е., Ключев Д.Ю.; Донецьк : Свідлер, 2010. – 120 с.
  - 30 Лукінюк М.В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. Київ : НТУУ "КПІ", 2008.
-