

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра ТАМ

Магістерська кваліфікаційна робота
за спеціальністю 131 – Прикладна механіка
на тему:

**Пристрій з електрогідравлічним слідкувальним приводом
для обкочування нециліндричних заготовок**

Виконав: ст. гр. 1ПМ-16м

Гораль М. В.

Керівник: к.т.н., проф. каф. ТАМ

Дерібо О. В.

Мета і завдання дослідження

Метою роботи є створення пристрою з електрогідравлічним слідкувальним приводом для обкочування нециліндричних заготовок, здатного забезпечувати раціональні режими обробки на основі дослідження динаміки ЕГСП за допомогою числового імітаційного моделювання.

Для досягнення поставленої мети виконувались такі *завдання*:

- огляд способів ППД;
- огляд технологічного оснащення для ППД;
- розробка розрахункової схеми пристрою з ЕГСП для обкочування нециліндричних заготовок;
- розробка математичної моделі пристрою з ЕГСП;
- імітаційне дослідження в середовищі MATLAB Simulink динамічних процесів, що відбуваються в пристрої з ЕГСП під час обкочування нециліндричних заготовок;
- визначення раціональних конструктивних параметрів приводу;
- удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус гідроциліндра»;
- економічне обґрунтування удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус гідроциліндра»;
- розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на ділянці механічної обробки.

Об'єкт дослідження. Електрогідравлічний слідкувальний привод пристрою для обкочування нециліндричних заготовок.

Предмет дослідження. Процеси, що відбуваються в ЕГСП під час обкочування нециліндричних заготовок.

Наукова новизна, практичне значення одержаних результатів

Наукова новизна одержаних результатів. Наукову новизну роботи складають математична модель і результати досліджень характеристик пристрою для поверхневого пластичного деформування з електрогідравлічною системою керування.

Практичне значення одержаних результатів:

- 1) запропонована математична модель та алгоритм її розрахунку в середовищі MATLAB Simulink дозволяють проводити імітаційні дослідження перехідних процесів, що відбуваються в ЕГСП при обкочуванні нециліндричних заготовок;
- 2) запропонована методика дозволяє визначити раціональні конструктивні параметри ЕГСП пристрою для обкочування нециліндричних заготовок;
- 3) розроблено конструкцію ЕГСП пристрою для обкочування нециліндричних заготовок;
- 4) удосконалено технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус гідроциліндра».

Апробація результатів роботи. Основні положення й результати роботи доповідалися й обговорювалися на 2 науково-технічних конференціях:

- 1) XLV науково-технічна конференція ВНТУ (м. Вінниця, ВНТУ, 23-24 березня 2016 р.);
- 2) XVI Міжнародна науково-технічна конференція «Вібрації в техніці та технологіях» (м. Вінниця, 26-27 жовтня 2017 р.).

Публікації. Оpubліковано 2 тези доповідей:

- 1) Імітаційне дослідження електрогідравлічного слідувального приводу пристрою для обробки поверхневим пластичним деформуванням [Електронний ресурс] / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, М. В. Гораль // Матеріали XLV Науково-технічної конференції ВНТУ, Вінниця, 23-24 березня 2016 р. – Електрон. текст. дані. – 2016. – Режим доступу : <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2016/paper/view/1404>.
- 2) Імітаційне дослідження динаміки електрогідравлічного слідувального приводу пристрою для обкочування вісенесиметричних заготовок / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, М. В. Гораль // Матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції «Вібрації в техніці та технологіях», м. Вінниця, 26-27 жовтня 2017 р. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – С. 158–159.

За результатами проведених досліджень прийнято до опублікування статтю: Динаміка електрогідравлічного слідувального приводу пристрою для обкочування вісенесиметричних поверхонь / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, М. В. Гораль // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2017. – № 6.

Технологічна оснастка для поверхневого пластичного деформування (ППД)

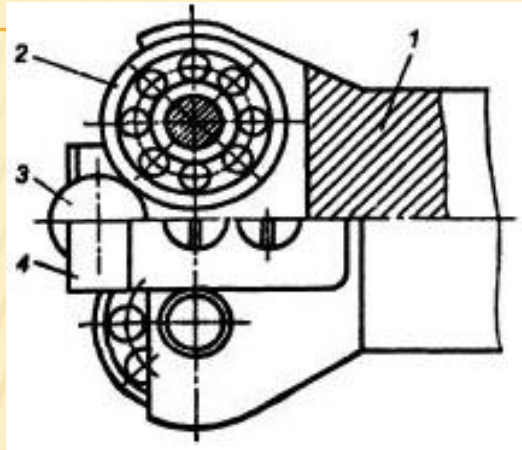


Рисунок 1 – Робоча головка кулькового обкатника

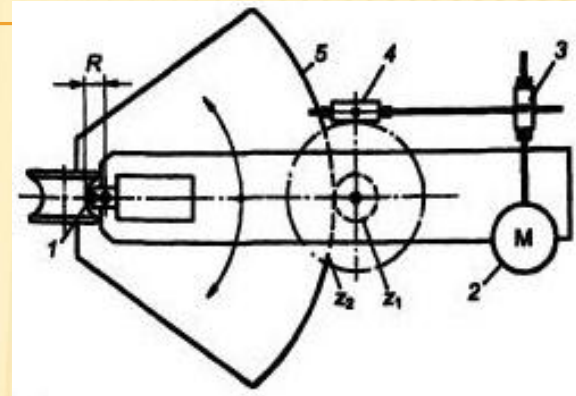


Рисунок 2 – Схема пристрою для обкочування криволінійних поверхонь

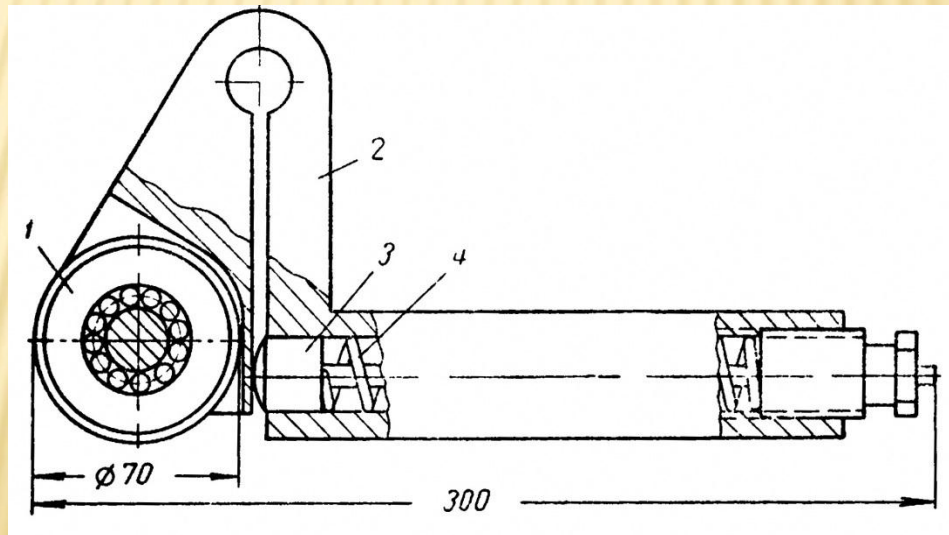


Рисунок 3 – Універсальний однороліковий пристрій для обкочування зовнішніх поверхонь

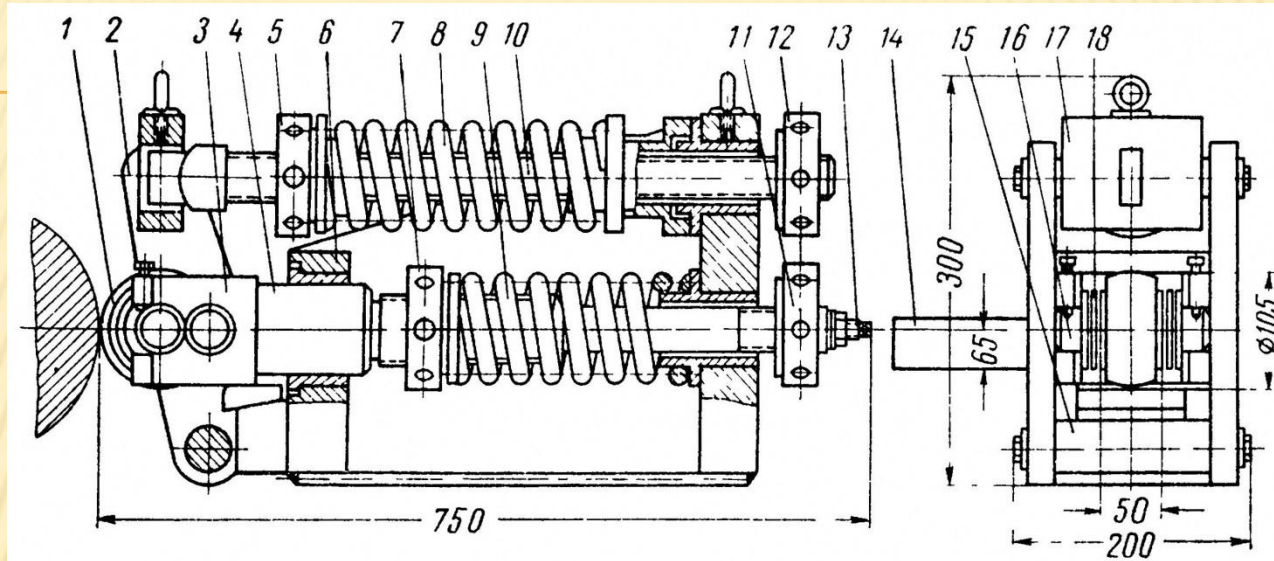


Рисунок 4 – Універсальний пристрій для обкочування валів на великих токарних верстатах з роликом кругового профілю

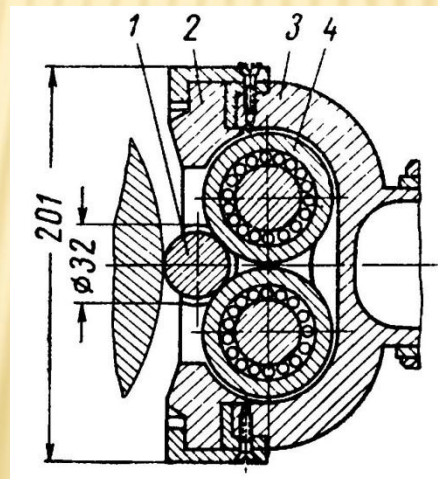


Рисунок 5 – Головка пристосування з самоустановним роликом циліндричної форми

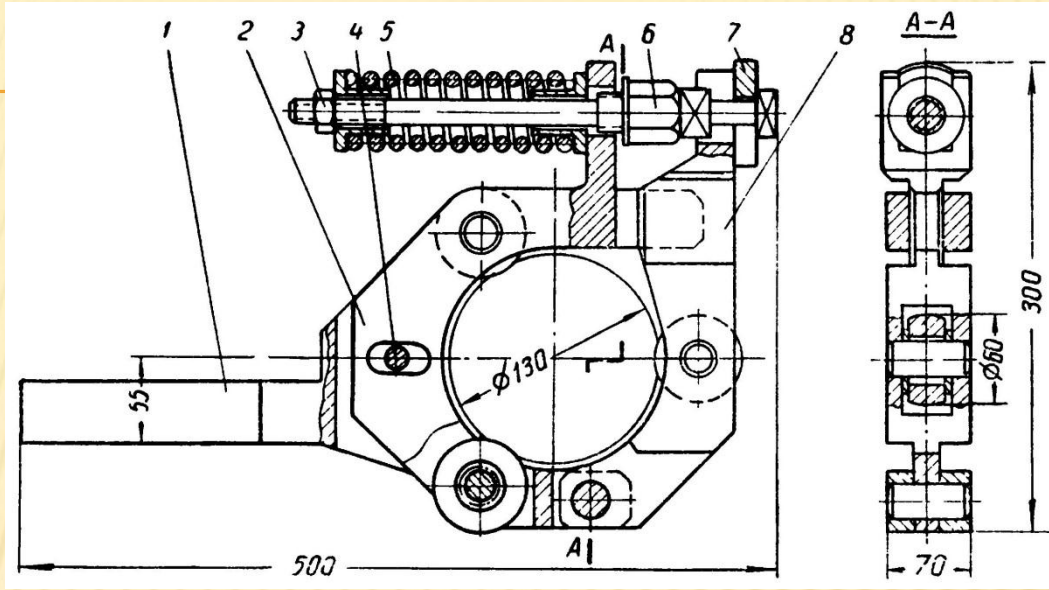


Рисунок 6 – Пристрій для обкочування шийок довгих валів

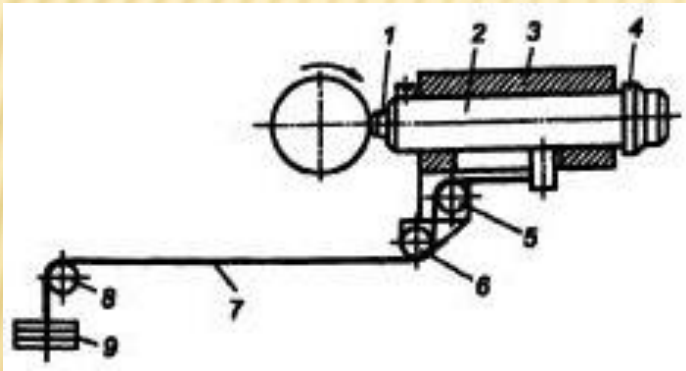


Рисунок 7 – Схема пристрою для вигладжування фасонних і конічних поверхонь

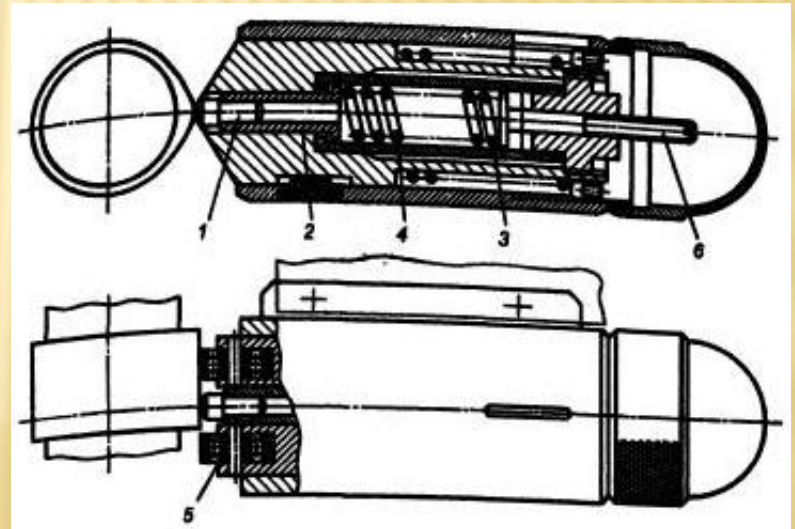
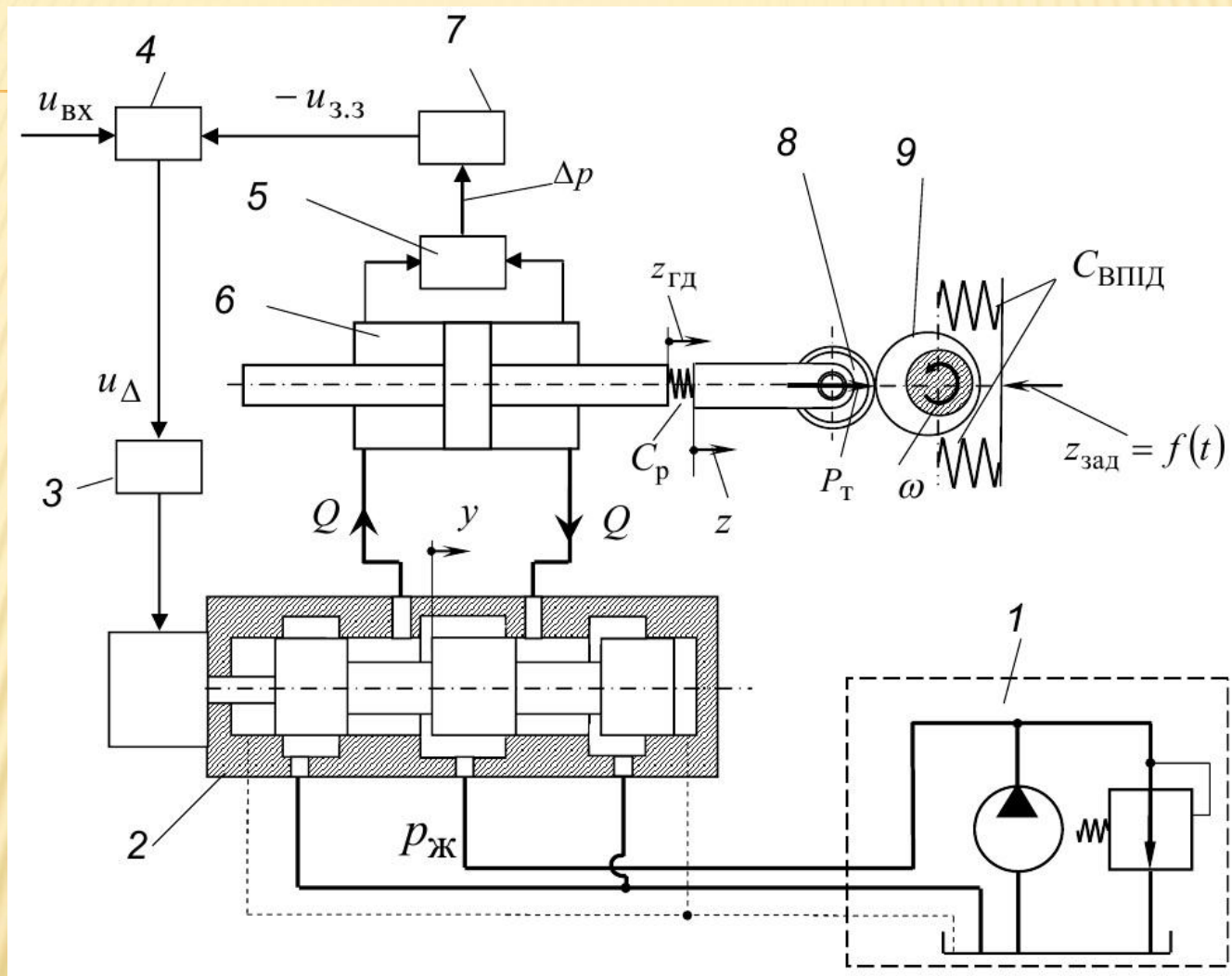


Рисунок 8 – Копірна пружинна державка для вигладжування некруглих поверхонь

Розрахункова схема пристрою з ЕГСП



1 – гідростанція; 2 – електрогідрравлічний підсилювач; 3 – підсилювач сигналу неузгодження; 4 – суматор; 5 – датчик перепаду тиску (датчик сигналу зворотного зв'язку); 6 – виконавчий двигун (гідроциліндр); 7 – підсилювач сигналу зворотного зв'язку; 8 – обкочувальний ролик; 9 – оброблювана заготовка

Математична модель пристрою з ЕГСП

1. Рівняння датчика головного зворотного зв'язку

$$u_{3,3} = -k_{3,3} \Delta p.$$

2. Рівняння суматора

$$u_{\Delta} = u_{\text{вх}} - u_{3,3}.$$

3. Рівняння підсилювача сигналу відхилення

$$i = k_{iu} u_{\Delta}.$$

4. Рівняння першого каскаду ЕГП

$$y = \begin{cases} k_{\text{ЕГП}} i, & \text{якщо } i \leq \frac{y_{\text{max}}}{k_{\text{ЕГП}}}; \\ y_{\text{max}}, & \text{якщо } i > \frac{y_{\text{max}}}{k_{\text{ЕГП}}}. \end{cases}$$

5. Рівняння подачі рідини на виході ЕГП

$$Q = k_Q y \sqrt{1 - \frac{\Delta p}{P_{\text{ж}}} \text{sign } y},$$

де $\Delta p = p_1 - p_2$ – перепад тиску в гідроциліндрі.

6. Рівняння зв'язку між переміщеннями вихідного органа ідеального гідродвигуна і штока реального гідроциліндра

$$P = C_p (z_{\text{ГД}} - z_{\text{шт}}).$$

7. Сила, що розвивається вихідним органом ідеального гідродвигуна

$$P = \Delta p \cdot F_{\text{ГД}}.$$

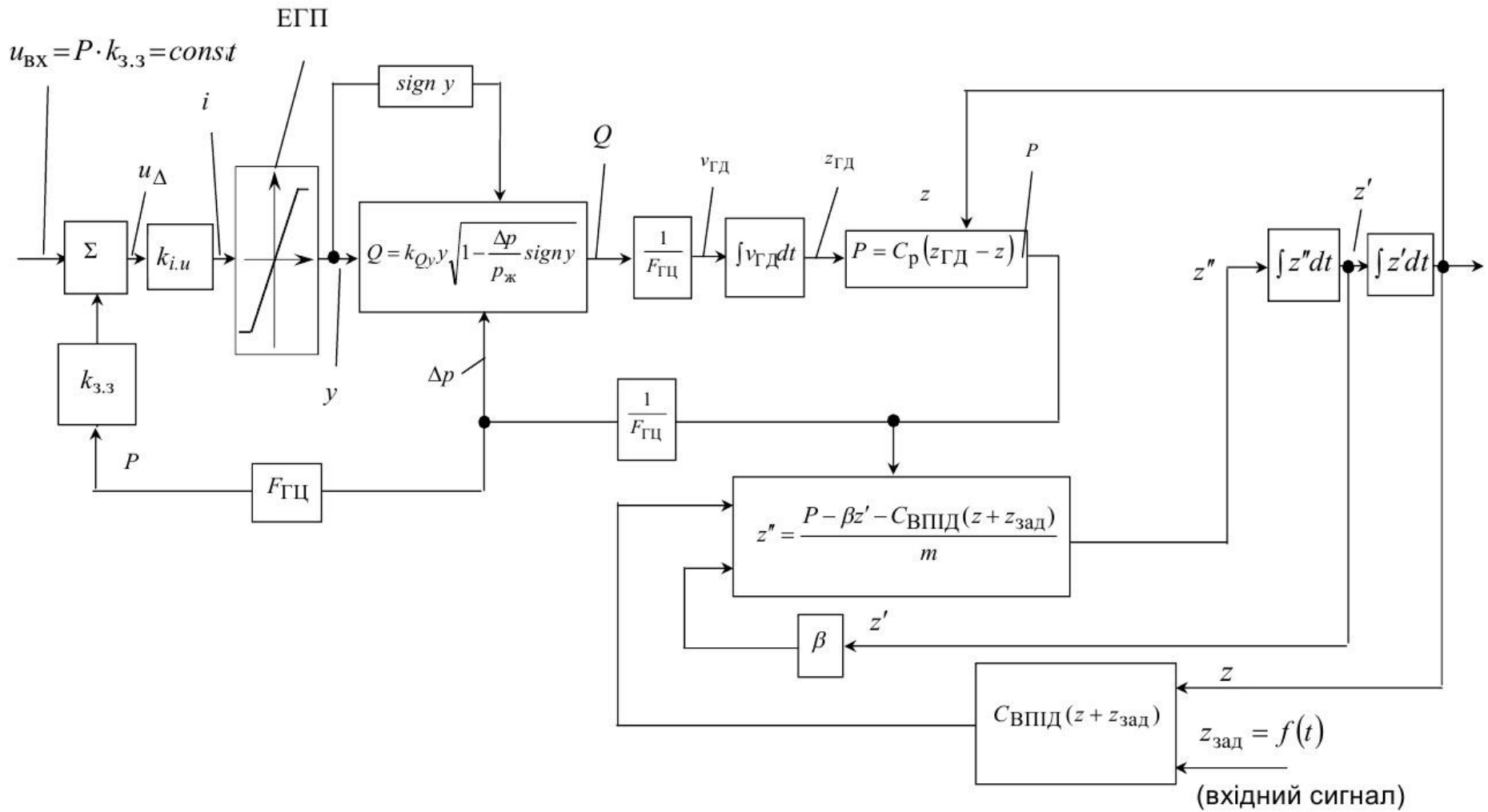
8. Рівняння рівноваги сил, що діють на обкочувальний ролик і шток гідроциліндра

$$P = m \frac{d^2 z}{dt^2} + \beta \frac{dz}{dt} + C_{\text{ВПД}} \cdot (z + z_{\text{зад}}).$$

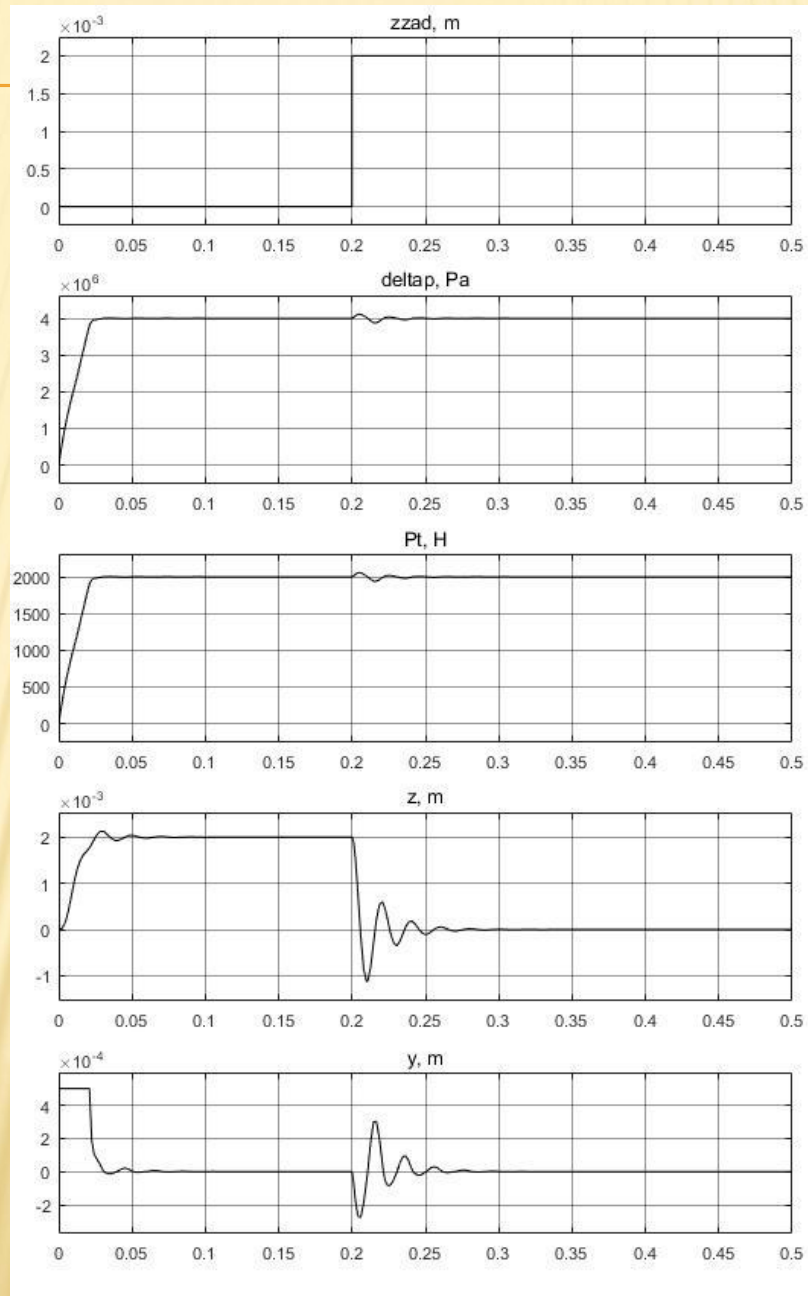
Величина C_p визначалась за формулою

$$C_p = \frac{2F^2 E_p}{V_0 \left(1 + \frac{V_{\text{Г}}}{V_0} \right)}.$$

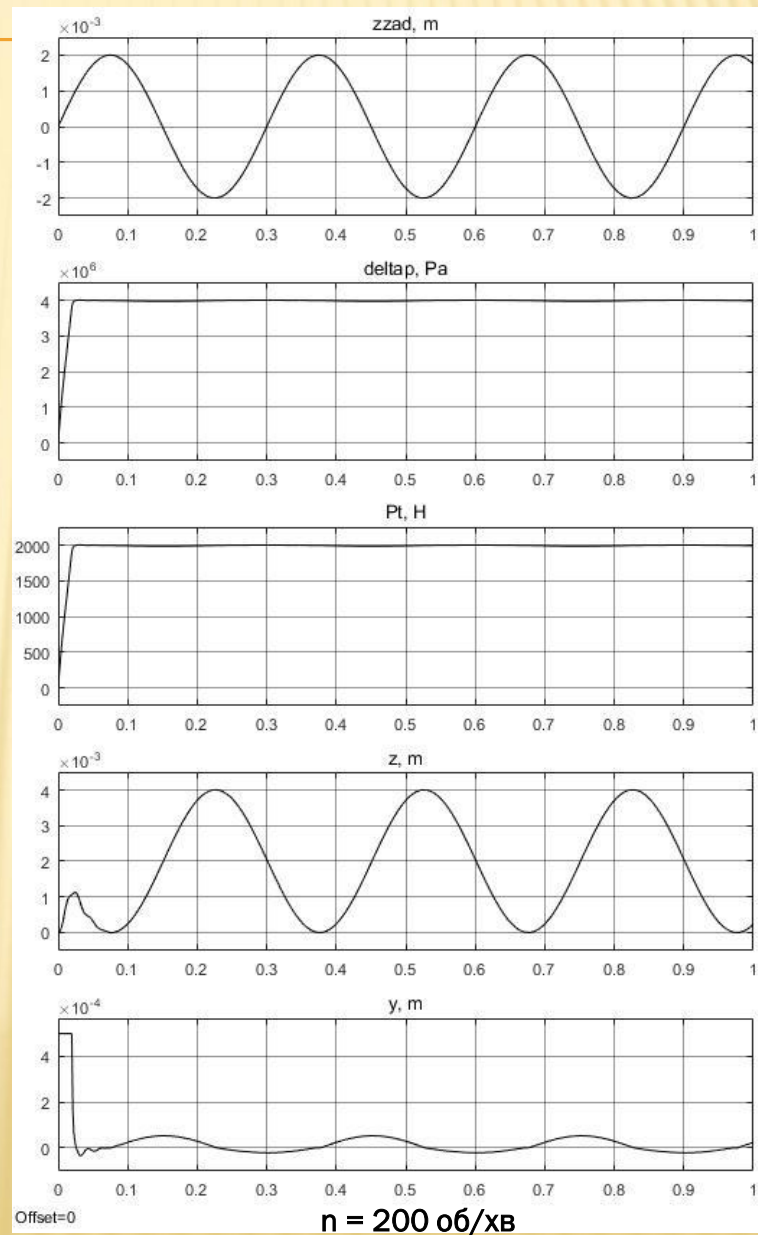
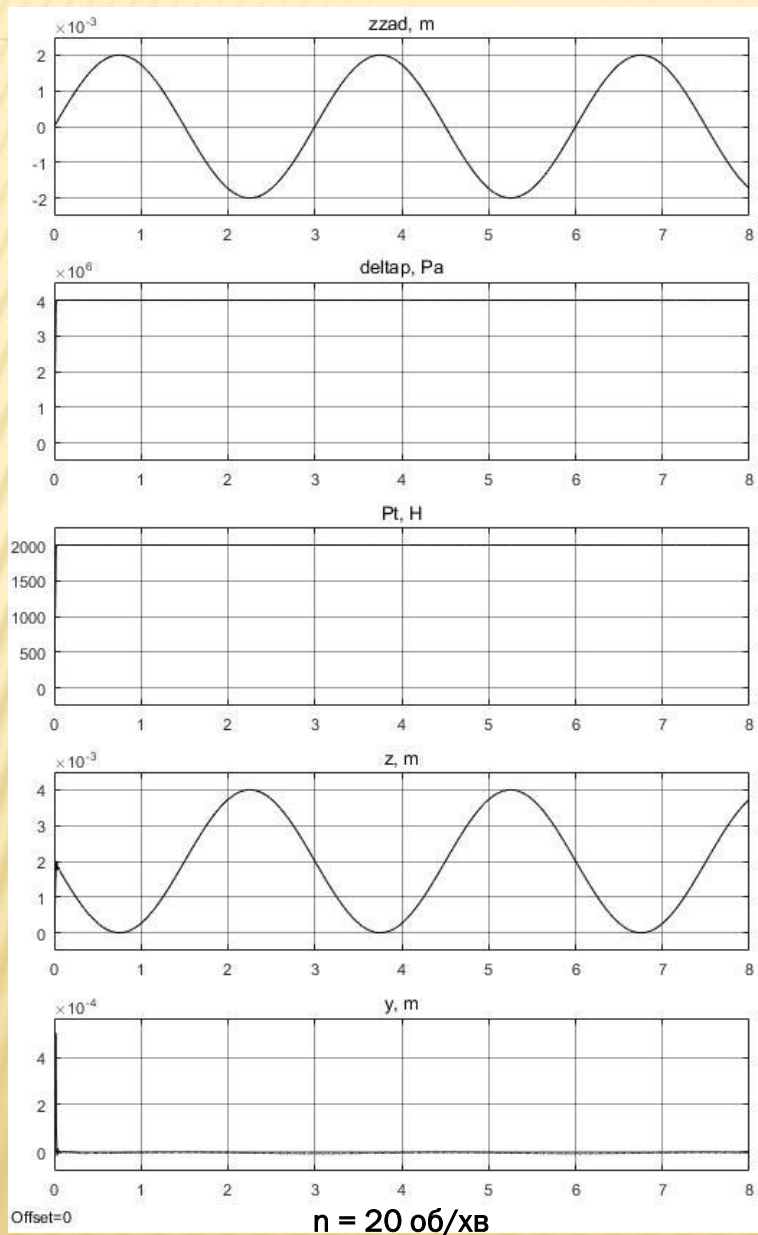
Структурна схема математичної моделі



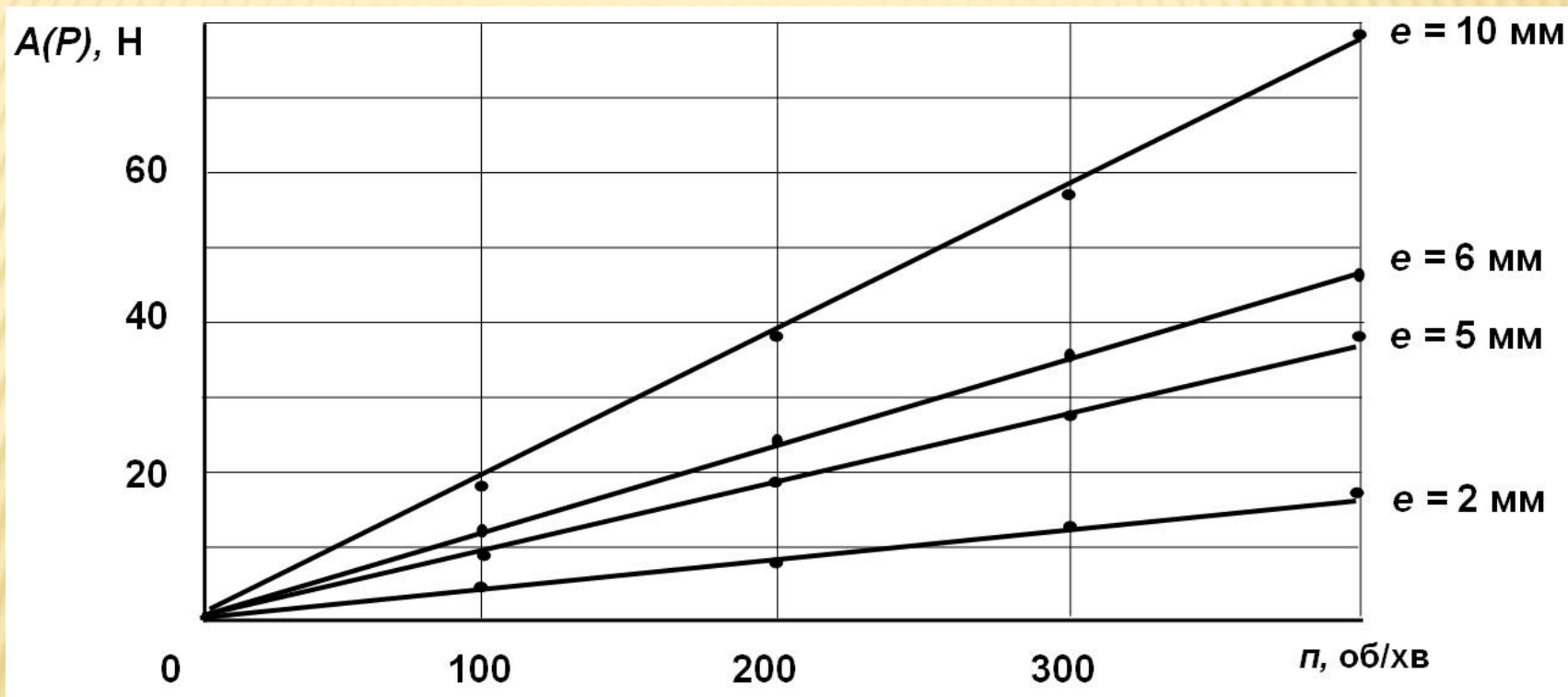
Перехідний процес в ЕГСП при стрибку $z_{\text{зад}}$ від 0 до 2 мм



Відпрацювання ЕГСП гармонічного сигналу (обертання заготовки з частотою 20 об/хв і 200 об/хв)



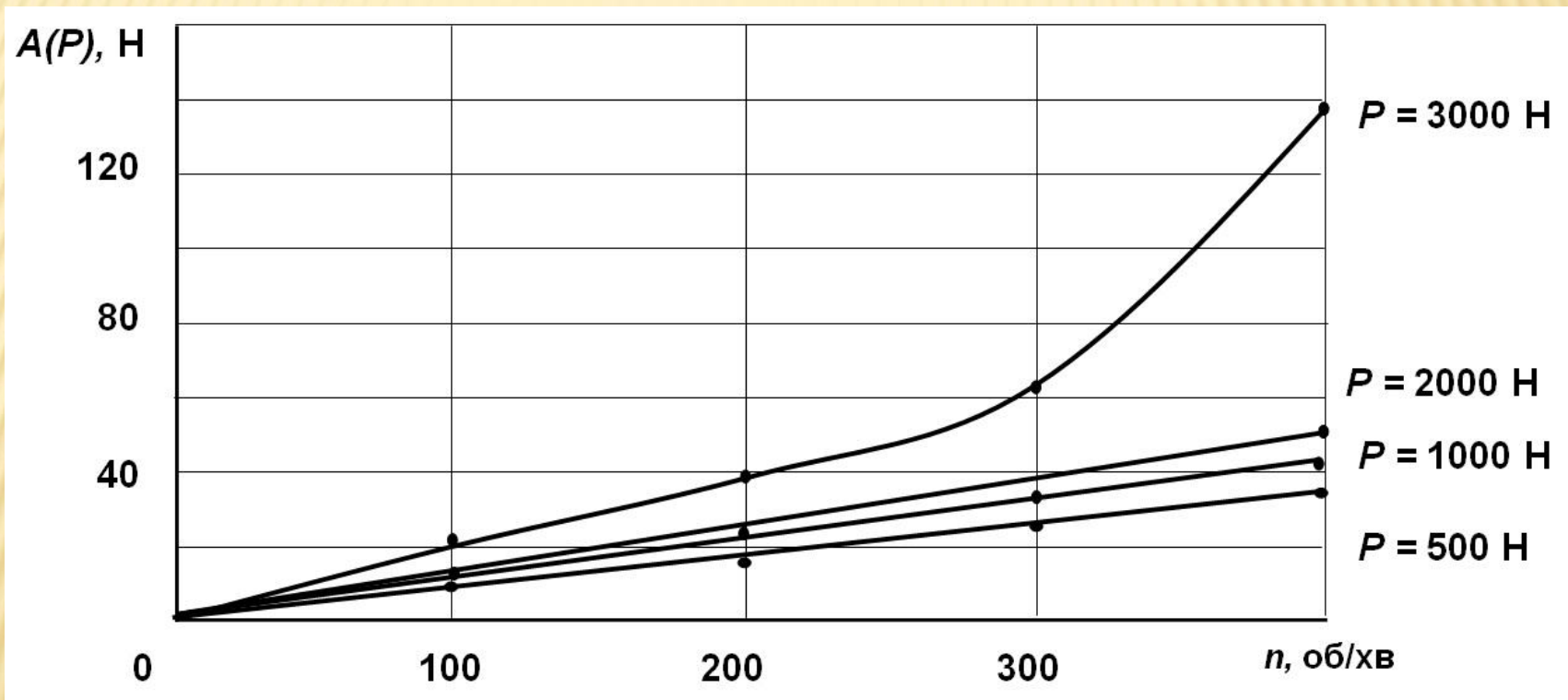
Залежність амплітуди коливань сили на обкочувальному ролику від частоти обертання заготовки і величини ексцентриситету обкочуваної поверхні



Основні параметри ЕГСП:

$P_{\text{зад}} = 2000$ Н; $F_{\text{ГЦ}} = 5$ см²; $k_{\text{QY}} = 0,66$ м²/с; $p_{\text{ж}} = 6,3$ МПа; $C_{\text{ВПД}} = 10^6$ Н/м

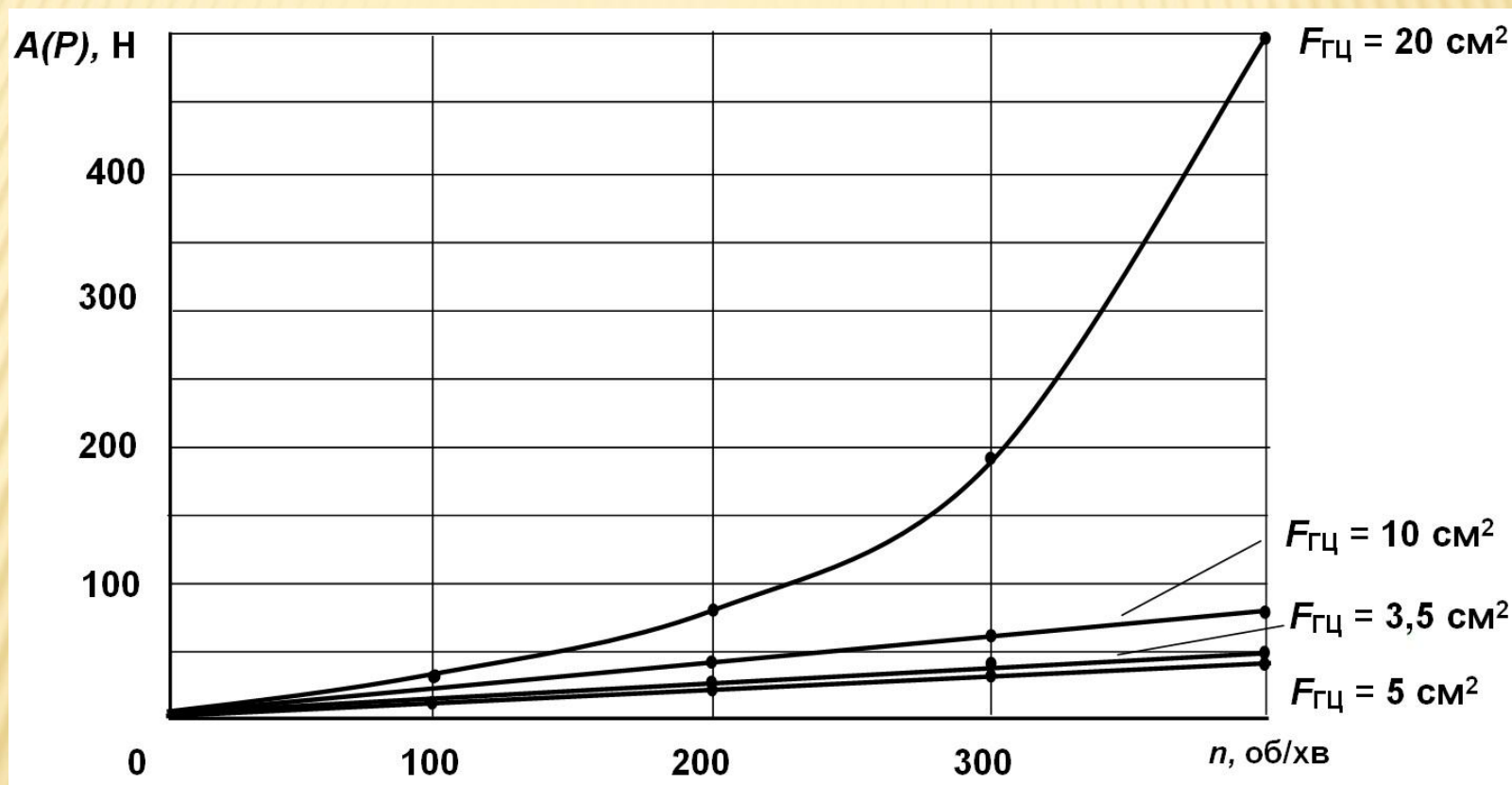
Залежність амплітуди коливань сили на обкочувальному ролику від частоти обертання заготовки і заданої величини сили



Основні параметри ЕГСП:

$e = 6$ мм; $F_{ГЦ} = 5$ см²; $k_{Qy} = 0,66$ м²/с; $\rho_{ж} = 6,3$ МПа; $C_{ВПД} = 10^6$ Н/м

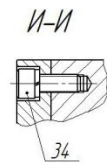
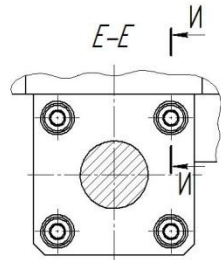
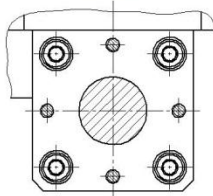
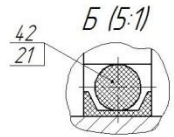
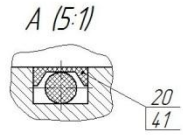
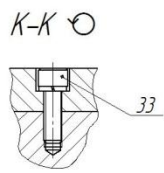
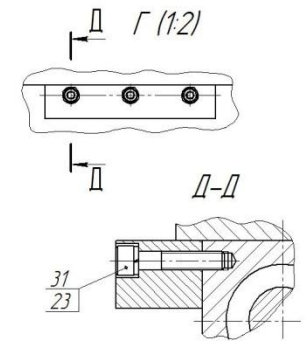
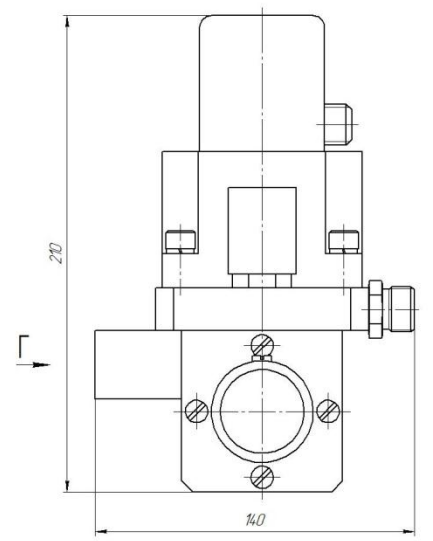
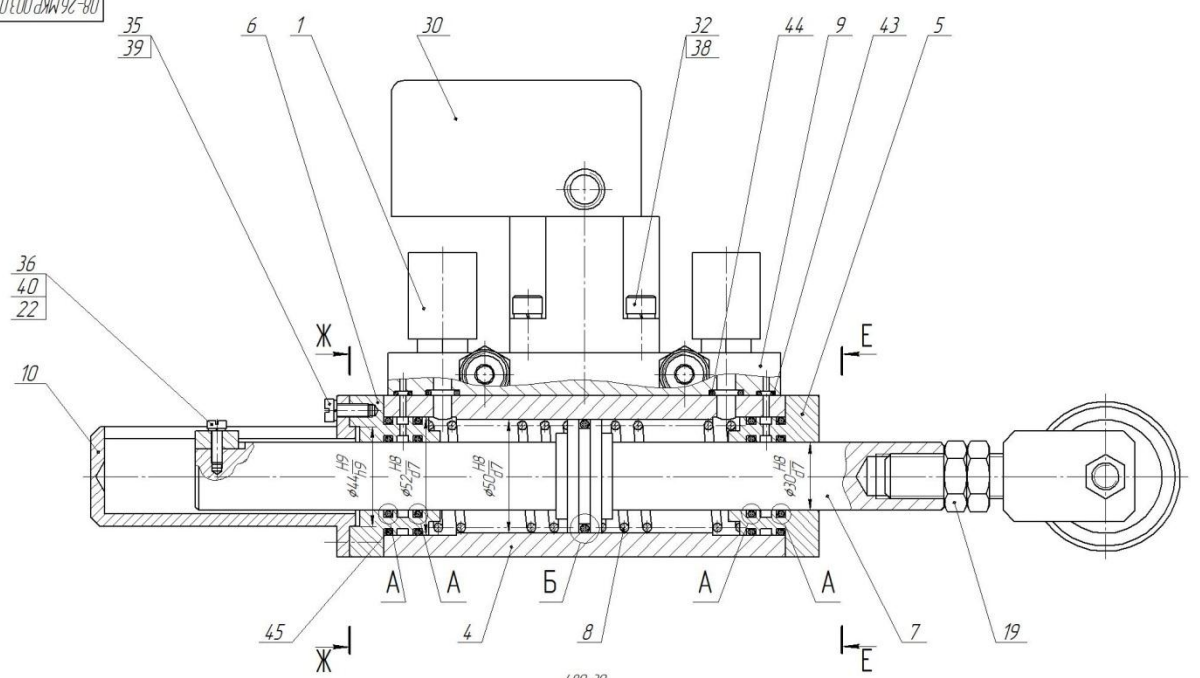
Залежність амплітуди коливань сили на обкочувальному ролику від частоти обертання заготовки і ефективної площі гідроциліндра



Основні параметри ЕГСП:

$e = 6 \text{ мм}$; $P_{\text{зад}} = 2000 \text{ Н}$; $k_{Qy} = 0,66 \text{ м}^2/\text{с}$; $p_{\text{ж}} = 6,3 \text{ МПа}$; $C_{\text{ВПД}} = 10^6 \text{ Н/м}$

08-26.MKP.003.01.000 СК



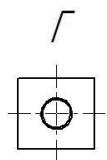
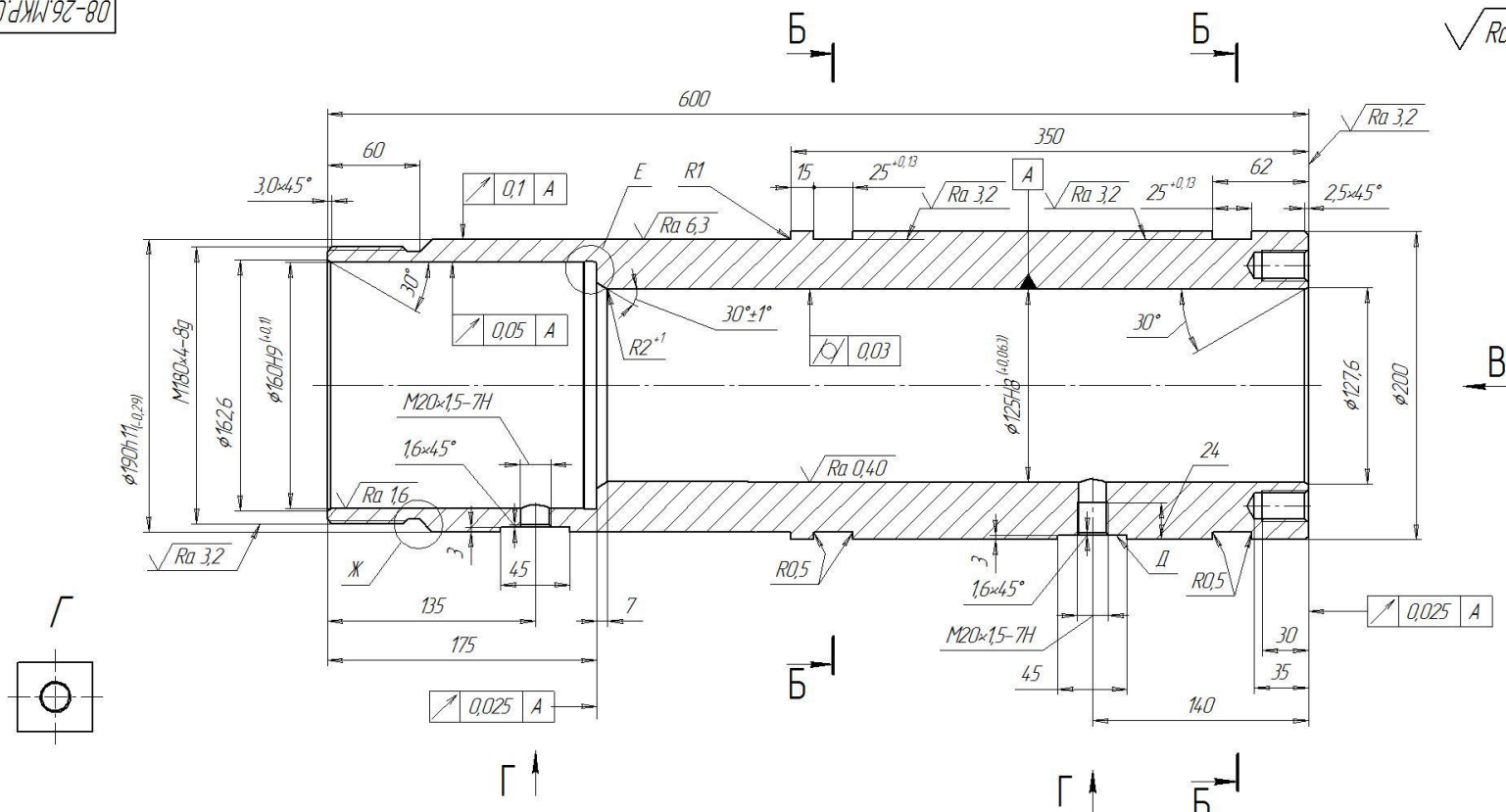
1. Підбором кількості прокладок (поз. 25) забезпечити осередковий зазор в підшипниках (поз. 47) в межах 0,01-0,02 мм.
2. Під час складання забезпечити момент затягування гвинтів М8 (поз. 37-34) в межах 30...33 Нм.

				08-26.MKP.003.01.000 СК			
				Пристрій відкошування			
				Складальне креслення			
Лист	Кільк.	Масштаб	Масштаб	Лист	Кільк.	Масштаб	Масштаб
Розроб	Горька МВ			Лист	Кільк.	Масштаб	Масштаб
Проек	Лявко ОВ			Лист	Кільк.	Масштаб	Масштаб
Технік				Лист	Кільк.	Масштаб	Масштаб
Начальн.	Соборин ВВ			Лист	Кільк.	Масштаб	Масштаб
Інжен.	Козлов ДІ			Лист	Кільк.	Масштаб	Масштаб
				08-26.MKP.003.01.000 СК			
				Формат А1			

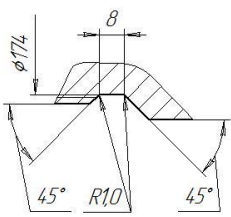
08-26.MKP.003.01.000 СК
 Лист 1 з 1
 Масштаб 1:1
 Формат А1

08-26.МКР.003.01.004

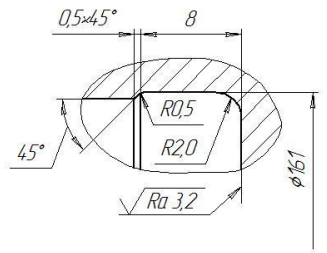
$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$



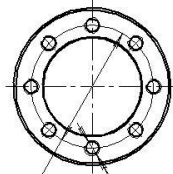
Ж (1:1)



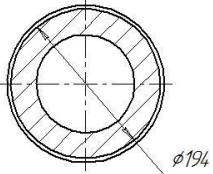
Е (4:1)



В (1:4)



Б-Б (1:4)



8 отв. М20-7Н
 $\oplus \phi\ 0,25\ (M)\ A\ (M)$

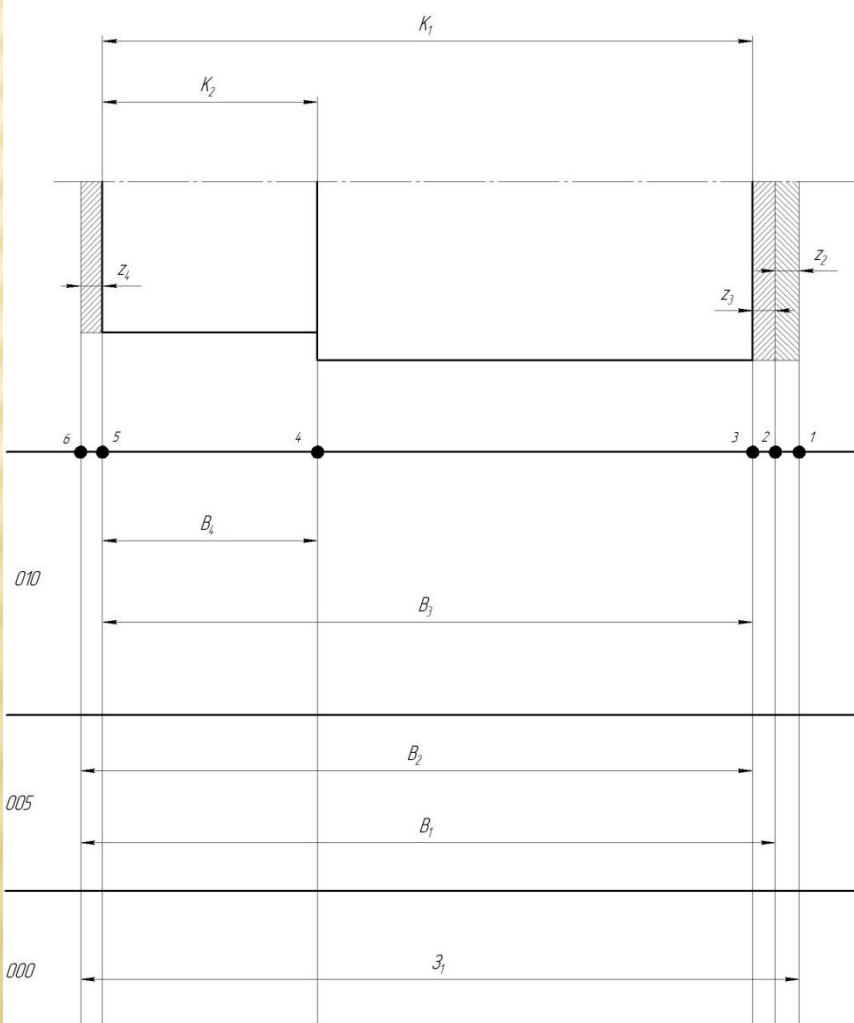
1. Допуск перпендикулярности оси отвору М20x15-7Н відносно поверхні Д $\phi 0,03\ \text{мм}$.
2. Н14, h14, $\pm \frac{17}{100}$.

				08-26.МКР.003.01.004	
				Карпус гідроциліндра	
Лист	№ докум.	Лист	Штук	Маса	Масштаб
Разроб.	Гораль МВ			6967	1:2
Проб.	Дербо ДВ				
Т.контр.					
Н.контр.	Савиляк ВВ				
Штб.	Козлов ЛГ				
				Труба 203x40 ГОСТ 8732-78 в ст.45 ГОСТ 8731-74	
				ВНТУ ст. зр. 11М-16м	
				Копіювальн Формат А2	

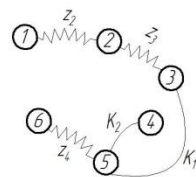
Лист № докум. 08-26.МКР.003.01.004
 Лист № докум. 08-26.МКР.003.01.004
 Лист № докум. 08-26.МКР.003.01.004
 Лист № докум. 08-26.МКР.003.01.004

Розмірний аналіз технологічного процесу

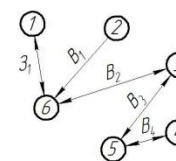
Розмірна схема технологічного процесу



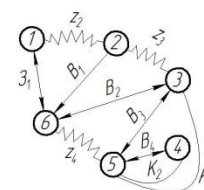
Вихідний граф-дерево



Похідний граф-дерево



Суміщений граф-дерево

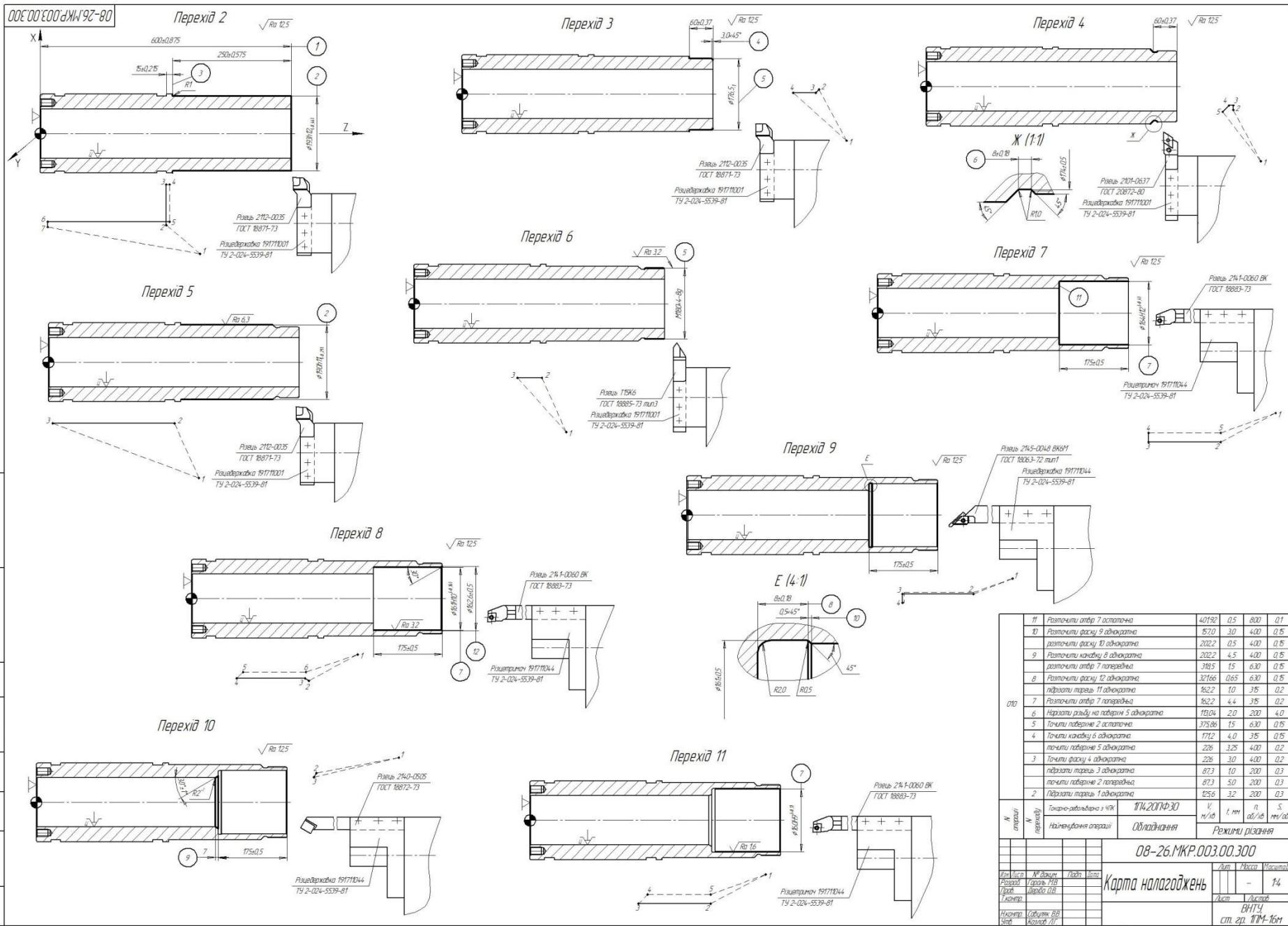


Припуски на механічну обробку, мм

	Z_2	Z_3	Z_4
Мінімальні	3,2	1,9	3,2
Максимальні	9,32	5,4	6,7

Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів, мм

Позначення розміру	тах розмір	тіп розмір	Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру в технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
B_1	606,125	607,875	1,75	607	$607 \pm 0,875$	
B_2	604,075	605,825	1,75	604,95	$604,95 \pm 0,875$	
B_3	599,125	600,875	1,75	600	$600 \pm 0,875$	
B_4	249,95	250,5	1,0	250	$250 \pm 0,5$	
Z_1	611,075	615,475	4,4	613,275	-	$613,275 \pm 2,2$



№ деталі чи операції	Назва операції	Обладнання	Режими різання			
			В, м/хв	І, м/хв	С, м/хв	М, м/об
11	Розточили отвір 7 остаточно		40192	0.5	800	0.1
10	Розточили фаску 9 одноразово		870	3.0	400	0.5
	розточили фаску 10 одноразово		2022	0.5	400	0.5
9	Розточили канавку 8 одноразово		2022	4.5	400	0.5
	розточили отвір 7 попередньо		3815	15	630	0.5
8	Розточили фаску 12 одноразово		32166	0.65	630	0.5
	ліфрости парель 11 одноразово		1622	10	315	0.2
7	Розточили отвір 7 попередньо		1622	4.4	315	0.2
6	Нарізали різьбу на поверхні 5 одноразово		1104	2.0	200	4.0
5	Точили поверхню 2 остаточно		37586	15	630	0.15
4	Точили канавку 6 одноразово		1712	4.0	315	0.15
	точили поверхню 5 одноразово		226	3.25	400	0.2
3	Точили фаску 4 одноразово		226	3.0	400	0.2
	ліфрости парель 3 одноразово		873	10	200	0.3
	точили поверхню 2 попередньо		873	5.0	200	0.3
2	Ліфрости парель 1 одноразово		1256	3.2	200	0.3
Точково-довідково з ЧПК			114.20174-30			
Найменування операції			Обладнання			
			Режими різання			

08-26.МКР.003.00.300

Карта налагоджень

Лист	Маса	Масштаб
14	-	1:4

Лист 1 з 1
 ВНТУ
 ст. гр. 1114-16м
 Формат А1

08-26.МКР.003.00.300
 08-26.МКР.003.00.300
 08-26.МКР.003.00.300
 08-26.МКР.003.00.300

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі виконано розробку та проведене імітаційне дослідження пристрою з електрогідравлічним слідкувальним приводом для обкочування нециліндричних заготовок.

1. Проаналізовано відомі способи обробки поверхневим пластичним деформуванням і конструктивні схеми відповідного технологічного оснащення, оцінені їх позитивні сторони і недоліки, запропоновано використати для забезпечення сталості сили обкочування електрогідравлічний слідкувальний пристрій з головним зворотним зв'язком за перепадом тиску в робочих порожнинах гідроциліндра.

2. Розроблено конструктивну схему пристрою з електрогідравлічним слідкувальним приводом для обкочування нециліндричних заготовок і його математичну модель.

3. Проведено імітаційне дослідження роботи пристрою в середовищі MATLAB Simulink, отримані його динамічні характеристики і вибрані раціональні конструктивні параметри.

4. Розроблена конструкція (складальне креслення) обкочувального пристрою.

5. Розроблений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус гідроциліндра». Запропоновано два варіанти технології механічної обробки, проведено їх техніко-економічне порівняння, вибрано оптимальний варіант. Виконане розмірно-точнісне моделювання технологічного процесу механічної обробки. Вибрані припуски на механічну обробку, режими різання, норми часу, встановлені розряди робітників-верстатників. Розраховані основні елементи дільниці механічної обробки.

6. Проведені економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження удосконаленого технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі «Корпус гідроциліндра», визначені капітальні вкладення, одержаний прибуток, термін окупності вкладень.

7. Розроблені заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!