

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі

«Корпус підшипника»

Виконав (ла): студент (ка) IV курсу, групи МВс-41

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

		Блащишин А.О.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		Гагалюк А.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		Кобельник В.Р.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри		Крупа В.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Крупа В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« » 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

студенту Блащизину Андрію Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі
«Корпус підшипника»

Керівник роботи старший викладач кафедри ВІ, ГАГАЛЮК Андрій Валерійович, к.т.н
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «29» січня 2024 року № 4/7-76.

2. Термін подання студентом завершеної роботи до 21 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний кресленник деталі «Вал-шестерня редуктора»,
базовий технологічний процес виготовлення деталі, річна програма випуску 4900 шт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, 1. Аналітичний розділ: аналіз
завдання, призначення деталі, характеристика матеріалу деталі та заготовки, визначення
типу та організаційної форми виробництва характеристика типу виробництва.

2. Технологічний розділ: аналіз методу отримання заготовки, вибір базування, проектування
маршруту оброблення, підбір верстатного обладнання та інструментального забезпечення,
аналітичний розрахунок припусків і режимів різання для однієї ТО (для решта ТО табличним
методом),

3. Конструкторський розділ: розроблення та розрахунок пристосувань для ТО.

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці. Висновки. Перелік посилань. САПР.
Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Робоче креслення деталі Корпус підшипника, Карта налагодження верстатів на операцію 005,
010, 015, креслення вузла коливача - 1 арк.ф.А1, Пристрій гідравлічний затискний - 1 арк.ф.А1,
Загальний вигляд і кінематична схема свердлильного верстата - 2 арк.ф.А1, коробка
швидкостей свердлильного верстата – 1 арк.А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності</i>	<i>к.т.н., доц зав. каф МТ Окіпний І.Б.</i>		
<i>та основи хорони праці</i>			
<i>Нормоконтроль</i>	<i>к.т.н., доц. Кобельник В.Р.</i>		

7. Дата видачі завдання 30.01.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Блащитини А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Гагалюк А.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Корпус підшипника» // Кваліфікаційна робота бакалавра. Блащишин Андрій Олегович. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВс-41.: ТНТУ, 2024.

Ключові слова: припуск, технологічний процес, різальний інструмент, базова поверхня, підшипник, чорнова обробка, чистова обробка, фрезерування.

В кваліфікаційній роботі виконано технологічні розрахунки щодо оптимального вибору заготовки деталі «Корпус підшипника», підібрано верстатне обладнання, різальний та вимірний інструмент для технологічного процесу обробки деталі, розраховано спеціальне пристосування для технологічної операції «шпонко-фрезерна».. Вирішені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Annotation

Blashchyshyn Andriy. Machine and tooling equipment for processing the part "Bearing housing" // Bachelor's qualification work. Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyu, Faculty of Engineering of Machines, Structures and Technologies, Department of Design of Machine Tools and Machines, Group MVS-41.: TNTU, 2024.

Key words: allowance, technological process, cutting tool, base surface, bearing, rough treatment, finishing treatment, milling. І\

n the qualification work, technological calculations were performed regarding the optimal selection of the workpiece of the "Bearing housing" part, the machine equipment, cutting and measuring tools for the technological process of processing the part were selected, a special device was calculated for the technological operation of "key-milling". The issues of labor protection and life safety were resolved.

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ								
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Блацишин А.О.			АНОТАЦІЯ			Літ.		Арк.		Акрушів	
Перевір.		Гагалюк А.В.								4			
Н. контр.		Кобельник В.Р.											
Затверд.		Крупа В.В.											
					ТНТУ ім.І.Пулюя, гр.МВс-41								

Зміст

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 1Аналіз конструктивних особливостей і технологічність деталі....	8
1.2 Технологічний контроль креслення деталі.....	10
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	11
1.4 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі..	14
1.5 Висновки та постановка задачі на дипломне проектування.....	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	4
2.1 Розробка технологічного процесу механічної обробки	4
2.1.1 Визначення типу та організаційної форми виробництва.	4
2.1.2 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки.....	4
2.1.3 Вибір технологічних баз	5
2.2 Вибір варіанту технологічного маршруту механічної обробки	7
2.3Визначення припусків та міжопераційних розмірів, проектування заготовки.....	8
2.4 Вибір різального і допоміжного інструменту, методів та засобів технічного контролю.....	14
2.5 Розрахунок режимів різання по операціях.	15
2.6 . Технічне нормування розробленого технологічного процесу. ...	17
2.7 2Вибір обладнання та визначення його кількості. Побудова графіків завантаження та використання обладнання.	19
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	66
3.1 Верстатне забезпечення механічної обробки.....	66

					<i>КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<div>ЗМІСТ</div> <div>ТНТУ ім.І.Пулюя, гр.МВс-41</div>			
<i>Розроб.</i>		<i>Блащизин А.О.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Гагалюк А.В.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Крупа В.В.</i>						
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акруїв</i>
							5	

3.1.1	Розробка структурно-кінематичної схем свердлильного верстата для однієї операції.	66
3.1.2	Кінематичний розрахунок вертикально-свердлильного верстата.	68
3.2	Розробка пристосувань. Розрахунок сили затиску і похибки базування. Центрувальний пристрій	88
3.3	Розрахунок необхідної сили затиску	88
4	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ....	41
4.1	Охорона праці при роботі на металообробних верстатах.....	41
4.2	Додаткові вимоги безпеки.	42
4.3	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	44
4.3.1	Техногенні небезпеки.....	44
4.3.2	Аварії з викидом р/а речовин у навколишнє середовище	45
	ВИСНОВОК	66
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	66

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Подолання кризового стану в економіці країни, перехід на ринкові відносини вимагають значного розширення номенклатури машин, підвищення їх ефективності і надійності за рахунок використання досягнень науково-технічного прогресу. Вирішення цих проблем вимагає глибокого вивчення технологічних процесів обробки, переробки, транспортування та ін. Особлива роль при вирішенні даної проблеми відводиться машинобудуванню.

Особливого змісту ця задача набула в наш час, коли спостерігається реорганізація всіх сфер господарської діяльності, форм власності, спад виробництва, руйнування старих виробничих зв'язків та інші явища, які вимагають принципово нових підходів до створення і використання сільськогосподарської техніки.

Ефективність виробництва, технічний процес, якість продукції яка випускається залежить від розвитку виробництва, нового обладнання машин, верстатів та апаратів, від всебічного впровадження методів техніко - економічного аналізу, який забезпечує рішення технічних питань і економічну ефективність технологічних і конструкторських рішень.

При розробці проектного технологічного маршруту обробки деталі потрібно враховувати можливість використання спеціального обладнання, механічне переміщення заготовок і встановлення їх на верстати. Все обладнання встановлюється на ходу технологічного процесу, що значно скорочує міжопераційний час.

Головною тенденцією етапу інтенсифікації виробництва є те, що вперше ця проблема вирішується принципово по-новому, за рахунок виключення фізичної праці людини із сфери виробництва і розширення використання більш гнучких і практично необмежених для інтенсифікації інтелектуальних форм праці з використанням сучасної обчислювальної техніки.

					<i>КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВСТУП	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Блаццишин А.О.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Гагалюк А.В.</i>					7	
						<i>ТНТУ ім.І.Пулюя, гр.МВс-41</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Крупа В.В.</i>						

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз конструктивних особливостей і технологічність деталі.

Деталь – корпус підшипника призначена для встановлення в ній підшипника по його зовнішньому діаметру з необхідною посадкою і з подальшим кріпленням до основи, самого корпуса через спеціальні отвори. Конструкція корпуса підшипника є корпусна деталь заготовка якого виготовлена методом литва із чавуна, який володіє достатньою жорсткістю.

Корпус підшипника (див. рис 1.1) має базову поверхню А з шорсткістю 6,3, яка прилягає до станини сепаратора і кріпиться з допомогою отворів виготовлених Ra 12,5 і точністю Н12 з позиційним допуском відносно осі отвору $\pm 0,1$ мм.

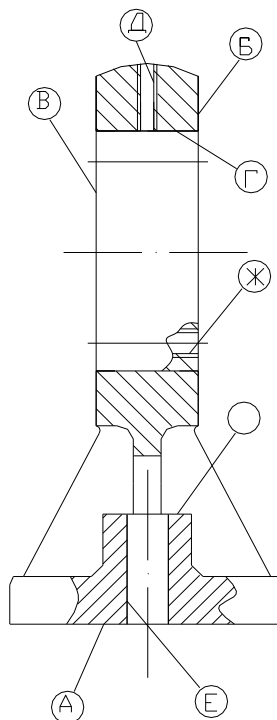


Рис. 0.1 Ескіз корпусу підшипника з позначенням поверхонь

					<i>КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ</i>		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Блацішин А.О.			АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ		
Перевір.		Гагалюк А.В.					
Н. контр.		Кобельник В.Р.					
Затверд.		Крупа В.В.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						7	
					<i>ТНТУ ім.І.Пулюя, гр.МВс-41</i>		

Поверхні Б і В виготовляються фрезеруванням з шорсткістю Ra6,3 і повинні бути перпендикулярні до поверхні А з допуском не менше 0,05 мм. Поверхня Л виготовляється з шорсткістю Ra6,3, Н7.

Поверхня Г в яку запресовується підшипник має шорсткість 1,6 і точність Н7 і повинна мати паралельність до поверхні А не більше 0,05 мм. Отвори різеві Ж виготовляються з точністю Н7 і шорсткістю 6,3 і мають позиційний допуск відносно отвору Г не більше 0,1 мм, і призначені для закріплення до корпусу підшипника кришок, які фіксують підшипник в необхідному положенні. Поверхня Д має різевий отвір призначений для кріплення і розміщення в ньому маслянки з метою змащення підшипника.

Хімічний склад та механічні властивості чавуна приведені в таблицях 1.1 і 1.2.

Таблиця 0.1 Хімічний склад чавуна СЧ 18 (ГОСТ 1412-85)

C	Si	Mn	S	P
			не більше	
1,4...2,8	0,8...1,4	<	0,08	0,2

Таблиця 1.2 – Механічні властивості чавуна СЧ 18 (ГОСТ 1412-85)

Межа міцності, σв, МПа	Межа міцності, σзг, МПа	Твердість НВ
15	32	170-229

Аналіз технічних умов зводимо в таблицю 1.3

Таблиця 1.3 – Аналіз технічних умов корпусу підшипника

Позначення поверхні	Технічна умова або вимога	Метод виконання	Метод контролю
А,	Забезпечити висоту мікронерівностей 6,3	Фрезерування чистове	Після виготовлення на профілометрі, профілографі

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	мкм.		
Б, В	Забезпечити висоту мікронерівностей 6,3 мкм. та перпендикулярність до поверхні А 0,05 мм	Фрезерування чистове	Після виготовлення на профілометрі, профілографі та кутник ГОСТ 3749-77 і щупи ГОСТ 822-75
Г	Забезпечити висоту мікронерівностей 1,6 і паралельність відносно поверхні А 0,05 мм	Розточування чистове	Після виготовлення на профілометрі, профілографі і штангенрейсмусом ШР ГОСТ 164-80
Д	Забезпечити точність розміщення	Свердління і нарізання різі	З допомогою стандартного вимірювального інструменту
Е	Забезпечити точність позиційного розміщення відносно отвору Г	Свердління з допомогою лімбів верстату	Після виготовлення інструментальним мікроскопом БМІ ГОСТ 8074-71
Ж	Забезпечити точність позиційного розміщення відносно отвору	—//—	—//—

1.2 Технологічний контроль креслення деталі.

Технологічний контроль креслення деталі полягає в перевірці креслення на відповідність вимогам ЄСКД та ЄСТД, правильність виконання креслення з точки зору технологічності конструкції деталі.

На аркуші йормату А3 зображено креслення деталі корпус. Проаналізувавши креслення ми бачимо, що деталь – корпус відноситься до тіл обертання класу корпуси. Заготовку для такої деталі можна одержати кількома способами, а саме: з прокату, штампування, поковка і т.д., однак при виборі заготовки ми керуємося найбільш економічно обґрунтованими параметрами, серед яких наявність потрібних заготовок на ринку, вартість матеріалу, вартість

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виготовлення заготовки, відхід матеріалу з певного виду заготовки, складність обробки і т.д.

На кресленні представлені всі необхідні проекції, розрізи і перерізи, які дають повну уяву про конструкцію деталі, проставлені всі розміри з необхідними допусками, класи чистоти оброблюваних поверхонь, допустимі відхилення геометричних форм, а також взаємного розташування поверхонь.

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.

Забезпечення технологічності конструкції виробу є однією з основних функцій єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ). Аналіз технологічності в машинобудуванні проводиться як для виробу в цілому, так і для окремих деталей.

Розрізняють якісну і кількісну оцінки технологічності.

Технологічність конструкції виробу, згідно ГОСТ 14.205-83, являє собою сукупність властивостей конструкції, які визначають її пристосовуваність до досягнення оптимальних затрат при виробництві, експлуатації та ремонті для заданих показників якості, обсягу випуску і умов виконання робіт.

Основні задачі аналізу технологічності полягають в можливому зменшенні трудомісткості та матеріаломісткості, можливості обробки деталі високопродуктивними методами.

В цілому конструкція деталі технологічна, дозволяє застосування високопродуктивних методів обробки, має хороші базові поверхні для початкових операцій і достатньо проста за конструкцією.

Кількісно технологічність конструкції оцінюється за комплексним показником, що визначається як сукупність часткових показників технологічності з урахуванням їхніх вагових коефіцієнтів:

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}, \quad (1)$$

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де K_m - комплексний показник технологічності;

k_i - частковий показник технологічності;

φ_i - коефіцієнт вагомості часткового показника технологічності;

n - кількість часткових показників технологічності.

Визначення часткових показників технологічності деталей проводиться на основі поелементного аналізу конструкції деталей з урахуванням прийнятого способу їхнього виготовлення і виду матеріалу.

Показник оброблюваності матеріалу (K_{om})

Під оброблюваністю матеріалів слід розуміти їхню здатність піддаватися обробці ріжучими інструментами при оптимальних режимах і умовах різання. Прийнято вважати, що матеріал володіє доброю оброблюваністю, якщо при різанні цього матеріалу зношення інструменту, сили різання і шорсткість обробленої поверхні малі. Різання матеріалів, що володіють доброю оброблюваністю, характеризується легким відділенням стружки. Матеріал розглядуваної деталі – СЧ 18. Для нього $K=0.8$, а $K_{om}=0.5$.

Показник складності конструкції деталі ($K_{ск}$).

Збільшення собівартості отримуваної засобами обробки різанням деталі внаслідок збільшення тривалості технологічного процесу її виготовлення враховується показником складності конструкції деталі, який визначається за залежністю:

$$K_{ск}=0,25 (K_k+K_p+K_v+K_c), \quad (2)$$

де K_k , K_p , K_v , K_c - коефіцієнти, що визначаються як $K_i=1-A_i$, причому A_i - уточнення.

Коефіцієнт K_k залежить від кількості поверхонь на вхідній заготовці, з яких знімається стружка при виготовленні деталі. Комбіновані поверхні, що

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утворюються за один робочий хід одним інструментом, можуть бути враховані в якості однієї поверхні. Складемо таблицю:

Коефіцієнт K_p враховує загальну кількість заданих на кресленні даних по забезпеченню необхідних точності форми і взаємного розташування поверхонь в межах 0.05 мм. До даної деталі цих вимог не подано. Значить, $A_2=0,4$.

Коефіцієнт K_v враховує кількість різних видів обробки різанням (технологічних операторів). Так як для отримання даної деталі необхідні свердління, точіння, фрезерування, шевінгування - чотири види обробки різанням, тобто більше 2 виглядів, отже $A_3=0,1$.

Коефіцієнт K_c враховує відповідність точності і шорсткості поверхонь деталі деяким оптимальним величинам, під якими розуміють рекомендовані в якості економічності і конструктивно обґрунтовані величини. $K_{ck}=0,6$

Коефіцієнт точності і шорсткості поверхні деталі ($K_{пов}$)

В найбільшій степені необхідність застосування методу обробки різанням очевидна при виготовленні деталей, конструкція яких передбачає наявність однієї-двох поверхонь, що мають високі вимоги по точності і шорсткості. Такі деталі називаються прецизійними. Ступінь зростання трудомісткості виготовлення деталей за рахунок обробки прецизійних поверхонь, а, отже, зниження технологічності конструкції, враховується коефіцієнтом точності і шорсткості поверхні $K_{пов}$.

Поверхні Г, П, М, Ж, О мають високу точність і шорсткість. Для решти поверхонь додаткових вимог не ставиться, тому $K_{пов}=0,7$.

Показник уніфікації елементів ($K_{уе}$)

Всі поверхні даної деталі можна вважати уніфікованими.

$$K_{уе} = \frac{N_{уе}}{N_e} - 0,1n$$

За формулою

де $N_e=12$ шт.- загальна кількість конструктивних елементів в деталі;

$N_{уе}=12$ шт.- кількість уніфікованих конструктивних елементів;

$n=0$ шт.- кількість неуніфікованих елементів.

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином: $K_{ye}=29/29 - 0 = 1$.

Показник використання матеріалу (K_{vm})

Цей коефіцієнт визначається за співвідношенням:

$$K_{vm} = \frac{M_o}{M_z}.$$

Маса одержуваної деталі згідно креслення рівна 3,2 кг.

$$K_{vm}=3,26/6,54= 0.5$$

В результаті ми отримали, що коефіцієнт технологічності більший нормативного показника технологічності для даної деталі, отже - дана деталь є технологічною.

1.4 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі виконується з метою виявлення недоліків в базовому технологічному процесі, а також ступеня його відповідності процесу, який проектується. Аналізу підлягає власне технологічний процес та засоби його верстатного та технологічного оснащення.

При розробці технологічного процесу варто керуватися наступними засадами:

- при обробці заготовок, отриманих з прокату, необроблені поверхні можна використовувати як бази для першої операції;
- при обробці в заготовок усіх поверхонь як технологічні бази для першої операції доцільно використовувати поверхні з найменшими припусками;
- у першу чергу варто обробляти ті поверхні, що є базовими в подальшій обробці;

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- далі виконують обробку тих поверхонь, при знятті стружки з яких у меншому ступені зменшується твердість деталі;
- на початку технологічного процесу варто здійснювати ті операції, у яких велика імовірність одержання браку через дефект.

Таблиця 1.6. - Базовий технологічний процес виготовлення деталі

Номер, назва і зміст операцій	Тип і модель верстату	Характеристика пристрою	Схема базування
005 Операція фрезерна	Фрезерний верстат 6P81Ш	Лещата верстатні	
010 Координатно-розточна	Координатно-розточний верстат 2421	Лещата верстатні	
015 Операція вертикально-свердлильна	Вертикально-вердильний верстат 2Н125Л	Лещата верстатні	

1.5 Висновки та постановка задачі на дипломне проектування.

У першому розділі дипломного проекту проаналізовано технологічність конструкції деталі, технічні умови задані на кресленні, **конструктивні**

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

особливості, виконали технологічний контроль креслення деталі, проаналізували існуючий технологічний процес виготовлення деталі.

У результаті було встановлено, що деталь-корпус відноситься до тіл обертання класу корпуси. Більшість поверхонь деталі є циліндричними і підлягають механічній обробці на токарному верстаті. Вимоги до шорсткості та точності виготовлення не є досить суворими, що дозволяє не використовувати операції на шліфувальному верстаті.

Основні завдання, які необхідно вирішити в наступних розділах:

- вибрати тип заготовки;
- розрахувати припуски на обробку поверхно;
- підібрати ріжучі та вимірювальні інструменти;
- розрахувати та підібрати режими різання;
- встановити норми часу для оброблення деталі;
- визначити коефіцієнти завантаженості верстатів по часі та потужності.

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.6 Розробка технологічного процесу механічної обробки

1.6.1 Визначення типу та організаційної форми виробництва.

Тип виробництва в машинобудуванні визначає різні методи і прийоми виготовлення деталей і вузлів машин. Розрізняють такі типи виробництва як одиничний, дрібносерійний, середньосерійний, крупносерійний та масовий. Кожному з них властиві свої способи обробки поверхонь деталей, різне технологічне обладнання, оснащення і структура операцій.

Вибір типу виробництва проводиться у відповідності з ГОСТ 3.1108- 74. Оскільки у нашому випадку відомо, що для ремонту вузла корпус виготовляється у кількості 2 шт., то тип виробництва загальновідомий і він є одиничним. Корпус у вузлі не є найбільш навантаженою деталлю, яка найшвидше зношується, і при перевантаженнях ця деталь не виходить з ладу найшвидше. Основним дефектом, який проявляється з часом є зношування посадочної поверхні. Не доцільним є відновлення даної деталі, тому найкраще при такій поломці виготовити саме нову деталь.

1.6.2 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки.

Матеріал заготовки сірий чавун СЧ 18 за ГОСТ 1412-85, згідно вимог виготовлення, може бути тільки виливання, виливка в піщаній формі або за моделями визначається за формулою:

$$S_{\text{заг}} = (C_i \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\Pi}) - (Q - q) \cdot S_{\text{відх}}, \text{ грн}$$

Для заготовки, яка виготовляється в піщаній формі

$C_i = 29$ грн – базова вартість 1 кг заготовок,

QI – маса заготовки, $QI = 11,5$ кг;

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Блащизин А.О.			ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ			Літ.	Арк.		Акрушів	
Перевір.		Гагалюк А.В.								7		
Н. контр.		Кобельник В.Р.										
Затверд.		Крупа В.В.			ТНТУ ім.І.Пулюя, гр.МВс-41							

k_{T1} – коефіцієнт, який залежить від точності відливки, для другого класу точності $k_{T1} = 1,03$;

k_{C1} – коефіцієнт, який залежить від групи складності, для четвертої групи складності $k_{C1} = 1,2$;

k_{B1} – коефіцієнт, який залежить від маси виливки, для маси виливки $m > 10$ кг, $k_{B1} = 0,84$;

k_{M1} – коефіцієнт, який залежить від марки матеріалу, для сірого чавуна СЧ 18 – $k_{M1} = 1,0$;

$k_{П1}$ – коефіцієнт, який залежить від групи серійності, для третьої групи серійності, $k_{П1} = 1,0$;

q – маса готової деталі, $q = 9,8$ кг;

$S_{відх}$ – ціна 1 кг відходів, $S_{відх} = 4$ грн/кг.

$$S_{заг1} = (11,5 \cdot 1,03 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,29) - (11,5 - 9,8) \cdot 0,2 = 31,2 \text{ грн}$$

$Ci2$ – базова вартість 1 кг заготовок, отриманих литвом за виплавляючими моделями, $Ci2 = 1,6$ грн/кг;

$Q2$ – маса заготовки, $Q2 = 10,2$ кг;

Коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і об'єму виробництва заготовок аналогічні як і при виливанні в піщані форми.

$$S_{заг2} = (10,2 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,03) - (10,2 - 9,8) \cdot 0,2 = 16,88 \text{ грн}$$

Оскільки, $S_{заг1} = 3,12$ грн. $< S_{заг2} = 16,88$ грн., то вибираємо заготовку отриману методом виливання в піщаній формі.

1.6.3 Вибір технологічних баз

Призначення технологічних та вимірювальних баз є одним з найскладніших та принципових розділів проектування технологічного процесу. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежать фактична точність виконання

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розмірів, правильність взаємного розміщення поверхонь, складність пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів, загальна продуктивність обробки заготовок.

Вихідними даними для вибору баз є: робоче креслення деталі, технічні умови на її виготовлення, вид заготовки та якість її поверхонь, бажаний ступінь автоматизації.

Технологічні бази вибираємо, керуючись такими вимогами:

1. Базові поверхні повинні бути простими за формою та мати достатню протяжність. Заготовка повинна займати в пристрої відповідне їй місце під дією власної ваги, а не в результаті прикладання затискних зусиль.

2. Базові поверхні повинні бути чистими для забезпечення однозначності базування. Неприпустимо використовувати поверхні зі слідами роз'єму штампів, ливарних форм, залишками ливникової системи та іншими дефектами.

3. З точки зору експлуатації деталі чорнові базові поверхні повинні бути найбільш відповідальними. В цьому разі при їх обробці на наступних операціях забезпечуються рівномірність припусків та однорідна за якістю поверхня.

4. З метою забезпечення правильного взаємного розташування оброблюваних поверхонь відносно необроблюваних, базами для першої операції обирають ті поверхні, які в готовій деталі повинні залишатись необробленими.

5. Після першої операції технологічні бази повинні бути замінені, оскільки двічі використовувати ті самі бази вкрай небажано, а в більшості випадків і недопустимо.

6. На всіх наступних операціях необхідно дотримуватися принципу суміщення технологічних, конструкторських та вимірювальних баз, а також принципу сталості баз.

7. Бази повинні забезпечувати можливість обробки з однієї установки максимальної кількості поверхонь.

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

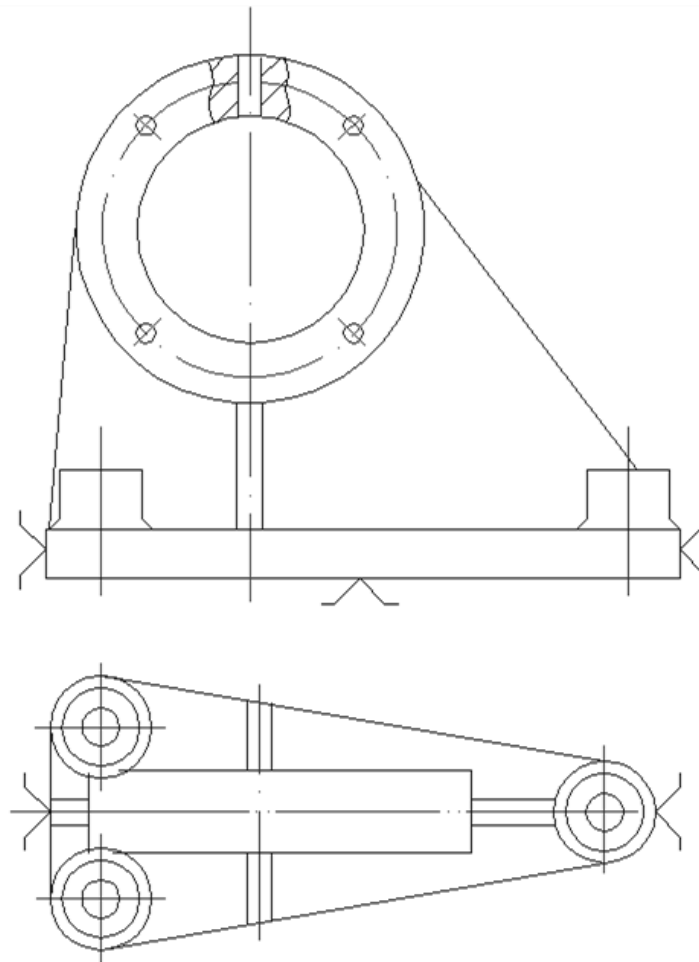


Рис. 0.1 Схема базування корпусу.

У цьому випадку для закріплення деталі використовуються, в основному, циліндричні поверхні. На початкових операціях використовується циліндрична поверхня заготовки, а також центровочні отвори. В наступних операціях (точіння, фрезерування, шевінгування) використовуються вже оброблені циліндричні поверхні деталі.

1.7 Вибір варіанту технологічного маршруту механічної обробки

При розробці технологічного маршруту механічної обробки процесу виготовлення деталі використовуємо універсальне обладнання, яке є в наявності в ремонтних дільницях підприємства. Маршрут механічної обробки технологічного процесу оформляється у вигляді таблиці 2.1.

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1. – Маршрут механічної обробки корпусу.

Номер і назва операції (переходу)	Оброб- лювальна поверхня	Базова поверхня	Обладнання
005 Фрезерувальна 1. фрезерувати поверхню в розміри 90×190 мм - 6,3 2. фрезерувати поверхню в розміри $25 \times \varnothing 110$ мм - 6,3 3. фрезерувати поверхню в розмір 30 - 6,3	А, Б, В, Е	Б, В, А, А	Широко- універсальний фрезерувальний консольний верстат моделі 6Р81Ш
010 Координатно-розточувальна 1. розточити отвір $\varnothing 72H7 \times 25$ - Ra1,6 2. свердлити 4-и отвори $\varnothing 6,4 \times$ 25 мм $\varnothing 90 \pm 0,1$ 3. свердлити 3-и отвори $\varnothing 12,6 \times$ 30 мм	Г, Ж, Е	А, А, Г	Координатно- розточувальний верстат моделі 2421
015 Вертикально-свердлильно- різенарізна 1. свердлити отвір $\varnothing 5 \times 19$ мм 2. нарізати 4-и різі М6-Н7 $\times 25$ мм 6,3 3. нарізати різь М6 $\times 1$ - 6,3	Д, Е, Д	А, А, А,	Вертикально- свердлильний верстат моделі 2Н125Л

1.8 Визначення припусків та міжопераційних розмірів, проектування заготовки.

Розраховуємо припуски на обробку і міжопераційні розміри для отвору (поверхня Г) $\varnothing 72H7 (+0,030)$ корпусу підшипника (показаного на кресленні). На решту поверхонь назначаємо припуски і допуски за ГОСТ 1855-84. Заготовка є відливка другого класу точності, масою 11,5 кг.

Технологічний маршрут обробки отвору $\varnothing 72+0,030$ складається з двох операцій: чорнового і чистового розточування, які виконуються при одному установленні деталі, що обробляється. Заготовка базується на даній операції на площині основи А .

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2. - Розрахунок припусків і граничних розмірів за технологічними переходами на обробку отвору $\varnothing 72+0,030$ корпусу підшипника.

Сумарне значення Rz і T, які характеризують якість поверхні литих заготовок для виливок другого класу в земляні форми складає 700 мкм – (10. ст. 65. табл. 27). Після першого технологічного переходу величина T для деталей з чавуну не входить в розрахунок, тому що для чорнового і чистового розточування знаходимо по - (10. ст. 67. табл. 30) значення Rz, відповідно 50 і 20 мкм і записуємо їх в розрахункову таблицю 4.6.

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{kop}}^2 + \rho_{3\text{M}}^2}$$

Величину короблення отвору необхідно враховувати як в діаметральному, так і в осьовому напрямку, тому:

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_{\text{к}} d)^2 + (\Delta_{\text{к}} l)^2}$$

Величина питомого короблення для виливок корпусу $\Delta_{\text{к}} = 1$ (10. ст. 72. табл. 32).

d і l – діаметр і довжина отвору згідно креслення $d = 72$ мм, $l = 25$ мм, тоді:

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{1 \cdot 72^2 + 1 \cdot 25^2} = 76 \text{ мкм}$$

Враховуючи, що сумарне зміщення отвору в виливці відносно зовнішньої її поверхні є геометрична сума в двох взаємно перпендикулярних площинах, отримаємо:

$$\rho_{\text{зм}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_{\text{б}}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{\text{г}}}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{400}{2}\right)^2 + \left(\frac{400}{2}\right)^2} = 282 \text{ мкм}$$

де, $\delta_{\text{б}}$ і $\delta_{\text{г}}$ – допуски на розміри (Б) і (Г) за класом точності

$$\delta_{\text{б}} = \delta_{\text{г}} = 400 \text{ мкм}$$

Таким чином, сумарне значення просторового відхилення заготовки складає:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{76^2 + 282^2} = 292 \text{ мкм}$$

Величина залишкового просторового відхилення після чорнового розточування:

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_{\text{заг}} = 0,05 \cdot 292 = 14,8 \approx 15 \text{ мкм}$$

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибка установлення при чорновому розточуванні в лещатах $\varepsilon_1=150$ мкм.
Залишкова похибка установлення при чистовому розточуванні:

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 = 0,05 \cdot 150 = 7,5 \approx 8 \text{ мкм}$$

на основі записаних в таблиці даних здійснюємо розрахунок мінімальних значень між операційних припусків користуючись основною формулою:

$$2Z(R_{z_{i-1}} + T_{i-1})\sqrt{\rho_{i-s}^2 + \varepsilon_i^2},_{min}$$

Мінімальний припуск при розточуванні чорновий:

$$2Z(100 + \sqrt{292^2 + 150^2})21030 \text{ мкм};_{min},$$

чистовий:

$$2Z(50 + \sqrt{15^2 + 8^2})267 \text{ мкм }_{min}$$

Графа «розрахунковий діаметр» (dp) заповнюється, починаючи з кінцевого, в даному випадку креслярського, розміру послідовного вираховування розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу, таким чином, маючи розрахунковий розмір, після останнього переходу (в даному випадку чистового розточування 72,030) для решти переходів отримаємо:

для чорнового розточування:

$$dp1 = 72,030 - 0,134 = 71,896 \text{ мм}$$

для заготовки:

$$dp2 = 71,896 - 2,06 = 69,836 \text{ мм}$$

Значення допусків кожного переходу приймаються за таблицями в

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідності з класом точності виду обробки.

Так, для чистового розточування значення допуску складає 30 мкм (креслярський розмір); для чорнового розточування $\delta = 170$ мкм; допуск на отвір в відливці другого класу точності по ГОСТ 1855-84 складає $\delta = 400$ мкм.

В графі „граничний розмір” найбільше значення (d_{max}) отримується за розрахунковим розміром заокругленим до точності допуску відповідного переходу. Найменші граничні розміри (d_{min}) визначаються з найбільших граничних розмірів відрахування допусків відповідних переходів.

Таким чином, для чистового розточування найбільший граничний розмір – 72,030 мм; найменший – $72,030 - 0,03 = 72,000$ мм; для чорнового розточування найбільший граничний розмір – 71,9 мм, а найменший $71,9 - 0,17 = 71,73$ мм; для заготовки найбільший граничний розмір 69,8 мм, найменший – $69,8 - 0,4 = 69,4$ мм.

Мінімальні граничні значення припусків $Z_{min}^{пр}$ рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуючого і попереднього переходів, а максимальне значення $Z_{max}^{пр}$ - відповідно різниці найменших граничних розмірів.

Тоді для чистового розточування:

$$2Z_{min\ 2}^{пр} = 72,030 - 71,9 = 0,130 \text{ мм} = 130 \text{ мкм}$$

$$2Z_{max\ 2}^{пр} = 72,000 - 71,73 = 0,27 \text{ мм} = 270 \text{ мкм}$$

для чорнового розточування:

$$2Z_{min\ 1}^{пр} = 71,9 - 69,8 = 2,1 \text{ мм} = 2100 \text{ мкм}$$

$$2Z_{max\ 1}^{пр} = 71,73 - 69,4 = 2,33 \text{ мм} = 2330 \text{ мкм}$$

Всі результати виконаних розрахунків записуємо в таблицю 4.6.

На основі даних розрахунків будуємо схему графічного розміщення

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

припусків і допусків по обробці отвору 72+0,030 (рисунок 4.4)

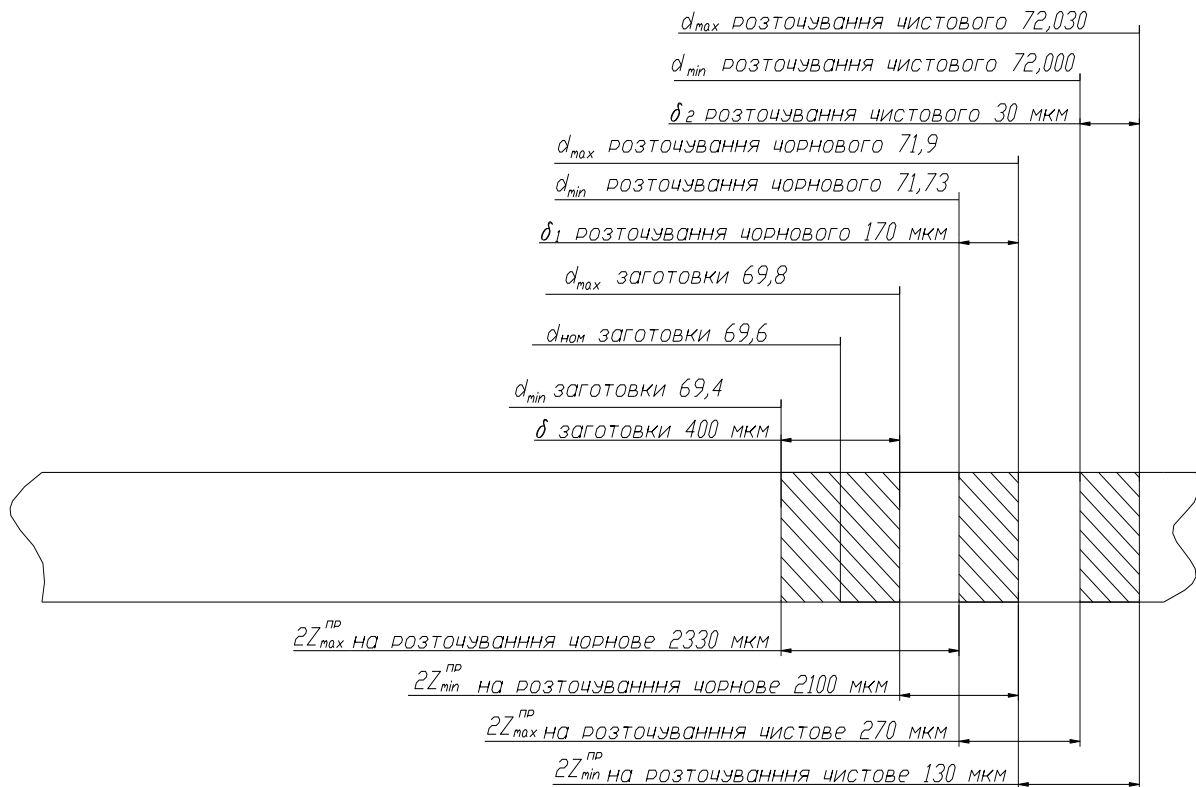


Рис. 0.2 Схема графічного розміщення припусків і допусків на обробку отвору $\varnothing 72+0,030$ корпусу підшипника.

На решту поверхонь, які обробляються корпусу підшипника припуски і допуски вибираємо по таблицях (ГОСТ 1855-85) і записуємо їх значення в таблицю 4.7.

Таблиця 2.3 – Припуски і допуски на поверхні, які обробляються корпусу підшипника по ГОСТ 1855-85 (розміри в мм).

Поверхня	Розмір	Припуск		Допуск
		Табличний	Розрахунковий	
А	165	2,0	—	-0,4
Б, В	25	2·2,0	—	-0,25
Г	72	2·2,0	2·1030	-0,17

Д	M6×1	—	—	+0,05
Е	Ø12,6	2·2,0	—	+0,18
Є	30	2,0	—	-0,21
Ж	M6		—	+0,08

1.9 Вибір різального і допоміжного інструменту, методів та засобів технічного контролю.

При виборі ріжучого і вимірювального інструменту враховують ремонтний потенціал ремонтної ділянки і застосовують для здійснення технологічного процесу, як правило стандартні інструменти.

В зведеній таблиці ріжучого і вимірювального інструменту записуємо найменування кожного інструменту, номер ГОСТу (ДСТУ), матеріал ріжучої частини, основні геометричні параметри і основні конструктивні розміри.

Для перевірки розмірів оброблювальних поверхонь, їх шорсткості та окремих технологічних вимог проводимо вибір засобів технологічного контролю. Результати вибору зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Вибір ріжучого та вимірювального інструменту

Номер і назва операції (переходу)	Інструмент	
	Різальний	Вимірювальний
005 Фрезерувальна		
1. фрезерувати поверхню в розміри 90 × 190 мм - 6,3	Фреза торцева Ø125, Z = 8	Штангенциркуль ШЦ II - 0 - 250 мм Профілометр моделі 253
2. фрезерувати поверхню в розміри 25 × Ø 110 мм - 6,3	ГОСТ 22085-76 Фреза торцева	Штангенциркуль ШЦ II - 0 - 250 мм Профілометр моделі 253
3. фрезерувати поверхню в розмір 30 - 6,3	Ø 125 Z = 8 ГОСТ 22085-76 Фреза торцева Ø 125 Z = 8 ГОСТ 22085-76	Штангенциркуль ШЦ II - 0 - 250 мм Профілометр моделі 253
010 Координатно-розточувальна		
1. розточити отвір Ø 72H7 × 25 - 1,6	Борт-штанга	Мікрометричний нутромір 50 – 75 ГОСТ 10-50

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. свердли́ти 4-и отвори Ø 6,4 × 25 мм Ø 90 - 12,5	Свердло Ø 6,4 ГОСТ 10903-77	Штангенциркуль ШЦ I - 0 - 125 мм ГОСТ 166-80
3. свердли́ти 3-и отвори Ø 12,6 × 30 мм	Свердло Ø 12,6 ГОСТ 10903-77	—//—
015 Вертикально-свердлильно-різенарізна		
1. свердли́ти отвір Ø 5 × 19 мм - 12,5	Свердло Ø 5 ГОСТ 10903-77	Штангенциркуль ШЦ I - 0 - 125 мм
2. нарізати 4-и різі М6-7Н × 25 мм 6,3	Мітчик М6 × 1 ГОСТ 3266-81	Різовий калібр М6 × 1 ГОСТ 17756-72
3. нарізати різь М6 × 1-7Н - 6,3	Мітчик М8 ГОСТ 3266-81	Різовий калібр М8 ГОСТ 17756-72

1.10 Розрахунок режимів різання по операціях.

Виконуємо розрахунок режимів різання для одного переходу, а на інші переходи – режими різання вибираємо за нормативними документами.

Операція 005. Фрезерувальна.

1. Фрезерувати поверхню в розміри 90 × 190 мм ; Глибина фрезерування $t = 2$ мм, ширина фрезерування $B = 90$ мм.

Подача на один зуб $S_Z = 0,2$ мм.

Швидкість різання – колова швидкість фрези:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V, \text{ м/хв}$$

Значення коефіцієнта $C_v = 445$ і показників степені $q = 0,2$; $x = 0,15$;

$y = 0,35$; $u = 0,2$; $p = 0$; $m = 0,32$ (11. ст. 288. табл. 39).

T – середнє значення періоду стійкості, $T = 180$ хв. (11. ст. 290. табл. 40).

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} \text{ (2. ст. 282)}$$

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де K_{MV} – коефіцієнт, враховуючий якість оброблюваного матеріалу, $K_{MV}=1$ (11. ст. 263. табл. 5).

K_{PV} – коефіцієнт, враховуючий стан поверхні заготовки, $K_{PV} = 0,6$ (11 ст. 261. табл. 1).

K_{IV} – коефіцієнт, враховуючий вплив марки інструментального матеріалу, $K_{IV} = 1,0$ (11. ст. 263 табл. 6).

Тоді:

$$v = \frac{445 \cdot 125^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 90^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 1 = 85,6 \text{ м/хв}$$

Число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 85,6}{3,14 \cdot 125} \approx 200 \text{ об/хв}$$

Сила різання при фрезеруванні

$$P_Z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot z}{n^w \cdot D^q} \cdot K_{mp}, \text{ (11. ст. 282)}$$

Значення коефіцієнта $C_p = 54,5$ і показників степені $q = 1,0$; $x = 0,9$; $y = 0,74$; $n = 0,4$; $w = 0$. (11. ст. 291. табл. 41).

K_{mp} – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу, для чавуну $K_{mp} = 1$.

$$P_Z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 2^{0,15} \cdot 90^{0,4} \cdot 8}{125^{1,0} \cdot 200^0} \cdot 1 = 234 \text{ Н}$$

Потужність різання:

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{234 \cdot 85,6}{1020 \cdot 60} = 0,32 \text{ кВт.}$$

На решту переходів режими різання вибираємо за нормативною літературою і заносимо в таблицю 4.10.

Таблиця 2.6 – Режими різання обробки корпусу підшипника

Назва операції (переходу)	v , м/хв	n , об/хв	t , мм	S , мм/об	S_M , мм/хв	N , кВт
Операція 005 Фрезерувальна						
1. фрезерувати поверхню в розмірі 90×190 мм - 6,3	85,6	200	2	0,2	40	0,32
2. фрезерувати поверхню в розмірі 25×Ø110 мм - 6,3	85,6	200	2	0,2	40	0,56
3. фрезерувати поверхню в розмір 30	85,6	200		0,2	40	0,18
Операція 010 Координатно-розточувальна						
1. розточити отвір Ø72H7×25-1,6	18,1	800	2	0,05	40	0,85
2. свердли 4-и отвори Ø 6,4×25 мм Ø 90 - 12,5	12,66	630	3,2	0,1	63	0,13
3. свердли 3-и отвори Ø12,6×30 мм - 12,5	15,8	400	6,3	0,1	40	0,32
Операція 015 Вертикально-свердильно-різснарізна						
1. свердли отвір Ø5×19 мм - 12,5	9,9	630	2,5	0,1	63	0,09
2. нарізати 4-и різі М6-7Н × 25 мм	0,6	32	0,5	1	1	0,075
3. нарізати різь М6 × 1 - 7Н - 6,3	0,6	32	0,5	1	1	0,075

1.11 . Технічне нормування розробленого технологічного процесу.

Норми часу визначаємо на основі технологічного розрахунку для одного переходу розрахунково-аналітичним шляхом.

Операція 005. Фрезерувальна.

1. фрезерувати поверхню в розмірі 90 × 190 мм - 6,3 .

Розрахунок виконуємо по літературі (12).

Машинний час визначаємо розрахунковим шляхом за формулою:

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_M = \frac{L}{S_M} \cdot i$$

де L – довжина шляху інструменту в напрямку подачі в, мм;

$$L = l + l1 + l2$$

де l – довжина оброблюваної поверхні в мм, $l = 190$ мм

$l1$ – величина врізання інструменту в мм, для торцевого симетричного фрезерування

$$l_1 = 0,5 \cdot (D_H - \sqrt{D_H^2 - B^2}) + t = 0,5 \cdot (125 - \sqrt{125^2 - 90^2}) + 2 = 21 \text{ мм}$$

де D_H – діаметр фрези, $D_H = 125$ мм;

B – ширина фрезерування, $B = 90$ мм;

t – глибина різання, $t = 2$ мм;

$l2$ – величина перебігу інструмента в мм, $l2 = 11$ мм.

Тоді $L = 190 + 21 + 11 = 222$ мм

$S_M = 40$ мм/хв. – хвилинна подача

i – число переходів, $i = 1$

$$T_M = \frac{222}{40} \cdot 1 = 5,55 \text{ хв.}$$

$T_{доп}$ – допоміжний час (час на встановлення і зняття деталі в хв.),

$T_{доп} = 0,62$ хв. з вивіркою оброблюваної поверхні в лещатах.

Час обслуговування робочого місця і перерви на природні потреби визначаємо за нормативами в розмірі від оперативного часу 4,1 %, тобто:

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{обсл}} = (T_{\text{м}} + T_{\text{доп}}) \cdot \frac{\gamma}{100} = (5,55 + 0,62) \cdot \frac{4,1}{100} = 0,25 \text{ хв.}$$

Штучний час визначається, як сума таких часів:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{м}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{обсл}} = 5,55 + 0,62 + 0,25 = 6,42 \text{ хв.}$$

На решту переходів норми часу визначаємо за нормативними документами і записуємо в таблицю 4.14

Таблиця 2.6 – Норми часу виготовлення корпусу підшипника.

Назва операції (переходу)	Машинний час, $T_{\text{м}}$, хв.	Штучний час, $T_{\text{шт}}$, хв.
Операція 005. Фрезерувальна		
1. фрезерувати поверхню в розмірі 90×190 мм - 6,3	5,55	6,24
2. фрезерувати поверхню в розмірі $25 \times \varnothing 110$ мм - - 6,3	7,48	8,69
3. фрезерувати поверхню в розмір 30 мм - 6,3	1,34	2,12
Операція 010. Координатно-розточувальна		
1. розточити отвір $\varnothing 72\text{H}7 \times 25$ - 1,6	1,12	1,58
2. свердлити 4-и отвори $\varnothing 6,4 \times 25$ мм $\varnothing 90$ - 12,5	0,86	2,05 2,56
3. свердлити 3-и отвори $\varnothing 12,6 \times 30$ мм - 12,5	1,38	0,13
Операція 015. Вертикально-свердлильно-різенарізна		
1. свердлити отвір $\varnothing 5 \times 19$ мм - 12,5	0,48	1,06
2. нарізати 4 різі М6-7Н $\times 25$ мм 6,3	4,68	6,08
3. нарізати різь М6 $\times 1 \times 19$ мм - 6,3	1,12	1,52

1.12 2Вибір обладнання та визначення його кількості. Побудова

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

графіків завантаження та використання обладнання.

Технічну характеристику вибраного обладнання наводимо в додатках А.

Коефіцієнт завантаження верстату η_3 визначається як відношення розрахункової кількості верстатів m_n :

$$\eta_3 = \frac{m_p}{m_n};$$

Розрахункову кількість верстатів не визначаємо, тому що не відома програма випуску деталі (черв'яка), а враховуючи використання верстатів в ремонтному цеху підприємства приймаємо $m_n=1$

Коефіцієнт завантаження верстатів по основному часу показує долю машинного часу в загальному часу роботи верстата:

$$\eta_0 = \frac{T_0}{T_{шт}}$$

Фрезерна :

$$\eta_0^{005} = \frac{3,85}{4,47} \cdot 100 = 84\%$$

координатно-розточна:

$$\eta_0^{010} = \frac{1,85}{2,47} \cdot 100 = 91\%$$

вертикально-свердлильна

$$\eta_0^{015} = \frac{3,2}{3,7} \cdot 100 = 86\%$$

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 0.3 Графік завантаження обладнання по основному часу

Коефіцієнт використання обладнання по потужності:

$$\eta_n = \frac{N_{\text{оп}}}{N_{\text{верст}}}$$

де $N_{\text{оп}}$ - потужність необхідна для виконання операції;

$N_{\text{верст}}$ - потужність електродвигуна верстата.

005 фрезерна:

$$\eta_n^{005} = \frac{2,3 \cdot 100}{4,8} = 48\%$$

010 Координатно-розточна:

$$\eta_n^{010} = \frac{4,3 \cdot 100}{9} = 48\%$$

015 Вертикально-свердлильна:

$$\eta_n^{015} = \frac{1,35 \cdot 100}{2,2} = 61,4\%$$

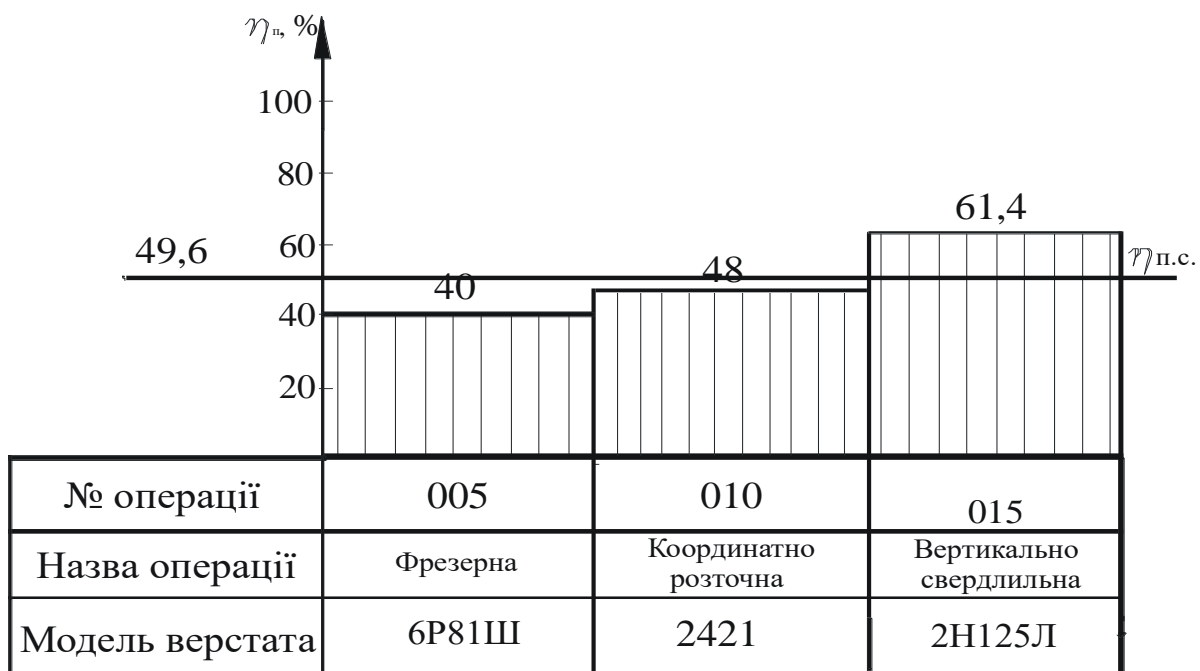


Рис. 0.4 Графік використання обладнання по потужності.

КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.13 Верстатне забезпечення механічної обробки

1.13.1 Розробка структурно-кінематичної схем свердлильного верстата для однієї операції.

1) Кінематична група руху різання $\Phi_v(O1)$.

Джерело руху – електродвигун М1.

Виконавчий орган – шпиндель.

ВКЗ – кінематичне з'єднання шпинделя з підшипниками.

ЗКЗ – ланцюг головного руху, кінематичний ланцюг між шпинделем.

Для визначення числа органів настройки необхідно врахувати таке:

- рух $\Phi_v(O1)$ простий, тобто орган настройки на траєкторію відсутній;
- шпиндель здійснює обертовий рух (замкнута колова траєкторія), тобто органи настройки на початкову точку і шлях відсутні;
- для забезпечення нарізання різі мітчиком і плашками, шпиндель повинен виконувати як пряме, так і зворотне обертання (реверс).

Виходячи з цього у ЗКЗ групи можуть бути розміщеними тільки органи настройки на швидкість і напрям (реверс).

Відповідно кінематична група $\Phi_v(O1)$ має такі органи настройки:

- настройка на швидкість i_v у вигляді коробки швидкостей з блоками пересувних шестерень між II і VI валами;
- настройка на напрям Р, здійснюється за рахунок реверсування електродвигуном М1.

Використовуючи відповідні умови позначень креслимо структурну схему групи (рис. 4.1).

ЗКЗ групи подано у вигляді ланцюга: М1 – Р – 1 – i_v – 2.

2) Кінематична група руху подачі $\Phi_s(P2)$.

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Івасечко			КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	Літ.		Арк.		Аркушів	
Перевірів		Гагалюк А.В.									
Рецензент						ТНТУ ім.І.Пулюя, гр. МВс-41					
Н. контр.		Кобельник В.Р.									
Зав.каф.		Крупа В.В.									

XII і *XIII* відповідно (рис. 1).

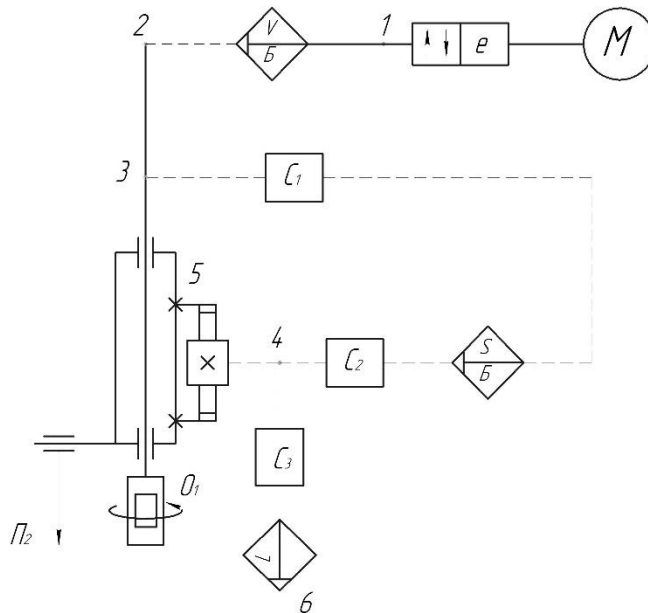


Рис. 0.1 Структурна схема вертикально-свердильного верстату

1.13.2 Кінематичний розрахунок вертикально-свердильного верстата.

Метою кінематичного розрахунку є визначення діапазону регулювання приводу, вибір оптимальної структурної формули, побудова структурної сітки та графіка чисел обертів, побудова оптимальної кінематичної схеми приводу. При кінематичному розрахунку визначають всі передаточні відношення, а також числа зубів всіх коліс. Вихідними даними для кінематичного розрахунку є граничні режими різання які отримано за допомогою пакету MathCAD представлені нижче.

Таблиця 0.1 Зведена таблиця режимів різання

Оброблюваний матеріал	Матеріал ріжучої частини інструменту	Діаметр обробки, мм	Режими різання			
			V, м/хв	S, мм/об	п, об/хв	N, кВт
Силумін	P6M5	35	113,85	0,5	1035	5,59
		50	82,5	0,5	525,211	2,84
Сталь 45	T15K6	35	28,56	0,25	259,7	1,4
		50	31,92	0,25	203,21	2
	P6M5	35	30,59	0,25	278,2	1,502

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		50	30,59	0,25	149,74	1,928
Сірий чавун	BK8	35	17,64	0,45	160,42	1,6
		50	18,48	0,45	117,64	1,2
	P6M5	35	16,9	0,45	153,74	1,576
		50	3,5	0,45	22,304	0,23

Вибираємо електродвигун.

Визначаємо необхідну потужність електродвигуна:

$$N = \frac{N_{\text{різ}}}{\eta} \text{ кВт.}$$

де: $N_{\text{різ}}$ – максимальна потужність різання;

η – загальний ККД приводу.

Загальний ККД приводу дорівнює добутку ККД його складових:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n$$

Приймаємо:

- ККД зубчастої передачі з циліндричними колесами $\eta_1=0,97$;
- коефіцієнт тертя в одній парі підшипників $\eta_2=0,99$

Загальний коефіцієнт корисної дії:

$$\eta = \eta_1^6 \cdot \eta_2^7 = 0,97^6 \cdot 0,99^7 = 0,78$$

Необхідна потужність двигуна:

$$N = \frac{5,59}{0,77} = 7,26 \text{ кВт}$$

Приймаємо згідно ГОСТ 19523-74 трифазний асинхронний коротко замкнутий електродвигун серії 4A112M4Y3 з синхронною частотою обертання

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1500 об/хв. і потужністю 7,5 кВт.

- асинхронна частота обертання $n_{ac}=1460$ об/хв.;
- напруга $U=220$ В;

Визначаємо діапазон регулювання.

Передачі з ступеневим регулюванням компактні і прості, мають високий ККД. Кінематичні можливості приводу можна оцінити діапазоном регулювання, який показує відношення максимальних і мінімальних частот обертання шпинделя:

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} \quad (4.3)$$

де: n_{\max} – максимальна частота обертання шпинделя

n_{\min} – мінімальна частота обертання шпинделя

$$D = \frac{1000}{22,4} = 44,6$$

Знаходимо кількість ступеней:

$$z = \frac{\lg D}{\lg \varphi} + 1 \quad (4.4)$$

$$z = \frac{\lg 44,6}{\lg 1,41} + 1 = 12$$

Знайдене розрахункове значення заокруглюємо до цілого з умовою можливості його розчленування на множники 2, 3 і 4. Приймаємо $z=12$.

Складаємо структурну формулу:

При дотриманні умови $2 \leq P \leq 4$ число 12 розкладається на три складові 3, 2 і 2, тобто на три групи. Згідно цієї умови записуємо структурну формулу:

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$z = P_1(x_1) \cdot P_2(x_2) \cdot P_3(x_3) = 3_{(1)} \cdot 2_{(3)} \cdot 2_{(6)} \cdot$$

Для зменшення збільшення необхідних габаритів вводимо додаткову ланку. Тоді структурна формула набере вигляду:

$$z = 3_{(1)} \cdot 2_{(3)} \cdot 1 \cdot 2_{(6)}$$

Визначаємо число можливих варіантів кінематичної структури:

$$K = K_{\text{кін.}} \cdot K_{\text{констр.}} = \frac{(m!)}{q!} \quad (4.5)$$

$$K = \frac{(1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4)^2}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 96$$

де: m – кількість груп в структурі;

q – число груп з однаковим числом передач.

Побудова структурної сітки

Будуємо структурну сітку для формули $z = 3_{(1)} \cdot 2_{(3)} \cdot 1 \cdot 2_{(6)}$:

Для побудови структурної сітки проводимо ряд паралельних прямих, наприклад горизонталей з інтервалами, рівними $\lg \phi$ в кількості, рівному числу ступеней z швидкості обертання шпинделя, тобто 18 і ряд вертикалей з довільними, приблизно однаковими відстанями між ними в кількості, яка рівна числу валів плюс одна, тобто 4. По структурній формулі вираховуємо характеристики x_j всіх груп і записуємо їх над полем кожної групи. На лівій вертикалі поля першої групи наносимо відмітку, розміщену симетрично відносно горизонталей. Навпроти цієї відмітки на правій вертикалі поля групи розташовуємо симетрично стільки відміток, скільки передач має група, з відстанями, рівними характеристиці цієї групи. Отримані точки з'єднуємо прямими променями.

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

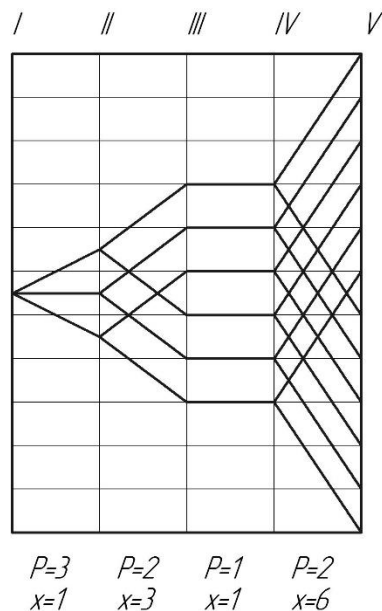


Рис. 0.2 Структурна сітка

Побудова графіка чисел обертів

Графік чисел обертів дає конкретні значення величин передаточних відношень всіх передач приводу і числа обертів всіх валів. Будуємо спочатку скелет, а потім використовуючи структурну сітку будуємо решта графіка:

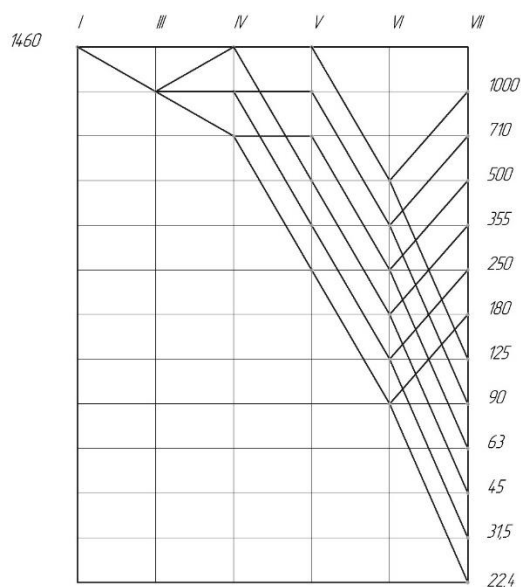


Рис. 0.3 Графік чисел обертів

Визначення передаточних відношень. Передаточні відношення визначаються по графіку чисел обертів, де кожен промінь представляє собою передаточне відношення певної передачі. Для понижаючих передач передаточне

відношення $U = \frac{1}{\varphi^x}$, де x – число клітинок структурного поля, на яке опустився промінь відповідної передачі. Для підвищуючи передач $U = \varphi^x$, де x – число клітинок на які піднявся відповідний промінь.

Використовуючи графік чисел обертів, отримаємо передаточні відношення всіх передач:

$$U_0 = \frac{1000}{1460} = \frac{1}{1,46}$$

$$U_1 = \varphi^1 = 1,41$$

$$U'_1 = \varphi^0 = 1$$

$$U''_1 = \frac{1}{\varphi^1} = \frac{1}{1,41}$$

$$U_2 = \varphi^0 = 1$$

$$U'_2 = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{1,41^3} = \frac{1}{2,8}$$

$$U_3 = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{1,41^3} = \frac{1}{2,8}$$

$$U_4 = \varphi^2 = 1,41^2 = 1,98$$

$$U'_4 = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,41^4} = \frac{1}{3,95}$$

Визначення чисел зубів коліс.

Маючи конкретні значення передаточних відношень, для кожної незалежної групи можна визначити числа зубів окремих пар зубчастих коліс, що входять в неї. При цьому приймається модуль всіх зубчастих коліс однаковим, а міжосьову відстань незмінною. Виходячи з цієї умови, можна записати для першої групи:

$$z_1 + z_2 = z_3 + z_4 = z_5 + z_6 = \sum z_i$$

$$U_1 = \frac{z_1}{z_2}$$

$$U'_1 = \frac{z_3}{z_4}$$

$$U''_1 = \frac{z_5}{z_6}$$

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $z_{\min} = 25$

Знаходимо кількість зубів решти коліс:

$$z_6 = z_4 \cdot U_1 = 25 \cdot 1,41 = 35,25 \quad \sum z_i = 25 + 35 = 60$$

$$z_5 = \frac{\sum z \cdot U'_1}{1 + U'_1} = \frac{60 \cdot 1}{1 + 1} = 30$$

$$z_7 = 60 - 30 = 30$$

$$z_{12} = \frac{\sum z \cdot U''_1}{1 + U''_1} = \frac{60 \cdot 1,41}{1 + 1,41} = 35$$

$$z_9 = 60 - 35 = 25$$

II група

$$z_{13} = z_{12} \cdot U_2 = 35 \cdot 1 = 35 \quad \sum z = 35 + 35 = 70$$

Приймаємо $z_{\min} = 19$

$$z_{14} = z_8 \cdot U'_2 = 19 \cdot 2,8 = 51$$

III група

Приймаємо $z_{\min} = 19$

$$z_{10} = 19$$

$$z_{11} = z_{10} \cdot U_3 = 19 \cdot 2,8 = 53$$

IV група

Приймаємо $z_{\min} = 16$

$$z_{16} = 16$$

$$z_{15} = z_{16} \cdot U'_4 = 16 \cdot 3,95 = 63$$

$$\sum z = 16 + 63 = 79$$

$$z_{17} = z_{11} \cdot U_4 = 53 \cdot \frac{1}{1,98} = 26$$

Знаходимо реальні передаточні відношення і порівнюємо їх з теоретичними. Похибка повинна складати не більше 5%:

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_1 = \frac{35}{25} = 1,4$$

$$\varepsilon = \frac{|U_\phi - U|}{U} = \frac{|1,4 - 1,41|}{1,41} = 0,007 < 0,05$$

$$U_1' = \frac{30}{30} = 1$$

$$\varepsilon = \frac{|1 - 1|}{1} = 0 < 0,05$$

$$U_1'' = \frac{25}{35} = \frac{1}{1,4}$$

$$\varepsilon = \frac{|1,4 - 1,41|}{1,41} = 0,007 < 0,05$$

$$U_2 = \frac{35}{35} = 1$$

$$\varepsilon = \frac{|1 - 1|}{1} = 0 < 0,05$$

$$U_2' = \frac{15}{42} = \frac{1}{2,8}$$

$$\varepsilon = \frac{|2,8 - 2,8|}{2,8} = 0 < 0,05$$

$$U_3 = \frac{19}{53} = \frac{1}{2,79}$$

$$\varepsilon = \frac{|2,79 - 2,8|}{2,8} = 0,003 < 0,05$$

$$U_4 = \frac{53}{26} = 2,03$$

$$\varepsilon = \frac{|2,03 - 1,98|}{1,98} = 0,025 < 0,05$$

$$U_4' = \frac{16}{63} = \frac{1}{3,937}$$

$$\varepsilon = \frac{|3,937 - 3,95|}{3,95} = 0,0017 < 0,05$$

Всі дані заносимо в таблицю:

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дані розрахунку передаточних відношень і кількості зубів

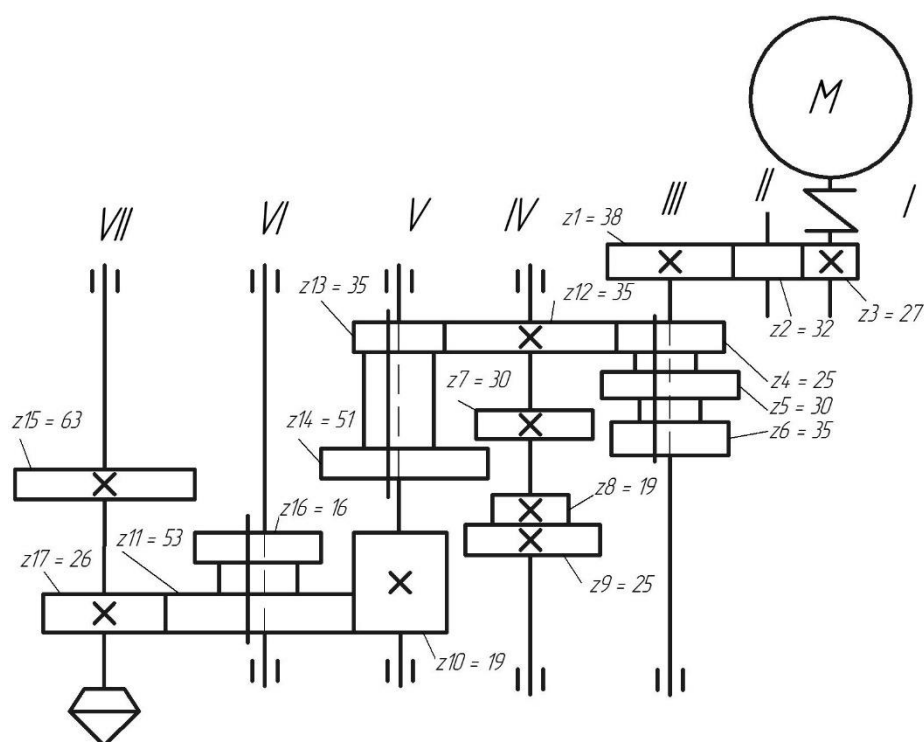
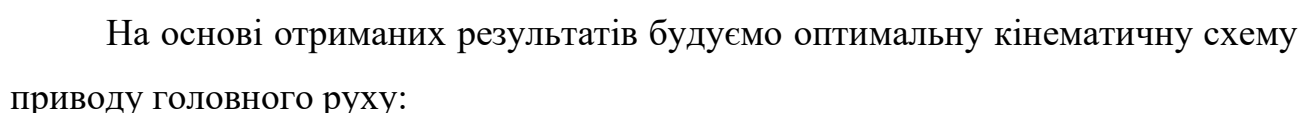


Рисунок 4.4 – Кінематична схема приводу головного руху

4.3 Конструкція та розрахунок коробки швидкостей

4.3.1 Опис конструкції і принципу роботи КШ.

Коробка швидкостей вмонтована в верхню частину станини. Для вибору необхідного числа обертів на станині встановлений механізм переключення швидкостей. З'єднання коробки швидкостей з валом електродвигуна головного

руху здійснюється через пружну муфту. Частота обертання шпинделя встановлюється за допомогою механізму переключення частоти обертання шпинделя.

4.3.2 Загальний силовий розрахунок.

Визначення міжосьових відстаней та розрахунок модуля

Для визначення міжосьової відстані потрібно визначити розрахункові крутні моменти на валах, а міжосьову відстань розраховувати для передачі, яка передає максимальний крутний момент.

$$T_{об.} = 9550 \cdot \frac{N_{дв.} \cdot \eta}{n_{роз.}}, \quad (4.5)$$

де $N_{дв.} = 7,5$ кВт – номінальна потужність двигуна;

η - ККД механізму від електродвигуна до розглядуваного вала;

$n_{роз.}$ - розрахункова частота обертання вала (об/хв);

При виборі розрахункової частоти обертання вала рекомендується брати частоту, яка відповідає 1/3, або 1/4 від n_{min} .

I вал

Момент на перший вал передається від електродвигуна передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу:

$$\eta_I = \eta_{підш} = 0,99 = 0,99$$

$\eta_{підш}$ - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка чисел обертів визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала $n = 1460$ об/хв.

$$T_{об.1} = 9550 \cdot \frac{7,5 \cdot 0,99}{1460} = 48 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

III вал

Момент на третій вал передається від другого вала через зубчасту передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу

$$\eta_{III} = \eta_{II} \cdot \eta_2 \cdot \eta_{підш} = 0,95 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,91$$

де η_{II} – ККД приводу другого вала;

η_2 – ККД зубчастої передачі;

$\eta_{підш}$ - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка чисел обертів визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала $n=1000$ об/хв.

$$T_{об.3} = 9550 \cdot \frac{7,5 \cdot 0,91}{1000} = 65 H \cdot м;$$

IV вал

Момент на четвертий вал передається від третього вала через зубчасту передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу:

$$\eta_{IV} = \eta_{III} \cdot \eta_2 \cdot \eta_{підш} = 0,91 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,87$$

де η_{III} – ККД приводу третього вала;

η_2 – ККД зубчастої передачі;

$\eta_{підш}$ - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка чисел обертів визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала $n=1000$ об/хв.

$$T_{об.4} = 9550 \cdot \frac{7,5 \cdot 0,87}{1000} = 62 H \cdot м;$$

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

V вал

Момент на четвертий вал передається від третього вала через зубчасту передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу:

$$\eta_V = \eta_{IV} \cdot \eta_2 \cdot \eta_{\text{підш}} = 0,87 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,84$$

де η_{IV} – ККД приводу третього вала;

η_2 – ККД зубчастої передачі;

$\eta_{\text{підш}}$ - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка чисел обертів визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала $n = 1000$ об/хв.

$$T_{\text{об.5}} = 9550 \cdot \frac{7,5 \cdot 0,84}{1000} = 60 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

VI вал

Момент на четвертий вал передається від третього вала через зубчасту передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу:

$$\eta_{VI} = \eta_V \cdot \eta_2 \cdot \eta_{\text{підш}} = 0,84 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,81$$

де η_V – ККД приводу третього вала;

η_2 – ККД зубчастої передачі;

$\eta_{\text{підш}}$ - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка чисел обертів визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала $n = 355$ об/хв.

$$T_{\text{об.6}} = 9550 \cdot \frac{7,5 \cdot 0,81}{355} = 163 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

VII вал

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Момент на четвертий вал передається від третього вала через зубчасту передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу:

$$\eta_{VII} = \eta_{VI} \cdot \eta_2 \cdot \eta_{підш} = 0,81 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,77$$

де η_{VI} – ККД приводу третього вала;

η_2 – ККД зубчастої передачі;

$\eta_{підш}$ - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка чисел обертів визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала $n = 90$ об/хв.

$$T_{об.7} = 9550 \cdot \frac{7,5 \cdot 0,77}{90} = 612 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Визначені обертові моменти на валах зводимо в таблицю:

Таблиця 0.2

Розрахункові крутні моменти на валах

Вал	I	III	IV	V	VI	VII
$T_{об}, \text{Нм}$	48	65	62	60	163	612

Міжосьову відстань з умови міцності зубців на контактну міцність проведемо для передачі 16/63 між VI і VII валом, яка забезпечує максимальний крутний момент $T = 612 \text{ Нм}$.

Вибираємо матеріал зубчастих коліс сталь 40Х з покращенням. Механічні характеристики сталі зведемо в таблицю:

Таблиця 0.3

Механічні властивості сталі 40Х

Марка сталі	Границя міцності σ_B , МПа	Границя текучості σ_T , МПа	Середня твердість HB
40Х	930	690	300

Міжосьову відстань визначаємо за формулою:

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_w = K_a \cdot (u+1) \sqrt[3]{\frac{T}{[\sigma_H]^2 \cdot u^2 \cdot \Psi_{ba}}} \cdot K_{H\beta} \quad (4.6)$$

де: $K_a=49,5$;

u – передаточне відношення, $u = 4$;

T – момент на веденому валу, $T = 612$ Нм;

$K_{H\beta}$ – коефіцієнт, що враховує вид навантаження, $K_{H\beta} = 1$;

Ψ_{ba} – коефіцієнт ширини вінця, $\Psi_{ba}=0,25$;

$[\sigma_H]$ – допустиме контактне напруження, яке визначається за формулою:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H_{limb}} \cdot K_{HL}}{[S_H]} \quad (4.7)$$

де: K_{HL} – коефіцієнт довговічності, $K_{HL}=1$;

$[S_H]$ – коефіцієнт безпеки, $[S_H]=1,1$;

$\sigma_{H_{limb}}$ – границя контактної міцності при базовому числі циклів, обчислюється за формулою:

$$\sigma_{H_{limb}} = 2HB + 70 \quad (4.8)$$

де: HB – середня твердість матеріалу коліс;

$$\sigma_{H_{limb}} = 2 \cdot 300 + 70 = 670$$

Визначаємо допустиме контактне напруження:

$$[\sigma_H] = \frac{670 \cdot 1}{1,1} = 610$$

Знаходимо міжосьову відстань:

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_w = 43,5 \cdot (4 + 1) \sqrt[3]{\frac{612000}{610^2 \cdot 4^2 \cdot 0,3}} \cdot 1 = 150$$

Приймаємо міжосьову відстань $a_w = 150$ мм.

Визначаємо модуль коліс:

$$m = \frac{2 \cdot a_w}{\sum z} \quad (4.9)$$

$$m = \frac{2 \cdot 150}{16 + 63} = 3,79$$

Приймаємо модуль коліс $z_{10}, z_{11}, z_{15}, z_{16}, z_{17} m = 4$ мм.

Міжосьову відстань між II і III валами визначаємо аналогічно за формулою:

$$a_w = 43,5 \cdot (4 + 1) \sqrt[3]{\frac{65000}{610^2 \cdot 4^2 \cdot 0,3}} \cdot 1,1 = 78$$

Приймаємо міжосьову відстань $a_w = 80$ мм.

Визначаємо модуль коліс z_1, z_2, z_3 :

$$m = \frac{2 \cdot a_w}{\sum z} = \frac{2 \cdot 80}{32 + 38} = 2,28$$

Приймаємо модуль коліс $z_1, z_2, z_3 m = 2,5$ мм

Міжосьову відстань між IV і V валами визначаємо аналогічно за формулою:

$$a_w = 43,5 \cdot (4 + 1) \sqrt[3]{\frac{60000}{610^2 \cdot 4^2 \cdot 0,3}} \cdot 1,1 = 70$$

Приймаємо міжосьову відстань $a_w = 70$ мм.

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо модуль коліс $z_4, z_5, z_6, z_7, z_8, z_9, z_{12}, z_{13}, z_{14}$:

$$m = \frac{2 \cdot a_w}{\sum z} = \frac{2 \cdot 70}{51 + 19} = 2$$

Приймаємо модуль коліс $z_4, z_5, z_6, z_7, z_8, z_9, z_{12}, z_{13}, z_{14} m=2$ мм

Визначаємо міжосьову відстань між валами I і II:

$$a_w = \frac{\sum z \cdot m}{2} = \frac{59 \cdot 2,5}{2} = 73,75$$

Визначаємо міжосьову відстань між валами III і IV:

$$a_w = \frac{\sum z \cdot m}{2} = \frac{60 \cdot 2}{2} = 60$$

Визначаємо міжосьову відстань між валами IV і V:

$$a_w = \frac{\sum z \cdot m}{2} = \frac{70 \cdot 2}{2} = 70$$

Розрахунок діаметрів валів

Попередній розрахунок проводимо на кручення за пониженими допустимими напруженнями за формулою:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot [\tau_k]}} \quad (4.10)$$

де: T – максимальний обертовий момент на валу;

$[\tau_k]$ – допустиме напруження на кручення.

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо для валів матеріал сталь 40Х, для якої понижене значення $[\tau_k]=15...30\text{МПа}$.

Діаметр першого вала:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 48}{3.14 \cdot 30 \cdot 10^6}} = 0.020\text{м}$$

Отримане значення заокруглюємо до більшого стандартного. Приймаємо мінімальний діаметр першого вала $d_1=20\text{мм}$. Решта діаметрів приймаємо конструктивно.

Діаметр другого вала:

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 55}{3.14 \cdot 30 \cdot 10^6}} = 0.021\text{м}$$

Отримане значення заокруглюємо до більшого стандартного. Приймаємо мінімальний діаметр другого вала $d_2=21\text{мм}$. Решта діаметрів приймаємо конструктивно.

Діаметр третього вала:

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 65}{3.14 \cdot 30 \cdot 10^6}} = 0.022\text{м}$$

Отримане значення заокруглюємо. Приймаємо діаметр шийки третього вала $d_3=25\text{ мм}$. Решта розмірів визначаємо конструктивно.

Діаметр четвертого вала:

$$d_4 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 62}{3.14 \cdot 30 \cdot 10^6}} = 0.022\text{м}$$

Отримане значення заокруглюємо. Приймаємо діаметр шийки третього вала $d_4=25\text{ мм}$. Решта розмірів визначаємо конструктивно.

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр п'ятого вала:

$$d_5 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 60}{3.14 \cdot 30 \cdot 10^6}} = 0.022 \text{ м}$$

Отримане значення заокруглюємо. Приймаємо діаметр шийки третього вала $d_5=25$ мм. Решта розмірів визначаємо конструктивно.

Для шостого валу проведемо повний розрахунок.

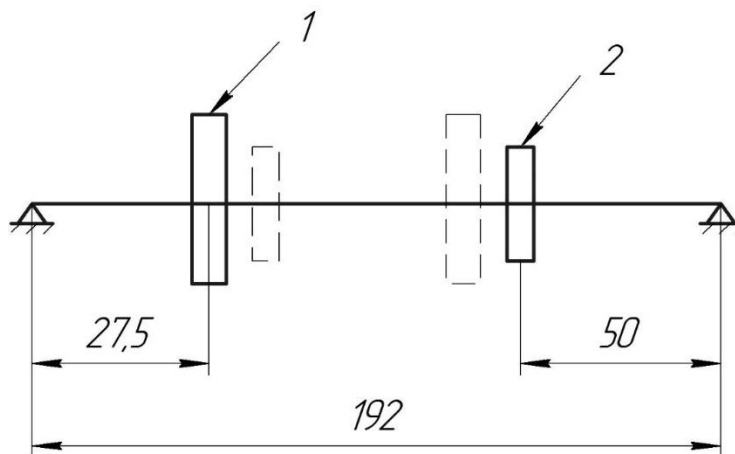


Рис. 0.4– Розрахункова схема

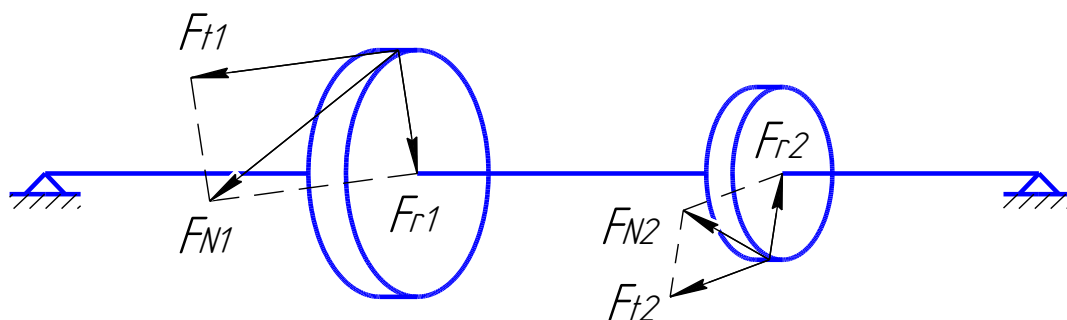


Рис. 0.5 Схема дії сил на зубчастих колесах

Крутний момент передається через зубчасте колесо 1 або 2. Визначаємо сили в зачепленні окремо для коліс 1 і 2

$$F_{t1} = \frac{2T \cdot 10^3}{d_1} \quad (4.11)$$

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot 163 \cdot 10^3}{4 \cdot 53} = 1537$$

$$F_{r1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (4.12)$$

$$F_{r1} = 1537 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 560$$

$$F_{t2} = \frac{2 \cdot 163 \cdot 10^3}{4 \cdot 16} = 5093$$

$$F_{r2} = 5093 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 1854$$

Враховуючи те що перше колесо в першому випадку є проміжним то сили які діють на вал будуть компенсуватись.

Будуємо епюри згинальних моментів, для другого випадку коли крутний момент передається передачами z11/z10 і z15/z16.

1. Вертикальна площина.

$$\sum A = R_B \cdot 192 - Fr_2(192 - 50) + Fr_1 \cdot 89 = 0 \quad R_B = \frac{1854 \cdot 142 - 560 \cdot 89}{192} = 1112H$$

$$\sum B = R_A \cdot 192 - Fr_2 \cdot 50 + Fr_1 \cdot (192 - 89) = 0 \quad R_A = \frac{1854 \cdot 50 - 560 \cdot 103}{192} = 182$$

$$M_C = R_A \cdot 89 = 182 \cdot 89 = 16,2Hm \quad M_D = R_B \cdot 50 = 1112 \cdot 50 = 55,6Hm$$

2. Горизонтальна площина.

$$\sum A = R_B \cdot 192 + Ft_1 \cdot 89 + Ft_2 \cdot (192 - 50) = 0 \quad R_B = \frac{-1537 \cdot 89 - 5093 \cdot 103}{192} = -3444,6H$$

$$\sum B = R_A \cdot 192 + Ft_2 \cdot 50 + Ft_1 \cdot 142 = 0 \quad R_A = \frac{-5093 \cdot 50 - 1537 \cdot 142}{192} = 2463H$$

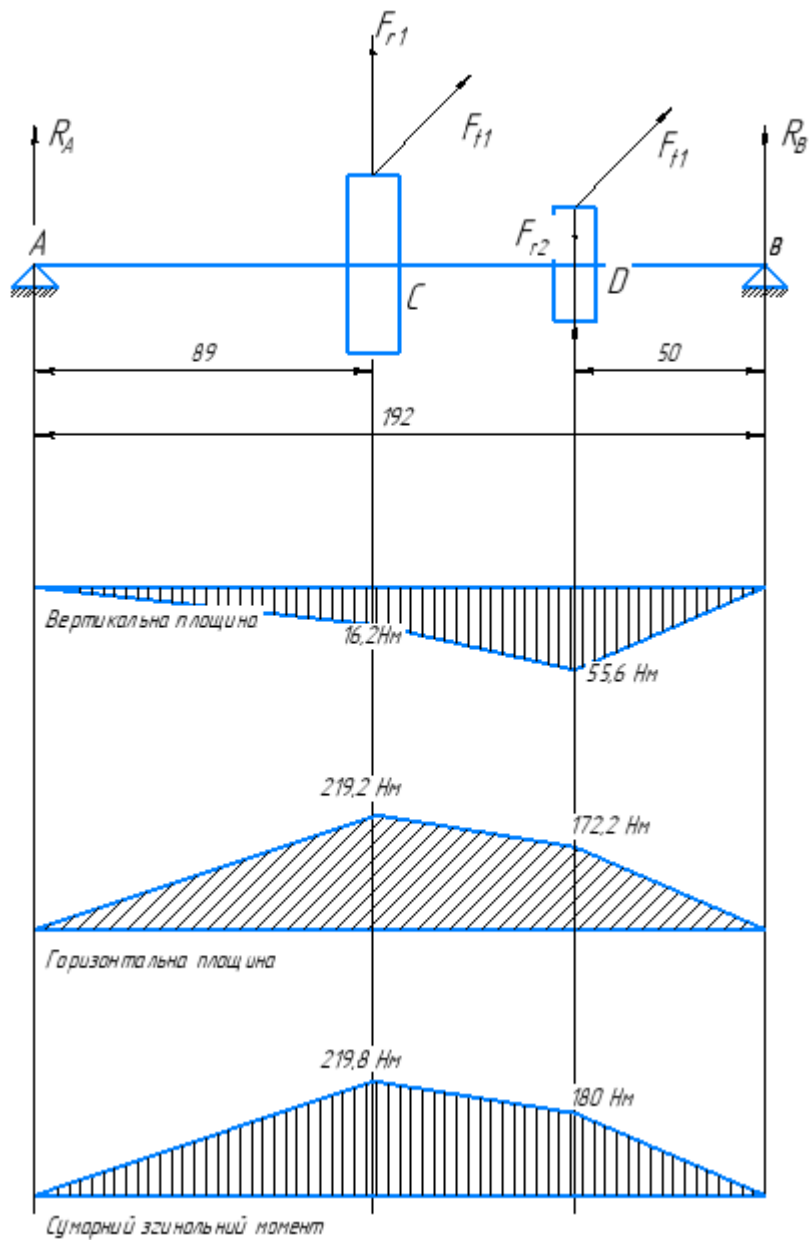
$$M_C = R_A \cdot 89 = 2463 \cdot 89 = 219,2Hm \quad M_D = R_B \cdot 50 = 3444,6 \cdot 50 = 172,23Hm$$

Визначаємо сумарний згинальний момент:

$$M_C = \sqrt{M_{CF}^2 + M_{CB}^2} = \sqrt{219,2^2 + 16,2^2} = 219,8Hm$$

$$M_D = \sqrt{M_{DF}^2 + M_{DB}^2} = \sqrt{172,23^2 + 55,6^2} = 180,9Hm$$

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



112

Рис. 0.6 Епюра згинальних моментів

Визначаємо діаметр вала:

$$d = 10 \sqrt{\frac{M_{\text{прив}}}{0,1[\sigma_{32}]}} \quad (4.13)$$

де: $[\sigma] = 350 \text{ МПа}$

$$M_{\text{прив}} = \sqrt{M_{32}^2 + 0,39 \cdot 163^2} = \sqrt{219,8^2 + 0,39 \cdot 163^2} = 242,2$$

$$d = 10 \sqrt{\frac{242,2}{0,1 \cdot 350 \cdot 10^6}} = 0,026$$

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо діаметр вала під шестернею 30 мм.

Підшипники підбираємо конструктивно. Для всіх валів вибираємо кулькові радіальні підшипники згідно ГОСТ 8338-75.

1.14 Розробка пристосувань. Розрахунок сили затиску і похибки базування. Центрувальний пристрій

Базування деталі на вертикально-свердлильній операції здійснюється в приспособленні за допомогою гладкого опорного елемента, на який встановлюється заготовка і двох опорних поверхонь, до яких заготовка притискується важільно-клиновим механізмом.

Закріплення здійснюється важелем, який однією стороною пристикує деталь, а іншою взаємодіє з клином, що в свою чергу приводиться в рух від пневмоциліндра. Саме приспособлення зображено на листі формату А1.

1.15 Розрахунок необхідної сили затиску

В даному випадку оброблювана деталь базується на установочних елементах пристосування і притискається до них силою затиску Q , а сила різання (свердління отворів) P діє в перпендикулярному напрямку.

Силі різання протидіють сили тертя $T_2 = Qf_2$ між опорною поверхнею пристосування і нижньою базовою площиною деталі, а також $T_1 = Qf_1$ між верхньою площиною деталі і поверхнею затиску

Сила затиску визначається з мови рівноваги сил [4, с.155]:

$$(W - P)fr = \frac{2M}{d}kR \quad (3.1)$$

Звідси:

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W = \frac{2kMR}{dfr} - P \quad (3.2)$$

де f - коефіцієнт тертя в місці затиску;

k - коефіцієнт запасу;

R - відстань від вісі інструменту до вісі деталі.

При використанні одноклинового механізму умовою рівноваги є [8, с. 192]:

$$W = \frac{1}{\eta} Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha - \phi_{\text{пр}}) \operatorname{tg} \phi_{2\text{пр}}}{\operatorname{tg}(\alpha - \phi_{\text{пр}}) + \operatorname{tg} \phi_1} \quad (3.3)$$

де α - кут скосу важеля, 0;

ϕ - кут тертя похилій поверхні клина, 0;

ϕ_1 - кут тертя в ланці, 0;

ϕ_2 - кут повороту клина, 0.

$$\operatorname{tg} \phi = \operatorname{tg} \phi_1 = 0,1 \quad \phi = \phi_1 = \phi_2 = 5^{\circ}50';$$

$$\operatorname{tg} \phi_{2\text{пр}} = 0,21;$$

$$\alpha = 15^{\circ}.$$

Характеристика механізму:

$$\frac{1 - \operatorname{tg}(\phi + \phi_{\text{пр}}) \operatorname{tg} \phi_{2\text{пр}}}{\operatorname{tg}(\alpha + \phi_{\text{пр}}) + \operatorname{tg} \phi_1} = 2,26$$

$\eta = 0,60$ - коефіцієнт корисної дії механізму.

$$W \cdot \eta = 2,26 \cdot Q$$

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W = \frac{2,26 \cdot Q}{\eta}$$

$$\frac{2,26}{\eta} Q = \frac{2kMR}{dfr} - P$$

Звідси визначаємо необхідне зусилля, що повинен розвивати пневмоциліндр пристрою:

$$Q = \left(\frac{2kMR}{dfr} - P \right) \cdot \frac{\eta}{2,26}; \quad (3.4)$$

Сила різання при фрезеруванні визначається за формулою [3, с.418]:

$$P = C_p \cdot t^{X_p} \cdot S_z^{Y_p} \cdot Z \cdot B^{Z_p} \cdot D^{q_p} \text{ кг} \quad (3.5)$$

де $C_p = 48$; $X_p = 0,83$; $Y_p = 0,65$; $Z_p = 1,0$; $q_p = -0,83$ - коефіцієнт та показники степенів у формулі [3, с.418].

$$P = 48 \cdot 10^{0,83} \cdot 0,1^{0,65} \cdot 4 \cdot 20^{1,0} \cdot 20^{-0,83} = 484 \text{ кг.}$$

Момент буде складати [9, с. 391]:

$$M = C_M \cdot D^{2,0} \cdot S^{Y_M} \cdot K m_m$$

$$\text{де: } C_M = 23,6; Y_M = 0,80; K m_m = 0,7$$

$$M = 23,6 \cdot 32^{2,0} \cdot 0,1^{0,80} \cdot 0,7 = 1047 \text{ кг мм.}$$

Отже:

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = \left(\frac{2 \cdot 1,1 \cdot 1047 \cdot 125}{12 \cdot 0,78 \cdot 65} - 484 \right) \cdot \frac{0,98}{2,26} = 357,5 \text{ кг}$$

Зусилля, яке повинен розвивати пневмоциліндр буде складати $Q=357,5$ кг.

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

1.16 Охорона праці при роботі на металообробних верстатах.

Загальні вимоги безпеки, які ставляться до металообробного обладнання, визначені державним стандартом, а додаткові вимоги, викликані особливостями його конструкції та умовами експлуатації, описані в нормативно-технічній документації на верстати.

Захисні пристрої, які огорожують зону обробки, повинні захищати працівника від стружки і змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР). Конструкції захисних пристроїв не мають обмежувати технологічних можливостей верстата і викликати незручностей при роботі, прибиранні, налагодженні, а при відкриванні - не забруднювати підлогу відходами обробки. Кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним і не допускати самовідкривання [10].

Автомати та напівавтомати обладнують автоматичним блокуванням, що не допускає включення робочого циклу при відкритому захисному кожусі, якщо це може призвести до травмування. Поверхні захисних кожухів, як і самих верстатів, органів управління, верстатних приладдя і пристосувань, не повинні мати гострих країв і задирок, які можуть травмувати працюючого.

В універсальних токарних і токарно-револьверних верстатах, призначених для обробки заготовок діаметром до 500 мм, час зупинки шпинделя з патроном (без закріпленої заготовки) після виключення не повинен перевищувати 5 с, а у верстатах для обробки заготовок діаметром до 630 мм – 10 с. Цей час для свердлильних верстатів не повинен перевищувати 3 с, для розточувальних верстатів – 6 с, для універсально-фрезерних – 5 с.

					КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Івасечко			ВИСНОВОК			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірів		Гагалюк А.В.								41	
Рецензент								ТНТУ ім.І.Пулюя, гр. МВс-41			
Н. контр.		Кобельник В.Р.									
Зав.каф.		Крупа В.В.									

В зубообробних верстатах автоматичне вимкнення руху інструменту та елементів кінематичного ланцюга по закінченні циклу обробки заготовки має відбуватися за час не більше: для зубошевінгувальних, зубохонінгувальних і зубонакатних верстатів – 5 с; для зубошліфувальних верстатів, що працюють конусним, профільним, абразивним кругом, – 30 с; для зубошліфувальних верстатів, що працюють черв'ячним кругом – 40 с.

Складальні одиниці і деталі масою більші за 16 кг повинні мати спеціальні пристрої у вигляді припливів, отворів, рим-болтів і т. д., призначені для безпечного підйому і переміщення їх під час монтажу, демонтажу та ремонту обладнання.

На верстатах або автоматичних лініях для установки заготовок масою більше 8 кг, а також інструментів та пристосувань масою більше 20 кг встановлюють підйомні пристрої індивідуального типу. Підйомний пристрій повинен утримувати вантаж в будь-якому положенні, навіть у разі несподіваного припинення подачі електроенергії, масла, повітря. Для установки заготовок масою більше 250 кг належить використовувати внутрішньо цехові підйомні засоби.

1.17 Додаткові вимоги безпеки.

Для токарних верстатів товщина матеріалу захисного пристрою збільшується не менш ніж у два рази при обробці заготовки зі швидкістю різання більш 5 м/с. Оглядові вікна в захисних пристроях (екранах) повинні виготовлятися з прозорого спеціального матеріалу в кілька шарів загальною товщиною не менше 10 мм.

Пруткові токарні автомати і пруткові револьверні верстати слід по всій довжині прутків оснащати огороженнями, що мають шумопоглинаючі пристрої.

Поздовжньо-стругальні верстати повинні мати гальмові й пружно-обмежувальні пристрої, що запобігають небезпеці при викиді столу, в разі виходу його із зачеплення з приводним елементом.

В абразивно-відрізних верстатах необхідно передбачати можливість

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приєднання до них індивідуальних відсмоктуючих пристроїв для видалення продуктів різання з робочої зони.

Шліфувальні верстати повинні мати підвищену надійність кріплення захисного кожуха, що забезпечує утримання його на місці в разі розриву круга. Круглошліфувальні верстати, що працюють зі швидкістю круга 60 м/с і вище, повинні мати зону обробки (звернену до працівника), повністю закриту захисним пристроєм. Захисний кожух і його оглядове вікно обладнуються відповідно до вимог до швидкісного різання.

Стрічкові пилки для різання металу огорожують так, щоб відкритою залишалася тільки робоча частина пилки. Огорожа огинає шків, по яких проходить стрічка, при цьому шків додатково огорожують з бічних сторін.

У верстатів стругального типу огорожуються зони руху стола або повзуна, що виходять за габарити верстата. Огородження може бути виконане у вигляді бар'єру або іншого пристрою, що перегороджує доступу працюючих в цю зону.

Для швидкохідних поздовжньо-стругальних верстатів обов'язкові гальмуючі і обмежуючі рух столу пристрої для запобігання викиду столу (платформи) при виході його з зачеплення. Механізми подачі, реверсивний механізм для зміни ходу, проміжки між стійками і столом огорожують щитами.

Гільйотинних ножицях можливе попадання рук робітника між ріжучими кромками. Щоб уникнути цього, нижню кромку ножиць з'єднують зі столом і нерухомою запобіжною лінійкою, що не допускає потрапляння пальців працюючого під ніж і притискний пристрій. Конструкція ножиць така, що виключена можливість самовільного опускання верхнього ножа.

При різанні заготовок на стрічкових і круглих пилах необхідно використовувати пристосування, що усувають можливість ушкодження пальців робітника.

На верстатах свердлильного типу заготованку встановлюють і закріплюють в лещатах, кондукторах та інших пристосуваннях, надійно укріплених на столі або плиті верстата. Механізм кріплення патронів повинен забезпечувати надійний затиск і точне центрування інструменту. Автоматична

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лінія по механічній обробці виробів складається з окремих, взаємно пов'язаних верстатів-автоматів.

Управління автоматичною лінією здійснюється з центрального пульта, що забезпечує роботу у налагоджувальному і автоматичному режимах. При цьому система автоматичного управління повинна виключати можливість самопереключення лінії з налагоджувального режиму на автоматичний. При роботі на налагоджувальному режимі всі верстати і агрегати автоматичної лінії мають самостійні органи управління для їх пуску і зупину.

Обов'язково повинні бути передбачені сигнальні пристрої про включення лінії на налагоджувальний або автоматичний режим.

Необхідно також, щоб всі верстати і агрегати автоматичної лінії (як на автоматичному, так і на налагоджувальному режимах) щоб уникнути аварій, працювали в послідовності, встановленій технологічним процесом, і мали справну систему блокування для дотримання цієї послідовності. Рухомі частини верстатів, агрегатів та інших пристроїв автоматичної лінії, а також інструмент і оброблюваний виріб, огорожують надійними кожухами, що виключають можливість доступу робочого до небезпечної зони під час роботи лінії.

Видалення стружки від місця її утворення за межі автоматичної лінії повинно відбуватися автоматично, наприклад змив її рідиною, використання скребкових конвеєрів, вакуумних пристроїв і т. п.

Контроль виробів під час роботи лінії на автоматичному режимі повинен здійснюватися тільки за допомогою контрольних приладів на лінії.

1.18 Безпека в надзвичайних ситуаціях

1.18.1 Техногенні небезпеки

Техносферою називають середовище, яке містить технічні споруди на планеті Земля. Небезпечні ситуації техногенного характеру виникають в результаті виходу із ладу механізмів, що супроводжується порушенням виробничого процесу, вибухами, пожежами, радіоактивним і хімічним забрудненням чи біологічним забрудненням місцевості, які призводять до

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

великих матеріальних втрат, ураження чи загибелі людей. Серед причин, що викликають НС, особливо слід виділити аварії і катастрофи [6].

Визначення аварії – це пошкодження, вихід із ладу машин і механізмів, раптова зупинка технологічного процесу, що створює загрозу для життя і здоров'я людей і призводить до руйнування будівель, споруд, обладнання, завдає шкоди довкіллю. Аварії бувають таких видів:

- з витоком СДОР;
- з викидом р/а речовин у навколишнє середовище;
- пожежі та вибухи;
- аварії на транспорті та ін.

Особливо важкі аварії можуть призвести до катастроф. Катастрофа – це великомасштабна аварія, яка призводить до важких наслідків для людини, тваринного й рослинного світу, змінюючи умови середовища існування [6].

1.18.2 Аварії з викидом р/а речовин у навколишнє середовище

Найнебезпечнішими за наслідками є аварії на АЕС з викидом в атмосферу р/а речовин, внаслідок яких має місце довгострокове забруднення місцевості на величезних площах, наприклад аварія на Чорнобильській АЕС, яка сталася 26 квітня 1986 року. За оцінками спеціалістів, відбулись викиди 50 мегакюрі небезпечних ізотопів і радіоактивних газів. Сумарне р/а забруднення еквівалентне випаданню р/а речовин від вибуху декількох десятків атомних бомб, які були скинуті на Хіросіму. Під р/а ураження потрапили території України, Білорусі та Росії, де зараз проживає 5 млн. осіб. З вини «москалів» найбільше було забруднено територію України, а саме – 3,5 млн. га с.г. угідь, 1,167 млн. га лісів, 1687 населених пунктів. 30 травня 1986 р. усю територію р/а забруднення умовно поділили на 3 зони: 1. Зона відчуження з рівнем радіації більше 20 мР/год і річною дозою 40Р (бер). З неї проведено евакуацію населення; 2. Зона обов'язкового відселення з рівнем радіації від 5 до 20 мР/год; 3. Зона добровільного відселення з рівнем радіації від 2 до 5 мР/год.

Крім цього, була зона посиленого радіаційного контролю і зона помірного радіаційного контролю. Враховуючи те, що після аварії на ЧАЕС в атмосферу

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

було викинуто майже 450 різних радіонуклідів, багато з яких короткоживучі – ніобій–95; йод–131; стронцій–89 та ін., значну частину становив р/а йод–131 з періодом піврозпаду 8,04 доби, котрий накопичується в щитовидній залозі. Цей радіонуклід на 50–70% створив небезпечну радіоактивність на ранній фазі аварії. За минулі десятиліття довгострокове опромінення малими дозами іонів за рахунок р/а речовин збільшило захворювання різних хвороб і щитовидної залози більше ніж 10 разів. Актуальним для жителів багатьох районів України є питання про виживання в умовах підвищеної радіації. [6]

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Прийняті в дипломному проекті рішення дозволили розробити технологічний процес виготовлення деталі типу «корпус підшипника».

Прийняті рішення забезпечили можливість концентрації обробки, організацію багатOVERстатного обслуговування, мобільність виробництва, а також значне скорочення затрат на оснащення виробничого процесу.

Розроблені конструкції спеціальних верстатних пристроїв дали змогу підвищити якість виготовлення деталі і зменшити підготовчо-заклучний час на операціях. Крім того, завдяки застосуванню механізованого приводу, значно покращилися умови роботи виробничих робітників.

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВОК		
Розробив		Івасечко					
Перевірів		Гагальок А.В.					
Рецензент							
Н. контр.		Кобельник В.Р.					
Зав.каф.		Крупа В.В.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						41	
					ТНТУ ім.І.Пулюя, гр. МВс-41		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДП «УкрНДНЦ»Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості. URL: <http://shop.uas.org.ua/ua/tehnologichnost-konstrukcii-izdelij-terminy-i-opredelenija.html>
2. ДСТУ 3974-2000 Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення. URL: https://dnaop.com/html/62477/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_3974-2000
3. Гевко Б. М., Матвійчук А. В., Артюхов А. М., Пік А. І., Гагалюк А. В., Лотоцький Р. І. Технологія обробки на верстатах з ЧПК. - Тернопіль: Крок, 2014. – 131 с.
4. Шанайда В.В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках / Шанайда В.В. – Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2001. – 163 с.
5. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни «Технологія машинобудування» для студентів факультету хімічного машинобудування та поліграфічного факультету (Укл. С.С. Добрянський, В.К.Фролов, В.Л. Шестаков) - К.: КПІ, 1996. - 78 с.
6. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці: Навчально-методичний комплекс для підготовки спеціалістів ступеня «бакалавр» III-IV рівнів акредитації для всіх напрямків підготовки / М.М.Саkun, І.В.Москалюк, В.Ф.Нагорнюк; за редакцією Сакуна М.М. – Одеса: Видавництво, 2017. – 400 с.
7. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни "Технологія машинобудування" для студентів факультету хімічного машинобудування та поліграфічного факультету (Укл. С.С. Добрянський, В.К.Фролов, В.Л. Шестаков) - К.: КПІ, 1996. - 78 с

					<i>КРБ 22-362.00.00.000 ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		
Розробив		Івасечко					
Перевірів		Гагалюк А.В.					
Рецензент							
Н. контр.		Кобельник В.Р.					
Зав.каф.		Крупа В.В.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						41	
					ТНТУ ім.І.Пулюя, гр. МВс-41		

8. Крупа В. В. Теорія технічних систем: особливості побудови, створення та розвитку : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Осадця, 2023. 308 с.
9. Шанайда В. В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках. Тернопіль : Вид-во ТДТУ, 2001. 163 с.
10. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях: Методичний посібник . Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.
- 11.Ворощук В.Я., Вітенько Т.М. «Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks». Навчальний посібник. 2023. – 164 с.
- 12.Improved Method for Determining the Feed Influence on the Tangential Cutting Force During Re-drilling, Countersinking and Boring Based on the Small Sample Theory / V. Krupa et al. Periodica Polytechnica Mechanical Engineering. 2024. URL: <https://doi.org/10.3311/ppme.29952> (date of access: 22.05.2024).
- 13.Nahalyuk A., Krupa V. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization. Scientific Journal of TNTU. – Tern.: TNTU. 2023. Т. 111, № 3. С. 67–75. URL: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.03.
- 14.Ковбашин В. І., Пік А. І. Інженерна графіка : навч. посіб. м. Тернопіль : Підруч. і посіб., 2023. 240 с.
- 15.Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль : ТНТУ 2023. 246 с.
- 16.Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навч. посіб. до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи /Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Бабій А.В., Цьонь Г.Б., Довбуш А.Д. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.
- 17.Технологія обробки на верстатах з ЧПК : навч. посіб. / Б. М. Гевко та ін. м. Тернопіль : Крок, 2014. 131 с.
- 18.
- 19.Кузнєцов Ю. М., Склярів Р. А. Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнєцов, Р. А. Склярів; під ред. Ю. М. Кузнєцова.

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Київ : ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.

- 20.Скляр Р. А., Четвержук Т. І., Полінкевич Р. М., Редько Р. Г., Залета О. М. Статистичне моделювання технічних характеристик металорізальних верстатів. Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» за галузями знань «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки», Випуск 71, Луцьк, 2021, № 71. – 363 с. – С. 322-329.
- 21.Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування” / О.М.Кухарський, І.В. Кушак. Тернопіль, 2001. 65 с.
- 22.Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>
- 23.Кухарський О.М., Кузьмін М.І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
- 24.Крупа В. В. Металорізальні інструменти з асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких отворів циліндрів : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01. Тернопіль, 2015. 168 с. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/5656>
- 25.Кривий П. Д., Крупа В. В. Інструментальне забезпечення процесу комбінованого розточування глибоких отворів тонкостінних циліндрів. Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. 2012. № 2. С. 23–34.
- 26.Кривий П., Крупа В., Продан В. Конструкторсько-технологічні передумови підвищення якості оброблення глибоких отворів тонкостінних циліндрів. Вісник ТДТУ. 2010. Т. 15, № 1. С. 147–156. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/486>.
- 27.Крупа В. В. Визначення конструкторсько-технологічних параметрів багаторізцевих розточних головок з поділом припуску та подачі. Вісник ТДТУ. 2011. Т. 16, № 1. С. 105–117. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/959>.
- 28.123456789/959.
- 29.Дослідження жорсткості системи затискний гвинтовий пристрій – деталь / О. П. Скиба та ін. Перспективні технології та прилади. 2014. № 5. С. 154–

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30. Пік А. І., Фльонц І. В., Мельничук С. Л. Стенд для дослідження характеристик піднімально-транспортних лебідок. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. 2016. № 168. С. 92–96.
31. Крижанівський В. А., Кузнецов Ю. М., Скляр Р. А. Сучасний стан, прогнозування і перспективи розвитку верстатів з паралельною кінематикою. // Наукові праці ЖДТУ.-Житомир, 2005.- №6, част.1. С. 320-334.
32. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: Навчальний посібник для ВНЗ. / Крижанівський В. А., Кузнецов Ю. М., Валявський І. А., Скляр Р. А. – Кіровоград, 2004. 449 с.
33. Дослідження пружно-силових характеристик затискних цанг, виготовлених за діючими та новими технологіями / Р. Г. Редько та ін. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». 2014. № 44. С. 249–253.
34. Скляр Р. А., Шанайда В. В., Савчук М. А. Дослідження перехідних процесів електропривода металорізального верстата з використанням інформаційних технологій / Р. Скляр, В. Шанайда, М. Савчук // Вісник ТНТУ. — 2011. — Том 16. — № 1. — С.117-125.
35. Substantiation of parameters for three-cutter boring head with allowance and feed distribution and asymmetric cutter position / Petro Kryvyi, Volodymyr Krupa, Volodymyr Kobelnyk, Yaroslav Kosiv. // Scientific Journal of TNTU. — Ternopil : TNTU, 2019. — Vol 96. — No 4. — P. 57–69.
36. V. Krupa, N. Tymoshenko, V. Kobelnyk, I. Petrechko, Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 114/1 (2022) 22-31.
37. Кобельник В.Р. Жорсткість вертикально-свердлильних верстатів / В.Р. Кобельник, П.Д. Кривий // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – Вип. № 1 (40). С. 34–40.
38. Кобельник В.Р. Методика дослідження кінематичної точності механізму

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

подач вертикально-свердлильних верстатів на прикладі верстата моделі 2Н118 / В.Р. Кобельник, П.Д. Кривий // Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. праць. – Житомир : ЖДТУ, 2010. – Вип. 8. – С. 99–108.

39.Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: дис. канд. техн. наук: 05.03.01: / Кобельник Володимир Романович; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Т., 2013. - 21 с.

40.Кобельник В.Р. Ефективність керованого процесу свердління наскрізних отворів шляхом забезпечення зміни подачі / В.Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2012. – Вип. № 31. – С. 47–56.

41.Кривий П.Д. Вплив головного заднього кута спірального свердла на осьове зусилля і крутний момент при свердлінні // П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник / Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ – Київ, 2006. – Вип. № 19. – С. 58–64.

42.Кривий П.Д. Методи вимірювання головного заднього кута спірального свердла / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник, В.І. Продан, В.Г. Яковлев // Науковий вісник ХДМА : Науковий журнал. – Херсон : ХДМА, 2012. – № 2 (7). С. 145–155.

43.Кривий П.Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення зменшення задирок при наскрізному свердлінні / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник // Всеукраїнська молодіжна конференція «Машинобудування України очима молодих : прогресивні ідеї – наука – виробництво, 22 – 25 жовтня 2012 р. : тези допов. – К. : КПІ, 2012. – Том 1. – С. 71–73.

44.Кривий П.Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення процесу свердління наскрізних отворів / П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2011. – Вип. № 28. – С. 77–85.

45.Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник /

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

- 46.Крупа В., Кобельник В., Гагалюк А. Обґрунтування параметрів спеціального трикулачкового патрона для затиску тонкостінних циліндричних заготовок. Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. 2023. № 4. С. 128–137. URL: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.4.16>
- 47.Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning / V. Krupa et al. Journal of achievements in materials and manufacturing engineering. 2022. Vol. 114, no. 1. P. 22–31. URL: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.1480>
- 48.Technological Heredity and Accuracy of the Cross-Section Shapes of the Hydro-Cylinder Cylindrical Surfaces / P. D. Kryvyi et al. ASME 2014 International Manufacturing Science and Engineering Conference collocated with the JSME 2014 International Conference on Materials and Processing and the 42nd North American Manufacturing Research Conference, Detroit, Michigan, USA, 9–13 June 2014. 2014. URL: <https://doi.org/10.1115/msec2014-3946> (date of access: 22.05.2024).
- 49.Кривий П. Д., Крупа В. В. Геометричні та математичні моделі формування шорсткості циліндричних поверхонь при точінні та розточуванні. Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки". 2011. Т. 1, № 2(53). С. 44–55. URL: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/70846>.
- 50.Nahalyuk A., Krupa V. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2023. Vol. 111, no. 3. P. 67–75. URL: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.03.067
- 51.Підвищення продуктивності процесу і якості плоскої поверхні сформованої комбінаційним торцевим фрезеруванням / П. Д. Кривий та ін. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : збірник наукових праць. 2020. № 3 (47). С. 199--206.
- 52.Дослідження розсіювання величин подач токарних верстатів в

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

імовірнісному аспекті / В. В. Крупа та ін. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2023. № 4(83). С. 16–28. URL: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2022.4.2>

53. Метод оцінювання статичної точності кінематичних ланцюгів подач консольних фрезерних верстатів / П. Д. Кривий та ін. Прогресивні технології в машинобудуванні : збірник наукових праць : Матеріали Міжнар. науково-техн. конф., м. Львів. Львів, 2020. С. 103–105.
54. Використання методу ітерацій для дослідження точності подач металорізальних верстатів / Кобельник В.Р, Крупа В.В., Тимошенко Н.М. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво: тези допов. – Краматорськ: ДДМА, 2018. С. 78-80.
55. Вплив випадковості подачі на висоту мікронерівностей поверхні при її точінні або розточуванні / П. Кривий, Н. Тимошенко, М. Шарик, В. Крупа Львів : Машинознавство. 2013. №9-10 (195-196). С. 76-83.
56. Кривий П. Д. , Крупа В. В. Конструкторсько-технологічні параметри багаторізцевих розточних головок з радіусними вершинами різців. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, 2011. Вип. 33 С. 92-99.
57. Розточувальні інструменти з попарно-асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких циліндричних отворів П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник, В. В. Крупа, В. Г. Яковлев. Технічні науки та технології. 2016. № 2 (4). С. 28-35.
58. Уточнений метод апіорно-емпіричних функцій визначення закону розподілу та його характеристик на основі малої вибірки / П.Д. Кривий, Н.М. Тимошенко, В.О. Дзюра, В.Р. Кобельник // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — С. 132–133.
59. В'юк Д. В., Крупа В. В. Ймовірісно статистична модель оцінювання ефективності застосування твердосплавних пластинок в умовах

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дрібносерійного виробництва. Актуальні задачі сучасних технологій : Матеріали XII Міжнар. науково-практ. конф. молодих уч. та студентів, м. Тернопіль, 6–7 груд. 2023 р. Тернопіль, 2023. С. 87–88.

60. Гагалюк О., Гагалюк А., Бойко О. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ МЕХАНІЗМИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ. ТРАНСФОРМАЦІЯ БІЗНЕСУ ДЛЯ СТАЛОГО МАЙБУТНЬОГО: ДОСЛІДЖЕННЯ, ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ ТА ІННОВАЦІЇ : Зб. тез доп. II Міжнар. науково-практ. конф. „Трансформація бізнесу для сталого майбут.: дослідж., діджиталізація та інновації, м. Тернопіль, 23–24 листоп. 2022 р. Тернопіль, 2023. С. 3–5. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39772>.
61. Оправка фланцева кулачкова : пат. 56794 Україна : F16C 15/00. № u201008774 ; заявл. 14.07.2010 ; опубл. 25.01.2011, Бюл. № 2. 1 с.
62. Спосіб виготовлення гвинтових заготовок : пат. 152214 Україна : B21H 3/12. № u202202071 ; заявл. 15.06.2022 ; опубл. 04.01.2023, Бюл. № 1. 1 с.
63. Герасимчук Г. А., Склярів Р. А., Шанайда В. В. Розробка математичної моделі та дослідження складних профільних з'єднань у спеціалізованих пакетах комп'ютерного моделювання. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». 2013. № 42. С. 75–80.
64. Орищук Р. М., Чернявський І. В., Шанайда В. В. Дослідження точності позиціонування деталей різної геометричної форми у верстатних механізмах кріплення і силової фіксації. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї–наука–виробництво : матеріали XIX Міжнар. науково-практ. конф., м. Суми, 25–26 листоп. 2020 р. Суми, 2020. С. 63–66.
65. Савіцький Д., Замостний В., Шанайда В. Особливості створення 3D моделей деталей в об'єктах галузевого машинобудування. Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання : Матеріали V Міжнар. студент. науково-техн. конф., м. Тернопіль, 28 квіт. 2022 р. Тернопіль, 2022. С. 79–81.
66. Чернявський І. В., Орищук Р. М., Шанайда В. В. Дослідження напружено-деформованого стану елементів конструкції пружно-компенсаційної

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- муфти методами 3d моделювання. Актуальні задачі сучасних технологій : 3б. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф. Молодих уч. та студентів, м. Тернопіль, 25–26 листоп. 2020 р. Тернопіль, 2020. С. 63–66.
67. Шанайда В. В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках. Тернопіль : Вид-во ТДТУ, 2001. 163 с.
68. Шанайда В. В., Скляр Р. А. Особливості формоутворення геометричного профілю внутрішніх замкових різей бурових колон. Збірник тез XVI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя : Наук. конф. Терноп. нац. техн. ун-ту імені Ів. Пулюя, м. Тернопіль, 5 груд. 2012 р. Тернопіль, 2012. С. 79.
69. Шанайда В. В. Створення схем формоутворення внутрішніх різей на основі принципів структурно-векторного синтезу. Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорт : 3б. тез доп. наук. конф. ТНТУ МТФ, м. Тернопіль, 16 трав. 2011 р. Тернопіль, 2011. С. 109–110.
70. Шанайда В., Скляр Р., Редько О. Аналіз геометричної моделі процесу фрезерування внутрішніх замкових різей. Вісник Тернопільського національного технічного університету. 2014. № 2. С. 144–150.
71. Features of creating a solid models and assembly operations at cad-systems / T. V. Vitenko et al. International conference on education and new learning technologies, Barcelona, Spain, 3–5 July 2017. 2017. URL: <https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.0336> (date of access: 22.05.2024).
72. Mathematical models for the analysis of the parameters of channels in the planning of mechanical processing and welding operations. Theoretical and applied problems, november 22–24, 2023, : Proceedings ITTAP'2023: 3rd International Workshop on Information Technologies, Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, 22–24 November 2023. 2023. P. 165–182.
73. Кузнєцов Ю. М., Скляр Р. А. Формалізований опис шпиндельного вузла як основної компоненти багатошпиндельного токарного автомата. Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. - Краматорськ : ДДМА, 2009. - Вип. 25. – С. 139-146

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 74.Скляр Р., Криско О. Особливості конструкцій багатоцільових верстатів для обробки корпусних деталей. Матеріали Всеукраїнської студентської науково - технічної конференції / В 2 т. – Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 22-23 квітня 2010 р.), 2010.- Т. 1. - 472 с., - С. 238.
- 75.Скляр Р. А. Вибір бази порівняння при прогнозуванні стратегії підвищення якості технологічного обладнання. Матеріали наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя механіко-технологічного факультету «Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорті. (м. Тернопіль, 16 травня 2011 р.), 2011.- С. 111-112
- 76.Гордєєв О. Ф. Упорний ГСП з пружними перемичками / О. Ф. Гордєєв, Р. М. Полінкевич, Н. Т. Зубовецька, Р. А. Скляр // Наукові нотатки. - 2011. - Вип. 31. - С. 80-84. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2011_31_16.
- 77.Редько Р. Г. Дослідження пружно-силових характеристик затискних цанг, виготовлених за діючими та новими технологіями / Р. Г. Редько, О. І. Редько, В. В. Шанайда, Р. А. Скляр // Наукові нотатки. - 2014. - Вип. 44. - С. 249-253. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2014_44_41.
- 78.Скляр Р. А., Возняк А. З. Статистичний аналіз розвитку компоновок багатоцільових верстатів. Матеріали ІХ Всеукраїнської студентської науково - технічної конференції / В 2 т. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 20-21 квітня 2016 р.), 2016.- Т. 1. - 245 с. - с. 150
- 79.Скляр Р. А., Гагалюк А. В. Використання методу нейронних мереж для прогнозування металорізальних верстатів. Матеріали ХХІ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. – 212 с. (Машинознавство та машинобудування). - С. 34
- 80.Скляр Р. А., Гуцалюк І. В. Вимоги до технологічного оснащення яке використовується для затиску призматичних заготовок. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – Т. 2. – 143 с. - С. 26

81. Гагалюк А. В., Скляров Р. А. Генетичні алгоритми в генеративному дизайні. Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175- річчя з дня народження Івана Пулюя, (Тернопіль, 14–15 травня 2020 року), – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2020. – 288 с. - С. 56-57
82. Р.Г. Редько, Р.А. Скляров, Р.М. Полінкевич, Т.І. Четвержук, О.І. Редько Аналіз зношення губок затискних цанг багатошпиндельних токарних автоматів. Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» за галузями знань «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки», Випуск 71, Луцьк, 2021, № 71. – 363 с. – С. 294-297.
83. Скляров Р. А., Приходай Д. А. Шляхи підвищення точності обробки на металорізальних верстатах. Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, 2021.- С. 55-56
84. Analysis of the stress-strain state of the vehicle frame by finite element method // Mykola Stashkiv, Ivan Pidgurskyi, Oleh Pidluzhnyi, Mykola Pidgurskyi, Mykhaylo Levkovych, Ruslan Skliarov, Andriy Mushak // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2022. — Vol 108. — No 4. — P. 89–102.
85. Volodymyr Shanaida, Ruslan Skliarov, Valeriy Lazaryuk. Mathematical models for the analysis of the parameters of channels in the planning of mechanical processing and welding operations/ Proceedings ITTAP'2023: 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, November 22–24, 2023, Ternopil, Ukraine, Opole, Poland. 2023, 3628, pp. 43-54. (Scopus) <https://eur-ws.org/Vol-3628/paper12.pdf>
86. Harmonic-dispersion analysis of the shape accuracy of the rolling bushings of drive roller and bushing chains. Senyk A., Kovalov V., Klymenko G.,

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Vasylychenko Y., Shapovalov M., Kobelnyk O. Procedia Structural Integrity. 7th International Conference on In-service Damage of Materials: Diagnostics and Prediction, DMDP 2023 Ternopil 18 October 2023 до 20 October 2023. 2024. Vol. 59, P. 502-507. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85195807313&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=a84d4364e9e8a8c805127dd9219dd36e&sot=aff&sdt=a&sl=67&s=AF-ID%28%22Ternopil+Ivan+Puluj+National+Technical+University%22+60013556%29&relpos=12&citeCnt=0&searchTerm=>

87. New technology for the manufacturing and use of rolling kingpin bushings in the undercarriage of certain vehicles. Senyk A., Kobelnyk V., Gagaliuk A., Plavutska I., Matviyishyn A., Larochkin A., Dubyniak T. Procedia Structural Integrity. 7th International Conference on In-service Damage of Materials: Diagnostics and Prediction, DMDP 2023 Ternopil 18 October 2023 до 20 October 2023. 2024. Vol. 59, P. 508-515. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85195796663&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=a84d4364e9e8a8c805127dd9219dd36e&sot=aff&sdt=a&sl=67&s=AF-ID%28%22Ternopil+Ivan+Puluj+National+Technical+University%22+60013556%29&relpos=21&citeCnt=0&searchTerm=>

88. The influence of titanium as a desferoidizing element on the stability of production of magnesium cast irons with compacted graphite. Aulin, V., Kropivny, V., Kuzyk, O., O. Lyashuk, M. Bosyi, Y. Vovk, A. Kropivna, M. Sokol, Senyk, A., Slobodyan, L. Tribology in Industry. Faculty of Engineering University of Kragujevac. Serbia. Volume 43, No 4, 2021, Pages 654-666 <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85120570655&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=bd1963aefba42134076b7bda6d0147e0&sot=aff&sdt=a&sl=67&s=AF-ID%28%22Ternopil+Ivan+Puluj+National+Technical+University%22+60013556%29>

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=

<http://www.tribology.rs/journals/2021/2021-4/2021-4-14.html>

- 89.Кривий П. Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищеної якості згортних втулок : монографія / Кривий П. Д., Сенік А. А. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 232 с. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/27951>
- 90.Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. Практикум із охорони праці: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 352 с.

					<i>КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А.1 - Технічна характеристика широкоуніверсального
фрезерного консольного верстату моделі 6Р81Ш.

Параметри	Розміри, мм.
Розміри робочої поверхні стола	250x1000
Найбільше переміщення стола	
поздовжнє	630
поперечне	200
вертикальне	350
Відстань:	
від осі горизонтального шпінделя до поверхні стола	50-400
від осі вертикального шпінделя до направляючих станини	250-845
від торця вертикального шпінделя до поверхні стола	160-510
Найбільше переміщення гільзи вертикального шпінделя	80
Найбільший кут повороту стола, °	-
Кут повороту вертикальної фрезерної головки, ° в площині, паралельній:	
поздовжньому ходу стола	360
поперечному ходу стола:	
від станини	90
до станини	45
Внутрішній конус шпінделя по ГОСТ 15945-82:	
горизонтального	45
вертикального	Морзе 4
Число швидкостей шпінделя:	
горизонтального	16
вертикального	12
Частота обертання шпінделя, об / хв:	
горизонтального	50-1600
вертикального	45-2000

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поздовжня	35-1020
поперечна	28-790
вертикальна	14-390
Швидкість швидкого переміщення стола, мм / хв:	
поздовжнього	2900
поперечного	2300
вертикального	1150
Потужність електродвигуна, кВт	5,5
Габаритні розміри:	
довжина	1480
ширина	2045
висота	1890
Маса, кг	2530
Число робочих подач стола	
Подача стола, мм / хв:	16

					КРБ 22-359.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А.2 - Технічна характеристика координатно – розточного верстата моделі 2421.

Параметри	Розміри, мм.
1	2
Розміри робочої поверхні стола	250x450
Виліт шпінделя / відстань між стійками	280/-
Відстань від торця шпінделя вертикального до робочої поверхні стола	100-400
Найбільша маса оброблювального виробу, кг	150
Найбільше переміщення стола	
поздовжнє	1000
поперечне	630
гільзи шпінделя (або шпінделя)	260
шпіндельної бабки:	
вертикальне	310
Найбільший діаметр:	
свердління в столі	30
розточування (чи шліфування)	250
Частота обертання шпінделя (або частота шліфувального круга), об / хв:	10-2000
Подача шпінделя, мм / хв (мм / об):	(0,015-0,06)
Потужність електродвигуна, кВт	1,0
Габаритні розміри:	
довжина	1790
ширина	900
висота	2020
Маса, кг	1985

Таблиця А3 - Технічна характеристика вертикально – свердлильного верстата моделі 2Н125Л.

Параметри	Розміри, мм.
1	2
Найбільший умовний діаметр свердління в столі	25
Робоча поверхня стола	Діаметр 400
Найбільша відстань від торця шпінделя до робочої поверхні стола	700
Виліт шпінделя	250
Найбільший хід шпінделя	150
Найбільше вертикальне переміщення: свердлильної (револьверної) головки	215
стола	525
Конус морзе отвору шпінделя	3
Частота обертання шпинделя об / хв	90-1420
Число подач шпінделя (револьверної головки)	3
Подача шпінделя (револьверної головки), мм / об	Ручна
Потужність електродвигуна, кВт	1,5
Габаритні розміри:	
довжина	770
ширина	780
висота	2235
Маса, кг	620

Дубл.			
Зам.			
Підп.			

	ТНТУ	ТП механічної обробки деталі «Корпус --підшипника				

« ЗАТВЕРДЖУЮ »
Зав. кафедри ВІ,
к.т.н., доцент Крупа В.В.

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на технологічний процес механічної обробки деталі—корпус підшипника.

Розроб.: Блащшин А.О / /

Перев.: Гагалюк А.В /

Консульт.: _____ / _____

Реценз.: _____ / _____ /

Н.контр.: _____ / _____ /

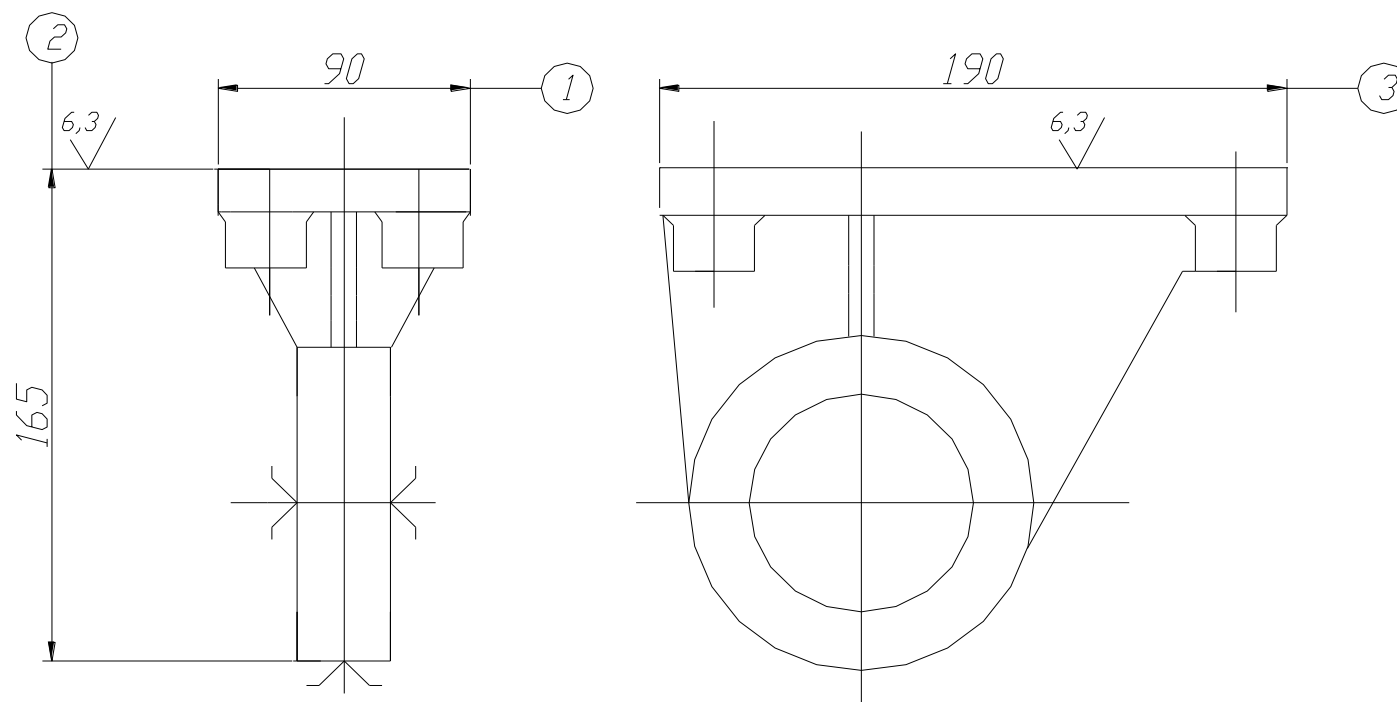
Замв.: _____ / _____ /

[illegible]

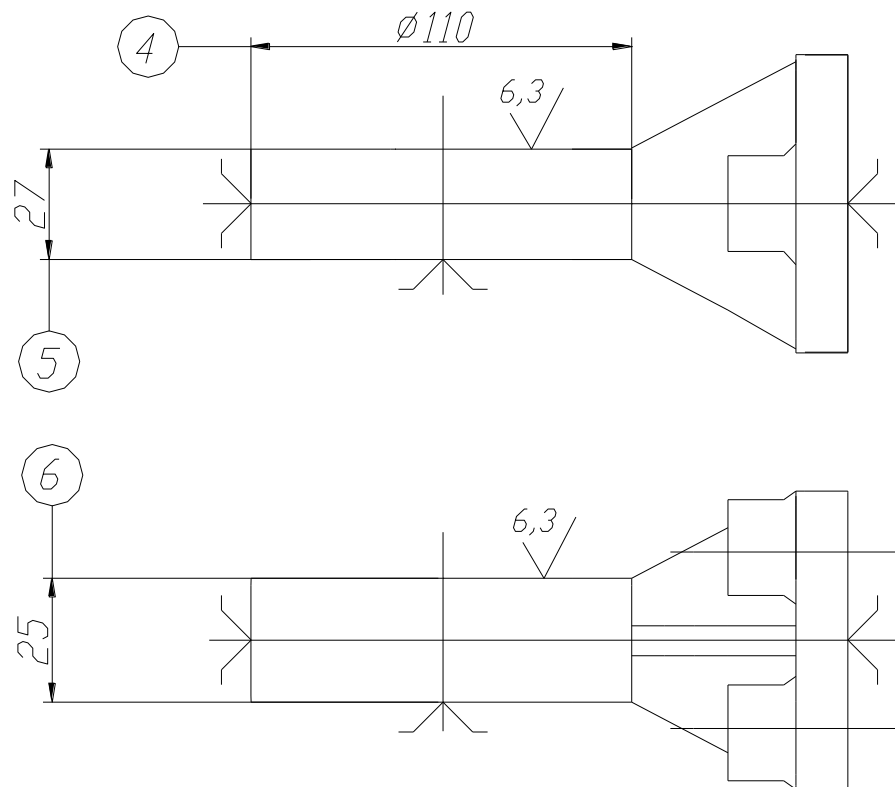
[illegible]

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
		5		Підшипник 212		
				ГОСТ 8338-75	1	
		7		Прокладка		
				ГОСТ 3138-62	2	
		8		Болт М6х30 58		
				ГОСТ 7798-70	4	
		11		Підшипник 207		
				ГОСТ 8338-75	2	
		13		Прокладка		
				ГОСТ 3138-75	2	
		14		Прокладка		
				ГОСТ 3138-75	2	
		16		Болт М12х35 58		
				ГОСТ 7798-70	6	
		17		Гайка М12-6Н5		
				ГОСТ 2524-70	6	
		24		Болт М6х25 58		
				ГОСТ 7798-70	8	
		21		Болт М12х25 58		
				ГОСТ 7798-70	2	
		22		Шайба 14.12		
				ГОСТ 11872-80	2	
		23		Гайка М12-6Н5		
				ГОСТ 2524-70	2	
		25		Болт М12х25 58		
				ГОСТ 7798-70	8	
		26		Болт М10х30 58		
				ГОСТ 7798-70	2	

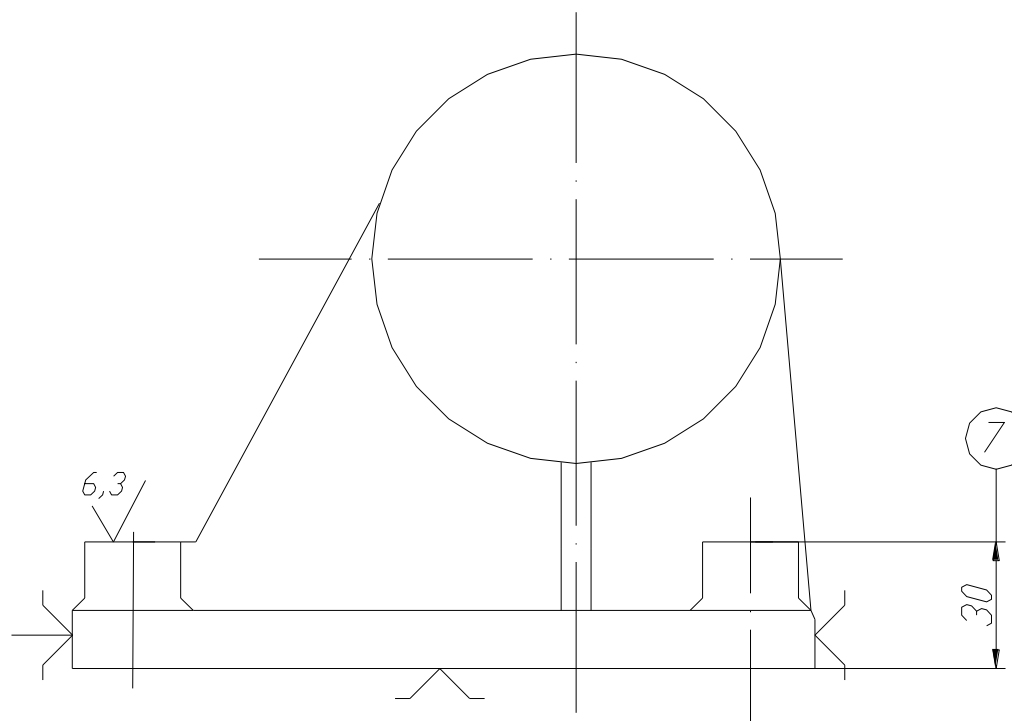
[illegible]

KE

[illegible][illegible]

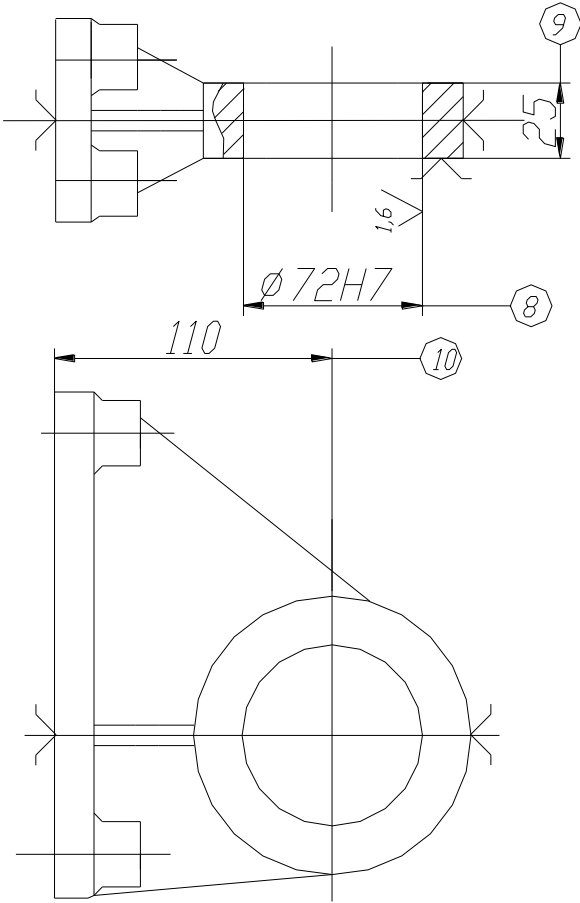
3

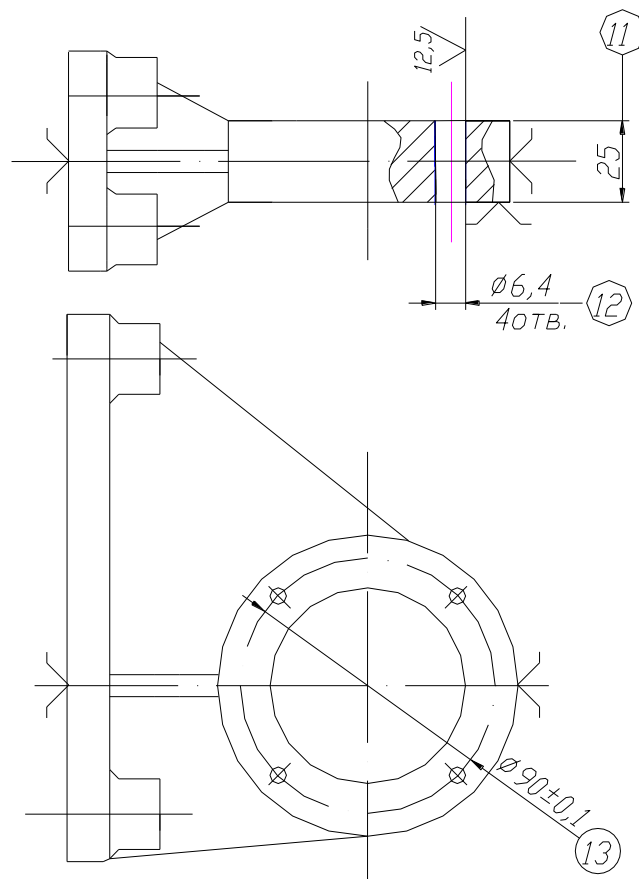
005



KE

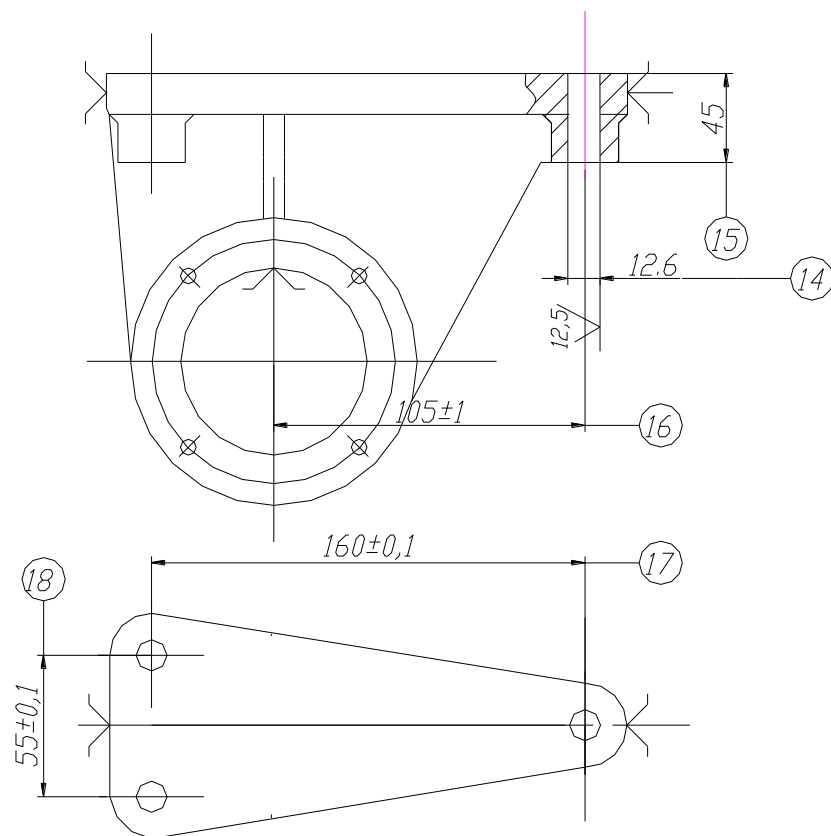
Дубл.																			
Зам.																			
Підп.																			
																		4	
																010			



[illegible]

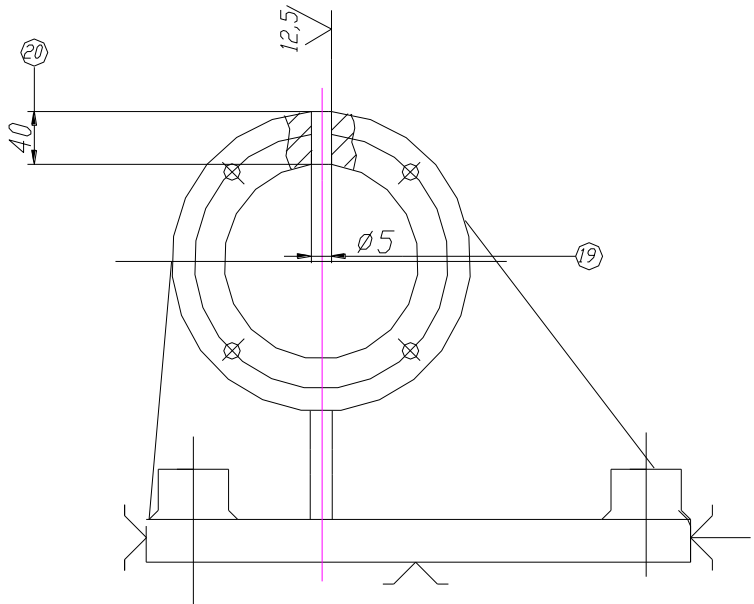
6

010

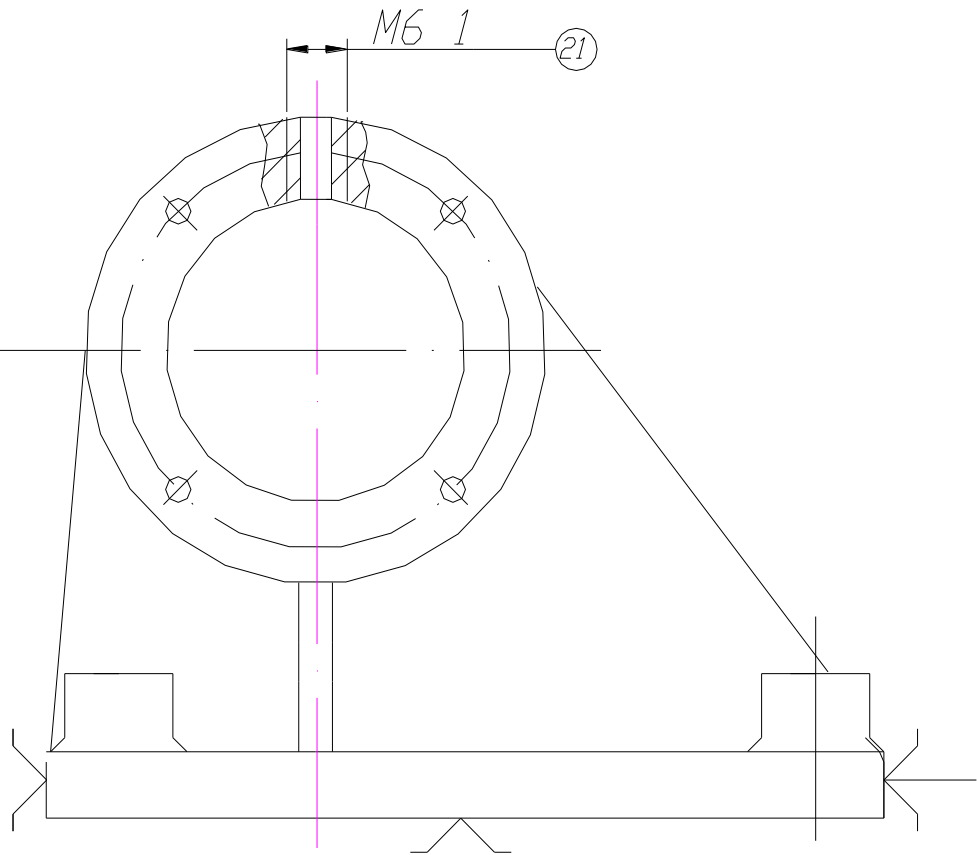


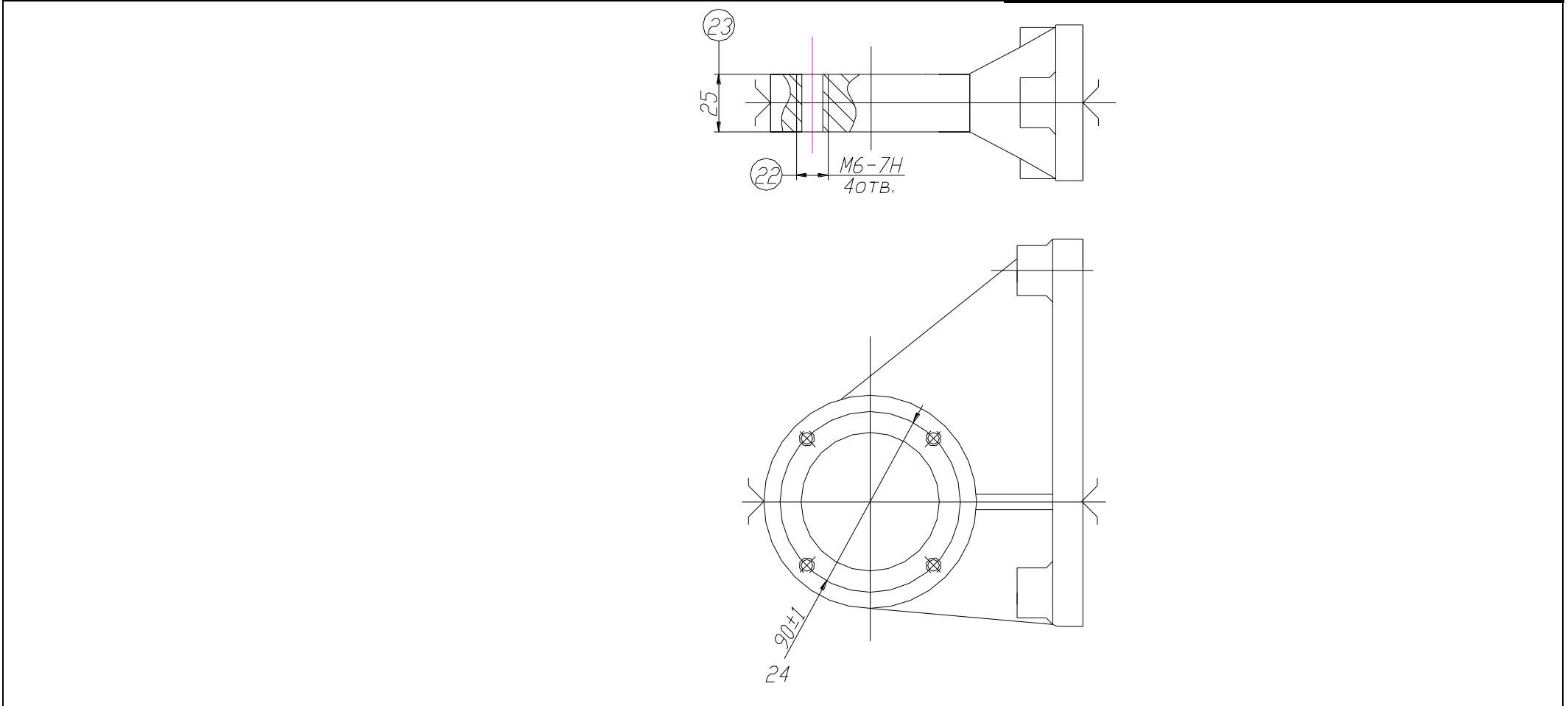
KE

Дубл.																			
Зам.																			
Підп.																			
																		7	
																	015		



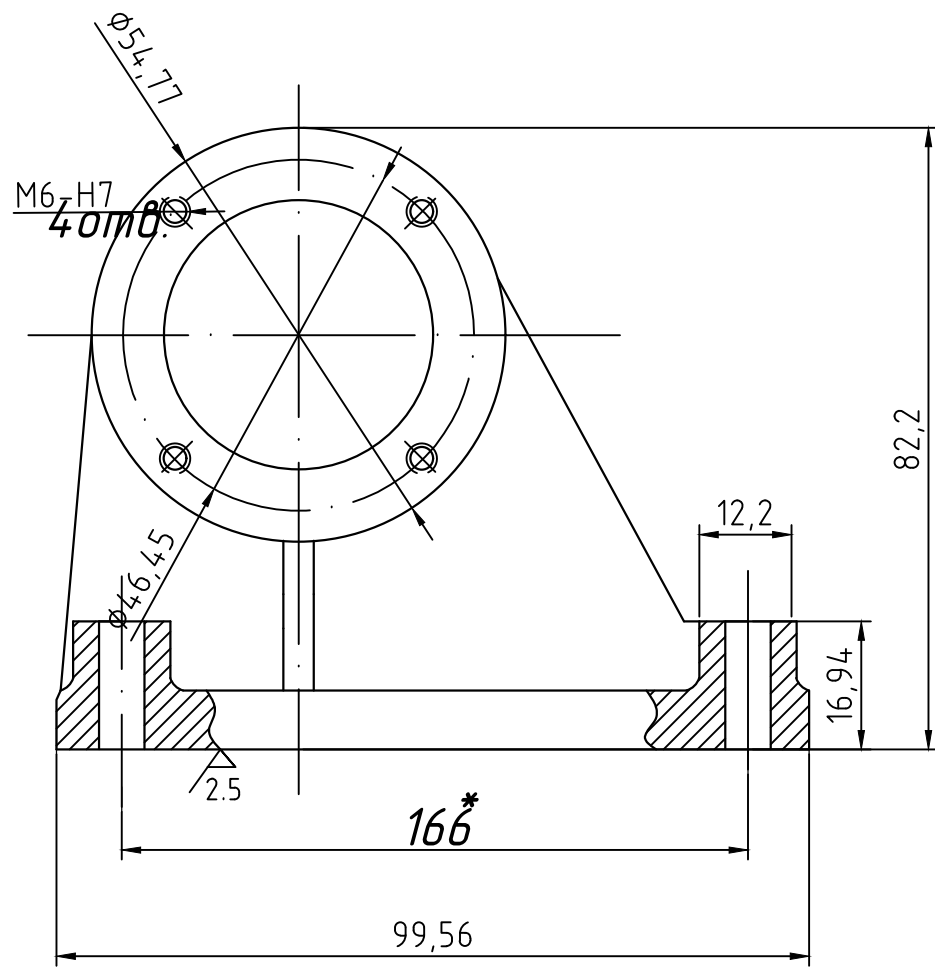
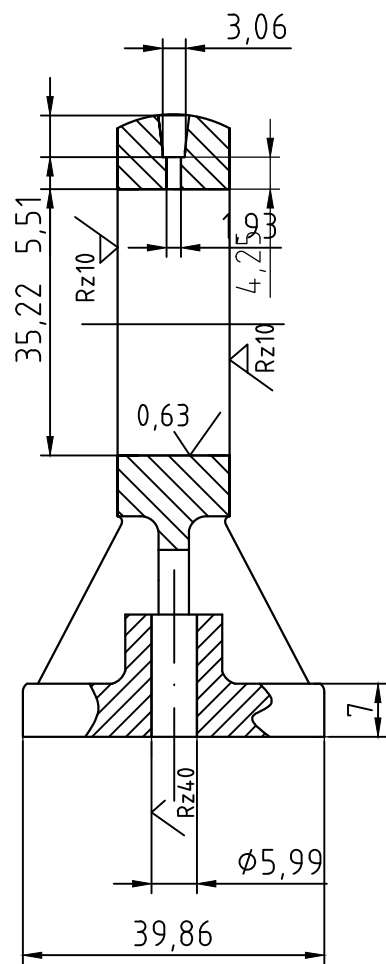
Дубл.																			
Зам.																			
Підп.																			
																	8		
																	015		



[illegible][illegible]

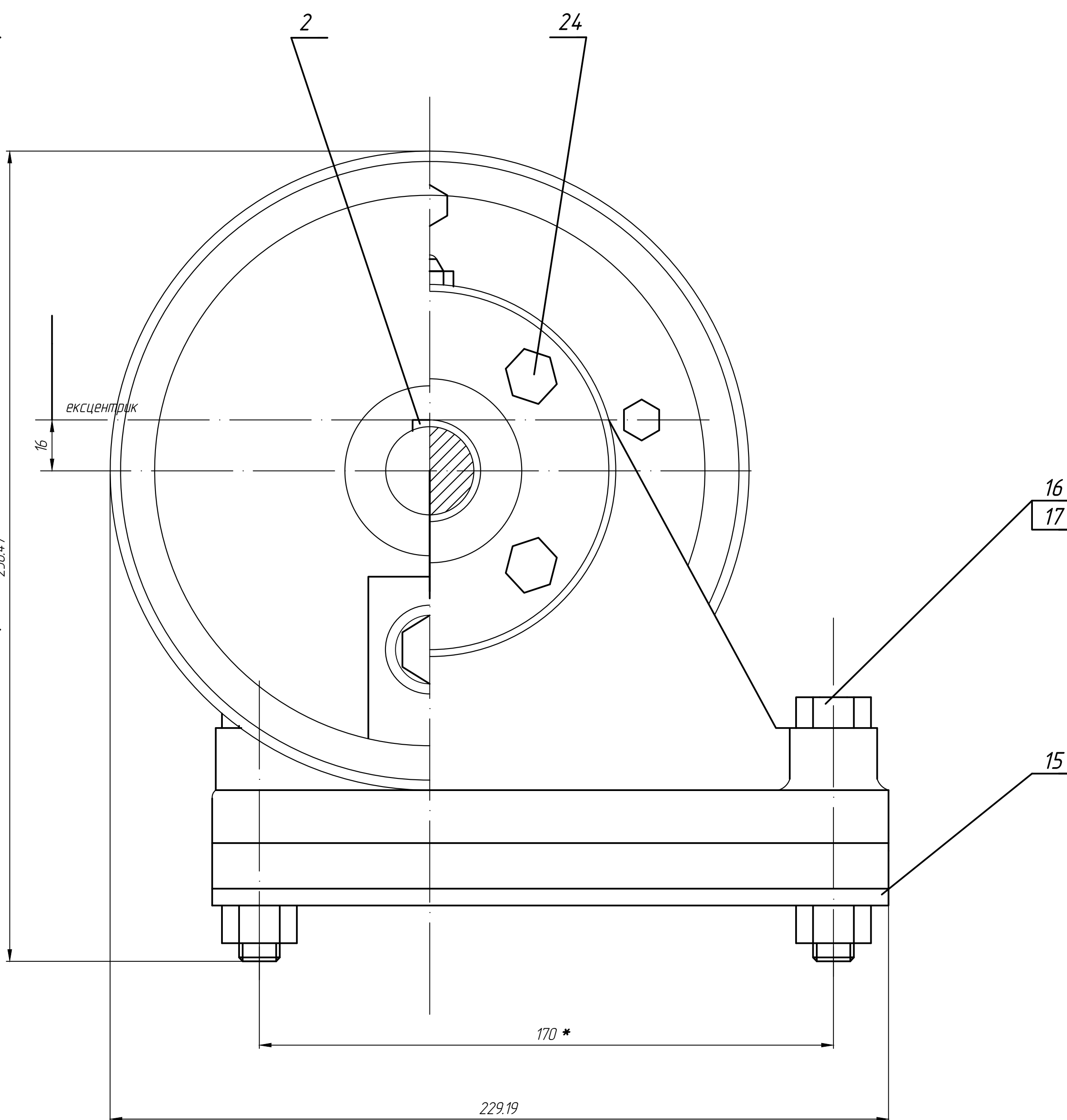
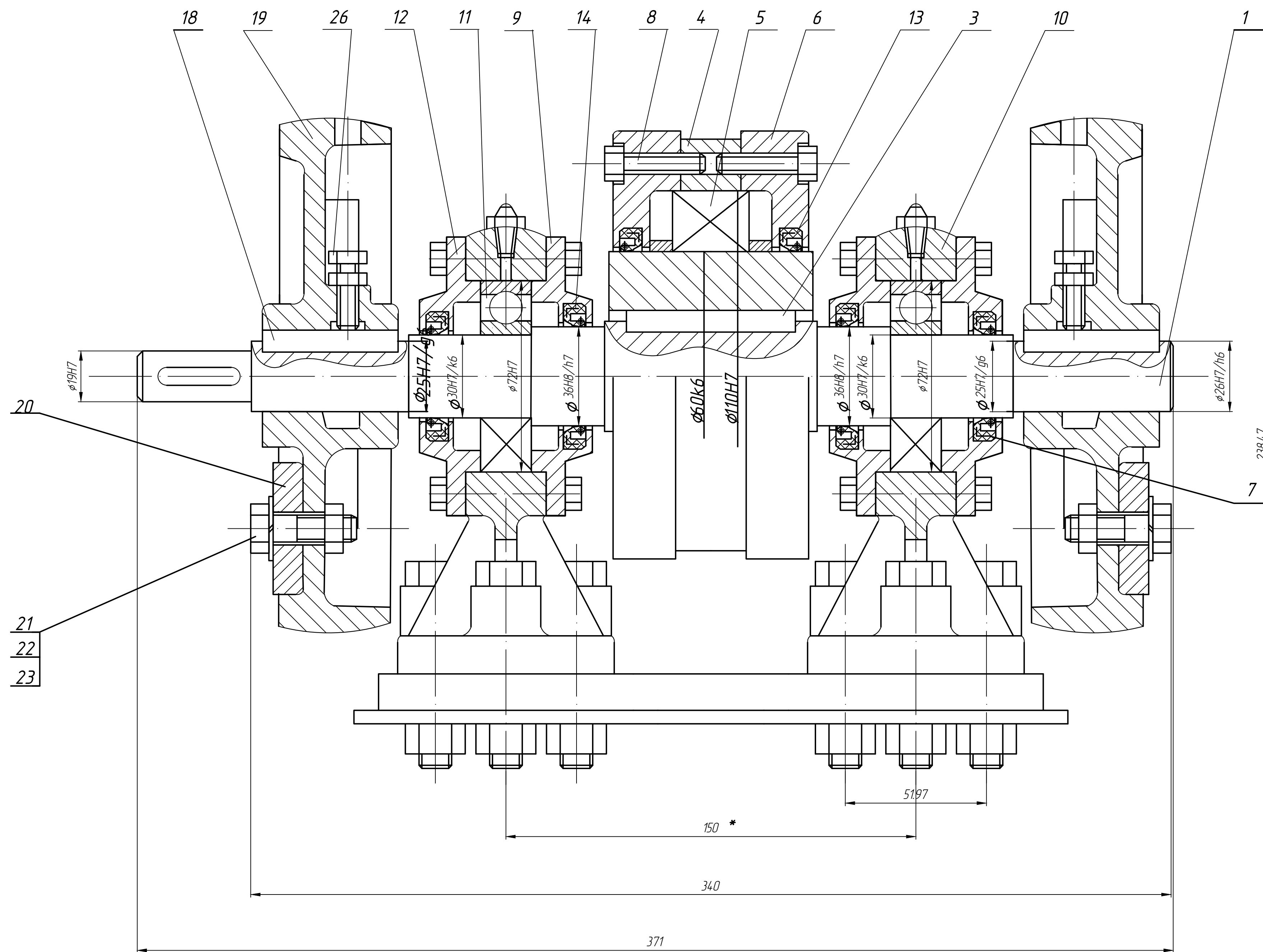
KE

Rz20 (✓)



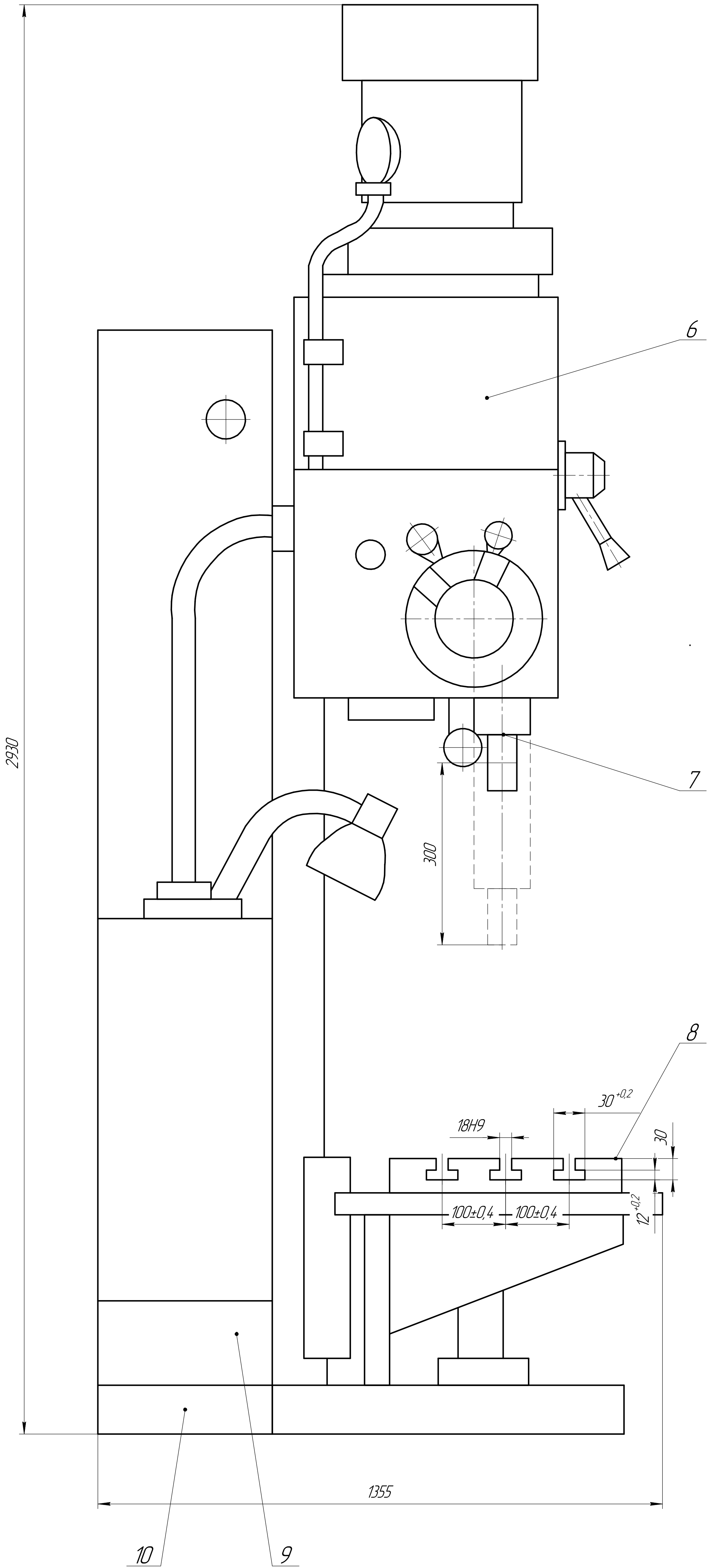
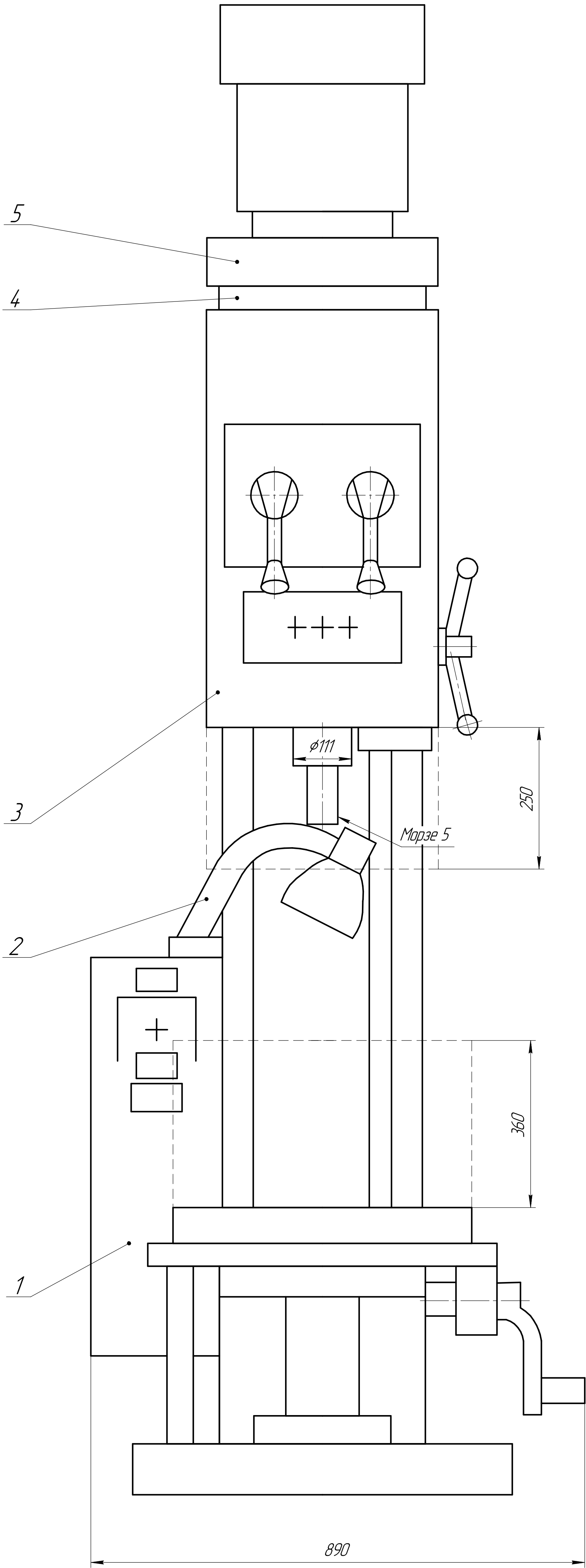
1. * розміри для довідок.
2. Тріщини і раковини не допускаються
3. Невказані лінійні радіуси 0,5 мм
4. Невказані граничні відхилення розмірів валів h14, всі інші $\pm IT14/2$.

					КРБ 22-359.01.00.000			
					Корпус підшипника	Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Блащизин						
Перевірив		Гагальок						
Т. контр.						Аркуш	Аркушів	
Н. контр.		Кобельник			СЧ 25 ГОСТ 1412-79	ТНТУ, гр.МВс -41, м. Тернопіль		
Затв.		Крупа В.В.						



1. * Розміри для довідок
2. Підшипники нагріти до температури 50 – 60 С
3. Підшипники змастити мастилом ВНИИ-НП-242 ГОСТ 20421-75

					КРБ 22-359.05.00.000 СК			
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Вузол колибача Складальне креслення			
Розроб.	Блашшин							
Перевірив	Гагальюк							
Т. контр.								
Н. контр.	Кодельник				ТНТУ, гр.МВс-41, м. Тернопіль			
Затв.	Крупя							

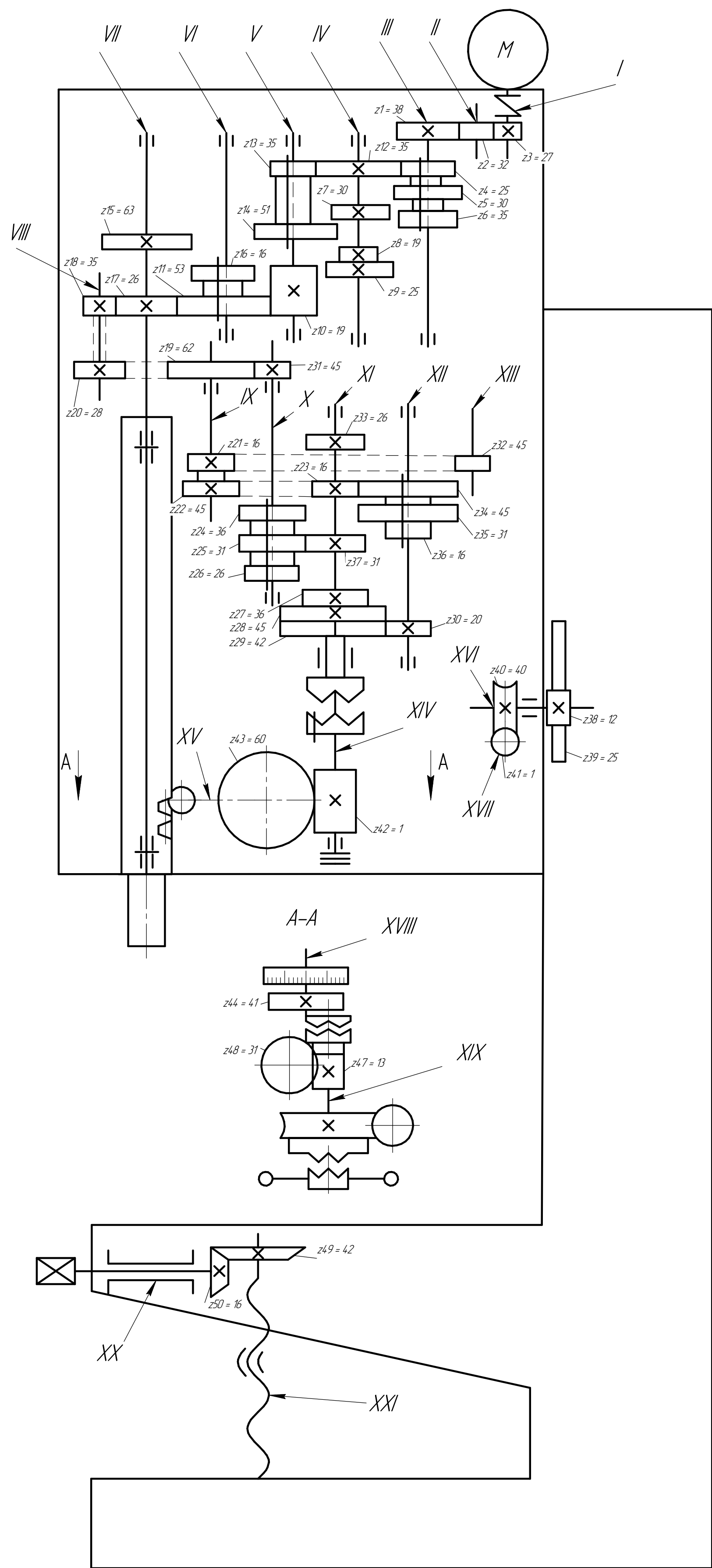


1. Максимальний діаметр свердління 50 мм.
2. Границі чисел обертів шпинделя 22,4 – 1000 об/хв.
3. Кількість величин подач 12.
4. Границі величин подач 0,1 – 1,12 мм/об.
5. Потужність двигуна 7,5 кВт.

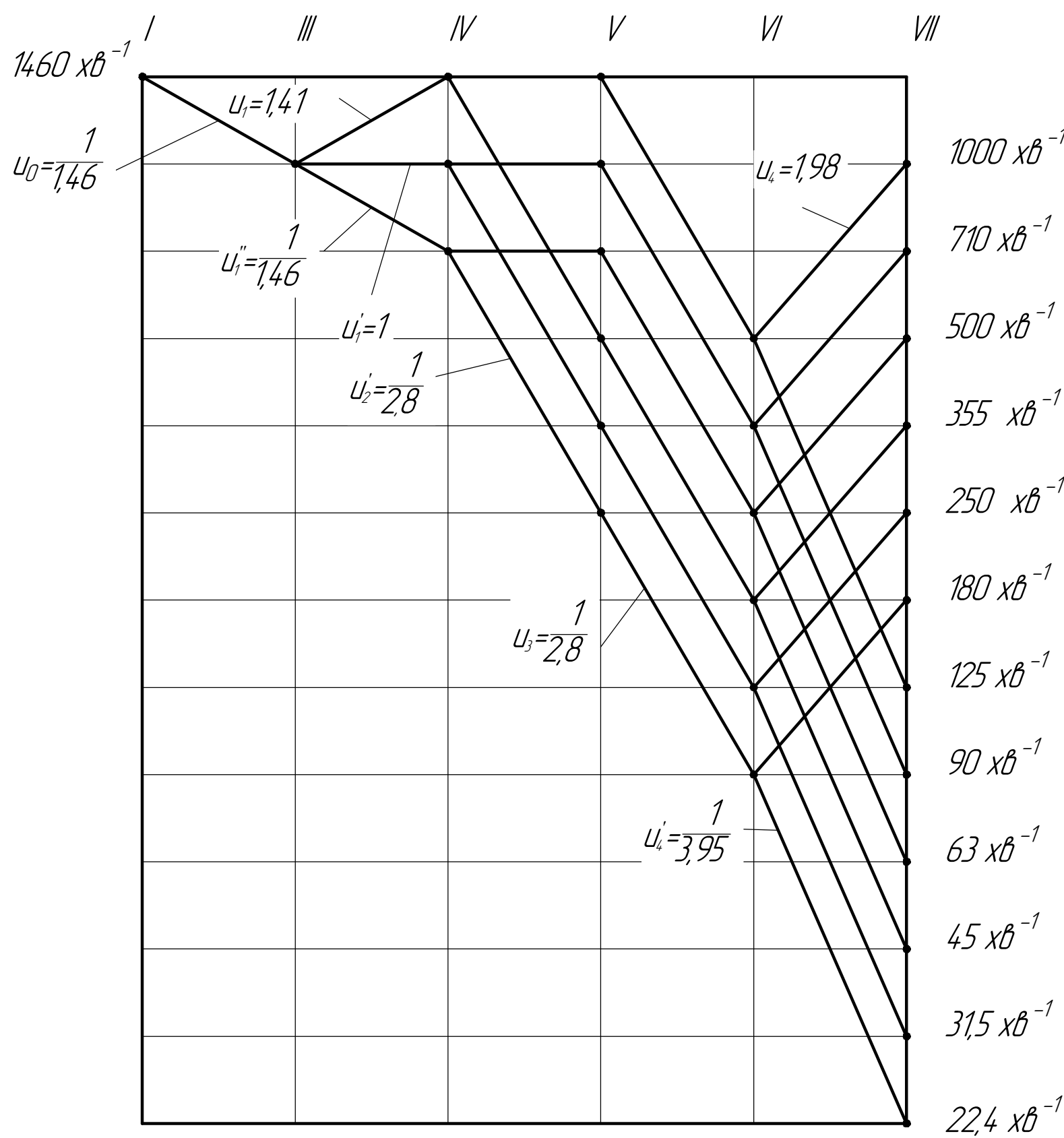
						КРБ 22-359.00.02.000 СК			
Лист	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Вертикально-свердильний верстат (загальний вигляд)	Лит	Масса	Масштаб	
Разраб	Блашшин					Т		1:1	
Проб	Гоголюк								
Т.контр						Лист	1	Листов	2
Реценз						ТНТУ зр. МВС-41			
Н.контр						м. Тернопіль			
Удп	Кодельник					Формат А1			
	Кирило					Копіювання			

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Подп. и дата	Инв. № дробл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.		Документація				
						Креслення				
						Складальні одиниці				
						Деталі				
					1	Електрообладнання				
					2	Лампа				
					3	Свердлильна головка				
					4	Коробка швидкостей				
					5	Привід				
					6	Коробка подач				
Подп. и дата	Инв. № дробл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.	7	Шпиндель				
					8	Стіл				
					9	Колона				
					10	Плита				
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КРБ 22-359.00.02.000 СК	Вертикально-свердильний верстат (загальний вигляд)	Лит.	Лист	Листов
								Т	2	2
								ТНТУ зр. МВс-41 м. Тернопіль		

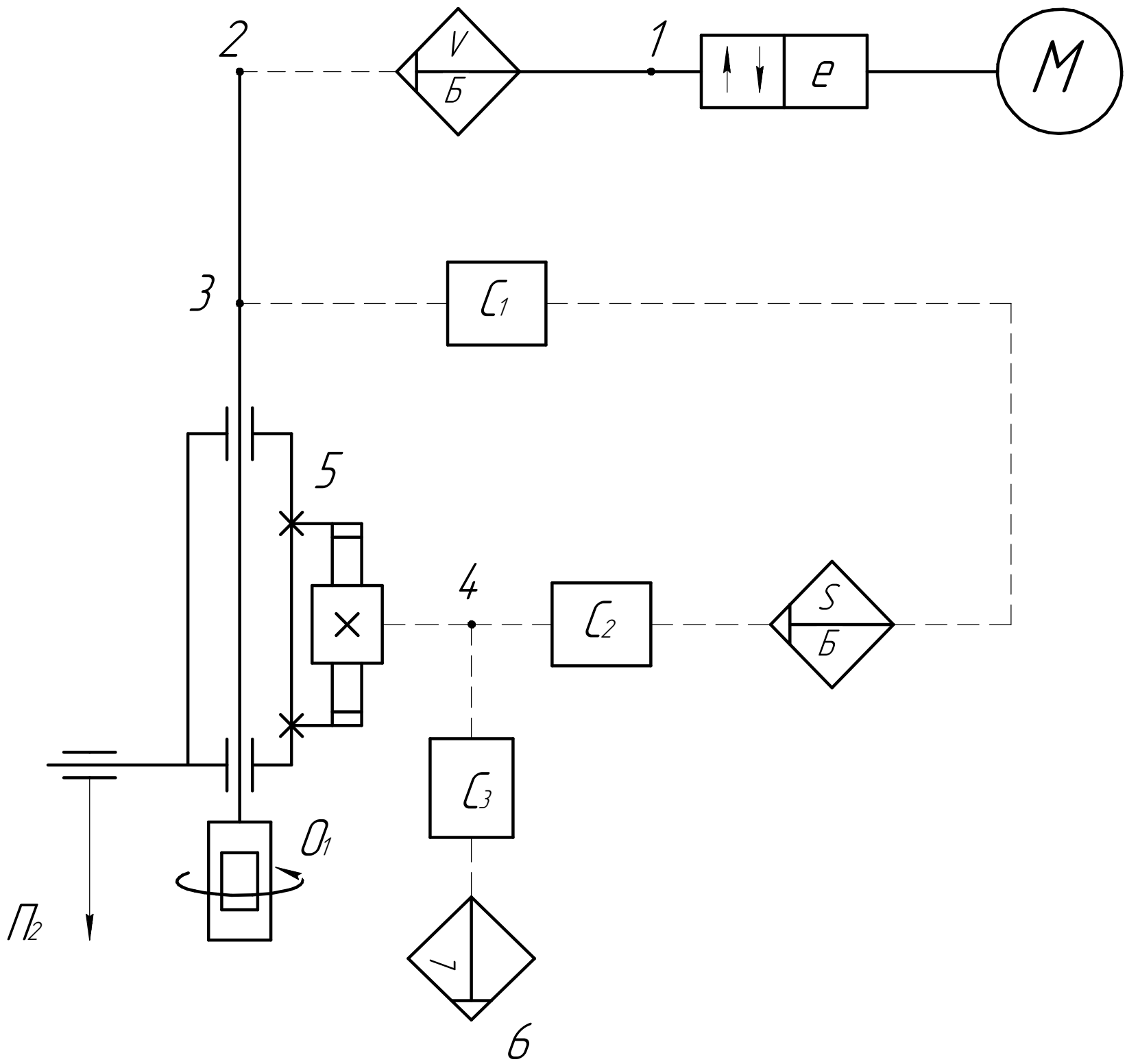
Кінематична схема вертикально-свердильного верстату



Графік чисел обертів вертикально-свердильного верстату



Структурна схема вертикально-свердильного верстату



				КРБ 22-359.00.03.000 КС		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса
Разраб.	Блажичин				Т	1:1
Проб.	Гагалак А.В.				Лист	Листов 1
Текст.					ТНТУ зр. МВС-41	
Реценз.					м. Тернопіль	
Нконтр.	Кабельник				Формат А1	
Утв.					Копіював	

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №						Документація			
						Складальне креслення			
						Складальні одиниці			
	БК		35		КРБ 22-359.00.04.035	Муфта пружна			
	БК								
	БК					Деталі			
	БК								
	БК		1		КРБ 22-359.00.04.001	Зубчасте колесо	1		
	БК		4		КРБ 22-359.00.04.004	Корпус	1		
	БК		5		КРБ 22-359.00.04.005	Зубчасте колесо	1		
Подп. и дата	БК		6		КРБ 22-359.00.04.006	Зубчасте колесо	1		
	БК		8		КРБ 22-359.00.04.008	Зубчасте колесо	1		
	БК		9		КРБ 22-359.00.04.009	Гільза	1		
	БК		10		КРБ 22-359.00.04.010	Зубчасте колесо	1		
	БК		11		КРБ 22-359.00.04.011	Кришка корпусу	1		
	БК		13		КРБ 22-359.00.04.013	Кришка	1		
	БК		16		КРБ 22-359.00.04.016	Кришка	1		
	БК		17		КРБ 22-359.00.04.017	Вал	1		
	БК		18		КРБ 22-359.00.04.018	Кришка	1		
	БК		19		КРБ 22-359.00.04.019	Зубчасте колесо	1		
Взам. инв. №	БК		20		КРБ 22-359.00.04.020	Вал	1		
	БК		21		КРБ 22-359.00.04.021	Втулка	1		
	БК		22		КРБ 22-359.00.04.022	Зубчасте колесо	1		
	БК		23		КРБ 22-359.00.04.023	Зубчасте колесо	1		
	БК		24		КРБ 22-359.00.04.024	Втулка	1		
	Инв. № подл.	КРБ 22-359.00.04.000 СК					Лит.	Лист	Листов
		Разраб.	Блащущин			Коробка швидкостей вертикально-свердлильного верстату (складальне креслення)	Т	2	4
		Пров.	Гагалоук А.В.				ТНТУ зр. МВс-41 м. Тернопіль		
	Реценз.								
	Инв. № подл.	Н.контр.	Кодельник						
Утв.		Крцпа В.В							

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
БК		25	КРБ 22-359.00.04.025	Вал		
БК		26	КРБ 22-359.00.04.026	Зубчасте колесо		
БК		27	КРБ 22-359.00.04.027	Зубчасте колесо		
БК		28	КРБ 22-359.00.04.028	Шайба		
БК		31	КРБ 22-359.00.04.031	Вал		
БК		32	КРБ 22-359.00.04.032	Зубчасте колесо		
БК		33	КРБ 22-359.00.04.033	Зубчасте колесо		
БК		34	КРБ 22-359.00.04.034	Втулка		
БК		36	КРБ 22-359.00.04.036	Зубчасте колесо		
БК		38	КРБ 22-359.00.04.038	Втулка		
БК		40	КРБ 22-359.00.04.040	Шайба		
БК		42	КРБ 22-359.00.04.042	Стійка		
БК		43	КРБ 22-359.00.04.043	Вилка		
БК		44	КРБ 22-359.00.04.044	Втулка		
БК		45	КРБ 22-359.00.04.045	Втулка		
БК		46	КРБ 22-359.00.04.046	Зубчасте колесо		
БК		47	КРБ 22-359.00.04.047	Втулка		
БК		50	КРБ 22-359.00.04.050	Зубчасте колесо		
БК		51	КРБ 22-359.00.04.051	Зубчасте колесо		
БК		52	КРБ 22-359.00.04.052	Втулка		
БК		53	КРБ 22-359.00.04.053	Зубчасте колесо		
БК		56	КРБ 22-359.00.04.056	Зубчасте колесо		
БК		61	КРБ 22-359.00.04.061	Кришка		
				Стандартні вироби		
				Підшипники ГОСТ 8338-75		
		2		205	4	
		12		214	2	
		63		206	1	
			КРБ 22-359.00.04.000 СК			Лист
						3
Ізм.		Лист	№ докум.	Підп.	Дата	
					Копіював	Формат А4

Инв. № посл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дфл.	Подп. и дата

[illegible]