МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва кривошипа верстата з використанням CAD/CAE систем і верстатів з ЧПК

Виконав: здобувач
групи ПМ-24м
Репін М.С.
Керівник випускної роботи:
к.т.н., доцент
Бондар О.В.

Кривий Ріг
2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва кривошипа верстата з використанням CAD/CAE систем і верстатів з ЧПК

Виконав здобувач гр. ПМ-24м _____ (підпис) Репін М.С.

Керівник КМР _____ (підпис) Бондар О.В.

Нормоконтроль _____ (підпис) Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри _____ (підпис) Рязанцев А.О.

м. Кривий Ріг
2025 р.

ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ КМР

№	Формат	Позначення	Найменування	К-сть листів	Прим.
			Документація		
1	А4	КНУ.КМР.131.25.1-16.ПЗ	Пояснювальна записка	99	
			Графічні матеріали		
2	А2	КНУ.КМР.131.25.1-13.ВВК	Вузол верстата-качалки	1	
3	А1	КНУ.КМР.131.25.1-13.К	Кривошип	1	
4	А1	КНУ.КМР.131.25.1-13.КВ	Кривошип (виливок)	1	
5	А1	КНУ.КМР.131.25.1-13.СЗТО	Структура та зміст технологічних	2	
6	А1	КНУ.КМР.131.25.1-13.РТК	Розрахунково-технологічна карта	1	
6	А1	КНУ.КМР.131.25.1-13.ПС	Пристосування спеціальне (затискне)	1	
7	А2	КНУ.КМР.131.25.1-13.ПК	Пристосування контрольне	1	
8	А1	КНУ.КМР.131.25.1-13.АЕПР	Аналіз ефективності проектних рішень	1	
9	А1	КНУ.КМР.131.25.1-13.ТЕП	Техніко-економічні показники роботи	1	

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 9
1.1 Загальна характеристика машин, що комплектуються вузлами, подібними розглядуваному 9
1.2 Опис будови і умов експлуатації даного вузла 12
1.3 Аналіз конструкції, точності поверхонь деталі «Кривошип» 13
1.5 Вибір режиму роботи цеху та розрахунок річних фондів часу 16
1.6 Характеристика виробничої програми та визначення типу виробництва 17
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 20
2.1 Аналіз технологічності вузла 20
2.2 Аналіз технологічності деталі «Кривошип» 21
2.3 Аналіз діючих технологічних процесів 23
2.4 Аналіз матеріалу деталі 26
2.5 Техніко-економічне обґрунтування методів отримання заготовок 27
2.6 Вибір методів обробки поверхонь 31
2.7 Розробка маршрутів виготовлення деталей 33
2.8 Вибір технологічних баз 34
2.9 Вибір металорізальних верстатів 38
2.10 Розробка структури та змісту технологічних операцій 39
2.11 Вибір верстатних пристосувань 42
2.12 Вибір різальних інструментів 42
2.13 Вибір вимірювальних інструментів та пристосувань 44
2.14 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів деталі 45
2.15 Розрахунок режимів різання 47
2.16 Технічне нормування операцій 48
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА 51
3.1 Розробка пристосування для закріплення деталі «Кривошип» 51
3.2 Розрахунок зусилля затиску заготовки 53
3.2.1 Закріплення заготовок 53
3.2.2 Розрахунок сили закріплення Q 55
3.2.3 Розрахунок необхідного затиску деталі 59
3.2.4 Розрахунок параметрів силового приводу 61
3.2.5 Розрахунок розтягування і вигину прихвата 61
3.3. Розробка конструкції пристрою для контролю паралельності зовнішніх плоских поверхонь 63
4 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА. АНАЛІЗ ПРОЕКТУ ШЛЯХОМ ВИПРОБУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ CAD/CAE-ТЕХНОЛОГІЙ 65
4.1 Проектування обчислювального експерименту 65
4.2 Результати дослідження 66

					КНУ.КМР.131.25.1–13.3		
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата			
Розроб.		Репін			Зміст	Літ.	Арк. / Аркушів
Перевір.		Бондар					
Н. контр.		Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ–24м	
Затверд.		Рязанцев					

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА 71
5.1 Розрахунок параметрів програми запуску, визначення календарно-планувальних нормативів та уточнення типу виробництва 71
5.2 Розрахунок кількості виробничого устаткування..... 72
5.3 Визначення чисельності робітничого персоналу цеху та його площі 74
5.4 Розрахунок капітальних вкладень, необхідних для створення виробництва . 77
5.5 Планування фондів заробітної плати працівників..... 81
5.5.1 Планування фондів заробітної плати працівників..... 81
5.5.2 Планування фонду заробітної платні ІТП, службовців та МОП..... 84
5.6 Розрахунок собівартості продукції..... 85
5.7 Техніко-економічні показники механічного цеху 89
5.8 Безпекові параметри механообробного цеху 91
5.9 Рекомендації щодо організації охорони праці та екології на виробництві деталей зі сталі..... 92
ВИСНОВКИ..... 95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 96
ДОДАТОК А..... 99

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної магістерської роботи містить: 99 сторінок, 19 рисунків, 28 таблиць, 10 листів графічної частини.

Метою проєкту є підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва (ТПВ) деталі «Кривошип» шляхом інтеграції сучасних CAD/CAE-систем на етапі проєктування та впровадження високопродуктивних верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) у виробничий процес.

У першому розділі описано будову та умови експлуатації вузла, до складу якого входить Кривошип. Проведено аналіз конструкції та вимог до точності деталі, а також обґрунтовано вибір матеріалу та типу виробництва.

У другому розділі проведено аналіз технологічності конструкції Кривошипа та діючого (базового) технологічного процесу. Розроблено новий, удосконалений технологічний маршрут виготовлення деталі на базі верстатів з ЧПК. Виконано вибір технологічних баз, різального та вимірювального інструменту, а також розраховано припуски та оптимальні режими різання.

У третьому розділі виконано розробку конструкції спеціалізованого технологічного оснащення для встановлення та закріплення деталі під час обробки. Проведено розрахунок зусилля затиску заготовки та необхідних параметрів силового приводу, що гарантує надійність закріплення.

У четвертому розділі проведено дослідний аналіз шляхом обчислювального експерименту з використанням CAD/CAE-систем. Здійснено статичне дослідження деталі Кривошип під експлуатаційним навантаженням. Проаналізовано отримані епюри напружено-деформованого стану.

У п'ятому розділі описано організаційно-економічну підготовку виробництва. Проведено розрахунок необхідної кількості виробничого устаткування та чисельності персоналу. Визначено безпекові параметри цеху

згідно з чинними ДСТУ, а також проведено розрахунок собівартості продукції та економічної ефективності запропонованого технологічного процесу.

КРИВОШИП, ВЕРСТАТ З ЧПК, ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА (ТПВ), CAD-СИСТЕМА, CAE-СИСТЕМА, РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ.

ABSTRACT

The Explanatory Note to the qualification Master's Thesis contains: 99 pages, 19 figures, 28 tables, and 10 sheets of graphic documentation.

The goal of the project is to increase the efficiency of the Technological Production Preparation (TPP) for the "Crankshaft" part by integrating modern CAD/CAE systems at the design stage and implementing high-performance Computer Numerical Control (CNC) machine tools into the manufacturing process.

Chapter 1 describes the structure and operating conditions of the assembly unit that includes the Crankshaft. An analysis of the part's design and accuracy requirements is conducted, and the choice of material and production type is justified.

Chapter 2 analyzes the manufacturability of the Crankshaft design and the existing (baseline) technological process. A new, improved manufacturing route for the part, based on CNC machine tools, is developed. The selection of locating datum surfaces, cutting and measuring tools is performed, and machining allowances and optimal cutting regimes are calculated.

Chapter 3 focuses on the design of specialized technological tooling for mounting and clamping the part during machining. The calculation of the blank clamping force and the necessary parameters of the power drive are performed to guarantee reliable fixation.

Chapter 4 presents an experimental analysis carried out through a computational experiment using CAD/CAE systems. A static study of the Crankshaft under operating load is conducted. The resulting stress-strain diagrams (epures) are analyzed.

Chapter 5 describes the organizational and economic preparation of production. The required number of production equipment and personnel is calculated. Safety parameters of the workshop are determined according to current DSTU (State Standards of Ukraine), and the product cost calculation and economic efficiency of the proposed technological process are performed.

CRANKSHAFT, CNC MACHINE TOOL, TECHNOLOGICAL PRODUCTION PREPARATION (TPP), CAE SYSTEM, CUTTING REGIME CALCULATION.

ВСТУП

Машинобудівна галузь є стратегічним фундаментом національної економіки, забезпечуючи технічними засобами та інноваційними рішеннями практично всі її сфери. Ключовим чинником підвищення конкурентоспроможності та стійкого розвитку виробництва є науково-технічний прогрес у технології машинобудування, що передбачає постійне вдосконалення методів обробки матеріалів і модернізацію виробничих процесів.

Сучасне машинобудування вимагає інтеграції інженерних знань та інформаційних технологій. Серед найбільш складних і трудомістких етапів виробництва залишається механічна обробка відповідальних деталей, де якість кінцевого виробу залежить від точності обладнання, оптимальних режимів різання та технологічної оснастки.

Актуальність теми дипломної роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва (ТПВ) шляхом впровадження принципів цифрового виробництва. Системи автоматизованого проєктування та інженерного аналізу (CAD/CAE) відіграють вирішальну роль у цьому процесі, дозволяючи значно скоротити терміни розробки, оптимізувати конструкцію та мінімізувати виробничі помилки ще на етапі віртуального моделювання. Інтеграція цих систем з високоточними верстатами з числовим програмним керуванням (ЧПК) забезпечує безперервність цифрового потоку даних, що є критично важливим для виробництва складних деталей.

Об'єкт дослідження — процес виготовлення деталі «Кривошип» верстата.

Предмет дослідження — методи підвищення ефективності ТПВ кривошипа за рахунок використання можливостей CAD/CAE-систем на етапі розробки технології та застосування верстатів із ЧПК.

Мета роботи — розробити та обґрунтувати технологічний процес виготовлення деталі «Кривошип», інтегрувавши засоби CAD/CAE для оптимізації конструктивно-технологічних рішень, та підвищити економічну ефективність виробництва за рахунок використання високопродуктивного обладнання з ЧПК.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішувалися такі основні завдання:

Проаналізувати конструкцію, матеріал та експлуатаційні умови деталі «Кривошип» з точки зору технологічності.

Обґрунтувати вибір методу отримання заготовки та розробити маршрут і операційну технологію обробки на верстатах із ЧПК.

Розробити конструкцію спеціального технологічного оснащення для підвищення точності обробки.

Провести дослідний аналіз ключових параметрів деталі та оснащення з використанням CAD/CAE-систем.

Виконати організаційно-економічне обґрунтування та оцінку ефективності запропонованого технологічного процесу.

Робота має практичну спрямованість і є основою для впровадження інноваційних рішень у серійне чи великосерійне виробництво кривошипів, забезпечуючи високу якість виробу при зниженні виробничих витрат.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика машин, що комплектуються вузлами, подібними розглядуваному

З механізованих способів здобичі нафти найбільшого поширення набули штангові свердловинні насосні установки (ШСНУ). Цьому сприяли конструктивна простота, не дефіцитність і дешевизна вживаних при їх виготовленні матеріалів, висока надійність і непримхливість в обслуговуванні.

Оператори по здобичі нафти і газу визначають це устаткування як: «Індивідуальний балансирний механічний привід штангового насоса». Широкому розповсюдженню верстатів качалок сприяла їх висока надійність.

Верстат-качалка є механізмом з однією мірою свободи. Тому при використанні в ньому найбільш простого виду двигуна — асинхронного короткозамкнутого електродвигуна — закон руху балансира і пов'язаної з ним верхньої частини колони насосних штанг завжди визначається кінематичними параметрами верстата-качалки: довжиною ходу полірованого штока, числом подвійних ходів в хвилину, довжинами і взаємним розташуванням рухомих і нерухомих ланок.

Вузол, що розглядається в даній роботі, складається з кривошипа і противаг є одним з основних вузлів верстата качалки. Верстат-качалка є важливим видом нафтогазового устаткування і використовується для механічного приводу до нафтових свердловинних штангових (плунжерным) насосів. Конструкція верстата качалки є балансирним приводом штангових насосів, що складається з редуктора і здвоєного чотирьохланкового шарнірного механізму, з роторним і роторно-балансирним урівноваженням, що перетворює обертальний рух

кривошипів у вертикальний рух канатної підвіски гирлового штока з прикріпленою до нього колоною насосних штанг.

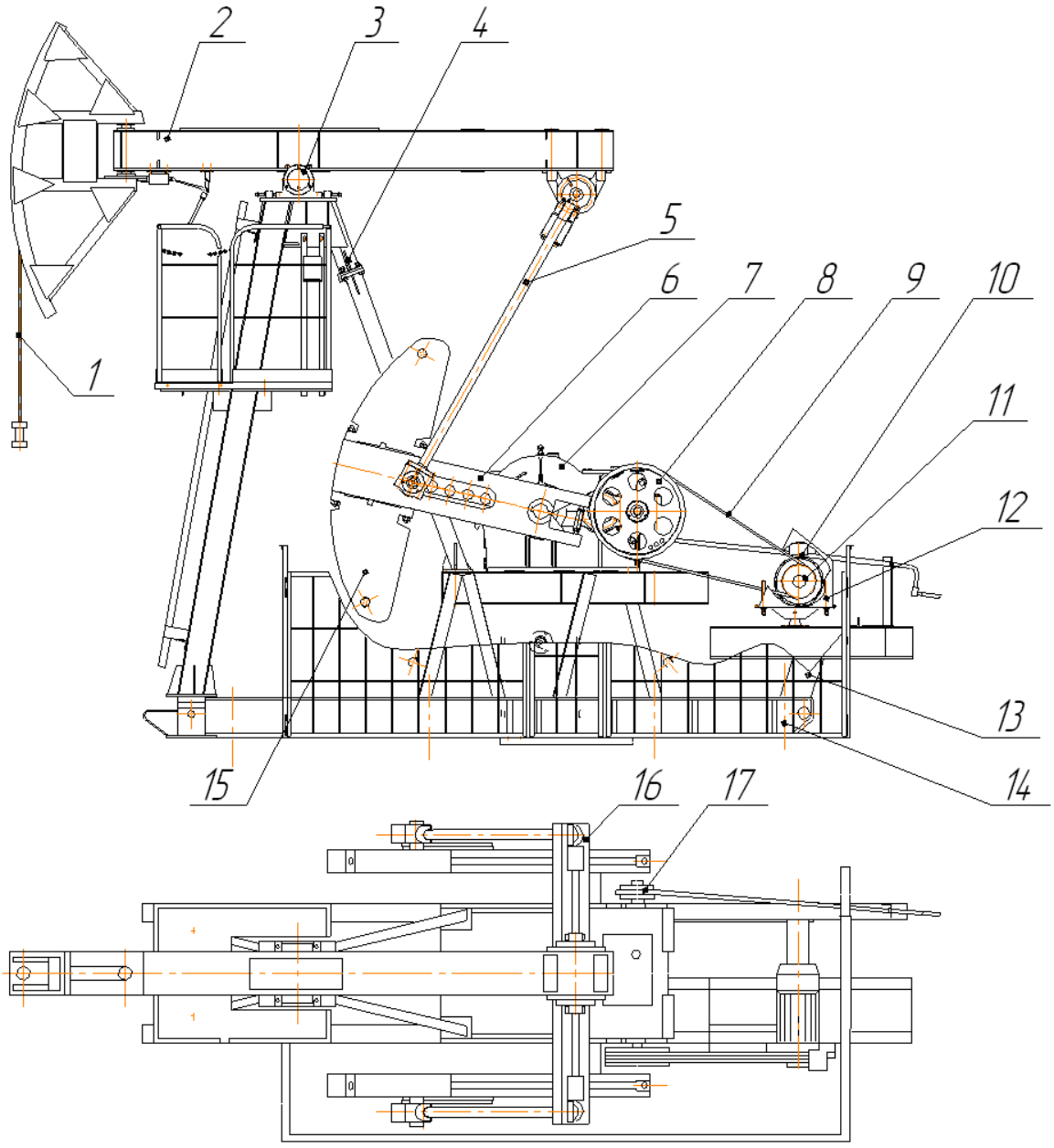


Рисунок 1.1 - Схема балансирного верстата-качалки:
1 - канатна підвіска; 2 - балансир з поворотною головкою; 3 - опора балансира; 4 - стійка; 5 - шатун; 6 - кривошип; 7 - редуктор; 8 - ведений шків; 9 - клиноременная передача; 10 - електромотор; 11 - провідний шків; 12 - огорожі; 13 - рама поворотна для електромотора; 14 - рама, 15 - противага, 16 - траверси, 17 - гальмівний шків балансира. До неї ж кріпиться канатна підвіска (остання сполучає балансир з полірованим сальниковим штоком.

У механічному приводі глибинного насоса основні функції виконують механічні передачі, які і є найбільш поширеними.

Верстат качалка встановлюється на спеціально підготовленому фундаменті (зазвичай бетонному), на якому встановлюються: платформа, стійка і станція управління.

Після первинного монтажу на стійку поміщається балансир, який врівноважують головкою.

На платформу встановлюється редуктор і електродвигун. Іноді електродвигун розташований під платформою. Останній варіант має підвищену небезпеку, тому зустрічається рідко. Качалки обладнані гальмом двохколодочним з ручним приводом. Гальмівний барабан закріплений на трансмісійному валу редуктора. За допомогою гальма балансир і противаги качалки можуть бути зафіксовані в будь-якому положенні. Електродвигун встановлюється на санчатах, нахил, яких регулюється для досягнення необхідного натягнення тиксотропних ременів трансмісійної передачі.

Основні вузли верстата качалки - рама, стійка у вигляді усіченої чотиригранної піраміди, балансир з поворотною головкою, траверси з шатунами, шарнірно-підвішена до балансира, редуктор з кривошипами і противагами. Верстат качалки комплектується набором змінних шківів для зміни числа гойдань, тобто регулювання дискретне. Для швидкої зміни і натягнення ременів електродвигун встановлюється на поворотній рамі.

Вмонтовується верстат-качалка на рамі, що встановлюється на залізобетонну підставу (фундамент). Фіксація балансира в необхідному (крайньому верхньому) положенні головки здійснюється за допомогою гальмівного барабана (шківа). Головка балансира відкидна або поворотна для безперешкодного проходу спускопідйомного і глибинного устаткування при підземному ремонті свердловини. Оскільки головка балансира здійснює рух по дузі, то для з’єднання її з гирловим штоком і штангами є гнучка канатна підвіска. Вона дозволяє регулювати посадку плунжера в циліндр насоса для попередження ударів плунжера об всмоктуючий клапан або виходу плунжера з циліндра, а також встановлювати динамограф для дослідження роботи устаткування.

1.2 Опис будови і умов експлуатації даного вузла

Електродвигун через клиноремінну передачу і редуктор додає двом масивним кривошипам, розташованих з двох сторін редуктора, круговий рух. Кривошипно-шатунний механізм в цілому перетворює в зворотньо-поступальний рух балансира, який обертається на опорної оси, закріпленої на стійці. Балансир передає зворотно-поступальний рух канатній підвісці, штангам і плунжеру.

Вузол складається з кривошипа, двох противаг, стяжної гайки і болтів.

Кривошип може мати різну фігурну форму (круглу, напівкруглу, У-образну), але нормальна форма - у вигляді прямокутного паралелепіпеда або прямокутної усіченої піраміди, в яких виконується від трьох до восьми отворів. При перестановці пальців (осей) нижніх головок шатунів в різні отвори кривошипів змінюється робочий радіус кривошипів і, отже, довжина хода точки підвісу штанг. Кривошип посаджений на веденому валу редуктора за допомогою клемового з'єднання і стягувань на шпонці.

Для підвищення терміну служби механізмів верстата качалки і поліпшення енергетичних показників установки особливу увагу необхідно приділяти урівноваженню. При роботі неврівноваженого балансиру протягом кожного подвійного хода електродвигун навантажується нерівномірно. Коливання навантажень негативно впливають на міцність верстата і приводять до передчасного виходу з ладу електродвигуна.

У верстатах-качалках з механічною системою урівноваження маса кривошипів приймається великої з метою урівноваження установки. Проте тільки цієї маси недостатньо. Рівномірне навантаження приводного двигуна штангової свердловинної установки можливе тільки за наявності урівноважуючого пристрою. У механічних балансирних верстатах-качалках найширше застосовують урівноважуючі пристрої, що складаються з вантажів іменованих противагами встановлених на кривошипі, тому на кожному кривошипі додатково встановлюється від одного до чотирьох важких противаг. Число противаг, необхідних для урівноваження, визначають по графіках, що прикладаються до

інструкції по монтажу і експлуатації верстата качалки. Їх постачають з верстатом гойдалкою. Противаги можуть при необхідності переміщатися уздовж кривошипів в розрахункове положення. Переміщення противаг здійснюється або за допомогою засобів і пристроїв, що не входять у склад верстата качалки або за рахунок спеціального конструктивного оформлення кривошипів і противаг. Для цього в кривошипі є Т-подібні пази, і передбачені шкали відліку, нульові відмітки яких знаходяться проти центру ваги. При цьому під врівноваженістю установки мається на увазі рівність робіт, що здійснюються приводним двигуном верстата качалки при ході вгору і вниз.

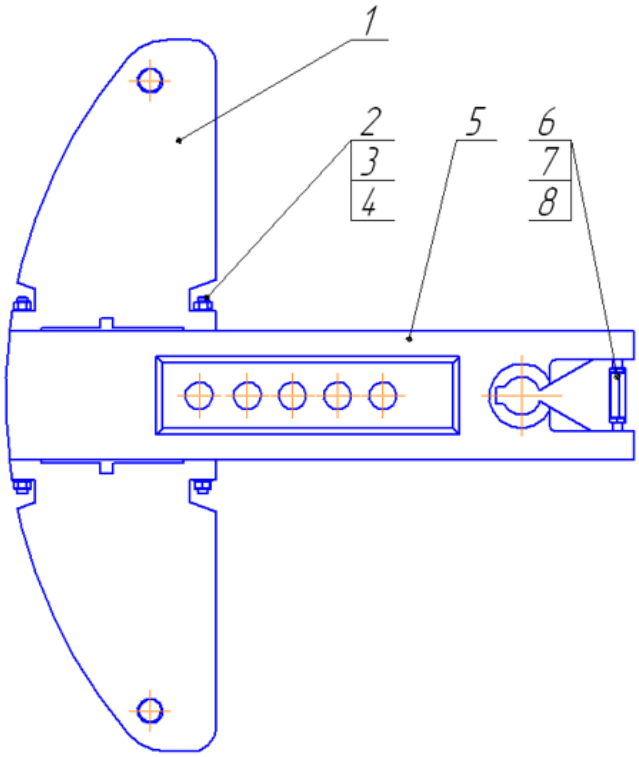


Рисунок 1.2 - Вузол в зборі
1-противага, 2-болт, 3-гайка, 4-шайба., 5-кривошип,
6-болт, 7-гайка, 8-стяжна гайка.

1.3 Аналіз конструкції, точності поверхонь деталі «Кривошип»

Кривошип у складі кривошипно-шатунному механізмі виконує роль перетворювача із обертального в зворотно-поступальний рух. Велика вага кривошипу потрібна для врівноваження установки.

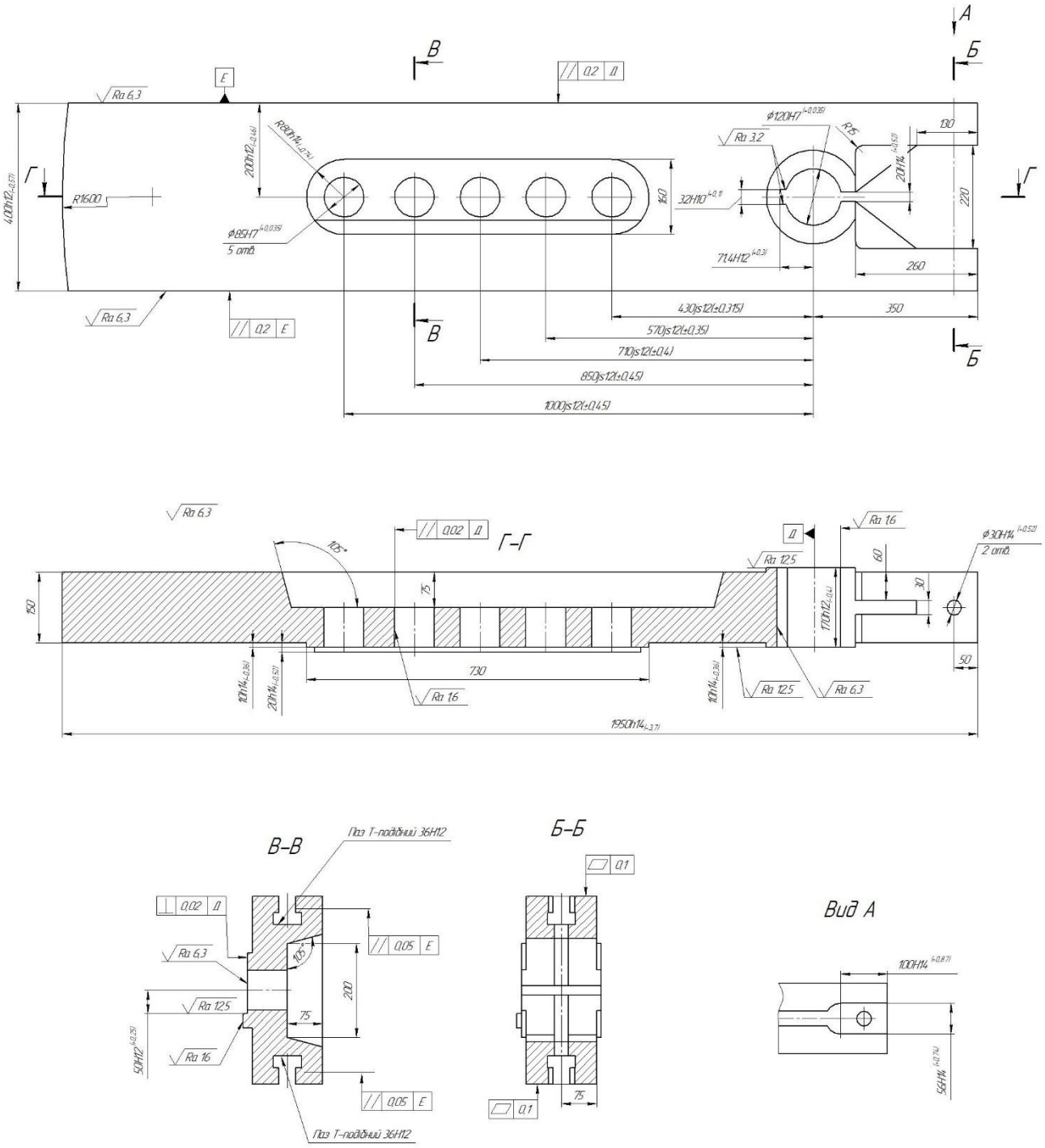


Рисунок 1.3 - Аналіз точності поверхонь деталі «Кривошип»

Кривошип має форму у вигляді прямокутного паралелепіпеда, в якому виконано п’ять отворів під втулки для пальців кривошипа. Вони слугують для з’єднання кривошипа і шатуна. Розташування цих отворів регулює робочий радіус кривошипа. Отвір зі шпонковим пазом використовують для кріплення кривошипа на валу редуктора. Розріз в стінці отвору слугує для можливості клемового затиску кривошипа на валу за принципом розрізної втулки. Також деталь має два

Т-образних паза, для болтів, що кріплять та фіксують противаги на кривошипі. Всі поверхні деталі на ескізі нумеруємо і систематизуємо по їх призначенню.

Згідно даних таблиці найточнішою є поверхня 5 - Ø120H7 +0.035, 9-13 - Ø85H7 +0.035. Найменша шорсткість Ra = 1,6 мкм. Оскільки точнісні та шорсткісні параметри ув'язані та відповідні між собою, що не вимагає довідних операцій, а найвищий квалітет - 7-й, то за цими показниками деталь є технологічною, а отже, може бути легко виготовлена за умов серійного виробництва.

Таблиця 1.1 - Аналіз параметрів точності поверхонь деталі «Кривошип»

№ поверхні	Назва поверхні (елемента)	Розмір з відхиленнями	Квалітет точності	Точність розташування			Шорсткість Ra, мкм
1	2	3	4	5			6
1	Площина	200 -0.46	h12	//	0,2	Д	6,3
				▱	,01	-	
2	Площина	400 -0.57	h12	//	0,2	Д, Е	6,3
				▱	,01	-	
3	Паз	71,4 +0.3	H12				6,3
4	Паз	32 +0.1	H10				3,2
5	Циліндрична	120 +0.035	H7				1,6
6	Паз	20 +0.52	H14				12,5
7	Площина	20 -0.52	h14				12,5
8	Площина	10 -0.36	h14	⊥	0,02	Д	6,3
9-13	Циліндрична	85 +0.035	H7	//	0,02	Д	1,6
14	Торець	10-0.36	h14				12,5
15	Торець	170-0.4	h12				12,5
16	Паз	36 +0.25	H12				12,5
17	Паз	60 +0.75	H14	//	0,05	Д	16
18	Площина	50 +0.25	H12				16
19	Паз	60 +0.75	H14	//	0,05	Д	16
20	Паз	36 +0.25	H12				12,5
21	Циліндрична	30 +0.52	H14				12,5
22	Циліндрична	30 +0.52	H14				12,5
23	Паз	56 +0.74	H14				16
24	Паз	56 +0.74	H14				16

1.5 Вибір режиму роботи цеху та розрахунок річних фондів часу

До загального поняття режиму роботи цеху відносяться такі його складові, як змінність та дійсний річний фонд часу для роботи працівників та устаткування. Враховуючи, що загальноприйнятими нормами є однозмінна робота виробничого персоналу та двозмінна робота цехового устаткування протягом дня, приймаємо ці величини і для роботи розглядуваного цеху та визначаємо за ними дійсні річні фонди часу для працівників та устаткування.

Ефективний річний фонд часу роботи устаткування у цеху за п'ятиденного робочого тижня з двома вихідними днями розраховується за формулою:

$$Фд.о = ((Др – Дв.д – дс.д)·Чд – Дп.с.д)·З·Кр , \quad (1.1)$$

де Др – к-сть днів в одному році, Др. = 366; Дв.д – к-сть вихідних днів (суботи та неділі), Дв.д. = 105; Дс.д – к-сть святкових днів, Дс.д. = 10; Чд – к-сть годин робочого дня, Чд. = 8; Дп.с.д – к-сть передсвяткових днів, Дп.с.д. = 7 (тривалість робочого дня менше на одну годину); З – к-сть змін роботи устаткування, приймаємо З = 2; Кр – коефіцієнт, що враховує час перебування устаткування в ремонтуванні, приймаємо Кр = 0,95.

У результаті отримаємо:

$$Фд.о = ((366 – 105 – 10)·8 – 7)·2·0,95 = 3802 \text{ (н-год.)}.$$

Приймаємо Фд.о = 3802 н-год.

Ефективний річний фонд часу роботи працівника у цеху розраховуємо за формулою:

$$Фд.р = ((Др – Дв.д – Дс.д)·Чд – Дп.с.д)·Кн , \quad (1.2)$$

де Кн – коефіцієнт, що враховує неповноту використання фонду часу унаслідок неявки на роботу. Визначається він як:

$$K_н = \frac{100 - C_н}{100}, \quad (1.3)$$

де Сн – відсоток втрат від річного фонду часу роботи у зв'язку з особистими причинами та станом непрацездатності, Сн = 9…12% (відпустка ≈ 5%, захворювання ≈ 2%, державні і суспільні обов'язки ≈ 0,5%, учнівські відпустки ≈

1%, перерви матерів на годування дітей ≈ 0,5%). Приймемо середнє значення Сн – 10%. Матимемо:

$$K_н = \frac{100 - 10}{100} = 0{,}9.$$

Підстановкою обраних і розрахованих значень до формули (1.2) отримаємо:

ФД.Р. = ((365 – 103 – 10)·8 – 5)·0,9 = 1810 (н.-год),

Для наочності і зручності порівняння отримані результати заносимо до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Дійсні річні фонди часу роботи працівників та устаткування

Назва	Змінність праці	Номінальний річний фонд часу Фн , год.	Коефіцієнт простою устаткування Кр	Коефіцієнт тривалості неявок та відпусток Кн	Дійсний річний фонд часу Фд , год.
Обладнання	2	4002	0,95	–	3802
Робочі місця	2	4002	–	–	4002
Працівники	1	2001	–	0,9	1801

1.6 Характеристика виробничої програми та визначення типу виробництва

Серійний тип виробництва характеризується виготовленням деталей партіями. Партії складають із однотипних за конструкцією деталей, в яких форма та розміри не дуже відрізняються один від одного. Партія деталей виготовляється у виробництві одночасно. Технологічний процес може бути з маршрутно-операційним описом (маршрутно-операційний техпроцес) на окремих операційних картах. Верстати застосовуються найрізнотипніші: універсальні та спеціальні. Широко поширюється автоматизація технологічних операцій на верстатах. Обладнання розташовується в цеху за ходом технологічного процесу. Після закінчення обробки деталей однієї партії верстати переналагоджуються на обробку іншої партії.

Різальний та вимірювальний інструменти застосовуються як універсальні, так і спеціальні.

Спеціалізація верстатів та працівників, спеціальне технологічне оснащення роблять серійне виробництво економічніше одиничного і гнучкіше масового. У зв'язку з цим серійне виробництво має найширше розповсюдження.

Визначаючи тип виробництва, попередніми маркетинговими дослідженнями було визначено річну потребу у виготовленні складальної одиниці «Верстат качалка» на рівні 200 штук. Відповідна потреба у деталях-складових частинах верстата качалки «Кривошип» – 400 шт. Програму запуску виробу потрібно встановити стабільною на тривалий проміжок часу.

Програму запуску визначаємо за наступною формулою:

$$Nзап = (Nвип + Nзч)\cdot(1 + Кбр) , \quad (1.4)$$

де Nвип. – річна програма випуску виробів, Nвип. = 200 штук; Nзч – к-сть виробів, що виготовляються як запасні частини (орієнтовно 3…5% від програми випуску), приймаємо Nзч = 4 штук; Кбр – коефіцієнт, що враховує неминучі технологічні витрати (становлять 2 – 3% від сумарної к-сті виробів, які формують програму випуску та які йдуть як запчастини – Nвип + Nзч).

Таблиця 1.3 – Подетальна річна програма цеху

Назва виробу	Маса одного виробу, кг	Річна програма випуску							
		Штук				Тонн			
		Випуск	Запасні частини	Брак, 3%	За-пуск	Ви-пуск	Запасні частини	Брак, 3%	Запуск
Верстат качалка	8540	200	8	6	214	1708	68,32	51,24	1827,56
Кривошип	555	400	16	12	428	222	8,88	6,66	237,54

Маємо:

$$Nзап. = (200 + 8)\cdot(1 + 0,03) = 214,24 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо Nзап. = 214 штук.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.3.

Тип виробництва – це класифікаційна категорія виробництва, що характеризується ознаками ширини номенклатури, регулярності, стабільності та об'єму випуску виробів.

Визначаємо орієнтовно тип виробництва згідно визначеного вище обсягу випуску (100 шт) за даними таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Залежність типу виробництва від маси виробу та програми випуску

Тип виробництва	Річний випуск виробів, шт.		
	Легкі (до 20 кг)	Середні (20…300 кг)	Важкі (понад 300 кг)
Одиничне	До 100	До 10	До 5
Дрібносерійне	101…500	101…500	6…100
Середньосерійне	501…5000	201…1000	101…300
Великосерійне	5001…50 000	1001…5000	301…1000
Масове	Понад 50 000	Понад 5000	Понад 1000

Порівнявши значення програми випуску складальної одиниці, робимо висновок, що тип виробництва деталі «Кривошип» відповідає серійному.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності вузла

Критерієм досконалості і технічного рівня машин з точки зору найкращого співвідношення «ціна/якість» є технологічність, що характеризується низкою показників, основними з яких є трудомісткість, собівартість, матеріаломісткість, енергомісткість. Підвищення технологічності конструкцій машин є одним із резервів машинобудування. Стандартизація й уніфікація елементів виробів, що входять до складу збірних одиниць, дає змогу значно скоротити номенклатуру використовуваного інструменту, допоміжний час на обробку та контроль, а також обсяг ремонту оснащення.

Проводячи аналіз вузла на технологічність, виконують перевірку його за рядом чинників, які відповідають технологічності виробу. У випадку невідповідності вузла за якими-небудь параметрами вимогам технологічності необхідно (за змогою) вжити заходів щодо поліпшення конструкції. Нижче перелічені типові ознаки технологічності стосовно вузла верстата качалки.

При складанні вузла і монтажеві регулювально-припасувальні роботи відсутні. Цього досягнуто завдяки Т-образним пазам на кривошипі, та відповідним отворам в конструкціі противаг.

Конструкція вузла привода СК6-2,1-2500 не дуже складною. Він складається з досить невеликої к-сті деталей. У даному виробі широко застосовуються стандартні вироби (гайки, шайби та ін.),

До складу вузла входять всі уніфіковані елементів, які входять до складу схожих типів вестатів качалок (ПНГШ, СКД, ОПШН, ПНШС,) що знижує вартість готового виробу, зменшує вимоги до номенклатури устаткування на підприємстві-виготовнику і штат працівників.

Спрощенне сполучення деталей. У нашому випадку жодна з деталей не є зайвою, і з'єднання є досить досконалими З огляду на процес складання й розбирання труднощів не виникає, вузол має просту конструкцію щодо огляду й ремонту З'єднання деталей між собою виконано без гарантованих натягів, що відкидає потребу у застосуванні громіздкого устаткування і спеціальних пристосувань.

Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть установлюватися у вузол, оброблені достатньо точно, з точки зору точності та визначеності базування.

Конструкцією вузла передбачені конструктивні елементи, що полегшують складання і взаємне розташування деталей виробу, як-от Т-образні пази, галтелі, що знижують концентрацію напружень у небезпечних перерізах.

Виходячи з огляду вищенаведених ознак, можна зробити висновок про переважну відповідність конструкції вузла верстата СК6-2,1-2500 вимогам технологічності виготовлення та складання за умов серійного виробництва.

2.2 Аналіз технологічності деталі «Кривошип»

Як відомо, якість поверхонь будь-якої деталі зумовлює значний вплив на вартість заготовки, подальшої механічної обробки та величину браку. Залежність між величиною собівартості і квалітетом близька до оберненої пропорції. З огляду на це слід було б заради здешевлення продукції занижувати точність, однак при цьому слід враховувати умови експлуатації, якісні показники машин, які визначаються, у свою чергу, якраз точністю виготовлення складових частин. Особливо велика роль точнісних показників у понятті взаємозамінності, що є основою сучасного конструювання, та експлуатаційної надійності, що між собою тісно пов'язані. Зважаючи на це, слід детально проаналізувати технологічні якості деталей, і у випадку невідповідності певним вимогам, за змогою, пропонувати досконаліші рішення.

Аналіз технологічності деталі для наочності зручно представити у вигляді таблиці, розглянувши спочатку раціональність конструктивних форм деталі, а потім придатність поверхонь деталей як технологічних баз (див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Аналіз технологічності деталі «Кривошипа»

№ з/п	Показники вимог до технологічності	Висновки за Показниками	Зауваження з поліпшення технологіч-ності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз достатньої протяжності, котрі забезпечують надійне і стійке закріплення заготовки, вільну обробку іструментом.	Бази деталі задовольняють дану вимогу, перешкод для руху інструмента й осна-щення немає.	Відсутні
2	Достатня жорсткість деталі для використання прогресивних інструментів і продуктивного різання.	Деталь не має довгих консольних частин.	Відсутні
3	Придатність конструкції деталі для використання простих затискних пристосувань.	Деталь не має складної конфігурацію, що вимагає значної номенклатури пристосувань.	Відсутні
4	Отвори деталі мають допускати обробку напрохід.	Всі отвори наскрізні.	Відсутні
5	Бажана відсутність різевих отворів, менших ніж М6.	Різьбові отвори відсутні.	Відсутні
6	Бажана відсутність отворів з кутом перетину із суміжними торцевими поверхнями, відмін-ними від 90°.	Відсутні.	Відсутні
7	Небажана наявність отворів глибиною понад 8d	Найбільша глибина наявних у деталі отворів – до 2d.	Відсутні
8	Необхідна наявність поверхонь для взаємного орієнтування приєднуваних деталей.	НаявністьТ- образних пазов.	Відсутні
9	Можливість вдосконалити обробку деталі заміною звичайного верстато верстатом з ЧПК.	На розточних операціях можлива обробка на верстатах з ЧПК.	Заміна верстата

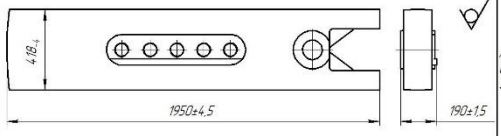
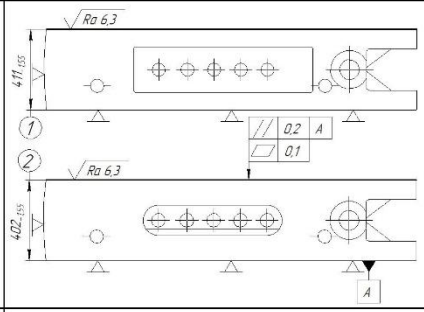
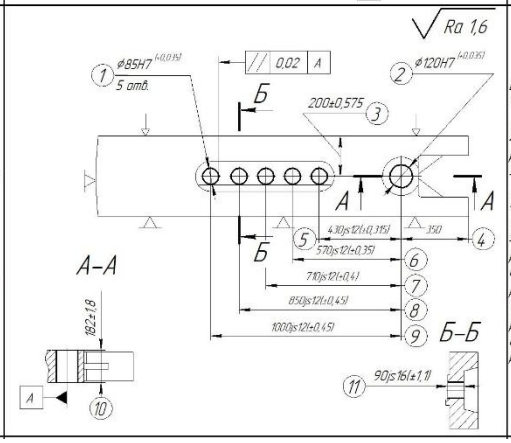
Зробивши огляд ознак технологічності деталей «Кривошип» робимо висновок про їх технологічність, вважаючи на більшість параметрів.

2.3 Аналіз діючих технологічних процесів

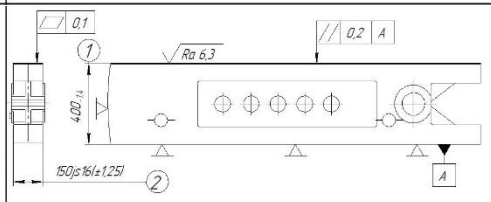
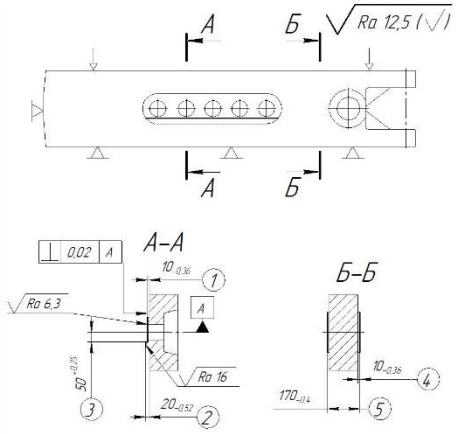
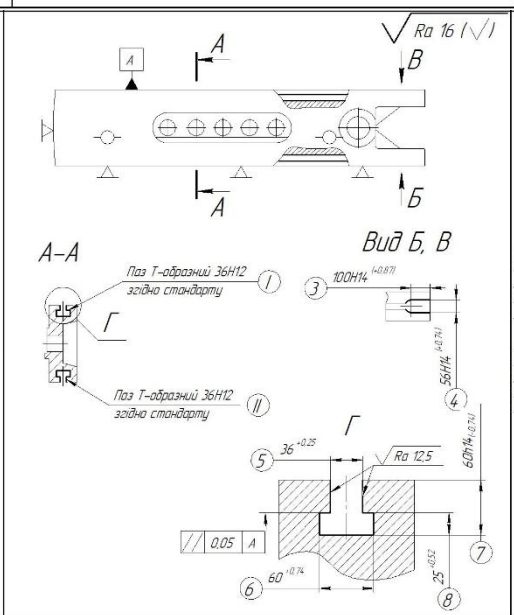
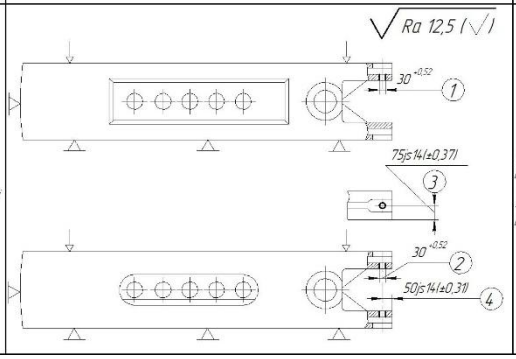
Орієнтуючись на середньосерійний тип виробництва на автоматизованому обладнанні, необхідно виконувати специфічні правила й вимоги, що є характерними для цих умов.

Структура та зміст базових технологічних процесів наведена у вигляді таблиці 2.2.

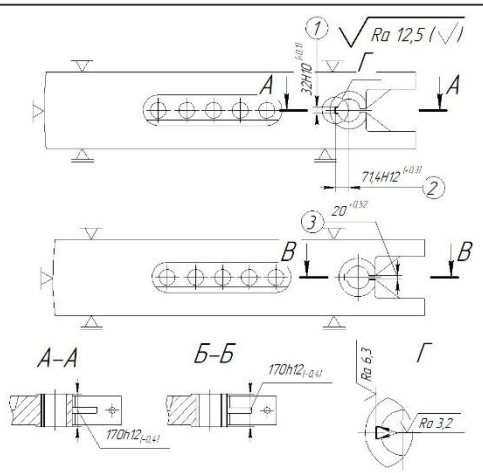
Таблиця 2.2 – Структура та зміст технологічних операцій обробки деталі «Кривошип» (базовий технологічний процес)

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата, пристосування	Операційний ескіз	Назви та зміст переходів та установів	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент і контрольне оснащення
005 Заготівельна	Модельний комплект 3705-0225, форма 3522-0620		Лиття у пішано-глиняні форми (матеріал деталі – сталь 25Л згідно стандарту)	—	Штангенциркуль ШЦ-III-500-0,1 згідно стандарту Рулетка Р2НЗК згідно стандарту
010 Термічна	Піч камерна електрична СНЗ 11.22.7.0//10	—	Нормалізація 880 – 900°С,Відпуск 610 – 630°С	—	Твердомір ТБ 5056 згідно стандарту
015 Подовжньо-строгальна	Подовжньо-строгальний 7110 Лещата верстатні 7200-0231 згідно стандарту		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Стругати поверхню, витримуючи розмір 1. Перевстановити деталь, закріпити, зняти. 2. Стругати поверхню, витримуючи розмір 2 попередньо (до 4,04$_{-1,55}$). 3. Стругати поверхню, витримуючи розмір 2 .	1,2 Різець строгальний 2171-0007 Т5К10 згідно стандарту 3. Різець строгальний 2171-0007 Т15К6 згідно стандарту	Штангенциркуль ШЦ-III-500-0,1 згідно стандарту
020 Розточувальна	Координатно-розточувальний 2Е470А Прихвати пересувні 7011-0160 згідно стандарту		Встановити, закріпити та зняти деталь. 1. Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до ⌀114,5$^{+0,54}$), 3, 4, 10 начорно. 2.Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до ⌀118,5$^{+0,14}$), 3, 4, 10 попередньо. 3. Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до ⌀119,7$^{+0,054}$), 3, 4, 10 напівчисто. 4. Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2, 3, 4, 10 начисто. 5. Розточити 5 отворів наскрізь витримуючи розмір 1 (до ⌀82,1$^{+0,14}$), 5–9, 11, начорно. 6.Розточити отвори наскрізь витримуючи розмір 1 (до ⌀84,$^{+0,14}$), 5–9, 11, попередньо. 7. Розточити отвори наскрізь витримуючи розмір 1 (до ⌀84,7$^{+0,054}$), 5–9, 11, напівчисто. 8. Розточити отвори наскрізь витримуючи розмір 1, 5–9, 11, начисто.	1–4. Оправка розточувально 6.300-0808 згідно стандарту 1,2. Різець розточувальний 2142-0135 Т5К10 згідно стандарту 3,4. Різець розточувальний 2142-0135Т15К6 згідно стандарту 5–8. Оправка розточувально 6.300-0806 згідно стандарту 5,6. Різець розточувальний 2142-0128 Т5К10 згідно стандарту 7,8. Різець розточувальний 2142-0128 Т15К6 згідно стандарту	Штангенциркуль ШЦ-III-125-0,1 згідно стандарту Нутромір НИ 50–100–2 згідно стандарту Нутромір НИ 100–160–2 згідно стандарту Калібр-пробка 8136-0013 Н7 згідно стандарту Калібр-пробка 8140-0007 Н7 згідно стандарту Набір зразків шорсткості 1,6–12,5 ШЧ згідно стандарту

Продовження таблиці 2.3

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата, пристосування	Операційний ескіз	Назви та зміст переходів та установів	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент і контрольне оснащення
025 Подовжньо-строгальна	Подовжньо-строгальний 7110 Лещата верстатні 7200-0231 згідно стандарту		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Стругати поверхню, витримуючи розмір 1, 2.	1. Різець строгальний 2171-0007 T15K6 згідно стандарту	Штангенциркуль ШЦ-III-500-0,1 згідно стандарту
030 Подовжньо-фрезерна	Подовжньо-фрезерний 6308 Лещата верстатні 7200-0231 згідно стандарту Прихвати пересувні 7011-0160 згідно стандарту		Встановити деталь, закріпити, зняти. 1. Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір 2. 2. Фрезерувати поверхні попередньо, витримуючи розміри 21 -0,52 та 49 +0,62. 3. Фрезерувати поверхні кінцеві, витримуючи розміри 1 та 3. 4. Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір 4. 5. Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір 5.	1,2. Фреза торцева Ø160 2214-0158 T5K10 згідно стандарту 3. Фреза торцева Ø160 2214-0158 T15K6 згідно стандарту 4,5. Фреза торцева Ø250 2214-0471 T5K10 згідно стандарту	Штангенглибиномір ШГ-160-0,1 згідно стандарту Штангенциркуль ШЦ-III-125-0,1 згідно стандарту Штангенциркуль ШЦ-III-200-0,1 згідно стандарту
035 Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний 6308 Лещата верстатні 7200-0231 згідно стандарту		Встановити деталь, закріпити, зняти. 1. Фрезерувати паз I Т-образний 36Н12, витримуючи розміри 5,7. 2. Фрезерувати паз I Т-образний 36Н12, витримуючи розміри 6,8. 3. Фрезерувати паз витримуючи розмір 3,4. Перевстановити деталь, закріпити, зняти. 4. Фрезерувати паз II Т-образний 36Н12, витримуючи розміри 5,7. 5. Фрезерувати паз II Т-образний 36Н12, витримуючи розміри 6,8. 6. Фрезерувати паз витримуючи розмір 3,4.	1,4. Фреза кінцева Ø36 2232-0015 T15K6 згідно стандарту 2,5. Фреза для обробки Т-образних пазів 2252-0061 згідно стандарту 3,6. Фреза кінцева Ø56 2223-0785 згідно стандарту	Шаблон спеціальний 0085-0475. Штангенглибиномір ШГ-160-0,1 згідно стандарту
040 Свердлильна	Радіально-свердлильний 2А576 Лещата верстатні 7200-0231 ГОСТ 16518-69		Встановити деталь, закріпити, зняти. 1. Свердлити отвір наскрізь, витримуючи розмір 1, 3, 4. Перевстановити деталь, закріпити, зняти. 2. Свердлити отвір наскрізь, витримуючи розмір 2, 3, 4.	1. Свердла спіральне Ø30 2301-0106 P6M5 згідно стандарту	Штангенциркуль ШЦ-III-125-0,1 згідно стандарту Калібр-пробка 8136-0031 H14 згідно стандарту

Продовження таблиці 2.3

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата, пристосування	Операційний ескіз	Назви та зміст переходів та установів	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент і контрольне оснащення
045 Довбальна	Довбальний 7414 Лещата верстатні 7200-0231 ГОСТ16518-69		Встановити деталь, закріпити, зняти. 1. Довбати паз наскрізь, витримуючи розмір 1, 2, 4. 2. Довбати паз, витримуючи розмір 3, 5.	1.Різець довбальний для шпоночних пазів 2184-0572 згідно стандарту 2.Різець довбальний прохідний 2180-0802 згідно стандарту	Штангенциркуль ШЦ-III-160,1 згідно стандарту Калібр-пробка шпонкова 8313-0207 згідно стандарту
050 Слюсарна	Слюсарний верстак 0201-1025	—	Притупити гострі кромки	Шліфмашина пневматична ИП 2014Б	—
055 Мийна	Мийна машина МР-1000 2684-5628		Мити деталь у розчині кальцинованої соди за t° = 70°С. Промити у воді.		
060 Фарбувальна	Камера фарбування П3.1717.00 4258-0540	—	Фарбувати деталь	Фарба алкідна ПФ-115 10-02-2867 Пістолет-розпилювач пневматичний ПРП-04 Компресор Torex 73К005	Метод оцінки за зовнішнім виглядом згідно стандарту
065 Контрольна	Стіл ВТК Плита 1-0-1600×1000 згідно стандарту 6524-0530	—	Контролювати деталь відповідно до креслення	—	—

Серед правил й вимог основне значення мають наступні.

По можливості слід розділяти операції чистової та чорнової обробки задля збереження точності верстатів, що застосовуються на завершальних операціях, і, відповідно, мають високу вартість, а також щоб негативні явища, котрі спостерігаються при чорновій обробці, не впливали на якість чистової.

Потрібно уніфіковувати поверхні та їх елементи, що дає змогу скоротити к-сть застосовуваних інструментів, скоротити допоміжний час на зміну інструмента.Обробка осьовим інструментом проводиться переважно без кондукторних втулок, тому слід передбачити нормальний вхід і вихід інструмента з оброблюваного отвору, і виключати розточувальні операції довгих отворів, відокремивши їх необроблюваними поверхнями або поверхнями низької точності.

Проектувати вироби з групуванням оброблюваних поверхонь при мінімально можливій к-сті поворотів/перевстановлень деталі задля підвищення продуктивності.

З огляду на вказані вимоги базові технологічні процеси недостатньо їх задовольняють, бо розроблені без урахування вимог автоматизації, скорочення штучного часу, застосування прогресивного твердосплавного лезового і абразивного інструменту. До того ж верстати з ЧПК, особливо оброблювальні центри, здатні замінити декілька одиниць універсального устаткування, і, таким чином, вивільнити виробничі площі. На відміну від агрегатних верстатів вони є легкопереналагоджуваними, а тому зручними і вигідними при груповій обробці деталей одного типорозміру чи подібної конструкції. Це особливо відчутно при невеликих програмах випуску, а ця тенденція набуває поширення на теренах всього світу.

Також унаслідок обмеженості числа встановлюваних різців у різцетримачах універсальних верстатів деякі операції мають невелику к-сть переходів, тоді як на верстаті з ЧПК їх можна об'єднати в одну. Для деталі «Кривошип» через різноманітність розташування поверхонь використовуються верстати різного типу, а це знижує точність взаємного положення, збільшує витрати часу на переустановлення. Застосовуючи прогресивне устаткування й різальний інструмент, можна суттєво поліпшити технологію виготовлення розглядуваних деталей.

2.4 Аналіз матеріалу деталі

Згідно з кресленням деталі «Кривошип» матеріал для виготовлення сталь для виливок - нелегована 25Л ДСТУ 8781:2018. Широко використовується для виготовлення станини прокатних станів, шківів, траверси, поршнів, букс, кришки циліндрів, плит, рам рольгангів і візків, корпуса підшипників, деталей зварно-литих конструкцій і інші деталі, що працюють при температурі від -40 до 450°С. Зі сталі 25Л ДСТУ 8781:2018 доцільно виготовляти деталі, що зазнають дії навантажень на розтягання та згин.

Він виступає як гарний конструкційний матеріал, досить дешевий і такий, що має гарні ливарні властивості для забезпечення обираємого нами способу отримання заготівки

Розглянемо порівняльну характеристику заданої марки сталі з найближчою, а саме 35Л. Величині механічних властивостей та хімічного складу обох марок наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Механічні властивості та хімічний склад сталей 25Л та 35Л

Марка сталі	Хімічній склад					Механічні властивості після поліпшення			
	C %	Si %	Mn %	P %	S %	$\sigma_т$,	$\sigma_в$,	δ	ψ
						Мпа		%	
25Л	0,22…0,3	0,2…0,52	0,45...0,9	0…0,06	0…0,06	235	441	19	30
35Л	0,32...0,4	0,2…0,52	0,45...0,9	0…0,06	0…0,06	275	491	15	25

Для виготовлення деталей типу «Кривошип» використовують сталь ливарну нелеговану, що володіє високою міцністю, доброю оброблюваністю різанням, здатністю зміцнюватися в результаті термічної обробки. До них належать сталі 20Л, 30Л 35Л 40Л 45Л та ін. До матеріалу розглядуваної деталі висуваються вимоги, достатньої міцності деталі по всій довжині. Деталь має бути жорсткою при обробці різанням. З огляду на конструкцію кривошипа можна стверджувати, що сталь 25Л ДСТУ 8781:2018 достатньою мірою відповідає наведеним вимогам і коштує дешевше ніж аналог 35Л. Її широке застосування у машинобудуванні теж сприяє залишковому виборові на користь цієї марки для розглядуваної деталі «Кривошип».

2.5 Техніко-економічне обґрунтування методів отримання заготовок

Деталі, що виготовляються на машинобудівних заводах, можуть бути отримані із вихідних заготовок різного способу виготовлення. При доборі того чи

іншого методу одержання враховують насамперед близькість форми і розмірів заготовки і деталі, точність розмірів і трудомісткість виготовлення, витрати на заготівельну оснастку, продуктивність способу. Враховують також технологічні властивості матеріалу заготовки з точки зору придатності до даного способу виготовлення, програму випуску (річне замовлення), виробничі можливості підприємства (наявності устаткування, спорядження, промислових площ, ремонтної бази, к-сті працівників і службовців необхідної кваліфікації тощо), обсяг подальшої механічної обробки. Зазвичай добирають не один, а декілька альтернативних варіантів, для яких визначають техніко-економічні показники й на основі їхнього аналізу добирають найраціональніший.

Кожний спосіб виготовлення висуває специфічні вимоги технологічності до конструкції заготовки, як-от мінімальна товщина стінок, орієнтація заготовки при формоутворенні, наявність ребер жорсткості, місцевих скупчень металу, відгалужень тощо. Корпусні коробчасті заготовки закритої конструкції для всіх типів виробництва доцільно виготовляти литтям, ступінчастих валів з достатнім перепадом діаметрів – штампуванням. При цьому грубіша точність заготовок зменшує вартість їх виготовлення, але призводить до підвищення витрат на механічну обробку – зростає споживання енергії, швидше спрацьовується устаткування й різальний інструмент, погіршується точність, збільшується час обробки. За умов автоматизованого виробництва, де застосовується високо-вартісне металорізальне устаткування, метод автоматичного отримання розмірів з мінімумом підналагоджень, обробка деталей з найменшим числом перевстановлень, використовуються пристрої-супутники (палети), розмірне налаштування інструментів поза верстатом, точність заготовок і рівномірність припусків має вагоме значення. З ростом номенклатури виготовлюваної продукції і розміром виробничих партій гнучкі виробничі системи знаходять більшого поширення, вимагаючи підвищеної точності заготовок. Часто при наданні переваги конкретному методу виготовлення керуються таким показником, як $K_{в.м}$ (коефіцієнт використання металу), що значною мірою визначає собівартість і одержання заготовки і показує обсяг подальшої механічної обробки. Часто у

прагненні підвищення технологічності виникають протиріччя, наприклад спрощення зовнішніх обрисів заготовки за рахунок напусків і наближення до форми готової деталі, зменшення габаритних розмірів і підвищення жорсткості, поєднання декількох простих деталей в одну складну і зменшення трудомісткості виготовлення ливарних форм, штампів та ін. Досягнення компромісу між зазначеними особливостями багато в чому впливає на техніко-експлуатаційні властивості кінцевих виробів.

Розглянемо можливі варіанти виготовлення заготовки деталі «Кривошип». У якості першого виберемо литво у піщано-глиняні форми, бо цей метод найпоширеніший, не вимагає складної оснастки, легко піддається переобладнанню. У машинобудуванні ним виготовляють 75…80% виливків (за масою). Вартість отримання заготовок мінімальна, однак вартість їх механічної обробки більша порівняно з іншими методами литва. Найчастіше застосовується в одиничному та серійному виробництві, при високому ступені механізації – і в масовому.

Другий метод отримання заготовки – вільне кування. Ковальсько-штампувальне виробництво призначене для виготовлення виробів, що є машинобудівними заготовками. Ковальсько-штампувальне виробництво поступається ливарному виробництву в складності конфігурації отримуваних заготовок. Проте ковані і штамповані поковки відрізняються високими механічними властивостями, що забезпечує надійність і довговічність деталей, що виготовляються з них. Тому найбільш відповідальні, сильно навантажені деталі виготовляють із заготовок, отриманих куванням або штампуванням.

Серед безлічі способів отримання заготовок обробкою тиском найбільшого поширення набули вільне кування Заготовки, отримані вільним куванням, називають кованими поковками.

Кування зазвичай застосовують в одиничному і серійному виробництвах. Порівняння доцільності того чи іншого способу отримання заготовки зручно і просто провести на основі цін заготовки , отриманої різними способами. Розрахункова формула матиме наступний вигляд:

$$С_в = 0,001\cdot[С_{бв}\cdot G_в\cdot K_{тв}\cdot K_{св}\cdot K_{мв}\cdot K_{пмв}\cdot K_{ст} – (G_в – G_д)\cdot С_{вх}], \quad (2.1)$$

де $С_в$ і $С_{бв}$ – ціна виливка та ціна однієї тонни виливків, виготовлених з базового матеріалу (сталь 25Л ДСТУ 8781:2018), з базовою точністю та складністю виливка, грн., $С_{бв}$ = 6100 грн./т; $G_в$ – маса виливка, кг; наближено розраховується як:

$$G_в = G_д/K_{в.м}; \quad (2.2)$$

де $G_д$ – маса деталі, $G_д$ = 555 кг; $K_{в.м}$ – коефіцієнт використання металу при даному способі лиття, за $K_{в.м}$ = 0,70; тоді

$$G_в = 555/0,70 = 792.8 \text{ (кг)}.$$

$K_{тв}$ – коефіцієнт точності розмірів, $K_{тв}$ = 1,00 [2, с 351], $K_{св}$ – коефіцієнт конструктивної та технологічної складності виливка, $K_{св}$ = 1,19; $K_{мв}$ – коефіцієнт марки матеріалу, $K_{мв}$ = 1,2; $K_{пмв}$ – коефіцієнт програми річного замовлення (групи серійності) та маси виливка, $K_{пмв}$=1,18; $K_{ст}$ – коефіцієнт відносного потоншення основних стінок виливка порівняно з базовою товщиною, $K_{ст}$ = 1; $С_{вх}$ – ціна однієї тонни відходів даного матеріалу, $С_{вх}$ = 600 грн./т.

Таким чином, ціна виливка при литті у піщано-глиняні форми складе:

$$С_в = 0,001\cdot(6100\cdot 792.8\cdot 1\cdot 1,19\cdot 1,2\cdot 1,18\cdot 1 – (792.8 – 555)\cdot 600) = 8006 \text{ грн.}$$

Для визначення ціни кованки використуємо формули з поправковими коефіцієнтами, наприклад, як у:

$$С_к = 0,001\cdot[С_{бк}\cdot G_к\cdot K_{тк}\cdot K_{ск}\cdot K_{мк}\cdot K_{пк}\cdot K_{вк} – (G_к – G_д)\cdot С_{вх}], \quad (2.3)$$

де $С_к$ і $С_{бк}$ – ціна кованки та ціна однієї тонни кованок, виготовлених з базового матеріалу (сталь 25Л ДСТУ 8781:2018), з базовою точністю та складністю кованки, грн., $С_{бк}$ = 7350 грн./т; $G_к$ – маса кованки, кг; наближено розраховується як:

$$G_к = G_д/K_{в.м}; \quad (2.4)$$

де $G_д$ – маса деталі, $G_д$ = 555 кг;$K_{в.м}$ – коефіцієнт використання металу при даному способі обробки металу тиском, за $K_{в.м}$=0,4; тоді:

$$G_к = 555/0,4 = 1387,5 \text{(кг)}.$$

$K_{тк}$ – коефіцієнт точності розмірів, $K_{тк}$ = 1,15, $K_{ск}$ – коефіцієнт конструктивної та технологічної складності кованки, $K_{ск}$ = 0,99; $K_{мк}$ – коефіцієнт марки матеріалу,

$K_{мк}$ = 1,00; $K_{пк}$ – коефіцієнт програми річного замовлення (групи серійності) кованки, $K_{пк}$ = 1,11; $K_{вк}$ – коефіцієнт маси кованки, $K_{вк}$ = 0,71; $C_{вх}$ – ціна однієї тонни відходів даного матеріалу, $C_{вх}$ = 600 грн./т.

Таким чином, ціна кованки для вільного кування складе:

$$C_{к1} = 0{,}001 \cdot (7350 \cdot 1387{,}5 \cdot 1{,}15 \cdot 0{,}99 \cdot 1{,}11 \cdot 1 \cdot 0{,}71 - (1387{,}5 - 555) \cdot 600) = 8651 \text{ грн.}$$

Як бачимо, доцільніше застосовувати литво у піщано-глиняні форми.

Економічний ефект при застосуванні цього методу для заготовки деталі «Кривошип» становитиме:

$$E = (C_{в1} - C_{в2}) \cdot N_{вип} = (8651 - 8006) \cdot 200 = 129000 \text{ (грн).}$$

2.6 Вибір методів обробки поверхонь

Кожна деталь у складі вузла чи машини виконує певну функцію, задля якої вона і сконструйована. Різняться відповідно і вимоги, що висуваються до службових поверхонь деталі, переважно щодо точності, шорсткості, твердості поверхневого шару. Досягнення ж необхідних значень вказаних величин може проводитись різними методами механічної обробки. Вибір конкретного маршруту обробки залежить від габаритних розмірів, виду та ступеня точності вихідної заготовки, механічних властивостей матеріалу, наявності належного устаткування та промислових потужностей.

Проектуючи маршрути обробки поверхонь (МОП), слід керуватися правилом поступового підвищення точності обробки, тобто з досягненням точнішого квалітету має одночасно підвищуватися і показники шорсткості й точності взаємного розташування і форми поверхонь, щоб можна було застосувати методи остаточної обробки, котрі, в свою чергу, неможливі без методів попередньої обробки.

Досягнення необхідної кінцевої точності поверхні можливе, як правило, декількома шляхами. Не виключено, що при цьому число власне переходів обробки різанням також може мати різне значення. Надавати перевагу слід маршруту з меншою кількістю переходів, що знизить собівартість обробки за

інших однакових умов унаслідок скорочення машинного часу. Рекомендується застосовувати обраний маршрут обробки і для інших однотипних поверхонь цієї ж деталі, що дає змогу повніше використовувати верстати, скорочувати транспортні операції, номенклатуру різального інструменту, підвищити точність обробки. Варіант обробки поверхонь деталі «Кривошип» наведено у таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Можливі варіанти маршрутів обробки поверхонь деталі «Кривошип»

Позна	Квалі	Допус к за	Шорс ткість	Допус к	Квалі	Загал ьне	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалі	Досяг нутий	Коефі цієнт	Загал ьне
							Н	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	12	460	6,3	2900	16	6.3		Фрезерування чорнове	14	1150	2,52	6,3
								Фрезерування чистове	12	460	2,5	
2	12	570	6,3	3600	16	6,3		Фрезерування чорнове	14	1400	2,57	6,3
								Фрезерування чистове	12	570	2,45	
3	12		6,3					Довбання паза	12			
4	10		3,2					Довбання паза	10			
5	7	35	1,6	2200	16	69,2		Розточування чорнове	13	540	4,07	69,2
								Розточування напівчистове	10	140	3,85	
								Розточування чистове	8	54	2,59	
								Розточування тонке	7	35	1,54	
6	14		16					Довбання паза	14			
7	14	360	12,5	2000				Фрезерування однократне	14			
8	14	360	6,3	1600	16	4,4		Фрезерування чорнове	15	580	2,75	4,4
								Фрезерування чистове	14	360	1,61	

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9 - 13	7	35	1,6	2200	16	69,2		Розточування чорнове	13	540	4,07	69,2
								Розточування напівчистове	10	140	3,85	
								Розточування чистове	8	54	2,59	
								Розточування тонке	7	35	1,54	
14	14	360	12,5		16			Фрезерування однократне	14	360		
15	14	1000	12,5		16			Фрезерування однократне	14	1000		
16	12	250	12,5		16			Фрезерування в 3 проходи	12	250		
17	14	740	16		16			Фрезерування однократне	14	740		
18	12	250	12,5		16			Фрезерування однократне	12	250		
19	14	740	16		16			Фрезерування однократне	14	740		
20	12	250	12,5		16			Фрезерування в 3 проходи	12	250		
21	14	520	12,5					Свердлення	14	620		
22	14	520	12,5					Свердлення	14	620		
23	14	740	16					Фрезерування однократне	14	740		
24	14	740	16					Фрезерування однократне	14	740		

2.7 Розробка маршрутів виготовлення деталей

Розробка маршрутного ТП механічної обробки є основою всього технологічного розділу. Від повноти розробки ТП залежать організація в-ва і майбутні техніко-економічні розрахунки. Треба виділити операції, в яких можливо задіяти верстати, пристосування, ріжучий та вимірювальний інструмент. Розробка маршрутів виготовлення має бути заснована на використанні науково-технічних досягнень і направлене на підвищеня технічного рівня виробництва, якості продукції, та продуктивності праці. При розробці

нового технологічного процеса механічної обробки необхідно зважити на позитивні та негативні моменти діючого технологічного процесу на деталь що виготовляється. При аналізі технологічного процесу, необхідно звернути увагу на рівень механізації та автоматизації всіх виробничих процесів. Враховуючи міркування, наведені в попередніх розділах, та спираючись на базові технологічні процеси виготовлення деталей, проектуємо вдосконалені технологічні процеси, які більш наближені до сучасних умов виробництва. Застосуванням верстатів з ЧПК можна створити гнучке (тобто легко переналагоджуване виробництво).

2.8 Вибір технологічних баз

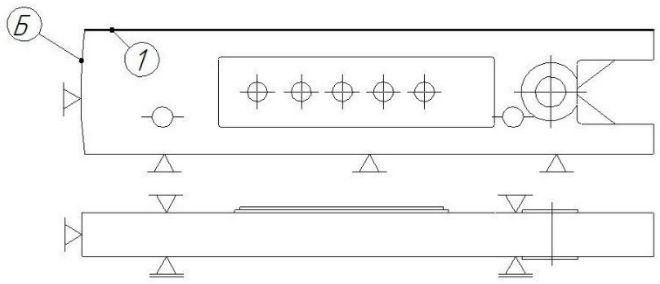
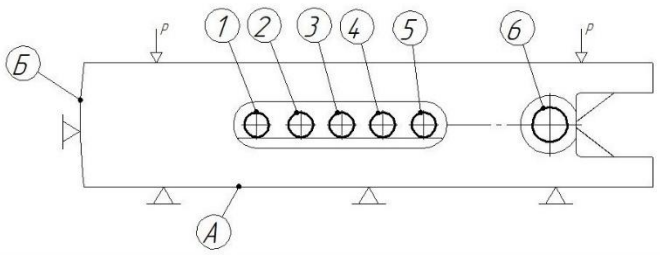
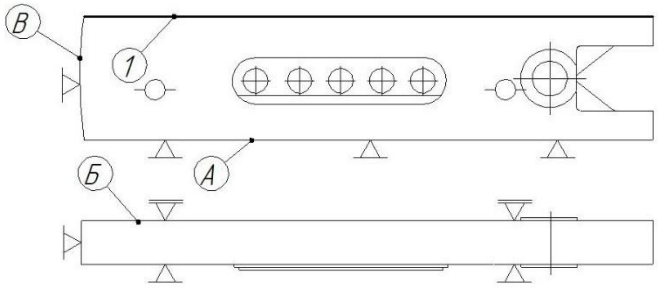
Правильний вибір методів базування, тобто орієнтування заготовки відносно системи «верстат-пристосування-інструмент» найбільшою мірою визначає фактичну точність виконання розмірів, точність взаємного розташування поверхонь, ступінь складності пристосувань і різального інструменту, величину придатності обробного устаткування до якісного виконання певної операції.

На практиці часто визначають метод базування за типовими рекомендаціями, наведеними у довідниках з обробки різанням, а також маршрутами обробки подібних деталей. Це значно полегшує підбір оснащення до верстатів, і визначає переважний метод обробки. У будь-якому випадку прагнуть використати такий метод базування, який би давав найменшу похибку, а також не вимагав би унікальних пристосувань. Також деталь повинна мати мінімальну к-сть перевстановлень і найменшу к-сть різних баз. Суттєво впливає на вибір тієї чи іншої поверхні як бази і її стан на даному етапі обробки, особливо після заготівельних операцій. Так, чорнова база не повинна мати грубих дефектів, випорів, ливників, забоїн, задирок тощо. База має забезпечувати зручне, стійке та надійне встановлення і закріплення заготовки. При цьому слід прагнути до об'єднання конструкторської, технологічної та вимірювальної баз, або, інакше кажучи, дотримуватись принципу єдності баз.

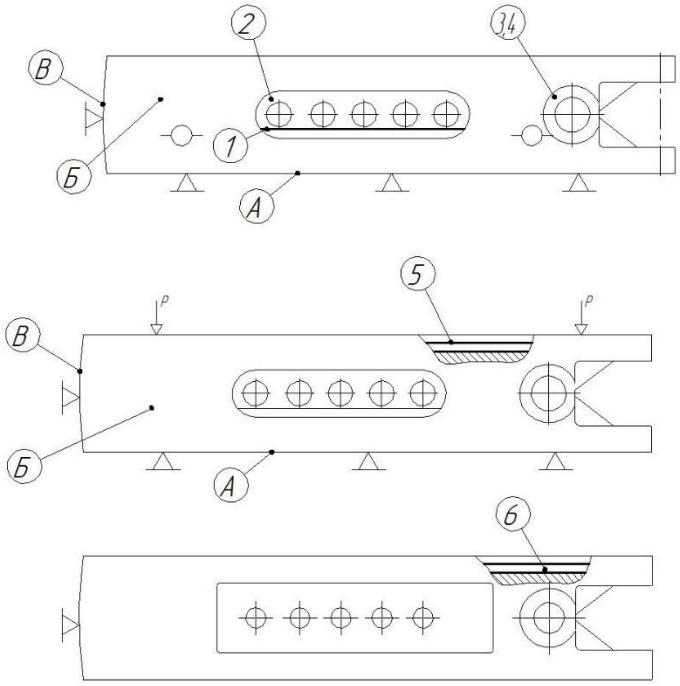
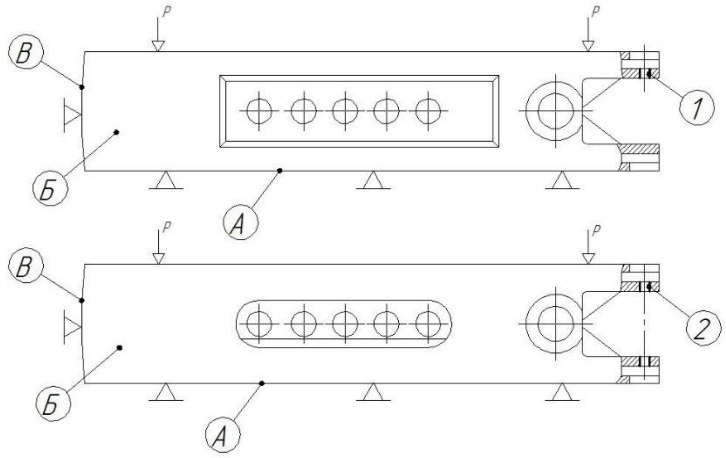
Наведені нижче рекомендації щодо базування деталей містять найбільш суттєві вимоги до поверхонь деталі з технологічної точки зору, яких потрібно дотримуватися у першу чергу.

Чорнові бази мають бути найвідповідальнішими з точки зору експлуатаційного призначення. Це забезпечить на подальших операціях рівномірність припусків та однорідну якість поверхонь.

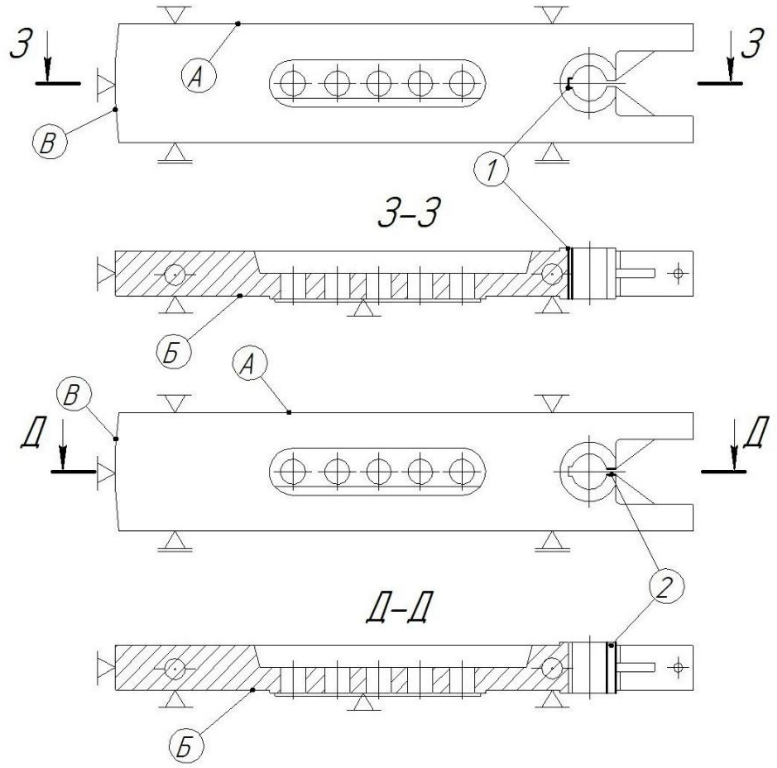
Таблиця 2.5 - Схеми базування при обробці деталі «Кривошип»

Номер і назва операції	Схема базування	Примітки
015 Поздовжньо-строгальна		1 – оброблювані поверхні. А – технологічна установча явная база Б – технологічна напрямна явна база. В – технологічна упорна явна база.
020 Розточна з ЧПК		1-6 – оброблювані поверхні А – технологічна установча явная база. Б – технологічна напрямна явная база В – технологічна упорна явна база.
025 Поздовжньо-строгальна		1 – оброблювані поверхні А – технологічна установча явная база Б – технологічна напрямна явная база В – технологічна упорна явна база

Продовження таблиці 2.5

Номер і назва операції	Схема базування	Примітки
030 Фрезерно-свердлильна		1-6 – оброблювані поверхні А – технологічна установча явная база Б – технологічна напрямна явная база В – технологическая упорна явна база
035 Фрезерно-свердлильна		1,2 – оброблювані поверхні А – технологічна установча явна база. Б – технологічна напрямна явна база. В – технологічна упорна явна база.

Продовження таблиці 2.5

Номер і назва операції	Схема базування	Примітки
040 Довбальна		1,2 – оброблювані поверхні. А – технологічна установча явна база Б – технологічна напрямна явна база. В – технологическая упорна явна база.

Поверхні-бази повинні бути простої форми та достатньої протяжності. Заготовка має займати відповідне місце у затискному пристрої під дією власної ваги.

Поверхні-бази мають бути чистими для забезпечення однозначності базування та не містити грубих вад.

При базуванні повинна допускатися можливість обробки з однієї установки якомога більшої к-сті поверхонь.

Слід чітко відокремити чорнову та чистову бази, щоб звести нанівець місцеві відхилення форми й розташування поверхонь, властиві чорновій базі, і забезпечити найбільшу точність обробки і контролю від чистової бази.

Зважаючи на вищесказане, мною були підібрані схеми базування деталі «Кривошип», котрі наведені у таблиці 2.5.

2.9 Вибір металорізальних верстатів

Таблиця 2.6 – Металорізальні верстати для обробки деталі «Кривошип»

Номер операції	Найменування та модель верстата	Розміри робочої поверхні столу (діаметр поворотної частини столу), мм	Коротка технічна характеристика		
			Діапазон частот обертання шпинделя, $хв^{-1}$	Діапазон подач, мм/хв	Потуж-ність електро-двигуна, кВт
1	2	3	4	5	6
015, 025	Поздовжньо-строгальний моделі 7110	900-3000	6-90м/хв	0,25-25	75
020	Горизонтально-розточувальний, модель 2А622Ф4	1250-2000	4…2000	1,0...3200	20
035	Повздовжньо-фрезерний верстат 6М610	1000-3150	10…1250	4…3000	37
040	Довбальний 7414	1600	2-30м/хв	0,2-10 мм/подв. хід	42

Після визначення к-сті операцій обробки різанням та виду обробки, схем базування на всіх переходах, виконують підбір металорізального устаткування, намагаючись повніше завантажувати верстат, виконувати найменше допоміжних рухів, застосовувати концентрацію операцій, обробку за один установ якомога більшої к-сті поверхонь. Серед прогресивних напрямків технології машинобудування слід відзначити рекомендації до застосування багатошпиндельних та багатоінструментальних обробок, магазинних оснащень різальним інструментом, тобто рішень, що дають змогу скоротити штучний час на обробку.

Особливості операції та необхідна точність, серійність виробництва а також вид обробки (чорнова чи чистова) також визначають вид верстата у межах однієї групи. Так, дорожче програмне обладнання виправдано використовувати на остаточних переходах (чистових операціях), у чому і проявляється його перевага,

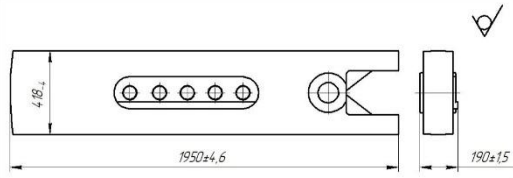
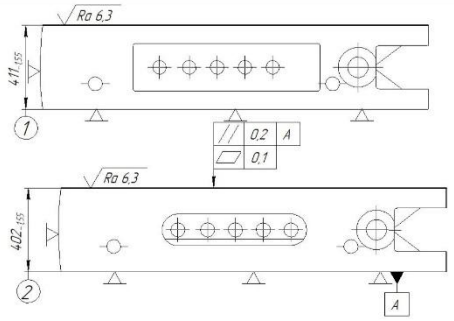
а дешевше універсальне – на чорнових, де до того ж не вимагається велика розмірна точність. Застосування спеціалізованих і агрегатних верстатів має чітко обгрунтовуватись, і доцільність їхнього застосування ймовірніше при великих програмах випуску виробів (крупносерійний і масовий тип виробництва). Маючи середньосерійний тип виробництва, орієнтуємось при обробці деталей на універсальні верстати (чорнові операції), верстати з ЧПК (чистові операції).

Вибране устаткування для деталі «Кривошип» зведено до таблиці 2.6.

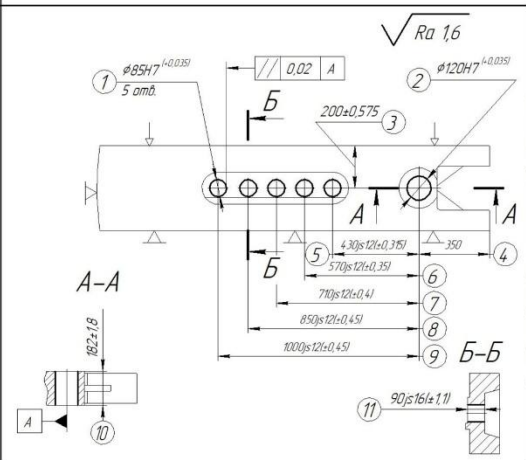
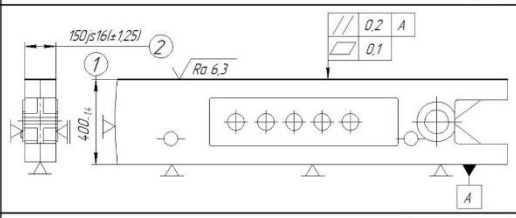
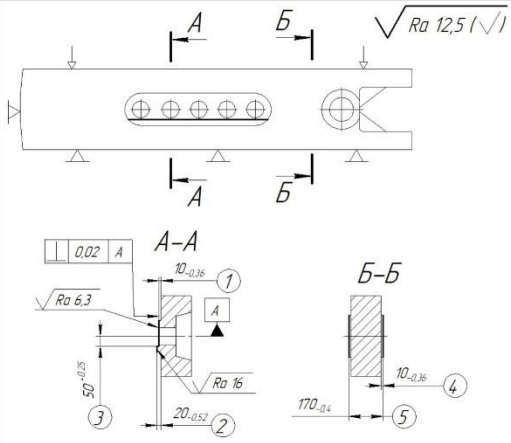
2.10 Розробка структури та змісту технологічних операцій

Обираючи верстатні пристосування, намагаємось використовувати стандартні вироби, висвітлені у довіднику, а там, де це доцільно або зумовлене конструкцією деталі, – спеціалізовані пристосування. До типових стандартних пристроїв, що широко застосовуються, належать лещата, пересувні прихвати, тощо.

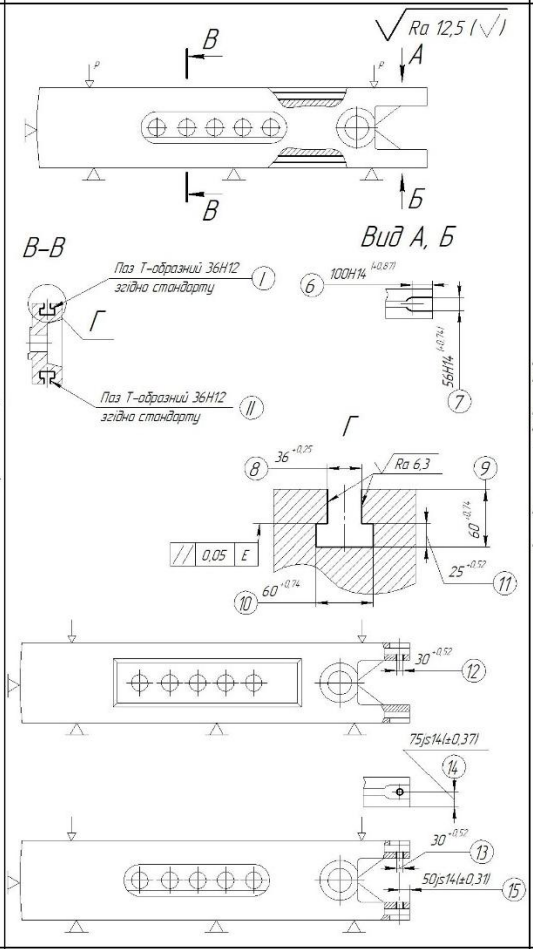
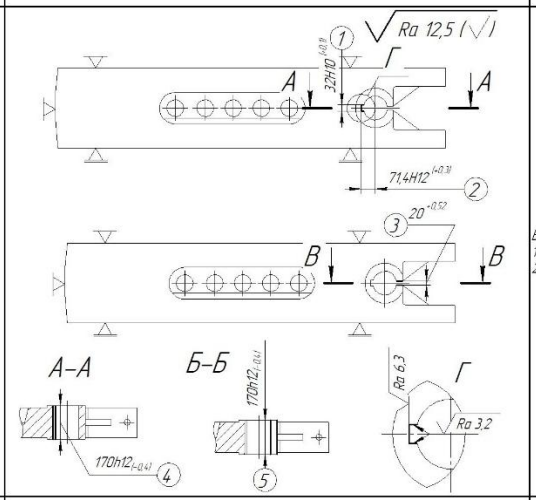
Таблиця 2.7 – Структура та зміст технологічних операцій обробки деталі «Кривошип»

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата, пристосування	Операційний ескіз	Назви та зміст переходів та установів	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент і контрольне оснащення
005 Заготівельна	Модельний комплект 3705-0225, форма 3522-0620		Лиття у піщано-глиняні форми (матеріал деталі – Сталь 25Л ДСТУ 8781:2018)	—	Рулетка Р2НЗК ДСТУ 4179-2003
010 Термічна	Піч камерна електрична СНЗ 11.22.7.0/10	—	Нормалізація 880 – 900°С	—	Твердомір ТБ 5056 ДСТУ ISO 6506-12007
015 Подовжньо-строгальна	Подовжньо-строгальний 7110 Лещата верстатні 7200-0231 згідно стандарту		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Струготи поверхню, витримуючи розмір 1. Перевстановити деталь, закріпити, зняти. 2. Струготи поверхню, витримуючи розмір 2 попередньо (до 404,155). 3. Струготи поверхню, витримуючи розмір 2.	1,2 Різець строгальний 2171-0007 Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015 3. Різець строгальний 2171-0007 Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015	Штангенциркуль ШЦ-III-500-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Пристосування контрольне КНУ.КМР.131.25.1-13.ПК

Продовження таблиці 2.7

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата, пристосування	Операційний ескіз	Назви та зміст переходів та установів	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент і контрольне оснащення
020 Розточувальна з ЧПК	Горизонтально-розточувальний 2А622Ф4 Прихвати пересувні 7011-0160 згідно стандарту		Встановити, закріпити та зняти деталь. 1. Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до ⌀114,5 +0,54), 3, 4, 10 начорно. 2.Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до ⌀118,5 +0,14), 3, 4, 10 попередньо. 3. Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до ⌀119,7 +0,054), 3, 4, 10 напівчисто. 4. Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2, 3, 4, 10 начисто. 5. Розточити 5 отворів наскрізь витримуючи розмір 1 (до ⌀82,1 +0,54), 5–9, 11, начорно. 6.Розточити отвори наскрізь витримуючи розмір 1 (до ⌀84 +0,14), 5–9, 11, попередньо. 7. Розточити отвори наскрізь витримуючи розмір 1 (до ⌀84,7 +0,054), 5–9, 11 напівчисто. 8. Розточити отвори наскрізь витримуючи розмір 1, 5–9, 11, начисто.	1–4. Оправка розточувальна 6300–0808 згідно стандарту 1,2. Різець розточувальний 2142–0135 Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015 3,4. Різець розточувальний 2142–0135 Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015 5–8. Оправка розточувальна 6300–0806 згідно стандарту 5,6. Різець розточувальний 2142–0128 Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015 7,8. Різець розточувальний 2142–0128 Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015	Штангенциркуль ШЦ-III-125–0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Нутромір НИ 50–100–2 згідно стандарту Нутромір НИ 100–160–2 згідно стандарту Калібр-пробка 8136–0013 Н7 згідно стандарту Калібр-пробка 8140–0007 Н7 згідно стандарту Набір зразків шорсткості 1,6–12,5 ШЧ згідно стандарту
025 Подовжньо-строгальна	Подовжньо-строгальний 7110 Лещата верстатні 7200–0231 згідно стандарту		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Стругати поверхню, витримуючи розмір 1, 2.	1. Різець строгальний 2171–0007 Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015	Штангенциркуль ШЦ-III-500–0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Пристосування контрольне КНУ.КМР.131.25.1–13.ПК
030 Фрезерно-свердлильна	Подовжньо-фрезерний верстат 6М610 Прихвати пересувні 7011-0160 згідно стандарту		Встановити деталь, закріпити, зняти. 1. Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір 2. 2.Фрезерувати поверхні попередньо, витримуючи розміри 21 -0,52 та 49 +0,62. 3.Фрезерувати поверхні кінцева, витримуючи розміри 1 та 3. 4.Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір 4. 5.Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір 5.	1,2. Фреза торцева ⌀160 2214–0158 Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015 3. Фреза торцева ⌀160 2214–0158 Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015 4,5. Фреза торцева ⌀250 2214–0471 Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015	Штангенглибиномір ШГ–160–0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Штангенциркуль ШЦ-III-125–0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Штангенциркуль ШЦ-III-200–0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018

Продовження таблиці 2.7

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата, пристосування	Операційний ескіз	Назви та зміст переходів та установів	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент і контрольне оснащення
030 Фрезерно-свердлильна	Подовжньо-фрезерний верстат 6М610 Пристрій спеціальний КНУ.КМР.131.25–16.ПС Прихвати пересувні 7011–0160 згідно стандарту		6. Фрезерувати паз I Т-образний 36Н12, витримуючи розміри 8, 9. 7. Фрезерувати паз I Т-образний 36Н12, витримуючи розміри 11, 10. 8. Фрезерувати паз витримуючи розмір 6, 7. 9. Свердлити отвір, витримуючи розміри 12, 14, 15. Перевстановити деталь, закріпити, зняти. 10. Фрезерувати паз II Т-образний 36Н12, витримуючи розміри 8, 9. 11. Фрезерувати паз II Т-образний 36Н12, витримуючи розміри 10, 11. 12. Фрезерувати паз витримуючи розмір 6, 7. 13. Свердлити отвір, витримуючи розміри 13, 14, 15.	6,10. Фреза кінцева ⌀36 2232–0015 Р6М8 ДСТУ 8541:2015 7,11. Фреза для обробки Т-образних пазів 2252–0164. Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015 8,12. Фреза кінцева ⌀56 2223–0785 ДСТУ ISO 513:2015 9,13. Свердло спіральне ⌀30 2301–0106 Р6М5 ДСТУ 8541:2015	Штангенглибиномір ШГ–160–0,1 ДСТУ EN ISO 13385–1:2018 Штангенциркуль ШЦ–III–125–0,1 ДСТУ EN ISO 13385–1:2018 Шаблон спеціальний 0085–0475. Шаблон спеціальний 0205–0305. Калібр-пробка 8136–0031 Н14 згідно стандарту
035 Довбальна	Довбальний 7414 Лещата верстатні 7200–0231 згідно стандарту		Встановити деталь, закріпити, зняти. 1. Довбати паз, витримуючи розмір 1, 2, 4. 2. Довбати паз, витримуючи розмір 3, 5.	1.Різець довбальний для шпонкових пазів 2184–0572 ДСТУ ISO 513:2015 2.Різець довбальний прохідний 2180–0802 ДСТУ ISO 513:2015	Штангенциркуль ШЦ–III–125–0,1 ДСТУ EN ISO 13385–1:2018 Калібр-пробка шпонкова 8313–0207 згідно стандарту Шаблон спеціальний 1658–5632
040 Слюсарна	Слюсарний верстак 0201–1025	—	Притупити гострі крайки	Шліфмашина пневматична ИП 2014Б	—
045 Мийна	Мийна машина МР–1000 2684–5628	—	Мити деталь у розчині кальцинованої соди за $t° = 70°C$. Промити у воді.	—	—
050 Фарбувальна	Камера фарбування П3.1717.00 4258–0540	—	Фарбувати деталь	Фарба алкідна ПФ–115 10–02–2867 Пістолет розпилювач пневматичний ПРП.04 Компресор Tarex 73К005	Метод оцінки за зовнішнім виглядом
055 Контрольна	Стіл ВТК 0253–4586 Плита 1–0–1600×1000 згідно стандарту 6524–0530	—	Контролювати деталь відповідно до креслення	—	—

З метою адаптації оснащення до прогресивних умов серійного виробництва замінюю пристосування з ручним приводом на механізовані, що оснащені пнемоприводом, на сверлильно-фрезерній операції 030, для фрезерування Т-образного паза, оскільки це дає виграш у часі на операції затискання-розтискання. На обладнанні з ЧПК я залишаю існуючі пристосування, які повністю адаптовані до особливостей його роботи. Для корпусних деталей якомога більше стандартних і уніфікованих опорних і затискних одиниць, що полегшує конструювання цих пристроїв.

Розроблена структура наведена у таблиці 2.7.

2.11 Вибір верстатних пристосувань

Вибір типу та розмірів пристосування до верстата визначається з урахуванням вибраної теоретичної схеми базування, розмірів поверхонь-баз, серійності виробництва.

Використовуючи літературу вибираємо конкретні моделі пристроїв. Відомості про них представлені у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Пристосування для обробки деталі «Кривошип»

Номер операції	Найменування пристосування	Код
015	Лещата верстатні	7200-0231
020	Прихвати пересувні	7011-0160
025	Лещата верстатні	7200-0231
030	Пристрій спеціальний	КНУ.КМР.131.25.1-13.ПС
	Лещата верстатні	7200-0231
035	Лещата верстатні	7200-0231

2.12 Вибір різальних інструментів

У цьому розділі проводимо вибір різальних інструментів для обробки деталі «Кривошип». При виборі різальних інструменті враховувались їх основні конструктивні розміри (розміри перетину тримача різця, номер конуса Морзе для

осьового інструменту, розмір інструментального конуса 7:24 для оправок тощо). В цілому інструмент стандартизований. Перевага між різними варіантами одного типу інструменту (наприклад, різців) надавалася тим конструкціям, що є збірними, зокрема зі змінними багатогранними пластинами. Таке рішення найповніше відповідає умовам прогресивного автоматизованого виробництва.

Характеристики різальних інструментів наведені у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Різальний інструмент для обробки деталі «Кривошип»

Номер		Назва інструмента	Стандарт	Різальна частина	Кіль-Кість
опе-рац	пере-ходу		Код	Марка	
1	2	3	4	6	8
015	1,2	Різець строгальний	2171-0007	Т5К10	1
	3	Різець строгальний	2171-0007	Т15К6	1
020	1-4	Оправка розточувальна	6300-0808	--	1
	1,2	Різець розточувальний	2142-0135	Т5К10	1
	3, 4	Різець розточний	2142-0135	Т15К6	1
	5-8	Оправка розточувальна	6300-0806	--	1
	5,6	Різець розточувальний	2142-0128	Т5К10	1
	7,8	Різець розточувальний	2142-0128	Т15К6	1
025	1	Різець строгальний	2171-0007	Т15К6	1
030	1,2	Фреза торцева ∅160	2214-0158	Т5К10	1
	3	Фреза торцева ∅160	2214-0158	Т15К6	1
	4,5	Фреза торцева ∅250	2214-0471	Т5К10	1
	6,10	Фреза кінцева ∅36	2232-0015	Р6М5	1
	7,11	Фреза для обробки Т-образних пазов ∅60	2252-0061	Т5К10	1
	8,12	Фреза кінцева ∅56	2223-0785	Р6М5	1
	9,13	Свердло спіральне∅30	2301-3106	Р6М5	1
035	1	Різець довбальний для шпоночних пазов	2184-0572	Р6М5	1
	2	Різець довбальний прохідний	2180-0802	Р6М5	1

2.13 Вибір вимірювальних інструментів та пристосувань

При проведенні технічного контролю на операціях застосовується різні вимірювальні інструменти, при виборі яких зважають на точність та трудомісткість вимірювання, тип виробництва, вартість самих вимірювальних приладів, ергономічність та безпечність вимірювальних засобів. Дані про вимірювальні пристрої наведені у довідниках.

Вибрані вимірювальні інструменти наведені у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Вимірювальний інструмент та контрольні пристрої для деталі «Кривошип»

Номер		Параметр деталі, що контролюється	Назва вимірювального інструменту	Стандарт
опе-рації	переходу			Код
1	2	3	4	5
005		l=1950±4,6; l=418$_{-4}$; l=190±1,5	Рулетка Р2Н3К	
015	1, 2, 3	l=411$_{-1,55}$; l=404$_{-1,55}$; l=402$_{-1,55}$	Пристосування Контрольне	КНУ.КМР.131.25.1-13.ПС
			Штангенциркуль ШЦ-ІІІ-500-0,1	
020	1, 2, 5, 6	Ø114,5 $^{+0,54}$;Ø118,5 $^{+0,14}$; Ø82,1 $^{+0,54}$;Ø84 $^{+0,14}$	Штангенциркуль ШЦ-ІІІ-125-0,1	–
	3	Ø119,7 $^{+0,054}$	Нутромір НИ 100-160-2	–
	7	Ø84,7 $^{+0,054}$	Нутромір НИ 50-100-2	–
	4	Ø120 $^{+0,035}$	Калібр-пробка Н7 Набір зразків шор-сткості 1,6-12,5 ШЧ	8140-0007
	8	Ø85 $^{+0,03}$	Калібр-пробка Н7 Набір зразків шорсткості 1,6-12,5 ШЧ	8136-0013

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5
025	1	$l=400_{-0,57}$	Штангенциркуль ШЦ-III-500-0,1	–
			Пристосування контрольне	КНУ.КМР.131.25.1-13.ПС
030	1, 2, 3, 4, 8,12	$l=20_{-0,52}$; $l=50^{+0,25}$; $l=10_{-0,36}$; $l=100^{+0,87}$;; $l=49^{+062}$;$l=21^{-0,52}$ $l=56^{+0,74}$	Штангенциркуль ШЦ-III-125-0,1	–
	5	$l=170_{-0,4}$	Штангенциркуль ШЦ-III-200-0,1	–
030	6, 10	$36^{+0,25}$	Шаблон спеціальний	0085-0475.
	7, 11	$60^{+0,74}$	Шаблон спеціальний 0205-0305.	8133-0944
	9, 13	$\emptyset 30^{+0,52}$	Калібр-пробка Н14	8136-0031
035	1	$b=32^{+0.1}$	Штангенциркуль ШЦ-III-125-0,1 Калібр-пробка шпонкова	8313-0207
	2	$b=20^{+0,52}$	Шаблон спеціальний	1658-5632

2.14 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів деталі

Припуски поверхонь деталі визначено за довідниковими таблицями.

Отримані результати по усім поверхням заносимо в таблицю 2.11

Таблиця 2.11 - Припуски на механічно оброблювані поверхні деталі «Кривошип»

№ поверхні	Найменуваня поверхні	Найменування переходу	Припуск Z_{min}, мм
1	2	3	4
1	Площина	Стругання чорнове	7
		Стругання чистове	2
2	Площина	Стругання чорнове	7
		Стругання чистове	2
3	Паз	Довбання попередне	20
		Довбання чистове	12
4	Паз	Довбання очистове	13,5
5	Циліндрічна	Розточування чорнове	5,75
		Розточування напівчистове	2
		Розточування чистове	0,6
		Розточування тонке	0,15
6	Паз	Довбання одноразове	30
7	Площина	Фрезерування одноразове	5
8	Площина	Фрезерування чорнове	4
		Фрезерування чистове	1
9-13	Циліндрічна	Розточування чорнове	2,25
		Розточування напівчистове	0,95
		Розточування чистове	0,35
		Розточування тонке	0,15
14	Торець	Фрезерування одноразове	5
15	Торець	Фрезерування одноразове	7
16	Паз	Фрезерування трехкратне	60
17	Паз	Фрезерування одноразове	24
18	Площина	Фрезерування чистове	1
19	Паз	Фрезерування одноразове	24
20	Паз	Фрезерування триразове	60
21	Циліндрічна	Свердлення	15
22	Циліндрічна	Свердлення	15
23	Паз	Фрезерування одноразове	20
24	Паз	Фрезерування одноразове	20

2.15 Розрахунок режимів різання

Таблиця 2.12 – Режими різання при обробці деталі «Кривошип»

Номер		Найменування поверхні	Глибина різання t, мм	Подача		Швидкість різання v, м/хв	Частота обертаня n, об/хв	Потужність різання N, кВт	Основний час t_o, хв
операції	переходу			S_o, мм/об	Sхв, мм/хв				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
015	1	Площина 411 $^{-1,55}$	7	0.5		36	–	6,8	53,1
	2	Площина 409 $^{-1,4}$	7	0.5		32	–	6,8	53,1
	3	Площина 402$^{-1.4}$	2	0.55		27,2	–	3,5	51,8
020	1	Отвір ∅114,5 $^{+0,54}$	5,75	0,5	–	57,5	160	6,36	11,2
	2	Отвір ∅118,5 $^{+0,14}$	2	0,45	–	93,0	250	3,42	7,95
	3	Отвір ∅119,7 $^{+0,054}$	0,6	0,1	–	187,9	500	0,52	17,9
	4	Отвір ∅120 $^{+0,035}$	0,15	0,05	–	237,4	630	0,25	28,4
	5	Отвір ∅ 82,1 $^{+0,87}$	2,25	0,48	–	154,7	600	2,86	0,33
	6	Отвір ∅ 84,0 $^{+0,35}$	0,95	0,45	–	211	800	3,52	0,26
	7	Отвір ∅ 84,7 $^{+0,14}$	0,35	0,12	–	531,9	2000	1,7	0,31
	8	Отвір ∅85,0 $^{+0,035}$	0,15	0,1	–	533,8	2000	1,34	0,47
025	1	Площина 400 $^{-0,57}$	2	0.55		27,2	–	3,5	51,8
030	1	Площина 20 $^{-0,52}$	5		384	100,5	200	4,8	1,83
	2	Площина 11 $^{-0,52}$	4		264	80,4	160	10,4	3,1
	3	Площина 10 $^{-0,52}$	1		182	125,6	250	2,99	4,49
	4	Площина 10 $^{-0,52}$	5		264	98,1	125	19,8	0,78
	5	Площина 170 $^{-0,4}$	7		182	78,5	100	20,7	1,13
	6	Паз 36 $^{+0,25}$	20•3		34,4	18,1	160	1,5	173,37
	7	Паз 60 $^{+0,74}$	24		34,4	16,1	80	4,27	58,6
	8	Паз 56 $^{+0,74}$	20		48	35,2	200	6,0	2,75
	9	Отвір ∅30 $^{+0,52}$	15	0,35		15,1	160	2,12	0,73
	10	Паз 36 $^{+0,25}$	20•3		34,4	18,1	160	1,5	173,37
	11	Паз 60 $^{+0,74}$	24		34,4	16,1	80	4,27	58,6
	12	Паз 56 $^{+0,74}$	20		48	35,2	200	6,0	2,75
	13	Отвір ∅30 $^{+0,52}$	15	0,35		15,1	160	2,12	0,73
035	1	Паз 32 $^{+0,1}$	20	0,1		18		0,07	11,94
	2	Паз 32 $^{+0,1}$	12	0,1		18		0,05	11,94
	3	Паз 20 $^{+0,52}$	20	0,1		18		0,07	14,19

Ключовими факторами процесу обробки різанням є режими різання, що призначаються для кожного переходу технологічного процесу. До поняття

«режими різання» відносять глибину різання t (мм), подачу s (мм/об, мм/хв,), швидкість різання v (м/хв для лезової обробки. Додатковим параметром є частота обертання верстата n (об/хв).

Режими різання добирають з урахуванням припусків на обробку поверхонь і з умови найвищої продуктивності або найнижчої собівартості і трудомісткості.

Також враховують жорсткість технологічної системи, вимоги до шорсткості, твердість матеріалу, вихідний стан оброблюваної поверхні, геометрію та матеріал різального інструменту, наявність у зоні різання мастильно-охолоджувальних середовищ.

Режими різання можуть визначатися аналітичним методом або ж призначатись за довідниками.

2.16 Технічне нормування операцій

Норми часу на виконання обробних операцій визначаються наступним чином:

$$t_{шт} = t_o + t_д + t_{техн.\ обсл} + t_{орг.\ обсл} + t_{пер}, \quad (2.27)$$

де $t_{шт}$ – норма штучного часу, хв;

t_o – основний час обробки;

$t_д$ – допоміжний час;

$t_{техн.\ обсл}$ та $t_{орг.\ обсл}$ – відповідно час технічного й організаційного обслуговування;

$t_{пер}$ – час на перерви працівника та фізіологічні потреби.

Допоміжний час включає наступні елементи: $t_{д1}$ – час на встановлення за зняття деталі; $t_{д2}$ – час на підведення/відведення різального інструмента; $t_{д3}$ – час на керування верстатом; $t_{д4}$ – час на здійснення контрольних вимірювань.

Оперативний час:

$$t_{оп} = t_o + t_д; \quad (2.28)$$

Норма часу на технічне обслуговування устаткування [12, с. 874]:

$$t_{техн.\ обсл} = 0{,}06 \cdot t_o; \quad (2.29)$$

Норма часу на організаційне обслуговування [12, с. 876]:

$$t_{орг.\ обсл} = 0{,}08 \cdot t_{оп}; \quad (2.30)$$

Норма часу перерв на відпочинок та особисті потреби [12, с. 876]:

$$t_{пер} = 0{,}025 \cdot t_{оп}. \quad (2.31)$$

Відповідним чином визначаємо норми часу для усіх операцій. Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.13. Для порівняння з базовими технологічними процесами розрахованих норм часу наведемо дані базових технологічних процесів, які подані у таблицях 2.13 та 2.14.

Таблиця 2.13 – Норми часу на обробку деталі «Кривошип», хв (розроблений технологічний процес)

Номер операції	$t_о$	$t_д$	$t_{техн.\ обсл}$	$t_{орг.\ обсл}$	$t_{пер}$	$t_{шт}$
015	158	23,29	9,48	14,5	4,53	209,8
020	66,82	17,89	4,01	6,78	2,12	97,62
025	51,8	11,7	3,11	5,08	1,59	73,28
030	478,23	24,43	28,69	40,21	12,57	584,13
035	26,13	33,31	1,57	4,76	1,49	67,26
					Σ	1032,09

Таблиця 2.14 – Норми часу на обробку деталі «Кривошип», хв (базовий технологічний процес)

Номер операції	$t_о$	$t_д$	$t_{техн.\ обсл}$	$t_{орг.\ обсл}$	$t_{пер}$	$t_{шт}$
015	158	23,29	9,48	14,5	4,53	209,8
020	66,82	32,08	4,01	7,91	2,47	113,29
025	51,8	11,7	3,11	5,08	1,59	73,28
030	11,33	35,95	0,68	3,78	1,18	52,92
035	469,44	38,19	28,17	40,61	12,69	589,11
040	1,46	11,41	0,09	1,03	0,32	14,31
0,45	26,13	33,31	1,57	4,76	1,49	67,26
					Σ	1119,96

Знайдемо різницю в часі між розробленими технологічними процесами та базовими.

Для деталі «Кривошип»:

$$\Delta t_{крив} = \Sigma t_{шт\ баз} - \Sigma t_{шт\ розр} = 1119,96 - 1032,09 = 87,87\ (хв);$$

За отриманими величинами норм часу базових і розроблених технологічних процесів виготовлення деталі «Кривошип» проводитимемо розрахунки в організаційній частині та при визначенні економічних показників. Виходячи з того, що удосконалення технології виготовлення деталей призводить до економії часу, можна очікувати деякий економічний ефект від упровадження цих технологій, що дасть змогу підвищити рентабельність виробництва або ж знизити собівартість виготовлення виробу «Верстат качалка».

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розробка пристосування для закріплення деталі «Кривошип»

Спираючись на результати розробок, виконаних у технологічній частині, я спроектував верстатне затискне пристосування для деталі «Кривошип» КНУ.КМР.131.25.1-13.ПС для вертикально-фрезерної операції 035 технологічного процесу. У процесі конструювання я керувався наступними вимогами до пристосування: забезпечення необхідної розмірної точності обробки деталі, забезпечення достатньої продуктивності, економічна доцільність, передбачення ергономічності, зручності експлуатації та ремонтопридатності, забезпечення безпеки експлуатації, максимальна стандартизація й уніфікація деталей – складових частин пристосуваня задля зниження вартості.

Складальне креслення затискного пристосування представлене у графічній частині дипломного проекту КНУ.КМР.131.25.1-13.ПС.

До стола верстата за допомогою болтів 24 приєднується корпус пневмоциліндра 3, в якому переміщується поршень 8 з штоком 1. Деталь типу «Кривошип» встановлюються на столі на двох пластинах 9. Повітря подається до пневмоциліндру через два різьбові отвори М16•1,5 Поршень разом з штоком під впливом повітря спускається до низу і затискає деталі. При розтисканні поршень разом з штоком під дією повітря підіймається до гори і розжимає деталь.

Зміст технологічного переходу: фрезерувати шпонковий паз, витримуючи розміри, вказані на рисунку 6.

Матеріал заготівки - сталь 25Л ДСТУ 8781:2018. Металорізальний верстат: Поздовжньо-стругальний верстат 7110.

Схема установки визначається величиною похибки базування, яка в нашму випадку дорівнює нулю, та, як вимірювальна і установча бази співпадають.

$$\varepsilon_Б = 0$$

Ріжучий інструмент: вибираємо по необхідній точності обробки. При допуску на ширину пазів шпонки 0,25 мм вибираємо фрезу кінцеву ∅36 2232-0015 Р6М8 згідно стандарту, Z=6.

Тип пристосування: - спеціалізоване безналадочне для фрезерування деталях типу корпус. Тому приймемо схему установки, показану на рисунку 7. Заготівка встановлюється на стіл верстата, обробка ведеться при вертикально розташованій осі обертання фрези.

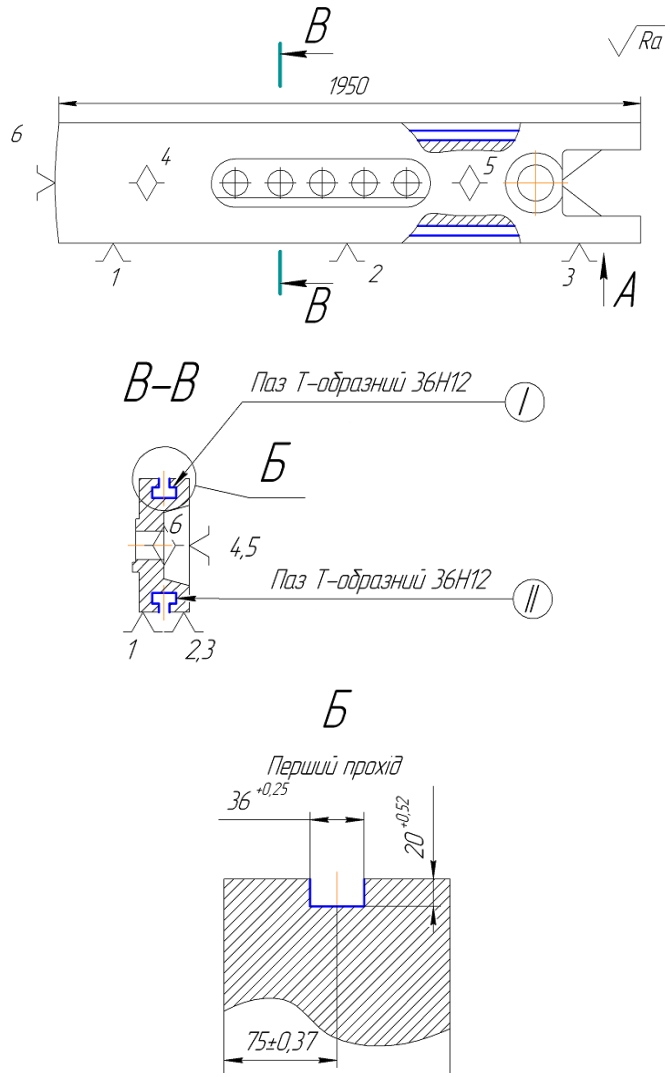


Рисунок 3.1 – Операційній ескіз

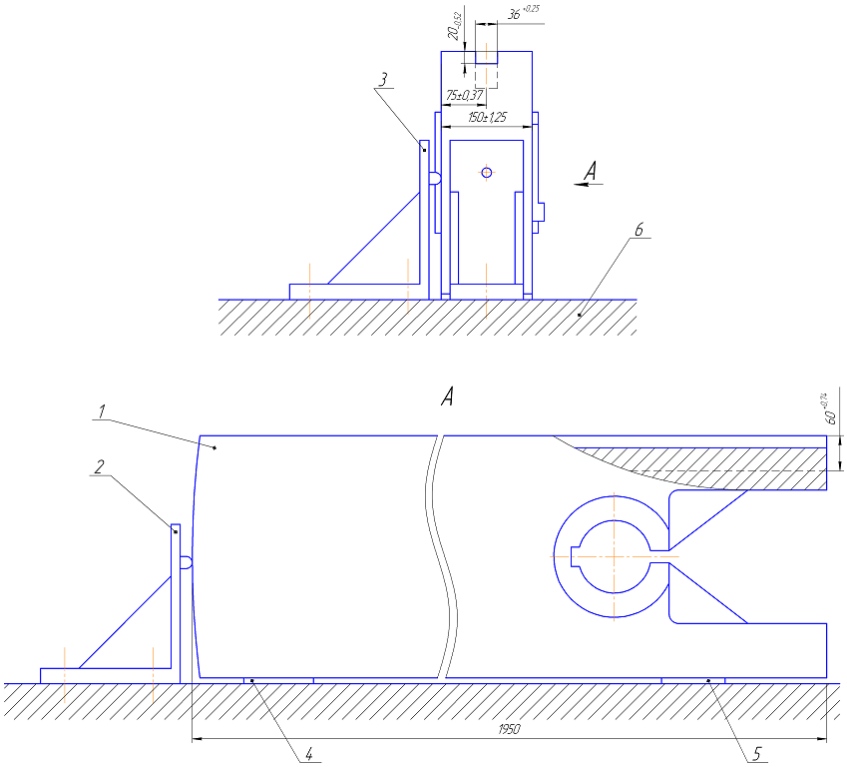


Рисунок 3.2. - Схема установки заготовки
1 - деталь «Кривошип»; 2 - упор передній; 3 - упор бічний; 4,5 - пластина; 6 - стіл верстата

3.2 Розрахунок зусилля затиску заготовки

3.2.1 Закріплення заготовок

Після позбавлення заготівки шести ступенів свободи в результаті вибору комплекту технологічних баз, заготівка повинна бути закріплена. При закріпленні враховуються всі сили, що діють на заготівку. Вони можуть бути представлені як сума сил, прагнучих змістити заготівку в процесі обробки і суми сил, що перешкоджають цьому зсуву (рис.3.3). Загальне рівняння балансу сил записується в наступному вигляді:

$$Q + P + Fтр = K \cdot P_{різ} \qquad (3.1)$$

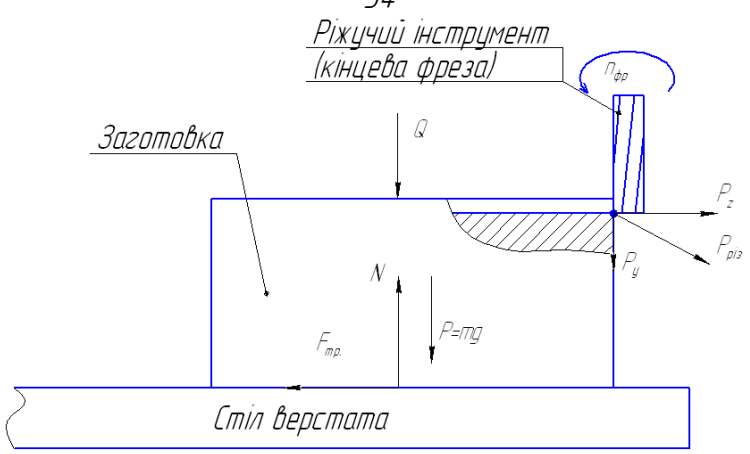


Рисунок 3.3 - Схема сил, що діють на заготівку в процесі обробки

де Q - сила закріплення; P = mg - вага заготівки; Fтр = f·N - сила тертя, визначається як твір коефіцієнта тертя f (для тертя стали по сталі: f = 0,16) на силу тиску N (реакцію опори) в цій крапці; $P_{різ}$ - сила різання, визначається залежно від режимів обробки, технологічного методу обробки, матеріалу ріжучої частини інструменту, матеріалу оброблюваної деталі і умов обробки; K - коефіцієнта запасу при закріпленні заготівки (Kmin = 2,5). Для надійного закріплення заготівки в процесі механічної обробки необхідно з рівняння балансу сил знайти силу закріплення заготівки Q. Ця сила визначається по формулах теорії "Опору матеріалів" і "Теоретичної механіки". Для закріплення заготівки необхідно вибрати напрям сили закріплення Q. При цьому враховують наступні правила, які дозволяють зменшити цю силу.

Напрям сили закріплення Q не повинен викликати перекидаючих моментів Ніж більше опорних точок знаходиться у напрямі сили закріплення Q, тим менше на них навантаження N, а отже менше знос опор.

Напрям сили закріплення Q не повинен бути направлений назустріч сили різання Рріз. Якщо силу Q направити у напрямі сили $P_{різ}$, то значення Q1 зменшується на величину сили Ррез, оскільки Ррез допомагає притискувати заготівку до опори, збільшуючи силу реакції опори N. Сила N дуже важлива, оскільки від неї залежить сила тертя Fтр, яка не дає заготівці зміщуватися;

Якщо силу Q направити назустріч силі $P_{різ}$, то значення Q збільшується на значення сили $P_{різ}$. Це приводить до збільшення навантаження на силовий

механізм, а значить збільшення габаритних розмірів пристосування і економічних витрат на виготовлення і експлуатацію пристосування.

3.2.2 Розрахунок сили закріплення Q.

Для розрахунку сили закріплення Q необхідно виконати фіксовану послідовність дій в наступному порядку:

Вибирається комплект технологічних баз з таким розрахунком, щоб погрішності базування і погрішності закріплення виключалися, або, якщо це неможливо, мали мінімально можливі значення. Потім зображається схема базування заготівки, на якій викреслюється контур заготівки і указуються розташування опор. При цьому розташування опор обираються конструктивно, з таким розрахунком, щоб площа Smax, утворена опорами, була максимальною (рис.3.4). На рисунку 3.4 показана заготівка призматичної форми, у якої фрезерується верхня площина в розмір H.

У зв'язку з тим, що площина фрезерується тільки в розмір H, призначається наступний комплект технологічних баз:

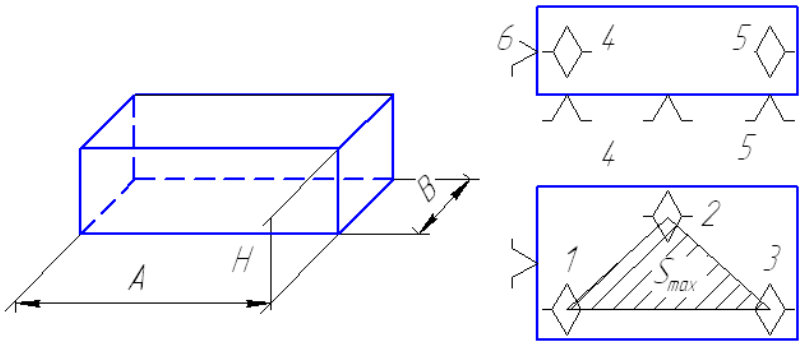


Рисунок 3.4 - Схема базування заготовки:
настановна явна технологічна база (опорні точки 1, 2, 3); явна технологічна база напрямної (точки 4, 5); опорна явна технологічна база (точка 6)

Розраховується сила різання $P_{різ}$ (складові Px, Py, Pz), яке діє на заготівку в процесі обробки з боку ріжучого інструменту (РІ). Для розрахунку сили різання Pріз необхідно знати режими обробки (глибина різання t, швидкість різання V, подача S), які вказані в описі технологічного

процесу. Якщо режими обробки невідомі, потрібно призначити режими обробки по довіднику.

На схему установки заготівки наносяться всі сили, що діють на заготівку в процесі обробки, окрім сил тертя: складові Px, Py, Pz; вага заготівки P = mg; сила реакції в опорах N (рис.3.5).

Вибирається напрям сили закріплення Q (рис.3.5).Потрібно відзначити, що реакції N виникають в тих точках, які сприймають на собі навантаження від сили закріплення Q. Наприклад, на рисунку 3.5 реакцій N виникають в точках 1, 2 і 3, які не дають переміщатися заготівці у вертикальному напрямі. Сили тертя Fтр, які виникають в цих точках, не дають переміщуватися в решті напрямів.

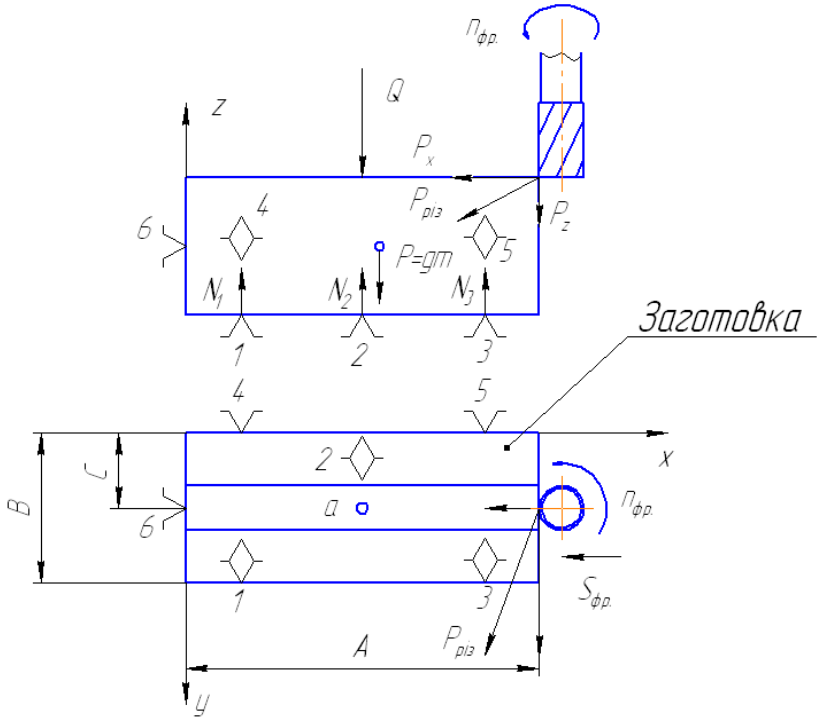


Рисунок 3.5 - Схема установки заготовки з силами, що діють в процесі обробки

В точках 4,5 і 6 реакцій N не виникають тому, що вони не сприймають навантаження в процесі обробки.

Визначаються напрями сил тертя $F_{тр}$, які виникають в тих опорах, де виникають реакції N.

Відомо, що напрям сил тертя Fтр протилежно можливому зсуву заготівки. Потім, необхідно направити сили тертя $F_{тр1}$, $F_{тр2}$, $F_{тр3}$, що виникають в опорних точках 1, 2, 3, в напрямі зворотному зсуву заготівки.

Проводиться розрахунок сили закріплення Q по формулах теорії "Опору матеріалів" і "Теоретичної механіки".

Px, Py, Pz - сили різання Pріз, що становлять, розраховуються по довіднику; A, B, C - габаритні розміри заготівки; r_1, r_2, r_3, r_Q - вибираються конструктивно; m - маса заготівки; g = 9,8; f = 0,16 - коефіцієнт тертя (сталь по сталі); Kmin = 2,5 - мінімальний коефіцієнт запасу.

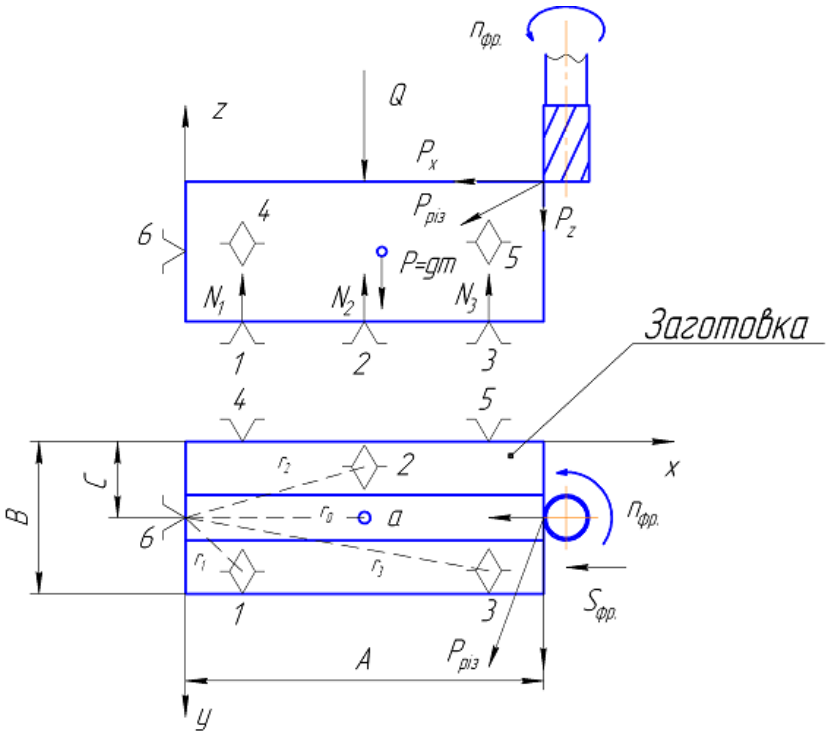


Рисунок 3.6 - Схема розрахунку сили закріплення Q

Для знаходження сили закріплення Q, необхідно вирішити систему рівнянь, яка характеризує нерухомість твердого тіла:

$$\begin{cases} \sum F_x = 0; \\ \sum F_y = 0; \\ \sum F_z = 0; \\ \sum M_O = 0. \end{cases}$$

Перші три рівняння показують, що сума проекцій всіх сил, що діють на заготівку, на координатні осі x, y, z повинна дорівнювати нулю. Ці рівняння повинні виконуватися із-за умови нерухомості заготівки в процесі обробки.

Останне рівняння показує, що сума моментів сил, що діють на заготівку, щодо точки Про повинна дорівнювати нулю. Точка О - точка, щодо якої відбувається зсув заготівки під дією сили різання Рріз.

Розрахунок сили закріплення Q зводиться, в більшості випадків, до послідовного вирішення трьох рівнянь:

Визначається рівняння для знаходження сили Q. Для спрощення розрахунків, приймаємо, що реакції N в опорних точках 1,2 і 3 рівні:

$$N_1=N_2=N_3=N$$

Тоді умова рівноваги сил по осі z (див. мал. 6.7) наступна:

$$\Sigma F_z=0:\ 3\cdot N-Q-mg-P_z = 0$$

Знаходиться вираз для сили закріплення Q:

$$Q = 3\cdot N-mg-P_z \qquad (3.2)$$

Визначається невідома реакція N у формулі 1:

У зв'язку з тим, що реакції в точках 1, 2, 3 рівні виходить, що

$$F_{тр1}=F_{тр2}=F_{тр3}=F_{тр}$$

Відоме, що сила тертя Fтр визначається залежно від коефіцієнта тертя f і реакції N по наступній формулі:

$$Fтр=f\cdot N; \qquad (3.3)$$

Знаходиться вираз для реакції N:

$$N = \frac{F_{тр}}{f} \qquad (3.4)$$

Визначається сила тертя Fтр:

Сила тертя Fтр знаходиться з рівняння рівноваги моментів щодо точки О (рис. 3.6):

$$\Sigma Mo = 0:\ Px\ (B-C) + Py\cdot A - F_{тр1}\cdot r_1 - F_{тр2}\ r2 - F_{тр3}\ r3 - F_{трQ}\ r_Q = 0$$

$$Px\ (B-C) + Py\cdot A - F_{тр}\cdot(r_1 + r_2 + r_3) - f\cdot Q\cdot r_Q = 0$$

Знаходиться вираз для сили тертя Fтр:

$$Fтр = \frac{Px\cdot(B-C) + + Py\cdot A - f\cdot Q\cdot rQ}{r1 + r2 + r3}$$

Проводиться підстановка формул в наступному порядку (3) -> (2) -> (1):

$$\text{Fтр} = \frac{3}{f} \cdot \frac{Px \cdot (B - C) + + \text{Py·A - f·Q·r}_Q}{r_1 \ + r_2 \ + r_3} - mg - Pz$$

$$\text{Fтр} = \frac{3 \cdot (Px \cdot (B - C) + + \text{Py·A - f·Q·r}_Q) \text{-f} \cdot (mg + Pz)(r_1 \ + r_2 \ + r)}{f \cdot (r_1 \ + r_2 \ + r_3)}$$

$$Q \cdot f \cdot (r_1 \ + r_2 \ + r_3) = 3 \cdot Px \cdot (B - C) + 3\ \text{Py·A - 3f·Q·r}_Q \text{-f} \cdot (mg + Pz)(r_1 \ + r_2 \ + r)$$

В результаті перетворень, виходить вираз для знаходження сили закріплення Q:

$$Q = \frac{3 \cdot Px \cdot (B - C) + 3\ \text{Py·A -f} \cdot (mg + Pz)(r_1 \ + r_2 \ + r)}{f \cdot (r_1 \ + r_2 \ + r_3) + \ 3\text{f··r}_Q}$$

3.2.3 Розрахунок необхідного затиску деталі

Враховуючи рекомендації приймемо наступні параметри обробки:

По таблиці 36 визначаємо подачу на зуб Sz= 0,06 мм/зуб.

Розраховуємо швидкість різання по формулі:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \qquad (3.5)$$

де D =36 мм - діаметр фрізи; C_V = 46.7, T = 120 хв - період стійкості; t = 20 мм - глибина фрезерування; Sz = 0,05 мм/зуб - подача на зуб; D = 20 мм - ширина фрезерування; Z = 6 - число зубів фрези; Kv - загальний поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

$$\text{Kv= Kмv Kпv Kиv} \qquad (3.6)$$

де K_{MV} - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу [11, с.262]; $K_{ПV}$ - коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготівки; $K_{ИV}$ - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.

Використовуючи табл.1, 5, 6 [11, с.262-263] отримаємо:

$$\text{Kv= Kмv Kпv Kиv} = 0{,}5.$$

Використовуючи таблиці знайдемо значення коефіцієнтів і показники ступеня у формулі (3.5):

$$v = \frac{46{,}7 \cdot 36^{0{,}45}}{120^{0{,}33} \cdot 20^{0{,}5} \cdot 0{,}05^{0{,}5} \cdot 36^{0{,}1} \cdot 6^{0{,}1}} \cdot 0{,}62 = 17{,}48 м/хв$$

Частоту обертання фрези знайдемо по формулі:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \tag{3.7}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 17{,}48}{3{,}14 \cdot 36} = 154{,}64 об/хв.$$

Найближча стандартна частота по паспорту верстата nст=500об/мин, зважаючи на це скоректуємо значення швидкості:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \tag{3.8}$$

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 36 \cdot 160}{1000} = 18{,}1 м/хв$$

Визначимо окружну силу при фрезеруванні по формулі:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{мр} \tag{3.9}$$

По таблиці визначимо, що Кмр=1,05

Використовуючи таблицю знайдемо значення коефіцієнтів і показники ступеня у формулі (3.9):

$$P_z = \frac{10 \cdot 68{,}2 \cdot 20^{0{,}86} \cdot 0{,}05^{0{,}72} \cdot 36^1 \cdot 2}{36^{0{,}86} \cdot 160^0} \cdot 0{,}85 = 8737H$$

Велічині решти складових сили різання знайдемо над окружну силу, використовуючи табл.

Горизонтальна сила (подачі) Ph = 0,4 · Pz = 3495 Н.

Вертикальна сила Pv = 0,9 · Pz = 7863 Н.

Радіальна сила Py = 0,4 · Pz = 3495 Н.

Осьова сила Px = 0,55 · Pz = 4805 Н.

$$Q = \frac{3 \cdot Px \cdot (B - C) + 3\ \text{Py} \cdot \text{A} - \text{f} \cdot (mg + Pz)(r_1 + r_2 + r)}{f \cdot (r_1 + r_2 + r_3) + 3\text{f} \cdot \cdot \text{r}_Q}$$

$$Q = \frac{3 \cdot 4805 \cdot (150 - 75) + 3 \cdot 3495 \cdot 1950 - 0{,}16 \cdot (480 \cdot 9{,}8 + 8737)(116 + 995 + 1830)}{0{,}16 \cdot (116 + 995 + 1830) + 3 \cdot 0{,}16 \cdot \cdot 982} = 16132H$$

Вважаючи на те, що прижимів 4:

$$Q_{1\text{-}4} = Q/4 = 16132/4 = 4033 \text{ Н}$$

3.2.4 Розрахунок параметрів силового приводу

Метою розрахунку силового приводу є визначення зусилля у привідній ланці механізму за відомою розрахунковою силою затиску і наступне визначення геометричних розмірів механізованого приводу, щонайперше діаметра пневмоциліндра.

Оскільки у кінематичному ланцюгу приводу затискного механізму пристосування відсутні кінематичні пари, що збільшували б чи зменшували зусилля затиску, то сила на штоці пневмоциліндра дорівнює силі розтягу у стрижні, тобто

$$Q = F_{розт} = 4033(Н).$$

Знаходимо діаметр поршня пневмоциліндра:

$$D = 1{,}13\sqrt{\frac{Q}{p}}, \tag{3.10}$$

де D - діаметр поршня, мм; p =0,63 - тиск повітря у пневматичній системі пристрою, МПа.

Таким чином,

$$D = 1{,}13\sqrt{\frac{4033}{0{,}63}} = 90 \text{ (мм)}.$$

Із ряду стандартних діаметрів пневмоциліндрів найближче значення становить D = 100 мм. $d_{шт}$ = 32 мм, діаметр штока; s = 45 мм , робочий хід поршня.

Перевіряємо пневмопривод на відповідність вимогам.

Сила зажиму превмопривода розраховується за формулою:

$$W = 0{,}785 \cdot D^{2} p \tag{3.11}$$

$$W = 0{,}785 \cdot 100^{2} \cdot 0{,}63 = 4945 \text{ Н}$$

$$4033 \leq 4945 \text{ Н}$$

3.2.5 Розрахунок розтягування і вигину прихвата

[σ] ≥ σ- умова міцності при розтягуванні, де [σ] =300 МПа

$$\sigma = \frac{N}{A}; \tag{3.12}$$

де А площа поперечного перетину (рис. 3.7) прихвата в місці де він з'єднується з штоком пневмокамери:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \text{ (см}^2\text{)}; \quad (3.13)$$

де D = 32 мм - найбільший діаметр площини перерізу. В нашому випадку цей розмір дорівнює ширині прихвату, d = 24 мм - найменший діаметр площини перерізу. в нашому випадку це розмір різьбового з'єднання.

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (3,2^2 - 2,4^2) = 3,52 \text{ (см}^2\text{)}$$

N – впливаюча сила, рівна силі затиску: N = Q = 4033 Н

$$\sigma = \frac{4033}{3,52 \cdot 10^{-4}} = 12,6 \text{ МПа}$$

[300] ≥12,6 - умова виконується

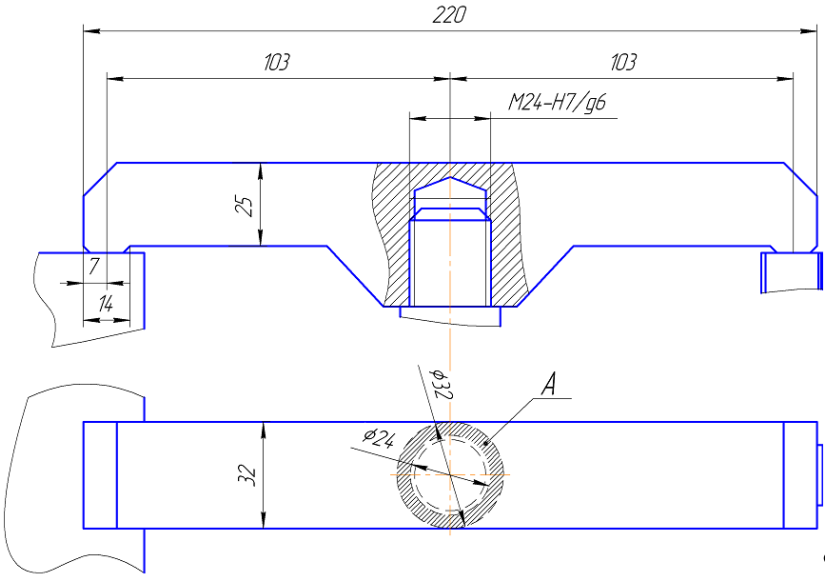


Рисунок 3.7 - Притиск пневмоциліндра

Слабкою ланкою конструкції є притиск, при роботі на вигин.

Напруга при однаковій довжині плечей притиска визначається по формулі:

$$\delta_u = \frac{W \cdot l}{W'} \leq [\delta_u] \quad (3.14)$$

W - сила затиску - 4945/9,8 = 504 кг, l =10,3 см довжина плеча, W' - момент опору перетину прихвата, см ^{3}.

$$W' = \frac{B \cdot h^2}{6} = \frac{3,2 \cdot 2,5^2}{6} = 3,33 \text{ см}^3$$

B - ширина прихвата 3,2 см; h - товщина прихвата 2,5 см

$$\delta = \frac{504 \cdot 10{,}3}{3{,}3} = 1573 \ \frac{кг}{см^2}$$

$$1573 \ \frac{кг}{см^2} < 2000 \ \frac{кг}{см^2}$$

Розрахунок задовольняє міцності прихвата.

3.3. Розробка конструкції пристрою для контролю паралельності зовнішніх плоских поверхонь

Контрольне пристосування застосовується на повдовжньо-строгальних операціях 015, 025 для контролю деталі «Кривошип» шляхом перевірки відхилень паралельності зовнішніх плоских поверхонь деталі згідно креслення.

Необхідно сказати, що унікальність даного пристрою полягає в тому, що розміщується не на зовнішньому пристрою, типу незалежного штатива, а закріплюється в самому різцетримачеві на верстаті де і відбувається обробка, що є додатковою економією часу на транспортування деталі, та виготовлення додаткового обладнання.

Закріплення в різцетримачі забезпечує високу надійність закріплення та розташування пристосування, так як різцетримач розрахований на навантаження набагато більші ніж ті, що відбуваються при контролюванні деталі.

Сама конструкція пристосування універсальна і може закріплюватися не тільки на горизонтально-стругальному верстаті, а й на інших, конструкція яких дозволяє закріплювати різці з перетином 60•50, і на всіх верстатах конусом шпинделя 7:24. В нашому випадку, якщо прибрати із збірки оправкотримач 1, можемо закріпити пристосування на шпинделях верстата з ЧПК ИС1250, горизонтально-розточний з ЧПК 2А622Ф4, повздовжно-фрезерний верстат 6М610, які мають конус шпинделя 50 згідно стандарту.

Порядок складання пристосування. В різцетримач верстата закріплюється оправкотримач 1. В оправотримач кріпимо конструкцію пристосування, и затискаємо за допомогою гвинта 10 та шайби 9. Сама конструкція складається з індикатора 11, який закріплюється в кронштейні 5, і затискається гвинтом 8.

Кронштейн кріпиться і затискається за допомогою гвинта 7 до висувной втулки 3, яка розміщується в трубчастій порожнині універсальної оправки 2. Втулка 3 кріпиться та затискається гвинтом 6 та розрізною втулкою 4, які також контролюють розміщення втулки 3 відносно оправки 2 на відстань, яку дозволяє довжина втулки 3.

В нашому випадку індикатор розміщується перпендикулярно до столу верстата, і торкається зовнішньої обробленої повехні деталі «Кривошип». Контроль відбувається при переміщені стола вручну, або за допомогою подачі.

4 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА. АНАЛІЗ ПРОЕКТУ ШЛЯХОМ ВИПРОБУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ CAD/CAE-ТЕХНОЛОГІЙ

4.1 Проектування обчислювального експерименту

Щоб випробувати кривошип на міцність було створено його просторову модель. На внутрішню поверхню отвору, до якого під'єднується вал редуктора, було накладено кріплення «Опора підшипника». На поверхні, якими зачеплюється вал редуктора, було прикладено Крутний момент величиною 28 кН·м (рис. 4.1) як вказано у технічній характеристиці верстата-качалці.

До внутрішніх поверхонь отворів, де кріпиться штанга застосовано «Зафіксовану геометрію», щоб імітувати блокування руху / заклинювання.

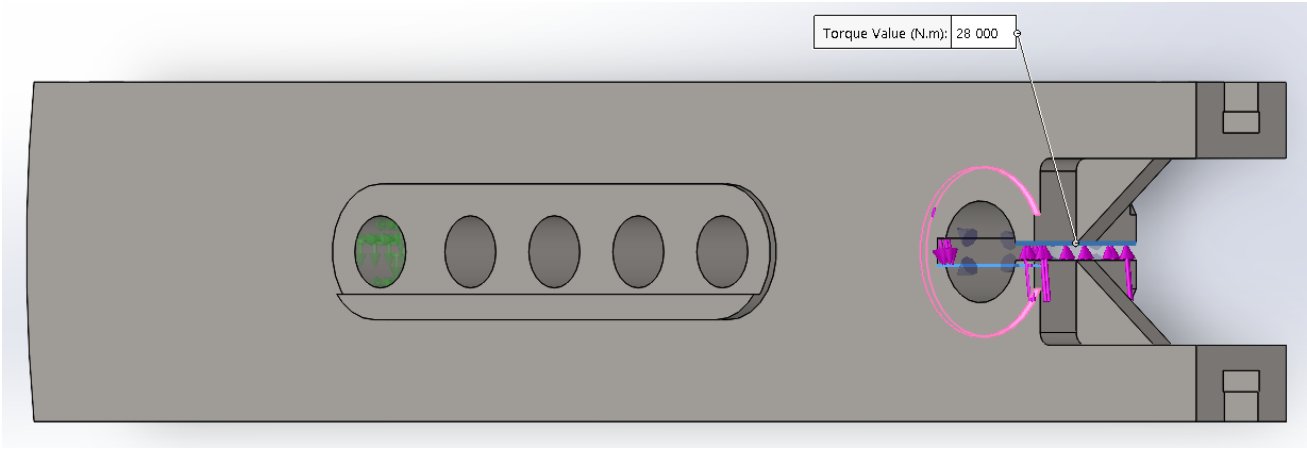


Рисунок 4.1 – Кріплення і навантаження на кривошип у CAE-системі

Сітка кінцевих елементів створена грубо внаслідок габаритності виробу і великого крутного моменту. Сітка стандартного типу (рис. 4.2).

Для такої габаритної та масивної деталі доцільно застосовувати крупну сітку, оскільки вона забезпечує прийнятний баланс між точністю розрахунку та часом обчислень. У більшості зон кривошипа напружений стан змінюється плавно, тому дрібне згущення там не є критичним.

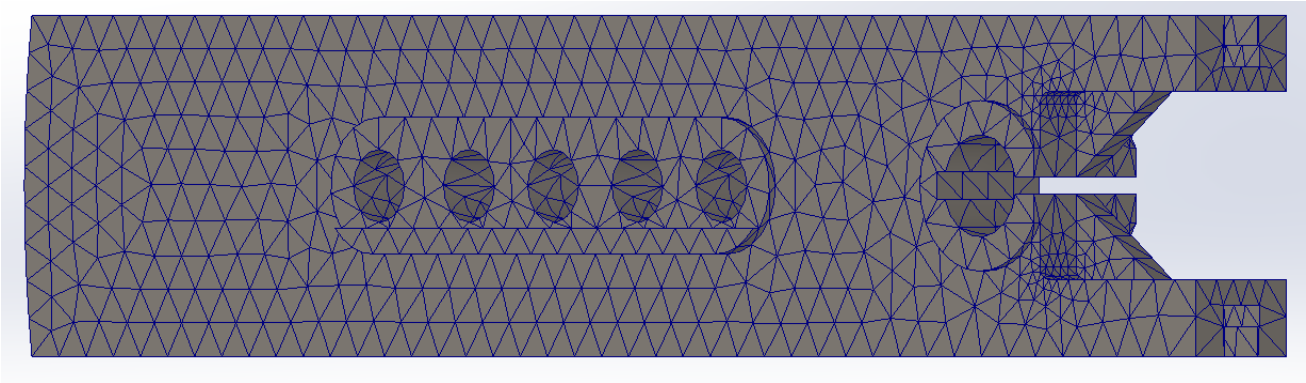


Рисунок 4.2 – Сітка кінцевих елементів у CAE-системі

4.2 Результати дослідження

Статичне дослідження кривошипа дозволяє визначити рівень напружень і деформацій під дією робочих навантажень, які виникають під час роботи механізму. Воно дає змогу оцінити, чи перевищують напруження межу плинності матеріалу та чи є ризик локальних перевантажень. Також статичний аналіз допомагає виявити потенційні зони концентрації напружень (рис. 4.3), які потребують конструктивного підсилення або зміни технології виготовлення. Отримані результати є основою для прийняття рішень щодо оптимізації конструкції та підвищення довговічності кривошипа.

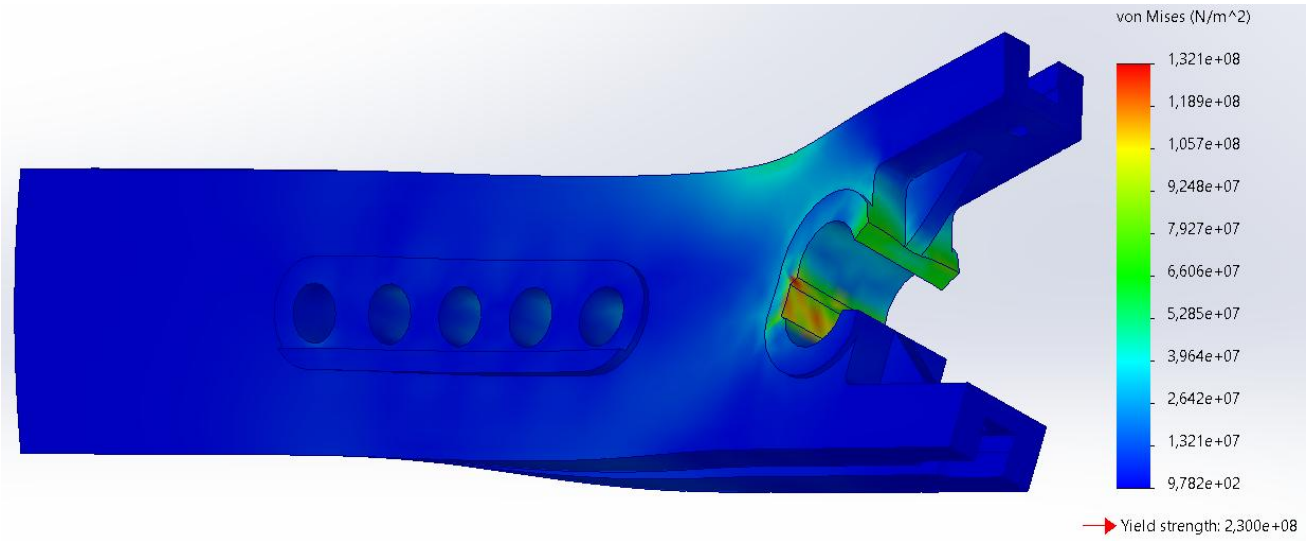


Рисунок 4.3 – Результати статичного дослідження кривошипа за критерієм міцності (напруження за Мізесом)

Із рис. 4.3-4.5 видно, що максимальні еквівалентні напруження зосереджені у зоні отвору та місцях зміни перерізу, що є типовими концентраторами напружень у кривошипних деталях.

Рівень напружень у критичних ділянках не перевищує межу плинності матеріалу, що свідчить про запас міцності конструкції під заданим навантаженням.

Основна частина деталі знаходиться у низьконапруженому стані, що підтверджує достатню жорсткість масивних зон кривошипа.

Результати аналізу вказують на доцільність локального підсилення або оптимізації геометрії лише в областях із підвищеними напруженнями, тоді як загальна конструкція працює надійно.

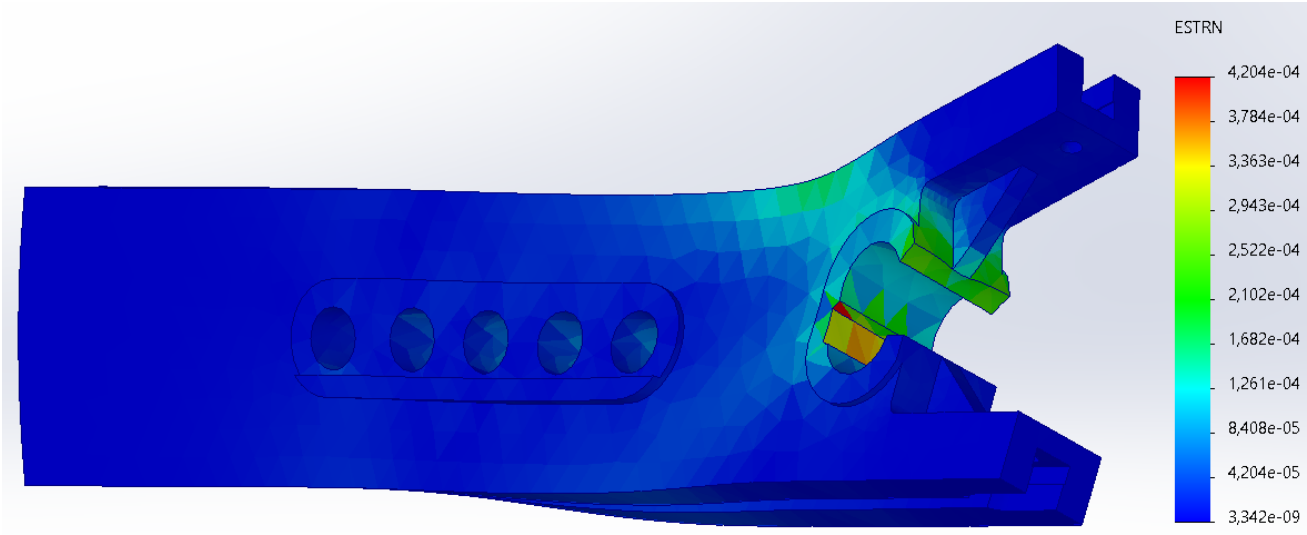


Рисунок 4.4 – Результати статичного дослідження кривошипа на деформацію

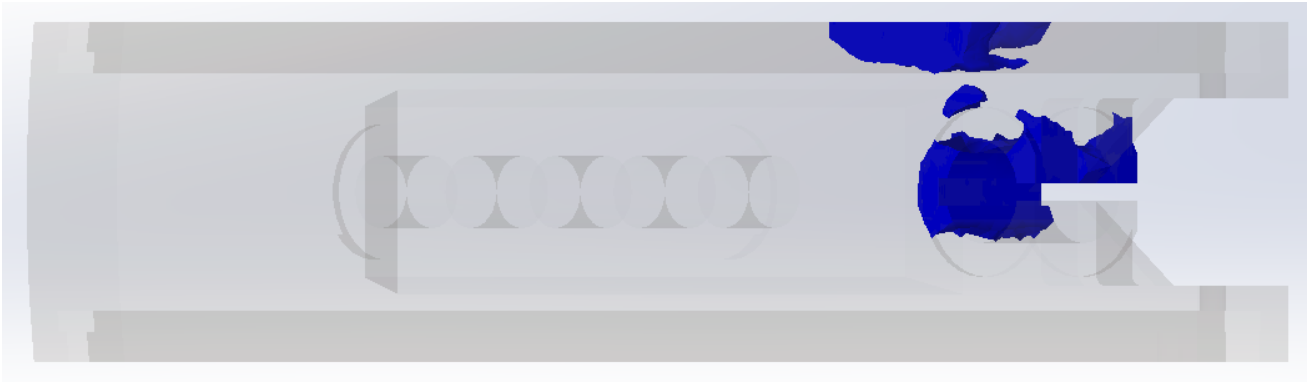


Рисунок 4.5 – Результати статичного дослідження кривошипа за критерієм міцності (напруження за Мізесом), епюра найбільших навантажень

Мінімальний запас міцності 1,74 свідчить про те, що деталь може витримати навантаження, яке майже вдвічі перевищує розрахункове робоче навантаження (рис. 4.6). Це означає, що конструкція має достатню надійність і не працює на межі своїх можливостей. Такий рівень запасу вважається прийнятним для більшості деталей машин, які піддаються статичним навантаженням. Він також підтверджує коректність вибору матеріалу та геометричних параметрів кривошипа.

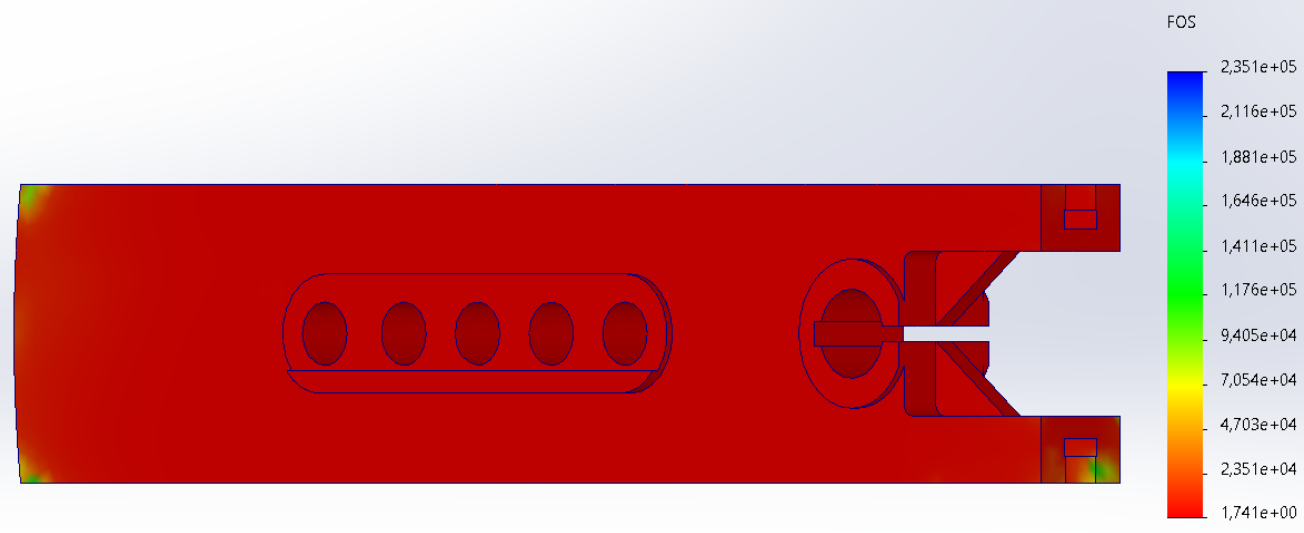


Рисунок 4.6 – Результати статичного дослідження кривошипа на запас міцності

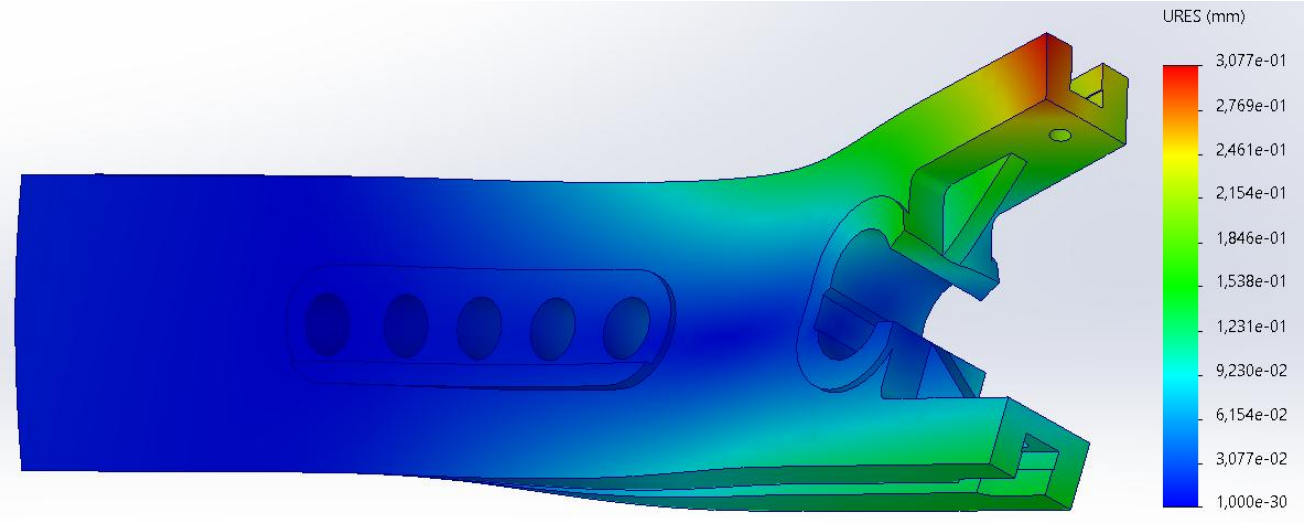


Рисунок 4.7 – Результати статичного дослідження кривошипа на переміщення матеріалу у просторі під дією навантажень

Також було виконано статичний аналіз для варіантів, у яких штанга фіксується не лише у найвіддаленішому отворі, а й у проміжних отворах, розташованих ближче до зони прикладення навантаження. Результати показали, що зі зменшенням відстані точки кріплення відносно отвору навантаження еквівалентні напруження зменшуються (рис.4.8).

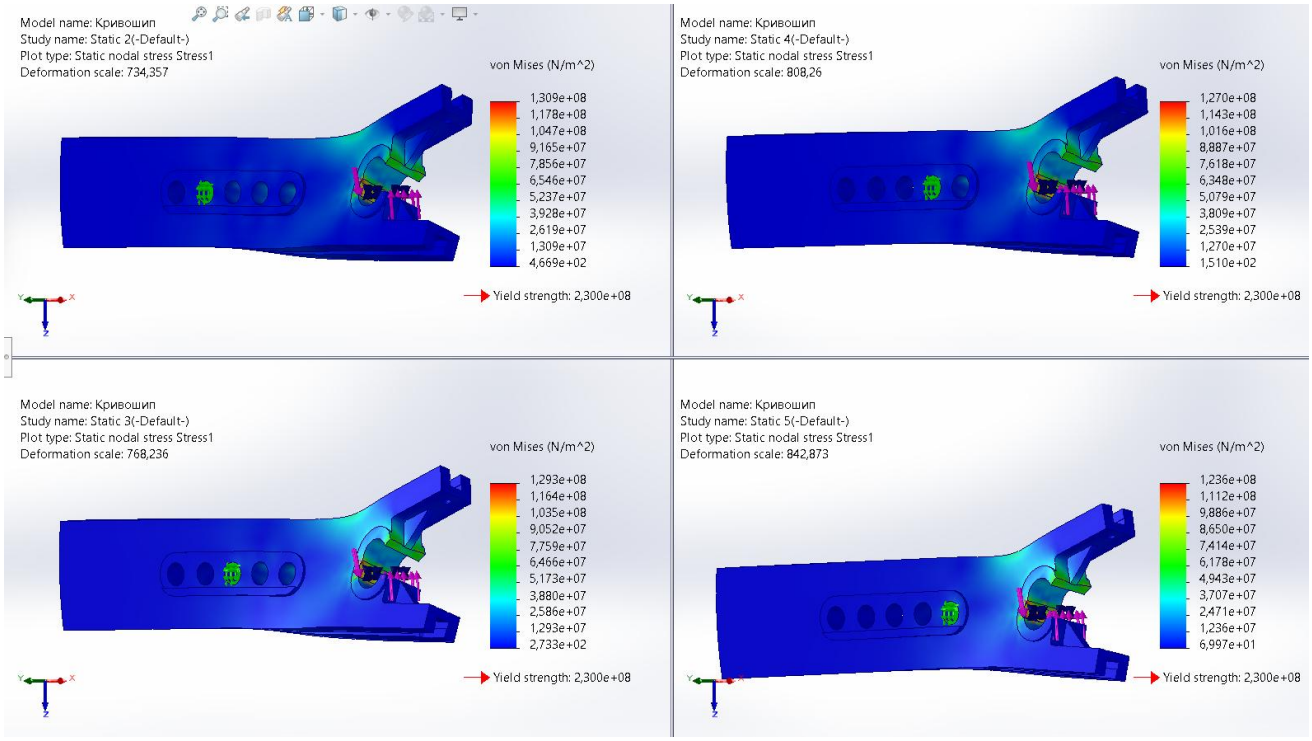


Рисунок 4.8 – Результати статичного дослідження кривошипа за критерієм міцності (напруження за Мізесом), порівняння за різних умов кріплення штанги

Чим ближче точка кріплення штанги до зони прикладення навантаження, тим вищим буде запас міцності, і це пояснюється кількома механічними факторами:

Зменшення плеча дії сили. Коли штанга кріпиться ближче до отвору, момент, який створює навантаження, зменшується. Менший вигинальний момент → нижчі еквівалентні напруження → більший запас міцності.

Зниження деформацій та локальних переміщень. При ближчому кріпленні деталь працює більш жорстко, що знижує локальні деформації, а відповідно і напруження.

Більш рівномірний розподіл навантажень. Коли опора розташована ближче, напруження у перехідних зонах і на тонких ділянках розподіляються рівномірніше, без різких піків.

Менша чутливість до концентрацій напружень. При великому плечі навантаження концентрації біля отворів та переходів різко зростають; при малому плечі їхній вплив значно слабший.

У підсумку: чим ближче точка фіксації штанги до осі навантаження, тим менші напруження виникають у кривошипі, що й забезпечує більший запас міцності (рис.4.9).

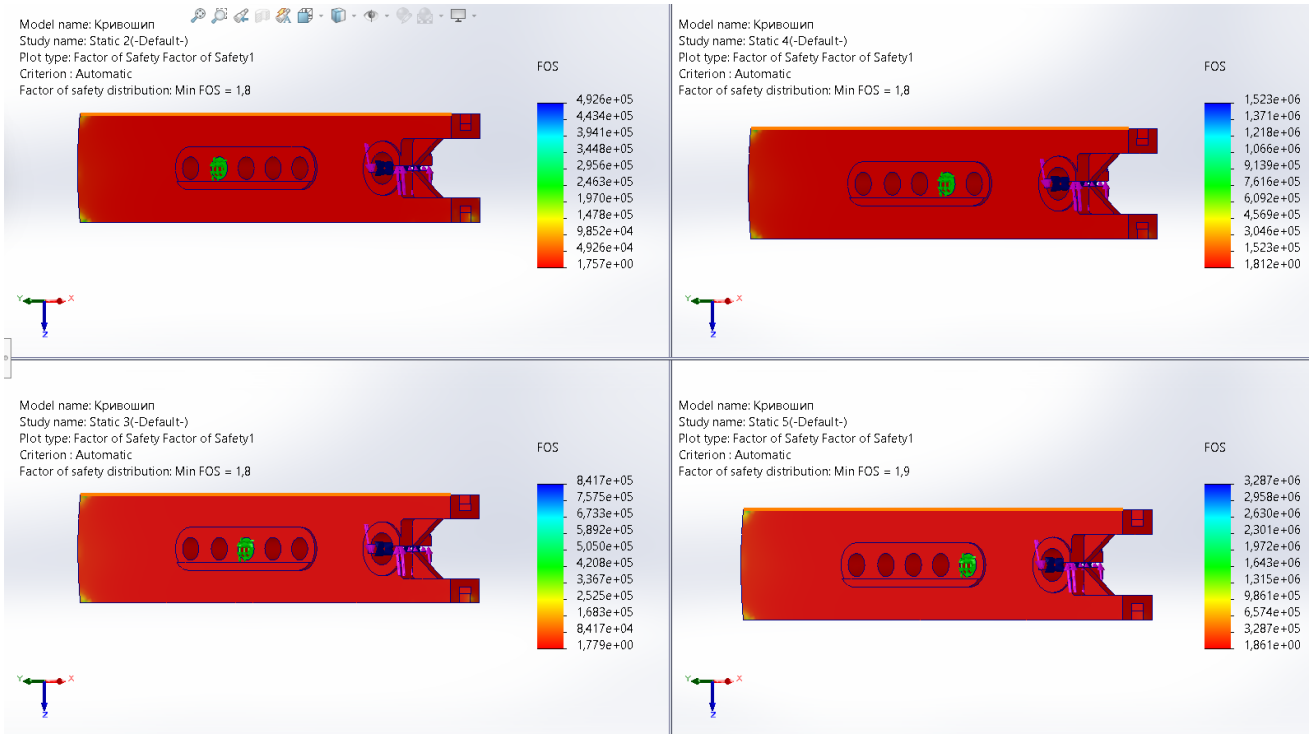


Рисунок 4.9 – Результати статичного дослідження кривошипа на запас міцності, порівняння за різних умов кріплення штанги

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

5.1 Розрахунок параметрів програми запуску, визначення календарно-планувальних нормативів та уточнення типу виробництва

Проєктування модернізованих промислових дільниць і цехів серійного машинобудівного виробництва здійснюється з урахуванням тривалого терміну експлуатації, що обумовлено значними капітальними інвестиціями у створення високоефективних промислових потужностей. К-сть технологічного обладнання визначається на основі необхідної програми запуску виробів $N_{зап}$, запланованих до виготовлення у цеху. При розрахунку цієї величини враховується додаткова к-сть виробів, призначених для використання як запасні частини ($N_{зч}$), що становить 3–5% від основної програми випуску, а також технологічні втрати ($N_{тв}$), величина яких приймається на рівні 2–3% від суми програми випуску та запасних частин. Врахування втрат здійснюється шляхом застосування коефіцієнта $k_{бр}$. Враховуючи сказане, маємо:

$$N_{зап} = (N_{вип} + N_{зч})\cdot(1 + k_{бр}). \quad (5.1)$$

$$N_{зч} = 4\% \text{ , } k_{бр} = 3\%.$$

$$N_{зап} = (400 + 0{,}04\cdot400)\cdot(1 + 0{,}03) = 428 \text{ (шт.)}$$

Врахувавши додатково к-сть змін роботи лінії, втрати часу на налагодження та ремонт, регламентовані перерви на відпочинок, дійсний фонд часу $F_{до}$ роботи механоскладальної дільниці становить:

$$F_{до} = 3802\cdot60 = 228120 \text{ (хв).} \quad (5.2)$$

Такт механоскладальної дільниці визначаємо за формулою:

$$r = \frac{F_{до}}{N_{зап}}, \quad (5.3)$$

$$r = \frac{228120}{428} = 533 \text{ (хв/шт.).}$$

					КНУ.КМР.131.25.1–13.05.ОЕПВ			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата				
Розроб.		Репін			Організаційно-економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бондар						
Н. Контр.		Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ–24м		
Затверд.		Рязанцев						

Розрахункова програма представлена у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Подетальна річна програма цеху

Найменування деталей	Потреба виробів					
	В штуках на				В нормогодинах на	
	Випуск	Запасні частини	Брак	Запуск	Одиницю	Програму запуску
Кривошип	400	16	12	428	17,2	7361,60

Знаходимо швидкість R роботи:

$$R = \rho \cdot r \quad (5.4)$$

$$R = 2 \cdot 533 = 1066 \text{ (хв)}.$$

Тип виробництва при технологічному проектуванні визначається згідно коефіцієнта закріплення операцій $K_{з.о}$:

$$K_{з.\,о} = \frac{m}{W}, \quad (5.5)$$

де m — к-сть різнотипних технологічних операцій, що реалізуються відповідно до затвердженого технологічного процесу протягом встановленого календарного періоду; W — к-сть робочих місць, необхідних для забезпечення виконання кожної операції при заданій програмі випуску деталей.

Тип виробництва є середньосерійний.

5.2 Розрахунок кількості виробничого устаткування

К-сть верстатів розраховується окремо для кожної операції за формулою:

$$C = \frac{T_{шт} \cdot N_{зап}}{F_{д} \cdot 60}, \quad (5.6)$$

де Тшт — нормативна величина машинного часу, необхідного для виконання обробки однієї деталі; Nзап — обсяг програми запуску виробів, виражений у штуках; Fд — фактичний фонд часу роботи устаткування, що становить 3802 годин.

Далі визначають коефіцієнт завантаження верстатів однієї групи за формулою:

$$\eta_з = \frac{C_р}{C_{пр}}, \quad (5.7)$$

де $C_р$ – розрахована к-сть верстатів; $C_{пр}$ – прийнята к-сть верстатів.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.2, 5.3.

Таблиця 5.2 – К-сть металорізального устаткування та ступінь його завантаження

Деталь	Номер операції	$t_{шт}$	Верстат	$C_р$	$C_{пр}$	$\eta_з$
1	2	3	4	5	6	7
Кривошип	015	209,8	7110	0,39	1	0,39
	020	97,62	2А622Ф4	0,18	1	0,18
	025	73,28	7110	0,14	1	0,14
	030	584,13	6М610	1,09	1	1,09
	035	67,26	7414	0,13	1	0,13

Таблиця 5.3 – Найменування, к-сть верстатів та величини їх завантаження

№ з/п	Найменування групи верстатів	$C_р$	$C_{пр}$	$\eta_з$
1	Токарно-гвинторізні	5.15	6	0.86
2	Токарно-револьверні	2.44	3	0.81
3	Токарні з ЧПК	3.42	4	0.86
4	Горизонтально-розточувальні	4.24	5	0.85
5	Горизонтально-розточувальні з ЧПК	1.64	2	0.82
6	Продольно-строгальні	1.61	2	0.81
7	Горизонта-льнофрезерні	3.31	4	0.83
8	Продольно-фрезені	3.38	4	0.85
9	Довбальні	0.79	1	0.79
10	Радально-свердлильні	3.41	4	0.85
11	Зубооброблювальні	1.64	2	0.82
12	Круглошліфувальні	0.84	1	0.84
13	Плоскошліфувальні	0.76	1	0.76
14	Внутрішньошліфувальні	0.85	1	0.85
15	Відрізні	0.85	1	0.85
	Разом	34.33	41	0.84

5.3 Визначення чисельності робітничого персоналу цеху та його площі

Загальна чисельність персоналу, залученого до функціонування механічного цеху, включає такі категорії:

а) основні виробничі працівники, переважно верстатники;

б) допоміжний робітничий персонал;

в) молодший обслуговуючий персонал;

г) службовці, інженерно-технічні працівники та працівники обліково-адміністративного апарату.

Результат заносимо до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – К-сть працівників-верстатників

№ з/п	Перелік устаткування, що обслуговується	$C_{пр}$	Коефіцієнт багатоверстатності	К-сть верстатників
1	Токарно-гвинторізні	6	1	12
2	Токарно-револьверні	3	1	6
3	Токарні з ЧПК	4	2	4
4	Горизонтально-розточувальні	5	1	10
5	Горизонтально-розточувальні з ЧПК	2	2	2
6	Продольно-строгальні	2	1	4
7	Горизонтально-фрезерні	4	1	8
8	Продольно-фрезені	4	2	4
9	Довбальні	1	1	2
10	Радально-свердлильні	4	1	8
11	Зубооброблювальні	2	4	1
12	Круглошліфувальні	1	1	2
13	Плоскошліфувальні	1	1	2
14	Внутрішньошліфувальні	1	1	2
15	Відрізні	1	1	2
			Разом	69

К-сть верстатників визначається на основі прийнятої к-сті верстатів та коефіцієнта багатоверстатного обслуговування.

$$R_{вер} = \frac{F_{д} \cdot S_{пр}}{F_{д.р} \cdot S_{р}}, \quad (5.8)$$

де $F_{д.р}$ = 1801 год., $S_р$ – коефіцієнт багатоверстатності.

Тоді для токарно-гвинторізних верстатів маємо:

$$R^2_{\text{вер}} = \frac{3802 \cdot 6}{1801 \cdot 1} = 12{,}67 \text{ осіб, приймаємо } 12 \text{ (осіб).}$$

Загальну чисельність слюсарів визначають за встановленою розрахунковою формулою:

$$R_{\text{сл}} = \frac{\sum T_{\text{сл}}}{F_{\text{д.р}}}, \quad (5.9)$$

де $\sum T_{\text{сл}}$ – сумарна трудомісткість слюсарних робіт:

$$\sum T_{\text{сл}} = \frac{\alpha \cdot \sum T_{\text{шт}} \cdot N_{\text{зап}}}{100}, \quad (5.10)$$

де α – трудомісткість слюсарних робіт по відношенню до верстатних, α =20...25%.

$$\sum T_{\text{сл}} = \frac{22 \cdot 73{,}5 \cdot 1827{,}53}{100} = 29551{,}65 \text{ (люд.-год.)}$$

$$R_{\text{сл}} = \frac{29551{,}65}{1801} = 16{,}41 \text{ (осіб), приймаємо } R_{\text{сл}} = 16 \text{ (чол).}$$

Загальну к-сть слюсарів-складальників визначаємо за формулою:

$$R_{\text{сл ск}} = \frac{\beta \cdot R_{\text{сл}}}{100}, \quad (5.11)$$

де β – відсоток слюсарів-складальників від загальної к-сті слюсарів β = 75%.

$$R_{\text{сл ск}} = \frac{75 \cdot 16}{100} = 12 \text{ (осіб), приймаємо } R_{\text{сл}} = 12 \text{ (чол).}$$

Чисельність слюсарів механічного цеху визначаємо за формулою:

$$R_{\text{сл. мц.}} = R_{\text{сл}} - R_{\text{сл. ск.}}, \quad (5.12)$$

$$R_{\text{сл. мц}} = 16 - 12 = 4 \text{ (осіб)}$$

Чисельність виробничих працівників у механоскладальному цеху визначаємо за формулою:

$$R_{\text{вир}} = R_{\text{вер}} + R_{\text{сл.}}, \quad (5.13)$$

$$R_{\text{вир}} = 69 + 16 = 85 \text{(осіб)}$$

Для виконання допоміжних операцій у межах цеху залучаються працівники допоміжних спеціальностей. До їх складу належать: налагоджувальники верстатного устаткування, бригадири (звільнені від роботи на верстатах), роздавальники інструменту, комірники, мастильники, працівники із заточування інструменту, контролери, електромонтери тощо. Чисельність зазначених

працівників визначається укрупненим методом як частка від к-сті основних виробничих працівників.

$$R_{\text{доп}} = \frac{\gamma \cdot R_{\text{вир}}}{100}, \quad (5.14)$$

де γ – к-сть допоміжних працівників у загальній к-сті (для серійного виробництва γ = 18...25%).

Тоді: $R_{\text{доп}} = \frac{20 \cdot 85}{100} = 17$ (осіб), приймаємо $R_{\text{доп}} = 17$ (осіб)

а) обслуговують устаткування (55…65% загальної к-сті);

$R^1_{\text{дод}} = 0{,}6 \cdot 17 = 10{,}2$ приймаємо $R^1_{\text{доп}} = 10$ (осіб);

б) не обслуговують устаткування:

$R^2_{\text{дод}} = R_{\text{дод}} - R^1_{\text{доп}} = 17 - 10 = 7$(осіб).

Службовці цеху складають 15…18% від к-сті виробничників, причому ІТР – 11…13%, решта – РКП:

$R_{\text{ітп}} = 0{,}12 \cdot R_{\text{вир}} = 0{,}12 \cdot 85 = 10{,}2$ приймаємо $R_{\text{ітп}} = 10$ (осіб);

$R_{\text{ркп}} = 0{,}03 \cdot R_{\text{вир}} = 0{,}04 \cdot 85 = 3{,}4$ (осіб), приймаємо $R_{\text{ркп}} = 3$ (осіб)

Молодший обслуговуючий персонал становить 2…3% від к-сті виробничників:

$R_{\text{моп}} = 0{,}03 \cdot R_{\text{вир}} = 0{,}03 \cdot 85 = 2{,}55$ (осіб), приймаємо $R_{\text{моп}} = 2$ (осіб)

К-сть контролерів та бракувальників становить приблизно 5…7% від к-сті виробничників:

$R_{\text{втк}} = 0{,}06 \cdot R_{\text{вир}} = 0{,}06 \cdot 85 = 5{,}1$ (осіб) приймаємо $R_{\text{втк}} = 5$ (осіб)

Тоді загальна к-сть працюючих у цеху складе:

$$R_{\text{заг}} = R_{\text{вир}} + R_{\text{дод}} + R_{\text{ітп}} + R_{\text{ркп}} + R_{\text{моп}} + R_{\text{втк}}, \quad (5.15)$$

$R_{\text{заг}} = 85 + 17 + 10 + 3 + 2 + 5 = 122$ (осіб).

Площу механічних дільниць цеху визначимо орієнтовно за питомою площею на один верстат та кількістю устаткування:

$$F_{\text{м.в.}} = F_{\text{пит}} \cdot C_{\text{вир}}, \text{ (м}^2\text{)} \quad (5.16)$$

Орієнтовно значення питомої площі устаткування складає:

для шліфувальних – виробнича – 20...24 (м^2); загальна – 30...35 (м^2);

для інших устаткування – виробнича – 15...24 (м^2); загальна – 25...35 (м^2).

Тоді площа механічного відділення складе:

– виробнича: $F_{м.в.} = 38 \cdot 20 + 3 \cdot 22 = 826$ (м^2);

– загальна: $F_{м.в.\ заг.} = 38 \cdot 35 + 3 \cdot 35 = 1435$ (м^2).

5.4 Розрахунок капітальних вкладень, необхідних для створення виробництва

Капітальні інвестиції, необхідні для організації виробничого процесу, охоплюють вкладення в основні виробничі фонди ($K_{оф}$) та формування обігових коштів підприємства ($K_{ок}$):

$$K = K_{оф} + K_{ок}; \quad (5.17)$$

Вартість споруд виробничого, допоміжного та службово-побутового призначення визначається орієнтовно на основі питомої вартості одного кубічного метра їх об’єму. Для одноповерхових промислових будівель цей показник становить 120–160 грн/м³, а для службово-побутових площ — 175–225 грн/м³. У зазначену вартість включено витрати на санітарно-технічні системи, мережі промислових комунікацій, а також на проєктування та підготовку будівельного майданчика. Об’єм споруди визначається за зовнішніми габаритами площі та висоти. Загальні площі механічного цеху наведені у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Площі механічного цеху

Найменування площі	Величина площі, м ^{2}
Загальна площа цеху, усього у тому числі: Виробнича Допоміжна Службово-побутова	3607 2719 420 468

Зовнішня площа будівлі становить приблизно 1,05–1,10 від внутрішньої. Висота одноповерхових споруд від рівня стелі до нижньої затяжки ферми перекриття визначається залежно від габаритів технологічного устаткування, ширини прольоту та наявності верхнього транспортного устаткування. Для

промислових приміщень цехів із мостовими кранами та прольотом 12–18 м висоту приймають орієнтовно в межах 8–12 м, для службово-побутових приміщень — 2,8–3,0 м. Об’єм будівлі розраховується за встановленою формулою:

$$V = V_{вир} + V_{сл.-поб}, \quad (5.18)$$

де: $V_{вир} = S_{зовн}^{вир} \cdot H_{вир}$ – об'єм промислових приміщень; $V_{сл.поб} = S_{зовн}^{сл.поб} \cdot H_{сл.-поб}$– об'єм службово-побутових приміщень. У свою чергу: $S_{зовн}^{вир}$ – зовнішня площа промислових площ; $S_{зовн}^{сл.-поб}$ -зовнішня площа службово-побутових площ.

За кресленням плану механоскладального цеха

$$S_{зовн}^{вир} = 3424{,}96 \ (м^2);$$

Знаходимо зовнішню площу службово-побутових площ за формулою

$$S_{зовн}^{сл.-поб} = 1{,}1 \cdot S_{сл.-поб} \quad (5.19)$$

$$S_{зовн}^{сл.-поб} = 1{,}1 \cdot 468 = 515 \ (м^2)$$

Висоту приміщень приймаємо:

$$H_{вир} = 12 \ (м)$$

$$H_{сл.-поб} = 3 \ (м)$$

Розраховуємо загальний об'єм споруд (окремо за видами):

$$V_{сл.-поб} = 468 \cdot 3 = 1\,545 \ (м^3)$$

$$V_{заг} = 3424{,}96 \cdot 12 = 41\,099{,}52 \ (м^3)$$

$$V_{вир} = V_{заг} - V_{сл.-поб}$$

$$V_{вир} = 41\,099{,}52 - 1545 = 39\,554{,}52 \ (м^3)$$

Підрахуємо загальну вартість споруд за формулою:

$$C_{зовн} = V_{вир} \cdot C_{вир} + V_{сл.-поб} \cdot C_{сл.-поб}; \quad (5.20)$$

$$C_{зовн.\ вир.} = V_{вир} \cdot C_{вир};$$

$$C_{зовн.\ вир} = 39\,554{,}52 \cdot 160 = 6\,328\,723 \ (грн.)$$

$$C_{зовн.\ сл.-поб} = V_{сл.-поб} \cdot C_{сл.-поб};$$

$$C_{зовн.\ сл.-поб} = 1545 \cdot 200 = 309\,000 \ (грн.)$$

$$C_{заг} = 6\,328\,723 + 309\,000 = 6\,637\,723 \ (грн.).$$

Таблиця 5.6 – Обладнання цеху

Назва верстату	Модель	$P_{дв}$ кВт	Балансова вартість	Габарити (довж. на шир.)	К-сть	Працівників на верстат	Зайнято працівників
Токарно-гвинторізні	16К20	10	54500	2,5х1,19	4	2	8
	1М63	13	55300	4,7х1,69	1	2	2
	1А64	22	93900	5,78х2,0	1	2	2
Токарно-револьверні	1К341	5	35000	3,0х1,2	1	2	2
	1К365	13	41600	3,32х1,53	2	2	4
Токарні з ЧПК	16Б16Т1	10	78000	3,1х2,3	2	1	2
	16К20Ф3С5	11	84000	5,3х3,42	2	1	2
Горизонтально-розточний	2М614	6.7	176900	4,3х2,75	3	2	6
	2620В	10	208000	5,7х3,4	2	2	4
Горизонтально-розточточний з ЧПК	2А622Ф4	20	108000	4,9х6,1	1	1	1
	ИС1250	30	125600	5,3х5,67	1	1	1
Повздовжьо-строгальний	7110	75	80000	7,95х3,7	2	2	4
Горизонтально-фрезерний	6Р81Г	5.5	25500	1,56х2,45	2	2	4
	6Р12	7.5	31600	2,35х1,95	2	2	4
Повздовжньо-фрезерний	6М610	30	123000	1,3х7,	3	1	3
	6Г605	15	105000	5,8х3,94	1	1	1
Довбальний	7414	50	47000	7,х5,7	1	2	2
Радіально-свердлильний	2М57	7.5	79000	3,6х1,55	1	2	2
	2М55	4	60000	2,445х1,	1	2	2
	2Л53У	2.2	29000	2,14х,87	2	2	4
Зубооброблювальні	53А50	12.5	102000	2,6х1,18	1	0,5	1
	5140	1.1	97000	1,75х1,25	1	0,5	
Круглошліфувальні	3М151	10	116000	4,6х2,45	1	2	2
Плоскошліфувальні	3К722	10	160300	4,1х2,215	1	2	2
Внутрішньошліфувальні	3К227В	8.4	114300	2,815х1,9	1	2	2
Відрізні	8А641	5.5	38600	2,1х1,1	1	2	2
Разом		632,5	3610100		41		69

Розрахунок вартості устаткування здійснюється шляхом визначення сумарних витрат на придбання основного технологічного устаткування цеху (верстати, преси, конвеєри тощо), енергетичного та підіймально-транспортного устаткування, а також засобів контролю, управління, інструментів і виробничого інвентарю.

Вартість одиниці устаткування приймається за початковою (балансовою) величиною, що включає витрати на придбання, транспортно-заготівельні операції, будівельні роботи, спорудження фундаментів та монтаж. Вартість устаткування для механічної обробки деталей визначається прямим підрахунком за обраними позиціями. Результати підбору устаткування наведені у таблиці 5.6.

Таблиця 5.7 – Основні фонди та їх амортизація

Назви груп осн. фондів	Вартість осн. фондів, грн	Норма амортизації	Річні аморт. відрахування, грн
1. Споруди			
Виробничі та допоміжні	6 328 723	0.05	310 107.43
Службово-побутові	309 000	0.05	15 141
2. Обладнання цеху			
КВП	120 000	0.316	37 920
Металообробні верстати	3 610 100	0.316	1 140 791.60
Підйомно-транспортне устаткування	541 515	0.316	171 118.74
Енергетичне	288 808	0.316	91 263.33
Засоби контролю та керування	722 020	0.316	228 158.32
Інструменти та прилади	541 515	0.316	171 118.74
Виробничо-господарський інвентар	180 505	0.316	57 039.58
Усього	12 642 186		2 222 658,74

Розрахунок вартості устаткування здійснюється шляхом визначення сумарних витрат на придбання основного технологічного устаткування цеху (верстати, преси, конвеєри тощо), енергетичного та підіймально-транспортного

устаткування, а також засобів контролю, управління, інструментів і виробничого інвентарю.

Вартість одиниці устаткування приймається за початковою (балансовою) величиною, що включає витрати на придбання, транспортно-

заготівельні операції, будівельні роботи, спорудження фундаментів та монтаж. Вартість устаткування для механічної обробки деталей визначається прямим підрахунком за обраними позиціями.

Знайдемо ці значення:

$$С_{енерг} = 0,08 \cdot 3\ 610\ 100 = 288\ 808 \text{ (грн.)};$$

$$С_{пто} = 0,15 \cdot 3\ 610\ 100 = 541\ 515 \text{ (грн.)};$$

$$С_{зкк} = 0,2 \cdot 3\ 610\ 100 = 722020 \text{ (грн.)};$$

$$С_{інстр} = 0,15 \cdot 3\ 610\ 100 = 541515 \text{ (грн.)};$$

$$С_{г\text{-}в.інв.} = 0,05 \cdot 3\ 610\ 100 = 180505 \text{ (грн.)}.$$

Розмір амортизаційних відрахувань заносимо до таблиці 5.7.

Розрахунок капітальних вкладень в обігові кошти здійснюється шляхом ділення загальної суми витрат на випуск продукції на коефіцієнт оборотності обігових коштів, який приймається в межах 3–5 оборотів на рік. Відповідно до цього матимемо:

$$К = Ф_{вир} + С_т/4 \qquad (5.21)$$

$С_т$ = 51 146 948 грн.

$С_т/4$ = 51 146 948 /4= 12 786 737 (грн.).

Капітальні вкладення, необхідні для здійснення виробництва:

К = 12 642 186 + 12 768 600,5 = 25 410 786,5 (грн.).

5.5 Планування фондів заробітної плати працівників

5.5.1 Планування фондів заробітної плати працівників

Фонд заробітної плати розраховується окремо для основних виробничих та допоміжних працівників. При плануванні фонду заробітної плати працівників

використовуємо дані щодо трудомісткості продукції, яку виготовляють у цеху та на гнучкій дільниці, зі вказівкою виконавців за професіями та кваліфікацією, тарифної системи оплати праці та к-сті допоміжних працівників за професіями та кваліфікацією.

Для визначення основної заробітної плати виробничого персоналу спочатку здійснюється розрахунок фонду прямої заробітної плати працівників складальної дільниці на основі середнього тарифного розряду робіт та відрядно-преміальної системи оплати праці. Пряма виробнича заробітна плата працівників-відрядників на складальній дільниці визначається як добуток годинної тарифної ставки $S^{\text{скл}}_{\text{год.відр}}$, що відповідає встановленому розряду робіт, нормативної трудомісткості складання одного виробу $\tau_{\text{ск}}$та обсягу програми запуску $N_{\text{зап}}$.:

$$З^{\text{скл}}_{\text{вир}} = S^{\text{скл}}_{\text{год. відр}} \cdot \tau_{\text{ск}} \cdot N_{\text{зап}}, \qquad (5.22)$$

де $S^{\text{скл}}_{\text{год. відр}} = S^{1}_{\text{год}} \cdot K_5$, $S^{1}_{\text{год}} = 6{,}8$ грн – годинна ставка працівника 1-го розряду; $K_5 = 1{,}533$ – коефіцієнт годинної ставки працівника 5-го розряду порівняно з годинною ставкою працівника 1-го розряду.

Тоді: $З^{\text{скл}}_{\text{вир}} = 1{,}533 \cdot 6{,}8 \cdot 16{,}7 \cdot 1827{,}56 = 308058{,}17$ (грн.)

Пряма виробнича заробітна плата основних працівників, залучених до виконання операцій механічної обробки деталей (верстатники та інші), визначається на основі нормативної трудомісткості цих робіт $\tau_{\text{мех}}$. При цьому умовно приймається, що для 80 % працівників застосовується відрядно-преміальна система оплати праці, а для 20 % — погодинно-преміальна. Середній розряд робіт для відрядників складає $P^{м}_{\text{сер. відр}} = 5$, для погодинників – $P^{м}_{\text{сер. год}} = 4$:

$$З^{\text{мех}}_{\text{вир}} = 0{,}8 \cdot S^{\text{мех}}_{\text{год. відр}} \cdot \tau_{\text{мех}} \cdot N_{\text{зап}} + 0{,}2 \cdot S^{\text{мех}}_{\text{год. погод}} \cdot \tau_{\text{мех}} \cdot N_{\text{зап}}; \qquad (6.7)$$

Аналогічно з попереднім розрахунком:

$$З^{\text{мех}}_{\text{вир}} = 0{,}8 \cdot 1{,}533 \cdot 6{,}8 \cdot 73{,}5 \cdot 1827{,}56 + 0{,}2 \cdot 1{,}35 \cdot 6{,}8 \cdot 73{,}5 \cdot 1827{,}56 = 1366833{,}45\text{грн.}$$

Премії з фонду заробітної плати складають 14% від прямої заробітної платні:

$$З_{\text{прем}} = 0{,}14 \cdot (З^{\text{скл}}_{\text{вир}} + З^{\text{мех}}_{\text{вир}}); \qquad (5.23)$$

$З_{\text{прем}} = 0{,}14 \cdot (308\,058{,}17 + 1\,366\,833{,}45) = 234\,484{,}83$ (грн.).

Інші доплати можна прийняти у розмірі 1% від прямої заробітної плати:

$$З_{допл} = 0,01 \cdot (З^{скл}_{вир} + З^{мех}_{вир}); \quad (5.24)$$

$З_{допл} = 0,01 \cdot (308\,058,17 + 1\,366\,833,45) = 16\,748,92$ (грн.).

Фонд годинної заробітної платні основних працівників складає:

$$Ф^{осн}_{зп.\,год} = З^{скл}_{вир} + З^{мех}_{вир} + З_{прем} + З_{допл}; \quad (5.25)$$

$Ф^{осн}_{зп.\,год} = 308058,17 + 1366833,44 + 234484,83 + 16748,92 =$ 1926125,36 (грн.).

Приймаємо розмір додаткової заробітної плати у розмірі 4…5% від фонду годинної заробітної плати основних працівників.

$$З^{осн}_{дод} = 0,05 \cdot Ф^{осн}_{зп.\,год}; \quad (5.26)$$

$З^{осн}_{дод} = 0,05 \cdot 1926125,36 = 96\,306,37$ (грн.).

Фонд оплати праці основних працівників виробництва поєднує у собі фонди основної та додаткової заробітної плати:

$$Ф^{осн}_{зп} = Ф^{осн}_{зп.\,год} + З^{осн}_{дод}; \quad (5.27)$$

$Ф^{осн}_{зп} = 1\,926\,125,36 + 96\,306,37 = 2\,022\,431,63$(грн.).

Для розрахунку прямої заробітної платні допоміжних працівників приймаємо термін дії планового періоду 12 місяця. Тоді :

$$З^{доп}_{вир} = 12 \cdot З_{тар} \cdot Ч^{доп} \cdot (0,65…0,7), \quad (5.28)$$

де $З^{доп}_{вир}$ – пряма заробітна плата допоміжних працівників, грн.; $З_{тар}$ – тарифна заробітна плата основного працівника VI розряду, грн.; $Ч^{доп}$ – чисельність допоміжних працівників, осіб

$$З^{доп}_{вир} = 12 \cdot 1,785 \cdot 6,8 \cdot 167 \cdot 17 \cdot 0,7 = 289462,17 \text{ (грн.)}.$$

Для розрахунку основної заробітної платні допоміжних працівників $З^{доп}_{осн}$ враховуємо розмір доплат, що приймається у розмірі 22…25% .

Тоді:

$$З^{доп}_{осн} = (1,22…1,25) \cdot З^{доп}_{вир}; \quad (5.29)$$

$$З^{доп}_{осн} = 1,25 \cdot 289462,17 = 361827,71 \text{ (грн.)}.$$

Додаткова заробітна платня допоміжних працівників $З^{доп}_{дод}$ визначається аналогічно розрахунку за основними працівниками.

$$З_{\text{дод}}^{\text{доп}} = 0{,}05 \cdot З_{\text{осн}}^{\text{доп}}; \quad (5.30)$$

$$З_{\text{дод}}^{\text{доп}} = 0{,}05 \cdot 361827{,}71 = 18091{,}39 \text{ (грн.)}.$$

Розраховуємо фонд оплати праці допоміжних працівників:

$$Ф_{\text{зп}}^{\text{доп}} = З_{\text{осн}}^{\text{доп}} + З_{\text{дод}}^{\text{доп}}; \quad (5.31)$$

$$Ф_{\text{зп}}^{\text{доп}} = 361827{,}71 + 18091{,}93 = 379919{,}1 \text{ (грн.)}.$$

Фонд оплати праці усіх працівників цеху складає :

$$Ф_{\text{зп}}^{\text{роб}} = Ф_{\text{зп}}^{\text{осн}} + Ф_{\text{зп}}^{\text{доп}}; \quad (5.32)$$

$$Ф_{\text{зп}}^{\text{роб}} = 2\,022\,431{,}63 + 379919{,}1 = 2402350{,}73 \text{ (грн.)}$$

5.5.2 Планування фонду заробітної платні ІТП, службовців та МОП

Таблиця 5.8 – Фонд заробітної плати ІТП, службовців і МОП

Посада	К-сть, осіб	Міс. оклад, грн.	Міс. фонд ЗП, грн.	Річний фонд ЗП, грн.
1	2	3	4	5
ІТП				
1. Начальник цеху	1	4500	4500	54000
2. Заступник нач. цеху	1	4000	4000	48000
3. Майстер	2	3000	6000	72000
4. Начальник техн. бюро	1	3500	3500	42000
5. Інженер-технолог	1	3000	3000	36000
6 .Інженер-конструктор	1	3000	3000	36000
7. Майстер з ремонту	1	2500	2500	30000
8. Інженер-нормувальник	1	2600	2600	31200
9. Механік цеху	1	3000	3000	36000
Усього за ІТП	10	29100	32100	385200
Службовці				
10. Бухгалтер	1	2100	2100	25200
11. Завідуючий складом	1	2000	2000	24000
12.Табельник	1	1400	1400	16800
13. Контролер	5	1400	7000	84000
Усього по службовцям	8	6900	12500	150000
МОП				
14. Прибиральники	1	1094	1094	13128
15. Гардеробник, вахтер	1	1094	1094	13128
Усього за МОП	2	2188	2188	26256
Разом	20	38188	46788	561456

Фонд оплати праці зазначених категорій персоналу визначається на основі їх чисельності та посадових окладів відповідно до штатного розкладу. Для розрахунку заробітної плати застосовується погодинно-преміальна система. Премії та доплати з фонду матеріального стимулювання не включаються до фонду оплати праці інженерно-технічних працівників, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу. Фонд оплати праці за посадовими окладами обчислюється як сума добутків кожного окладу на к-сть працівників та к-сть місяців у плановому періоді. Підсумки заносимо до таблиці 5.8.

Фонд заробітної плати промислово-виробничого персоналу механічного цеху складає:

$$Ф_{зп}^{пвп} = Ф_{зп}^{роб} + Ф_{зп}^{сл} + Ф_{зп}^{ІТП} + Ф_{зп}^{МОП}; \quad (5.33)$$

$$Ф_{зп}^{пвп} = 2\,402\,350{,}73 + 150000 + 385200 + 26256 = 2963806{,}73 \text{ (грн.)}.$$

5.6 Розрахунок собівартості продукції

При розрахунку собівартості одиниці продукції витрати цеху на її виготовлення систематизуються за місцем виникнення та функціональним призначенням. До складу витрат включаються: витрати на сировину та основні матеріали (без урахування відходів), придбання комплектуючих виробів, напівфабрикатів і послуг кооперованих підприємств, використання допоміжних матеріалів, а також витрати на паливо та енергію, необхідні для технологічних процесів. Додатково враховуються основна та додаткова заробітна плата виробничого персоналу, відрахування на соціальне страхування, витрати на утримання та експлуатацію устаткування, цехові та загальнозаводські витрати, позавиробничі витрати, а також податки, що включаються до собівартості продукції.

Витрати за статтею “Сировина та основні матеріали” становлять 165 000 грн.

Для статті “Покупні комплектуючі вироби” орієнтовне значення приймається на рівні $З_{пвнф} = 7\,300$грн/од.

До статті «Допоміжні матеріали»:

Здм = 0,06 · 165 000 = 9 900 грн./од.

До статті «Паливо та енергія для технологічних потреб» витрати визначаємо за формулою :

$$Q_E = \sum_{i=1}^{n} Q_{Ei}, \quad (5.34)$$

де Q_{Ei} – енергія, яку споживає і-та група устаткування:

$$Q_{Ei} = F_{доі} \cdot k_{сі} \cdot k_{зі} \cdot P_{уі}, \quad (5.35)$$

де $F_{доі}$ – дійсний річний фонд часу роботи і-тої групи устаткування.

Витрати електроенергії для верстатного устаткування:

$$Q_{верст} = 3802 \cdot 0,43 \cdot 0,45 \cdot 632,5 = 465\ 322 \text{ кВт/год};$$

Витрати електроенергії на освітлення розрахуємо за формулою:

$$Q_{осв} = Q_{осв}^{вир} + Q_{осв}^{сл.-поб}, \quad (5.36)$$

де: $Q_{осв}^{вир} = q_{вир} \cdot k_{од} \cdot F_{гор} \cdot S_{вир}$; $Q_{осв}^{сл.-поб} = q_{сл.-поб} \cdot k_{од} \cdot F_{гор} \cdot S_{сл.-поб}$.

Вибираємо: $q_{вир}$ = 0,015 кВт/м^2 – витрати електроенергії на 1 м^2 промислових площ; $q_{конт}$ = 0,02 кВт/м^2 – витрати електроенергії на 1 м^2 конторських площ; $q_{поб}$= 0,01 кВт/м^2 – витрати електроенергії на 1 м^2 побутових площ; $k_{од}$ = 0,8 – коефіцієнт одночасності горіння ламп для промислових та конторських площ; $k_{од}$ = 0,7 – для побутових площ. $F_{гор}$ = 2500 год. – тривалість горіння електроламп на рік при 2-х змінах роботи.

Підрахуємо:

$Q_{осв}$ = (0,015·0,8·3453+ 0,02·0,8·420 + 0,01·0,7·468)· 2500 = 128 600 (кВт·год).

Тоді витрати за статтею «Паливо та енергія» на одиницю виробу складуть:

$$З_{п.е} = \frac{Ц_{ес} \cdot (Q_{осв} + Q_{верст})}{N_{вип}}, \quad (5.37)$$

де $Ц_{ес}$ = 1,12 грн. – вартість 1 кВт·год електроенергії за чинними тарифами.

$$З_{п.е} = \frac{1,12 \cdot (128600 + 465322)}{200} = 3325,96 \text{ (грн./од.)}.$$

До статті «Основна заробітна плата виробничих працівників» відносимо розраховану вище.

$$З_о = \frac{З_{вир}^{скл} + З_{вир}^{мех}}{N_{вип}} = \frac{308058,17 + 1\ 366\ 833,45}{200} = 8\ 374,46 \text{ грн./од.}$$

«Додаткова заробітна плата працівників виробництва» уже обчислена:

$$З_д = \frac{З_{прем}+З_{допл}+З_{дод}}{N_{вип}}; \quad (5.38)$$

$$З_д = \frac{234484,83+16748,92+96306,37}{200} = 1737,71 \text{ (грн./од.)}$$

До статті «Єдиний соціальний внесок» відносять суму, яка дорівнює 38,35% від фонду оплати праці:

$$З_{сс} = 0,3835 \cdot (З_о + З_д); \quad (5.39)$$

$З_{сс} = 0,3835 \cdot (8\ 374,46 + 1\ 737,71) = 3878,02$ (грн./од.).

Таким чином, заробітна платня працівників виробництва у частині собівартості з нарахуваннями складає:

$$З_{о.р} = З_о + З_д + З_{сс} + З_{зайн}; \quad (5.40)$$

$З_{о.р} = 8\ 374,46 + 1\ 737,71 + 3878,02 = 13\ 990,19$ (грн./од.).

До статті «Витрати на підтримку та експлуатацію устаткування»:

$З_{рем} = 170 \cdot 41 + 180 \cdot 3 + 100 \cdot 38 = 11\ 310$ (грн.).

$З_{а.обор} = 1\ 897\ 410,31$грн.

Витрати за даною статтею складають:

$$З_{сео} = \frac{З_{рем}+З_{а.\ обор}}{N_{вип}}; \quad (5.41)$$

$$З_{сео} = \frac{11310+1\ 897\ 410,31}{200} = 9543,6 \text{ (грн./од.).}$$

До статті «Цехові витрати» відносять наступне. Заробітна плата адміністративно-управлінського персоналу з нарахуваннями:

$З_{ауп} = 1,3835 \cdot 561456 = 776\ 774,38$ (грн.).

Заробітна плата допоміжних працівників з нарахуваннями ($З_{доп}$):

$З_{доп} = 1,3835 \cdot 379\ 919,1 = 525\ 618,07$(грн.).

Амортизаційні відрахування на відновлення споруд та будівель ($З_{а.сп}$):

$З_{а.сп} = 325\ 248.43$ (грн.).

Витрати на воду для душових та пару для опалення ($З_{душ}$ і $З_{пар}$).

$Ц_в = 16,5$ грн/м^3;

$Ц_{пар} = 208$ грн/т.

$З_{душ} = 16,5 \cdot 0,04 \cdot 102 \cdot 251 = 16\ 897,32$ (грн.);

$З_{пар} = (0,41 \cdot (48\ 423 + 1\ 545) + 0,9 \cdot 102) \cdot 208 = 4\ 280\ 365,44$(грн.).

У підсумку на статтю «Цехові витрати» віднесена сума:

$$З_{цех} = \frac{З_{ауп}+З_{доп}+З_{а.сп}+З_{душ}+З_{пар}}{N_{вип}}; \quad (5.42)$$

$$З_{цех} = \frac{776774,38+525618,07+325248,43+16897,32+4280365,44}{200} = 29\,624,52 \text{ (грн./од.)}$$

До статті «Загальнозаводські витрати» розраховуються за формулою:

$$З_{зз} = З_{о} \cdot К_{зз}; \quad (5.43)$$

$$З_{зз} = 8374,46 \cdot 0,75 = 6\,280,85 \text{ (грн./од.)}.$$

Таким чином, виробнича собівартість буде складати:

$$С_{вир} = З_{ом} + З_{пвнф} + З_{дм} + З_{п.е} + З_{о.р} + З_{сео} + З_{цех} + З_{зз}; \quad (5.44)$$

$$С_{вир.} = 165\,000 + 7300 + 9\,900 + 3\,325,96 + 13\,990,19 + 9\,543,6 + 29624,52 + 6\,280,85 = 244\,965,11 \text{ (грн.)}.$$

До статті «Позавиробничі витрати» відносять витрати:

$$З_{пв} = С_{вир} \cdot К_{пв}; \quad (5.45)$$

$$З_{пв} = 244\,965,11 \cdot 0,04 = 9\,798,6 \text{ (грн.)}.$$

Сума витрат за перерахованими вище статтями витрат складає повну собівартість виробу:

$$С_{п} = С_{вир} + З_{пв}; \quad (5.46)$$

$$С_{п} = 244\,965,11 + 9\,798,6 = 254\,763,72 \text{ (грн.)}.$$

Для визначення прибутку та оптової ціни одиниці продукції встановлюється рівень рентабельності 20 %. За цих умов запланований прибуток на одиницю продукції становитиме:

$$П_{пл} = \frac{С_{п} \cdot Р}{100}; \quad (5.47)$$

$$П_{пл} = \frac{254\,763,72 \cdot 20}{100} = 50952,74 \text{ (грн./од.)}.$$

Оптова ціна з урахуванням ПДВ складатиме:

$Ц_{о} = С_{п} + П_{пл} + ПДВ$; де ПДВ = 20% – податок на додану вартість. Його розмір визначається за діючими ставками у відсотках від вартості одиниці продукції.

Тоді: $Ц_{о} = 305\,716,46 \cdot 1,2 = 366\,859,75$(грн./од.).

Обсяги податків та відрахувань складатимуть:

$$З_{кп} = \frac{0,1 \cdot 17 \cdot 12 \cdot Ч_{пвп}}{N_{вип}}; \quad (5.48)$$

$$З_{кп} = \frac{0{,}1 \cdot 17 \cdot 12 \cdot 122}{200} = 12{,}44 \text{ (грн.);}$$

$$З_{стр} = 0{,}01 \cdot П_{пл} = 0{,}01 \cdot 50\,952{,}74 = 509{,}53 \text{ (грн.).}$$

$$З_{зем} = \frac{a \cdot S_ц}{N_{вип}} = \frac{5 \cdot 3453}{200} = 86{,}33 \text{ (грн.).}$$

Визначаємо собівартість з урахуванням всіх віднесених на неї відрахувань:

$$С = С_п + З_{кп} + З_{стр} + З_{зем}; \quad (5.49)$$

С = 254 763,72 + 12,44 + 509,53 + 86,33 = 255 372,01 (грн.).

Запланований прибуток було отримано раніше, тоді реальна рентабельність буде складати:

$$Р' = \frac{П_{пл}}{С} \cdot 100; \quad (5.50)$$

$$Р' = \frac{50\,952{,}74}{255\,372{,}01} \cdot 100 = 19{,}95\%.$$

5.7 Техніко-економічні показники механічного цеху

Зведені результати розрахунків заносимо до таблиць 5.9 та 5.10.

Таблиця 5.9 – Калькуляція собівартості виробу

№ з/п	Назва статей калькуляції	Сума витрат		Питома вага витрат у повній собівартості, %
		на виріб, грн.	на програму випуску, грн.	
1	Сировина та основні матеріали	165 000	33 000 000	64,61
2	Покупні вироби й напівфабрикати	7 300	1 460 000	2,86
3	Допоміжні матеріали	9 900	1 980 000	3,88
4	Паливо й енергія на технологічні потреби	3 325,96	665 192	1,30
	Прямі матеріальні витрати	185 525,96	37 105 192	72,65
5	Основна заробітна плата виробничих працівників	8 374,46	1 674 892	3,28
6	Додаткова заробітна плата виробничих працівників	1 737,71	347 542	0,68

Продовження таблиці 5.9

7	Відрахування до єдиного соціального внеску	3 878,02	775 603,44	1,52
	Заробітна плата виробничих працівників	13 990,19	2 798 037,44	5,48
8	Витрати на утримання й експлуатацію устаткування	9 543,60	1 908 720	3,74
	Технологічна собівартість виробу	209 059,75	41 811 949,44	81,86
9	Цехові витрати	29 624,52	5 924 904	11,60
	Цехова собівартість виробу	238 684,27	47 736 853,44	93,47
10	Зогальнозаводські витрати	6 280,85	1 256 169	2,46
	Виробнича собівартість виробу	244 965,11	48 993 022,44	95,92
11	Позавиробничі витрати	9 798,60	1 959 720,90	3,84
	Повна собівартість виробу	254 763,72	50 952 743,34	99,76
12	Страхування майна підприємства	509,53	101 905,49	0,20
13	Плата за земельні ресурси	86,33	17 266	0,03
14	Інші відрахування	12,44	2 488	0,01
	Собівартість виробу	255 372,01	51 074 402,82	100,00

Таблиця 5.10 – Техніко-економічні показники роботи механічного цеху

№ з/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Величина показника
1	Річна програма випуску виробів, $N_{вип}$	шт.	200
2	Обсяг товарної продукції, $Q_т = N_{вип} \cdot Ц_о$	грн.	61 230 172
3	Капітальні вкладення, необхідні для створення виробництва, $К = Ф_{вир} + С_т/4$	грн.	25 410 786,5
4	Прибуток від реалізації товарної продукції, $П_р = (Ц_о - С) \cdot N_{вип}$	грн.	10 068 890
5	Собівартість товарної продукції, $С_т = С \cdot N_{вип}$	грн.	51 074 402
6	Вироблення на одного працівника, $П_т = Q_т/Ч_{пвп}$	грн./осіб	501 886,66
7	Витрати на одну грн. товарної продукції, $С_{тп} = С_т/(Цо \cdot N_{вип})$	грн./грн.	0,83
8	Фондовіддача, $Ф_в = Q_т/Ф_{вир}$	грн./грн.	4,84
9	Фондоємність, $Ф_є = Ф_{вир}/Q_т$	грн./грн.	0,21
10	Фондоозброєність, $Ф_{оз} = Ф_{вир}/Ч_{пвп}$	грн./осіб	103 624,48
11	Термін окупності капітальних вкладень, $Т = К/П_{під}$	років	2,52

5.8 Безпекові параметри механообробного цеху

Ефективна технологічна підготовка виробництва (ТПВ) нерозривно пов'язана із забезпеченням безпечних умов праці, оскільки впровадження високошвидкісних устаткування з ЧПК вимагає підвищеної уваги до охорони праці. Безпекові параметри механообробного цеху, де відбувається виготовлення відповідальних деталей, таких як кривошип, повинні відповідати чинному законодавству України, зокрема Закону України «Про охорону праці», та державним стандартам.

Основним завданням є мінімізація професійних ризиків. Проєкт базується на вимогах ДСТУ EN ISO 12100:2020 (Безпечність машин. Загальні принципи конструювання. Оцінювання ризику та зменшення ризику), який вимагає інтегрувати безпеку в процес проєктування технологічних систем.

Планування цеху здійснюється з урахуванням ДБН В.2.2-28:2010 (Будинки та споруди. Будівельні норми та правила), які регламентують необхідні проїзди та проходи для безпечної евакуації та обслуговування устаткування. Для забезпечення безпечного транспортування заготовок та готових виробів між робочими зонами та складами обов'язково передбачаються вільні проходи шириною не менше 1,2 м та проїзди для транспортних засобів.

Мікроклімат: Температурний режим у робочій зоні підтримується в межах 18-24°С (у теплий період року) та 16-22°С (у холодний період) відповідно до Державних санітарних норм (ДСН 3.3.6.042-99). Швидкість руху повітря не повинна перевищувати 0,3-0,5 м/с.

Освітлення: Згідно з ДБН В.2.5-28:2018 (Природне і штучне освітлення), для механоскладальних робіт високої точності (якими є фінішна обробка кривошипа) рівень освітленості на робочих поверхнях повинен становити не менше 400-500 лк із застосуванням комбінованого освітлення.

Шум та Вібрація: Верстати з ЧПК можуть генерувати значний шум. Гранично допустимий рівень шуму на постійних робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБА (ДСТУ 3038-95). Для його зниження використовуються шумоізолюючі

корпуси устаткування, а також антивібраційні опори та фундаменти, що відповідають вимогам ДСТУ EN ISO 11201:2006.

Особлива увага приділяється інтегрованій безпеці верстатів. Електробезпека: Усе устаткування, включаючи ЧПК-системи, має бути обладнане захисним заземленням (за ДСТУ IEC 60364-4-41:2017). Обов'язкова наявність швидкодійних пристроїв аварійного відключення (кнопки STOP), розташованих у легкодоступних місцях, що відповідає ДСТУ EN 60204-1:2017 (Безпечність машин. Електроустаткування машин).

Механічний захист: Робоча зона верстата повинна бути повністю ізольована захисними кожухами. Двері до робочої зони оснащуються блокуванням, яке унеможливлює запуск циклу обробки або відкриття дверей до повної зупинки шпинделя (запобігання вильоту стружки або деталі), відповідно до ДСТУ EN ISO 13849-1:2020 (Частини систем керування, пов’язані з безпекою).

Організація роботи з МОР: Системи подачі мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) повинні бути герметичні. Для запобігання поширенню аерозолів МОР у повітрі, що є шкідливим фактором, встановлюються локальні витяжні системи над зоною різання.

5.9 Рекомендації щодо організації охорони праці та екології на виробництві деталей зі сталі

Впровадження сучасних технологій на виробництві кривошипів зі сталі вимагає комплексного підходу до охорони праці (ОП) та екологічної безпеки, що включає запобіжні заходи, навчання персоналу та раціональне поводження з промисловими відходами.

Ключовим елементом системи ОП є кваліфікація персоналу.

Навчання та інструктажі: Усі працівники, які обслуговують ЧПК-верстати та виконують роботи з механообробки, повинні проходити регулярне навчання та перевірку знань з ОП згідно з Типовим положенням про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05).

Обов'язковими є вступний, первинний (на робочому місці), повторний та позаплановий інструктажі.

Забезпечення ЗІЗ: Робочих необхідно забезпечити сертифікованими засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), які відповідають вимогам Технічного регламенту ЗІЗ та ДСТУ EN 340:2013 (Загальні вимоги до захисного одягу). Це включає спеціальний захисний одяг, захисні окуляри або щитки (від стружки), рукавиці та протишумові засоби (беруші або навушники).

Медичні огляди: Регулярні попередні (при прийомі на роботу) та періодичні медичні огляди є обов'язковими для працівників, зайнятих на роботах зі шкідливими та небезпечними умовами (контакт з МОР, шум), згідно з наказом МОЗ України № 246.

Виробництво сталевих кривошипів генерує два основних види відходів, які потребують спеціального поводження згідно з Законом України «Про відходи».

Класифікація: Сталева стружка є відходом, що підлягає обов'язковій утилізації (переробці).

Організація збору: На робочих місцях встановлюються герметичні контейнери для збору стружки. Оскільки стружка часто містить залишки МОР, необхідно організувати її знежирення (центрифугування) перед відправкою на металобрухт. Це підвищує економічну ефективність (відновлення МОР) та знижує екологічне навантаження.

Утилізація мастильно-охолоджувальних рідин (МОР):

Небезпека: Відпрацьовані МОР та емульсії належать до небезпечних відходів (зазвичай 3-го класу небезпеки) через вміст нафтопродуктів, біоцидів та важких металів.

Регенерація та утилізація: Пріоритетом є регенерація (очищення та повторне використання) МОР усередині цеху за допомогою фільтраційних та сепараційних установок (ДСТУ 3073-95). Відпрацьовані, не піддатні регенерації МОР, повинні передаватися виключно ліцензованим підприємствам для їх безпечної утилізації (наприклад, спалювання у спеціальних установках).

Заходи щодо зниження впливу на навколишнє середовище

Очищення повітря: Для мінімізації викидів аерозолів МОР у атмосферу використовуються високоефективні маслотуманні фільтри.

Оборотне водопостачання: Впровадження замкнутих циклів використання води та МОР для мінімізації скидання промислових стоків..

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломного проєкту було здійснено комплекс розрахункових і графічних робіт, що стосуються розроблення технологічних процесів виготовлення «Кривошипа». Сформовано маршрути їх механічної обробки, обґрунтовано вибір металорізального обладнання, різального й вимірювального інструменту, виконано розрахунки режимів різання для кожного переходу. У ході проєктування враховано середньосерійний тип виробництва та сучасні тенденції машинобудування, зокрема вимоги до переналагоджуваності обладнання, що обґрунтовує доцільність застосування верстатів з ЧПК, які, попри вищу вартість порівняно з універсальними верстатами, забезпечують зниження вимог до кваліфікації операторів, поліпшення умов праці, зменшення виробничого травматизму та підвищення привабливості роботи у галузі.

З навчальною метою було спроєктовано затискне та контрольне пристосування для деталі «Кривошип». Виконання цих робіт сприяло вдосконаленню практичних навичок конструювання технологічної оснастки та поглибленню фахових компетентностей.

Поряд із технічним обґрунтуванням розроблених технологічних процесів проведено порівняльні економічні розрахунки, які підтвердили підвищення ефективності виробництва.

Робота повністю відповідає технічному завданню й реалізована в повному обсязі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог та технічний посібник Seco 2020: "Токарна обробка"
2. ДСТУ 18217:2008 "Протяжки шпонкові. Конструкція"
3. ДСТУ 2675:2008 "Патрони самоцентруючі трикулачкові. Основні розміри"
4. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
5. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендуля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ, 2008, 576 с.
6. Горбатюк Е.О., Мазур М.П., Зєнкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування Навчальний посібник. Львів., Новий світ, 2008, 360 с.
7. Пальчевський Б.О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація): Навчальний посібник. Львів: Світ, 2001. 232 с.
8. Економіка підприємства: Підручник / За ред. С. Ф. Покропивного. К.: КНЕУ, 2001.
9. В.Ц. Жидецький, В.С. Джигірей, В.М.Сторожук, Л.В.Туряб Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред. канд. техн. наук, доцента В.Ц. Жидецького. Львів, Афіша, 2005, 352 с.
10. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення.
11. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
12. Закон України Про охорону навколишнього природного середовища, 1991 року зі змінами № 554-IX від 13.04.2020
13. Закон України Про охорону праці, нова редакція, м. Київ, 21 листопада 2002 року, № 341-IX від 05.12.2019, ВВР, 2020, № 13, ст.68
14. Охорона праці: Навчальний посібник / За ред. В. Кучерявого. Львів: Оріана-Нова, 2007. 368 с.
15. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
16. ДСТУ ISO 2768-1-2001. Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768–1:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2002. 10 с.
17. ДСТУ ISO 2768-2-2001. Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків (ISO 2768–2:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2001. 15 с.
18. ДСТУ ISO 286-1-2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилень та посадок (ISO 286–1:1988, IDT). [Чинний від 2003-10-01] – К. :Держспоживстандарт України, 2003. – 37 с.

					КНУ.КМР.131.25.1-13.СВД		
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата			
Розроб.		Репін			Список використаних джерел	Літ.	Арк. / Аркушів
Перевір.		Бондар					
Н. Контр.		Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-24м	
Затверд.		Рязанцев					

19. ДСТУ ISO 286-2-2002 Допуски і посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці квалітетів стандартних допусків і граничних відхилень отворів і валів. [Чинний від 2003-10-01] – К. :Держспоживстандарт України, 2004. 47 с.
20. ДСТУ 2974-95. Технологічне підготовлення виробництва. Основні терміни та визначення.
21. ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.
22. ДСТУ 2500-94 Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення та загальні норми.
23. ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
24. ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
25. ДСТУ ISO 286-1-2002 Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилів та посадок.
26. ДСТУ ISO 1101:2009 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS) Геометричні допуски. Допуски форми, орієнтації, розташування та биття.
27. ДСТУ ISO 5459:2009 Кресленики технічні. Геометричні допуски. Бази та системи баз геометричних допусків.
28. ДСТУ ISO 129.1: 2007 Кресленики технічні. Проставлення розмірів і допусків. Частина 1. Загальні принципи
29. ДСТУ 2.308:2013 ЄСКД. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь.
30. ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні.
31. ДСТУ 2.307:2013 Єдина система конструкторської документації. Нанесення розмірів і граничних відхилів (ГОСТ 2.307-2011, IDT)
32. ДСТУ 2860-94 Надійність у техніці. Терміни та визначення
33. ДСТУ 3004-95 Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними
34. ДСТУ 3433-96 Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення
35. ДСТУ 2.601:2006 ЄСКД. Експлуатаційні документи .
36. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.
37. ДСТУ 2.604:2005 ЄСКД. Єдина система конструкторської документації. Кресленики ремонтні. Загальні вимоги.
38. ДСТУ 2.610:2006 ЄСКД. Правила виконання експлуатаційних документів
39. Боженко, Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні [Текст] / Л.І. Боженко. – К.: НМК ВО, 1990. – 264 с.
40. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. Підручник / Базієвський С.Д. – К.: Слово, 2012.–504 с.
41. Основи взаємозамінності, стандартизації і технічні вимірювання. Навчальний посібник/ Железна А.М.–К.: Кондор, 2011.–796 с.
42. Стандартизація, метрологія та кваліметрія у машинобудуванні. Навчальний посібник / Боженко Л.І.-Львів.:Світ, 2013,–328с.

ДОДАТКИ

					КНУ.КМР.131.25.1–13.Д			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата				
Розроб.		Репін			Додатки	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бондар						
						Кафедра ТМ гр. ПМ–24м		
Н. Контр.		Нечаєв						
Затверд.		Рязанцев						

ДОДАТОК А

Дубл.			
Замість			
Оригінал			

0 Форма 2

	1	1
КНУ Кафедра ТМ	КНУ.КМР.131..25.1–13.КТК	
Кривошип		Н

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Кафедра технології машинобудування

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ

Розробив:	Репін М.С.
Перевірив:	Бондар О.В.
Нормоконтроль	Нечаєв В.П.
Зав. кафедри	Рязанцев А.О.

ТЛ

Форма 3

Дубл.			
Замість			
Оригінал			

2 | 1

Розроб.	Репін			КНУ Кафедра ТМ	КНУ.КМР.131.25.1–13.0К
Перевір.	Бондар				
Н. контр.	Нечаєв			Кривошип	020
Затверд.	Рязанцев				

Найменування операції	Матеріал	Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри	МЗ	КОІД
Розточувальна з ЧПК	Сталь 25Л ДСТУ 8781:2018	170 НВ	166	555	1950×190×400	695	1

Обладнання, пристрій ЧПК	Позначення програми	T_o	T_a	$T_{пз.}$	$T_{шт.}$	МОР
Горизонтально-розточувальний 2А622Ф4		66,82	17,89	44	97,62	5 % Укрінол-1 згідно стандарту

Р		ПІ	D або B	L	t	i	S	n	V
О 01	Встановити, закріпити та зняти деталь.								
Т 02	7011-0160 прихвати пересувні згідно стандарту								
03									
О 04	1. Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до $\phi 114,5^{+0,54}$), 3, 4, 10 начорно.								
Т 05	6300-0808 Оправка розточувальна згідно стандарту; 2142-0135 різець розточувальний Т5К10								
Т 06	ДСТУ ISO 513:2015; Штангенциркуль ШЦ-III-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018								
Р 07		1	114,5	170	5,75	1	0,5	160	57,5
08									
О 09	2.Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до $\phi 118,5^{+0,14}$), 3, 4, 10 попередньо.								
Т 10	6300-0808 Оправка розточувальна згідно стандарту; 2142-0135 різець розточувальний Т5К10								
Т 11	Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015; Штангенциркуль ШЦ-III-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018								
Р 12		2	118,5	170	2	1	0,45	250	93
13									

ОК

Форма 7а

Дубл.			
Замість			
Оригінал			

2	2

КНУ.КМР.131.25.1–13.ОК 020

Р		Пі	D або B	L	t	i	s	n	v
О 03	3.Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до $\phi 119,7^{+0,054}$), 3, 4, 10 напівчисто								
Т 04	6300–0808 Оправка розточувальна згідно стандарту; 2142–0135 різець розточувальний								
Т 05	Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015; Нутромір НИ 50–100–2 згідно стандарту								
Р 06		3	119,7	170	0,6	1	0,1	500	187,9
07									
О 08	4. Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2, 3, 4, 10 начисто.								
Т09	6300–0808 Оправка розточувальна згідно стандарту; 2142–0135 різець розточувальний								
Т 10	Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015; 8136–0013 калібр–пробка Н7 згідно стандарту								
Р 11		4	200	170	0,15	1	0,05	630	237,4
12									
О 13	5. Розточити 5 отворів наскрізь витримуючирозмір 1 (до $\phi 82,1^{+0,54}$), 5–9, 11, начорно.								
Т 14	6300–0806 оправка розточувальна згідно стандарту; 2142–0128 різець розточувальний								
Т 15	Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015; Штангенциркуль ШЦ–III–125–0,1 ДСТУ EN ISO 13385–1:2018								
Р 16		5	82,1	85	2,25	1	0,48	600	154,7
17									
О 18	6.Розточити отвори наскрізь витримуючирозмір 1 (до $\phi 84^{+0,14}$), 5–9, 11, попередньо.								
Т 19	6300–0806 оправка розточувальна згідно стандарту; 2142–0128 різець розточувальний								
Т20	Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015; Штангенциркуль ШЦ–III–125–0,1 ДСТУ EN ISO 13385–1:2018								
ОК									

Форма 7а

Дубл.			
Замість			
Оригінал			

	2	2
КНУ.КМР.131.25.1-13.ОК		020

Р		ПІ	D або B	L	t	i	s	n	v
Р 03		6	84	85	0,95	1	0,45	800	211
04									
О 05	7. Розточити отвори наскрізь витримуючирозмір 1 (до $\varnothing 84,7^{+0,054}$), 5-9, 11, напівчисто.								
Т 06	6300-0806 оправка розточувальна згідно стандарту; 2142-0128 різець розточувальний Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015;								
Т 07	Нутромір НИ 100-160-2 згідно стандарту								
Р 08		7	84,7	85	0,35	1	0,12	2000	531,9
09									
О 10	8. Розточити отвори наскрізь витримуючи розмір 1, 5-9, 11, начисто.								
Т 11	6300-0806 оправка розточувальна згідно стандарту; 2142-0128 різець розточувальний Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015;								
Т 12	Калібр-пробка 8140-0007 Н7 згідно стандарту								
Р 13		8	85	85	0,15	1	01	2000	533,8
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

ОК

Форма 1

Дубл.			
Замість			
Оригінал			

		8	1

Розроб.	Репін			КНУ Кафедра ТМ	КНУ.КМР.131.25.1–13.МК	
Перевір.	Бондар					
Н. контр.	Нечаєв				Кривошип	Н
Затвер.	Рязанцев					

М 01	Сталь 25Л ДСТУ 8781:2018										
М 02	Код	ОВ	МД	ОН	Н. витр.	КВМ	Код. загот.	Профіль і розміри		КД	МЗ
	XXXXXX.XXXX	166	555	1			Виливок	1950×418×190		1	695

А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції					Позначення документа									
Б	Код, найменування обладнання							СМ	Проф.	Р	УП	КВ	КОВД	ОН	Кшт.	ОП	Тпз	Тшт	
А 03	005 1065 Заготівельна																		
Б 04	3705–0225 модельний комплект, 3522–0620 форма							2	13392	4	12	2	1	1	1	1			
О 05	Відлити заготовку згідно типового ТП																		
Т 06	Рулетка Р2НЗК ДСТУ EN ISO 13385-1:2018																		
07																			
А 08	010 5015 Термічна																		
Б 09	Піч камерна електрична СНЗ 11.22.7.0/10							2	19100	4	12	2	1	1	1	1			
О 10	Нормалізація 880 – 900°С;Відпуск 610 – 630°С																		
Т 11	Твердомір ТБ 5056 ДСТУ ISO 6506-1:2007																		
12																			
А 13	015 4171 Подовжньо-строгальна																		
Б 14	Подовжньо-строгальний 7110							2	18891	4	12	2	1	1	1	1	43	209,8	
О 15	Встановити деталь, закріпити, зняти.																		
О 16	1. Стругати поверхню, витримуючи розмір l=411 -1,55																		
МК																			

Форма 1б

Дубл.			
Замість			
Оригінал			

2

КНУ.КМР.131.25.1–13.МК

А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	$K_{шт}$	$T_{пз}$	$T_{шт}$
К/М	Найменування деталі, скл. одиниці чи матеріалу					Позначення, код						ОПП	ОВ	ОН	КВ	Н.витр.
О 01	Перевстановити деталь, закріпити, зняти.															
О 02	2. Стругати поверхню, витримуючи $l = 404_{-1,55}$, попередньо.															
О 03	3. Стругати поверхню, витримуючи розмір $l = 402_{-1,55}$.															
Т 04	7200–0231 лещата верстатні згідно стандарту; 2171–0007 різець строгальний Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015;															
Т 05	2171–0007 різець строгальний Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015; штангенциркуль ШЦ–III–500–0,1 ДСТУ EN ISO 13385–1:2018															
06																
А 07	020 4231 Розточувальна з ЧПК															
Б 08	Горизонтально–розточувальний 2А622Ф4					2	16045	4	12	1	1	1	1		44	97,62
О 09	Встановити, закріпити та зняти деталь.															
О 10	1. Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до $\phi 114{,}5^{+0{,}54}$), 3, 4, 10 начорно.															
О 11	2.Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до $\phi 118{,}5^{+0{,}14}$), 3, 4, 10 попередньо.															
О 12	3.Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до $\phi 119{,}7^{+0{,}054}$), 3, 4, 10 напівчисто.															
О 13	4. Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2, 3, 4, 10 начисто.															
О 14	5. Розточити 5 отворів наскрізь витримуючирозмір 1 (до $\phi 82{,}1^{+0{,}54}$), 5–9, 11, начорно.															
О 15	6.Розточити отвори наскрізь витримуючирозмір 1 (до $\phi 84^{+0{,}14}$), 5–9, 11, попередньо.															
О 16	7. Розточити отвори наскрізь витримуючирозмір 1 (до $\phi 84{,}7^{+0{,}054}$), 5–9, 11, напівчисто.															
О 17	8. Розточити отвори наскрізь витримуючи розмір 1, 5–9, 11, начисто.															
МК																

Форма 1б

Дубл.			
Замість			
Оригінал			

3

КНУ.КМР.131.25.1–13.МК

А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	$К_{шт}$	$Т_{пз}$	$Т_{шт}$
К/М	Найменування деталі, скл. одиниці чи матеріалу					Позначення, код						ОПП	ОВ	ОН	КВ	Н.витр.
Т 01	7011–0160 прихвати пересувні згідно стандарту; 6300–0808 оправка розточувальна згідно стандарту; 2142–0135															
Т 02	різець розточувальний Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015; 2142–0135 різець розточувальний Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015;															
Т 03	6300–0806 оправка розточувальна згідно стандарту; 2142–0128 різець розточувальний Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015;															
Т 04	2142–0128 різець розточувальний Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015; штангенциркуль ШЦ–III–125–0,1 ДСТУ EN ISO 13385–1:2018															
Т 05	нутромір НИ 50–100–2 згідно стандарту нутромір НИ 100–160–2; 8136–0013 калібр– пробка Н7 згідно стандарту;															
Т 06	8140–0007 калібр–пробка Н7; набір зразків шорсткості 1,6–12,5 ШЧ згідно стандарту															
07																
А 08	025 4171 Подовжньо–строгальна															
Б 09	Подовжньо–строгальний 7110					2	18891	4	12	2	1	1	1	1	43	73,28
О 10	Встановити деталь, закріпити, зняти.															
О 11	1. Стругати поверхню, витримуючи розмір згідно ескізу															
Т 12	7200–0231 лещата верстатні згідно стандарту; 2171–0007 різець строгальний Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015															
Т 13	штангенциркуль ШЦ–III–500–0,1 ДСТУ EN ISO 13385–1:2018															
14																
А 15	030 4237 Фрезерно–свердлильна															
Б 16	Подовжньо–фрезерний верстат 6М610					2	16045	4	12	2	1	1	1	1	40	584,13
О 17	Встановити деталь, закріпити, зняти.															
МК																

Форма 1б

Дубл.			
Замість			
Оригінал			

4

КНУ.КМР.131.25.1–13.МК

А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	$К_{шт}$	$Т_{пз}$	$Т_{шт}$
К/м	Найменування деталі, скл. одиниці чи матеріалу					Позначення, код						ОПП	ОВ	ОН	КВ	Н.витр.
О 01	1. Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір 2.															
О 02	2. Фрезерувати поверхні попередньо, витримуючи розміри $21_{-0,52}$ та $49^{+0,62}$.															
О 03	3. Фрезерувати поверхні кінцево , витримуючи розміри 1 та 3.															
О 04	4. Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір 4.															
О 05	5. Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір 5.															
О 06	6. Фрезерувати паз І Т–образний 36Н12, витримуючи розміри 8,9.															
О 07	7. Фрезерувати паз І Т–образний 36Н12, витримуючи розміри 11, 10.															
О 08	8. Фрезерувати паз витримуючи розмір 6, 7.															
О 09	9. Свердлити отвір, витримуючи розмір 12, 14, 15.															
О 10	Перевстановити деталь, закріпити, зняти.															
О 11	10. Фрезерувати паз ІІ Т–образний 36Н12, витримуючи розміри 8, 9.															
О 12	11. Фрезерувати паз ІІ Т–образний 36Н12, витримуючи розміри 10, 11.															
О 13	12.Фрезерувати паз витримуючи розмір 6, 7.															
О 14	13. Свердлити отвір, витримуючи розмір 13, 14, 15.															
Т 15	Пристрій спеціальний КНУ.КМР.131.25–16.ПС; Прихвати пересувні 7011–0160 згідно стандарту;															
Т 16	2214–0158 фреза торцева ⌀160 Т5К10; 2214–0158 фреза торцева ⌀160 Т15К6; 2214–0471 фреза торцева															
Т 17	⌀250 Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015; 2232–0015 фреза кінцева ⌀36 Р6М8 ДСТУ 8541:2015															
МК																

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1б

Дубл.
Замість
Оригінал

5

КНУ.КМР.131.25.1-13.МК

А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа												
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт		
к/м	Найменування деталі, скл. одиниці чи матеріалу					Позначення, код						ОПП	ОВ	ОН	КВ	Н.вит.		
Т 01	2252-0164 фреза для обробки Т-образних пазів Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015; 2223-0785 фреза кінцева ф56																	
Т 02	2301-0106 свердло спіральне ф30 Р6М5 ДСТУ 8541:2015;																	
Т 03	Штангенглибиномір ШГ-160-0,1; штангенциркуль ШЦ-III-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018; штангенциркуль																	
Т 04	ШЦ-III-200-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018;0085-0475 шаблон спеціальний; 0205-0305 шаблон спеціальний;																	
Т 05	8136-0031 калібр пробка Н14 згідно стандарту																	
06																		
А 07	035 4175 Довбальна																	
Б 08	Довбальний 7414					2	11883	4	12	2	1	1	1			43	67,26	
О 09	Встановити деталь, закріпити, зняти.																	
О 10	1. Довбати паз, витримуючи розмір 1, 2, 4.																	
О 11	2. Довбати паз, витримуючи розмір 3, 5.																	
Т 12	7200-0231 лещата верстатні згідно стандарту; 2184-0572 різець довбальний для шпоночних пазов;																	
Т 13	2180-0802 різець довбальний прохідний згідно стандарту; штангенциркуль ШЦ-III-125-0,1 ДСТУ EN ISO																	
Т 14	13385-1:2018; 8313-0207 калібр-пробка шпонкова згідно стандарту; 1658-5632 шаблон спеціальний																	
15																		
А 16	040 0108 Слюсарна																	
Б 17	0201-1025 слюсарний верстак					2	18466	3	12	2	1	1	1					
МК																		

Форма 1б

Дубл.			
Замість			
Оригінал			

6

КНУ.КМР.131.25.1–13.МК

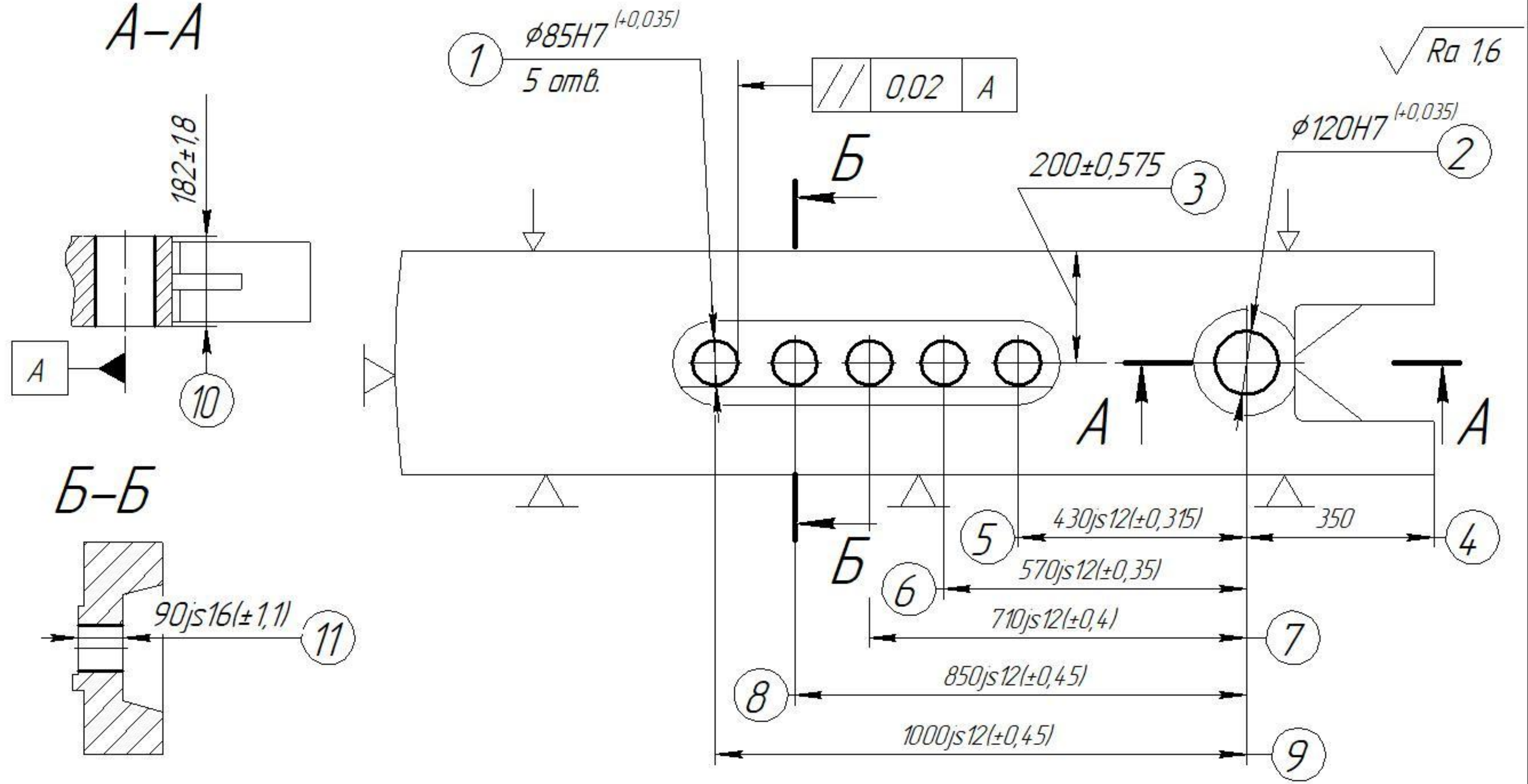
	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	$К_{шт}$	$Т_{пз}$	$Т_{шт}$
к/м	Найменування деталі, скл. одиниці чи матеріалу					Позначення, код						ОПП	ОВ	ОН	КВ	Н.витр.
О 01	Притупити гострі крайки															
Т 02	Шлифмашина пневматична ИП 2014Б															
03																
А 04				045	0125 Мийна											
Б 05	2684–5628 мийна машина МР–1000					2	14525	3	12	1	1	1	1	1		
О 06	Мити деталь у розчині кальцінованої соди за t° = 70°С. Промити у воді.															
07																
А 08				050	7362 Фарбувальна											
Б 09	4258–0540 Камера фарбування П3.1717.00					2	13450	1	12	1	1	1	1	1		
О 10	Фарбувати деталь															
Т 11	Фарба алкідна ПФ–115; пістолет розпилювач пневматичний ПРП.04; компресор Torex 73К005															
Т 12	Метод оцінки за зовнішнім виглядом згідно стандарту															
13																
А 14				055	Контрольна											
Б 15	0253–4586 стіл ВТК					2	12920	4	12	1	1	1	1	1		
О 16	Контролювати деталь відповідно до креслення															
Т 17	6524–0530 плита 1–0–1600×1000 згідно стандарту															
МК																

Форма 7

0

Дубл.			
Замість			
Оригінал			

Розроб.	Репін			КНУ Кафедра ТМ	КНУ.КМР.131.25.1–13.КЕ	1 1
Перевір.	Бондар					
Затвер.	Рязанцев			Кривошип		020
Н. контр.	Нечаєв					



КЕ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

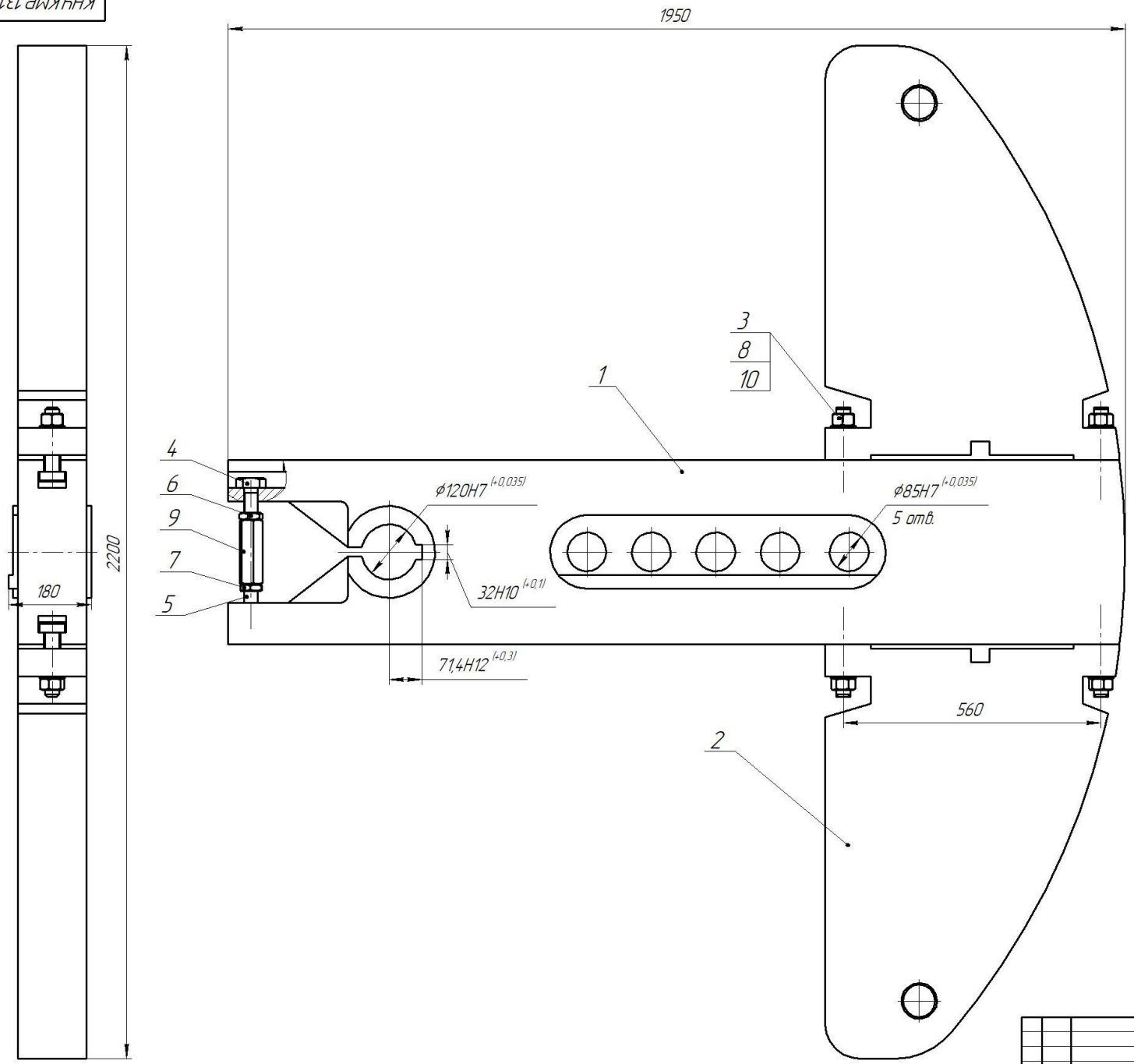
зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва кривошипа верстата з використанням CAD/CAE систем і верстатів з ЧПК

Виконав здобувач гр. ПМ-24м	_____ (підпис)	Репін М.С.
Керівник КМР	_____ (підпис)	Бондар О.В.
Нормоконтроль	_____ (підпис)	Нечаєв В.П.
Завідувач кафедри	_____ (підпис)	Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2025 р.

КНУ.КМР.131.25.1-13.ВВК



					КНУ.КМР.131.25.1-13.ВВК	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Вузол верстата качалки	Літера: Н; Маса: 1527; Масштаб: 1:4
Розроб.		Репін				Аркуш 1; Аркушів 1
Перевір.		Бондар				Кафедра ТМ гр. ПМ-24м
Н.контр.		Нечаєв				
Затв.		Рязанцев				

Первинне застосування

Довідковий №

Підп. і дата

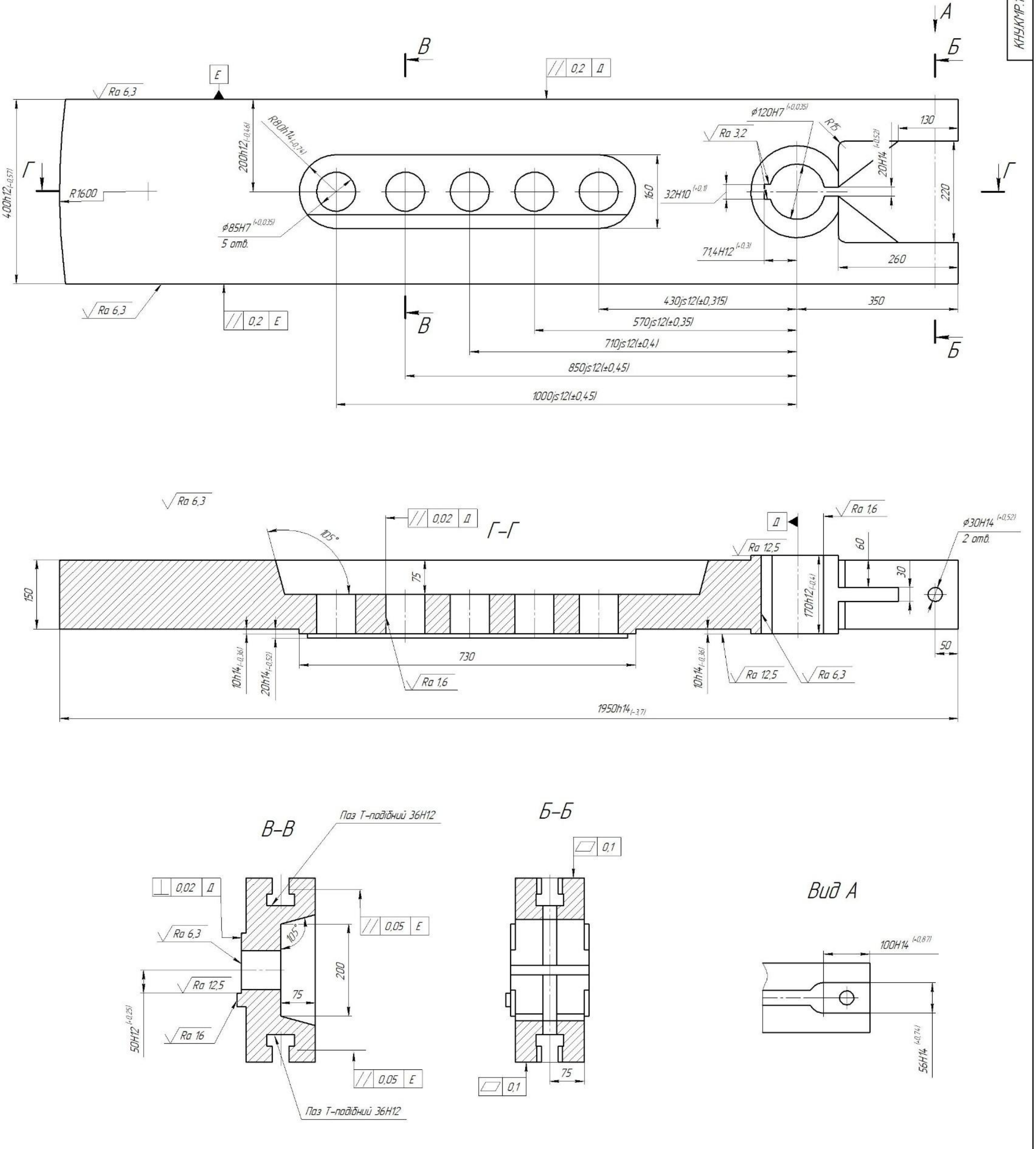
Інв. № дубл.

Взам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № орг.

КНУ.КМР.131.25.1-13.К



1. Термобробка – нормалізація, НВ 220...260
2. Невказані формовочні ухили 1°...3°
3. Невказані ливарні радіуси R3...5
4. Точність виливка 10-10-8-5 згідно стандарту

					КНУ.КМР.131.25.1-13.К		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ралін			Кривошип	Літера Н	Маса 695	Масштаб 1:4
Перевір.		Бондар				Аркуш 1	Аркушів 1
Т.контр.							
Керівник							
Н.контр.		Начаєв			Сталь 25Л ДСТУ 8781:2018	Кафедра ТМ гр. ПМ-24м	
Затв.		Рязанцев					

Первинне застосування

Довідковий №

Підп. і дата

Інв. № дубл.

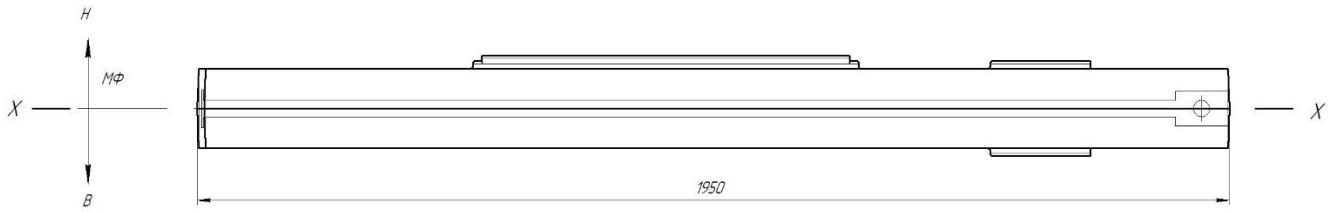
Взам. інв. №

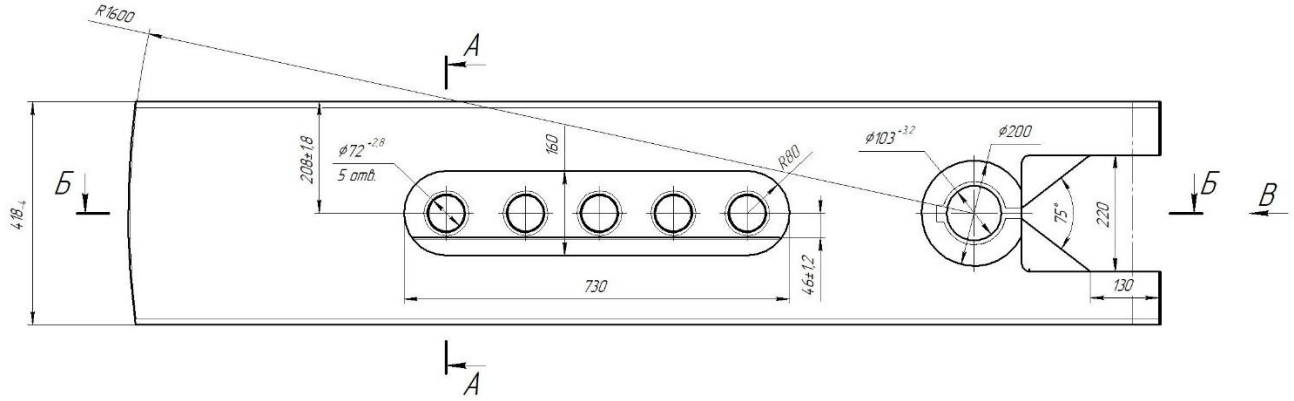
Підп. і дата

Інв. № ор.

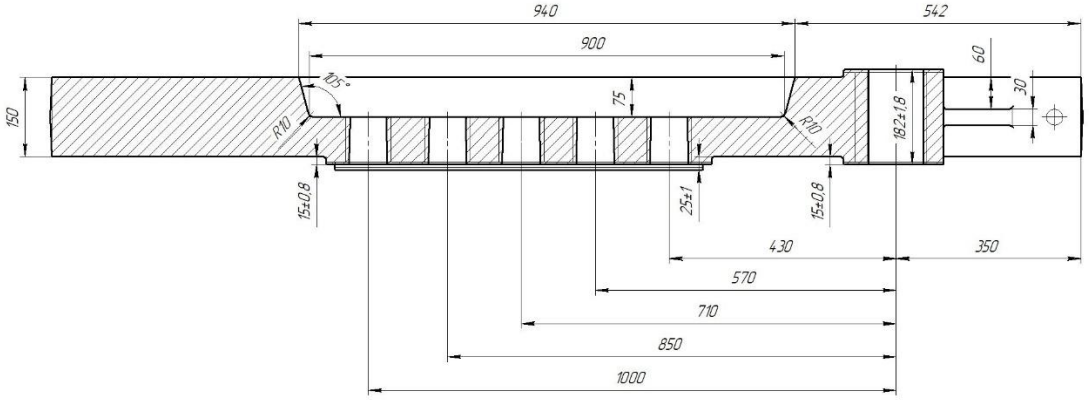
Rz 320

КНУ.КМР.131.25.1-13.КВ

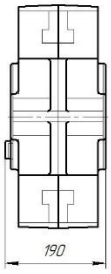




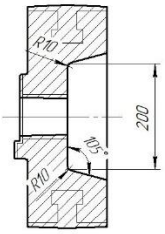
Б–Б



В



А–А

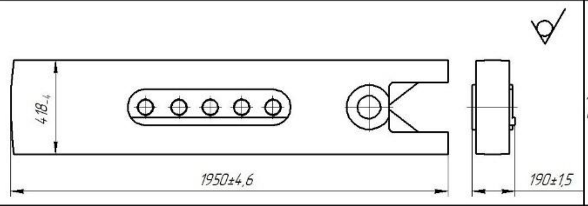
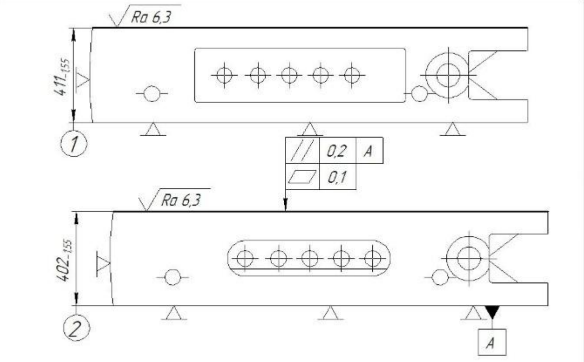
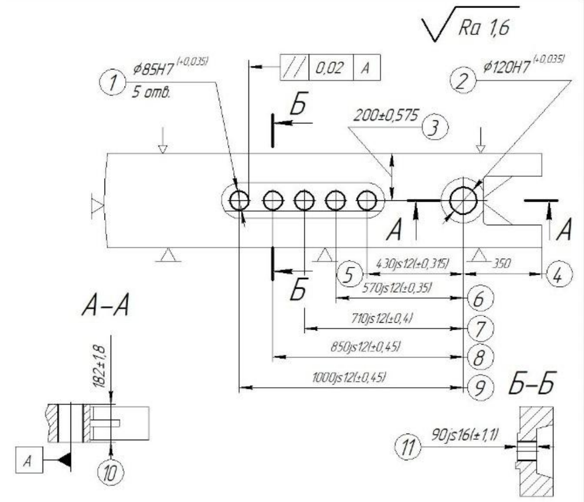
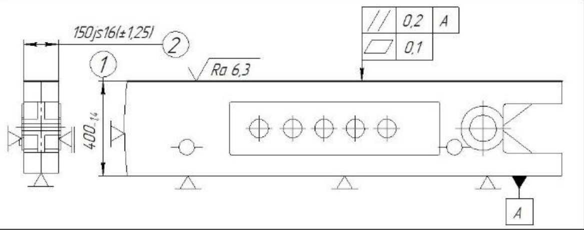
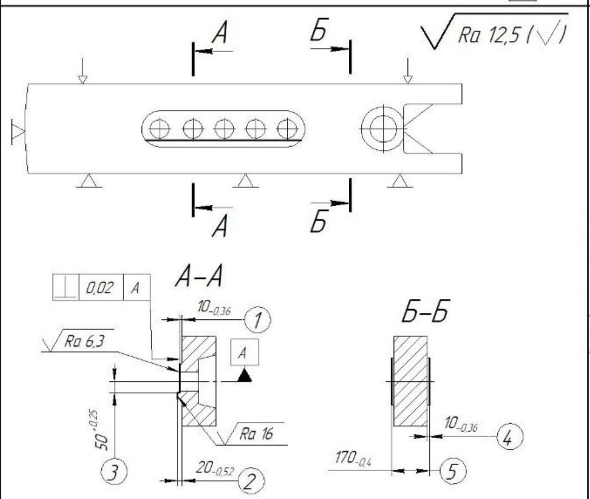


1. Термообробка – нормалізація, НВ 220..260
2. Невказані формовочні ухили 1°..3°
3. Невказані ливарні радіуси R3.5
4. Точність виливка 10–10–8–5 ДСТУ 8781:2018
5. Раковини та сколи заварити електродом згідно стандарту

					КНУ.КМР.131.25.1–13.КВ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Кривошип (виливок)	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.		Ратін				Н	6,95	1:4
Перевір.		Бондар				Аркуш 1	Аркушів 1	
Н.контр.		Нечков			Сталь 25Л ДСТУ 8781:2018	Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
Затв.		Рязанцев						

Інв. № орг. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата | Дублікат № | Первинна застосування

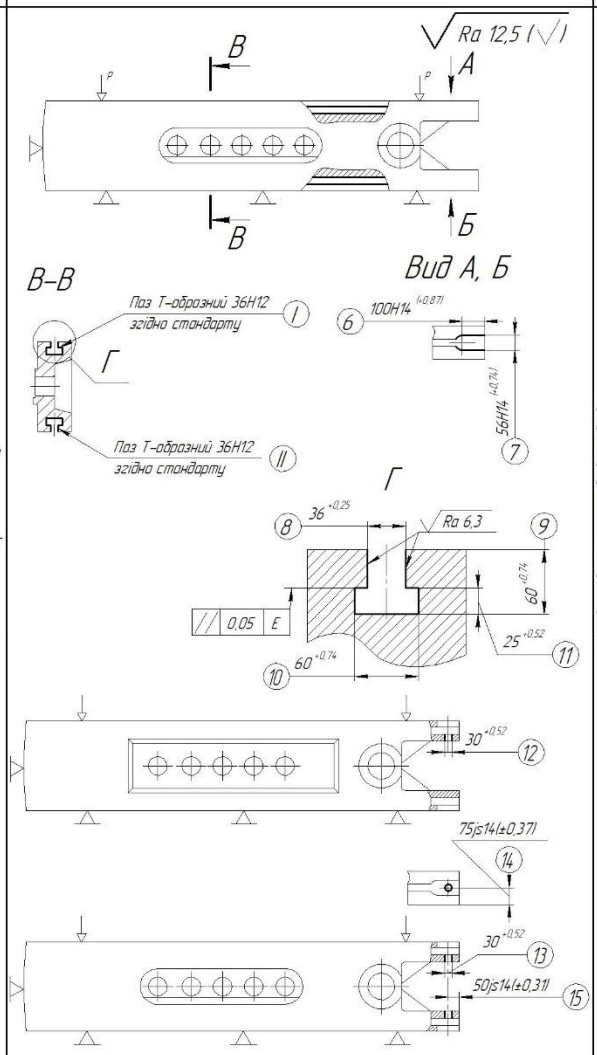
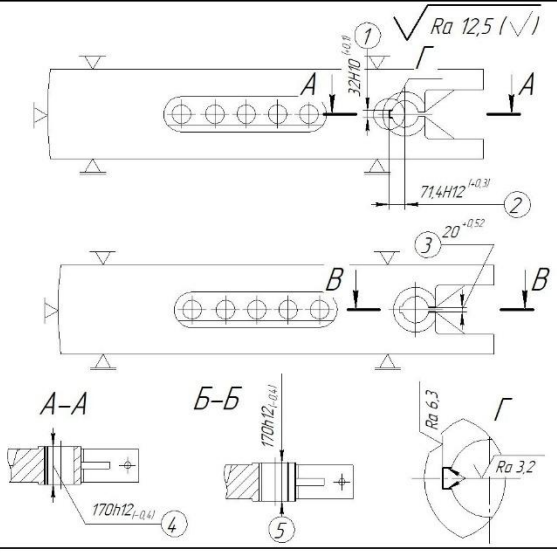
Структура та зміст технологічних операцій обробки деталі "Кривошип"

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата, пристосування	Операційний ескіз	Назви та зміст переходів та установів	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент і контрольне оснащення
005 Заготівельна	Модельний комплект 3705-0225, форма 3522-0620		Лиття у піщано-глиняні форми (матеріал деталі – Сталь 25Л ДСТУ 8781:2018)	—	Рулетка Р2Н3К ДСТУ 4179-2003
010 Термічна	Піч камерна електрична СН3 11.22.7.0/10	—	Нормалізація 880 – 900°С	—	Твердомір ТБ 5056 ДСТУ ISO 6506-1:2007
015 Подовжньо-строгальна	Подовжньо-строгальний 7110 Лещата верстатні 7200-0231 згідно стандарту		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Стругати поверхню, витримуючи розмір 1. Перевстановити деталь, закріпити, зняти. 2. Стругати поверхню, витримуючи розмір 2 попередньо (до 404₋₁₅₅). 3. Стругати поверхню, витримуючи розмір 2 .	1,2 Різець строгальний 2171-0007 Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015 3. Різець строгальний 2171-0007 Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015	Штангенциркуль ШЦ-III-500-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Пристосування контрольне КНУ.КМР.131.25.1-13.ПК
020 Розточувальна з ЧПК	Горизонтально-розточувальний 2А622Ф4 Прихвати пересувні 7011-0160 згідно стандарту		Встановити, закріпити та зняти деталь. 1. Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до ⌀114,5$^{+0,54}$), 3, 4, 10 начорно. 2.Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до ⌀118,5$^{+0,14}$), 3, 4, 10 попередньо. 3. Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2 (до ⌀119,7$^{+0,054}$), 3, 4, 10 напівчисто. 4. Розточити отвір наскрізь витримуючи розмір 2, 3, 4, 10 начисто. 5. Розточити 5 отворів наскрізь витримуючи розмір 1 (до ⌀82,1$^{+0,54}$), 5-9, 11, начорно. 6.Розточити отвори наскрізь витримуючи розмір 1 (до ⌀84$^{+0,14}$), 5-9, 11, попередньо. 7. Розточити отвори наскрізь витримуючи розмір 1 (до ⌀84,7$^{+0,054}$), 5-9, 11, напівчисто. 8. Розточити отвори наскрізь витримуючи розмір 1, 5-9, 11, начисто.	1-4. Оправка розточувальна 6300-0808 згідно стандарту 1,2. Різець розточувальний 2142-0135 Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015 3,4. Різець розточувальний 2142-0135 Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015 5-8. Оправка розточувальна 6300-0806 згідно стандарту 5,6. Різець розточувальний 2142-0128 Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015 7,8. Різець розточувальний 2142-0128 Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015	Штангенциркуль ШЦ-III-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Нутромір НИ 50-100-2 згідно стандарту Нутромір НИ 100-160-2 згідно стандарту Калібр-пробка 8136-0013 Н7 згідно стандарту Калібр-пробка 8140-0007 Н7 згідно стандарту Набір зразків шорсткості 1,6-12,5 ШЧ згідно стандарту
025 Подовжньо-строгальна	Подовжньо-строгальний 7110 Лещата верстатні 7200-0231 згідно стандарту		Установити деталь, закріпити, зняти. 1. Стругати поверхню, витримуючи розмір 1, 2.	1. Різець строгальний 2171-0007 Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015	Штангенциркуль ШЦ-III-500-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Пристосування контрольне КНУ.КМР.131.25.1-13.ПК
030 Фрезерно-свердлильна	Подовжньо-фрезерний верстат 6М610 Прихвати пересувні 7011-0160 згідно стандарту		Встановити деталь, закріпити, зняти. 1. Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір 2. 2.Фрезерувати поверхні попередньо, витримуючи розміри 21₋₀,₅₂ та 49$^{+0,62}$. 3.Фрезерувати поверхні кінцево , витримуючи розміри 1 та 3. 4.Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір 4. 5.Фрезерувати поверхню, витримуючи розмір 5.	1,2. Фреза торцева ⌀160 2214-0158 Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015 3. Фреза торцева ⌀160 2214-0158 Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015 4,5. Фреза торцева ⌀250 2214-0471 Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015	Штангенглибиномір ШГ-160-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Штангенциркуль ШЦ-III-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Штангенциркуль ШЦ-III-200-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018

Перв. застосування | Довідкові № | Підп. и дата | Інв. № дубл. | Взам. інв. № | Підп. и дата | Інв. № ор.

КНУ.КМР.131.25.1-13.СЗТО		
Зм. Арк. № докум. Підпис Дата	Структура та зміст технологічних операцій обробки деталі "Кривошип"	Літера Н, Маса, Масштаб
Розроб. Репін		Аркуш 1 Аркушів 2
Перевір. Бондар		Кафедра ТМ гр. ПМ-24м
Н.контр. Нечаєв		
Затв. Рязанцев		

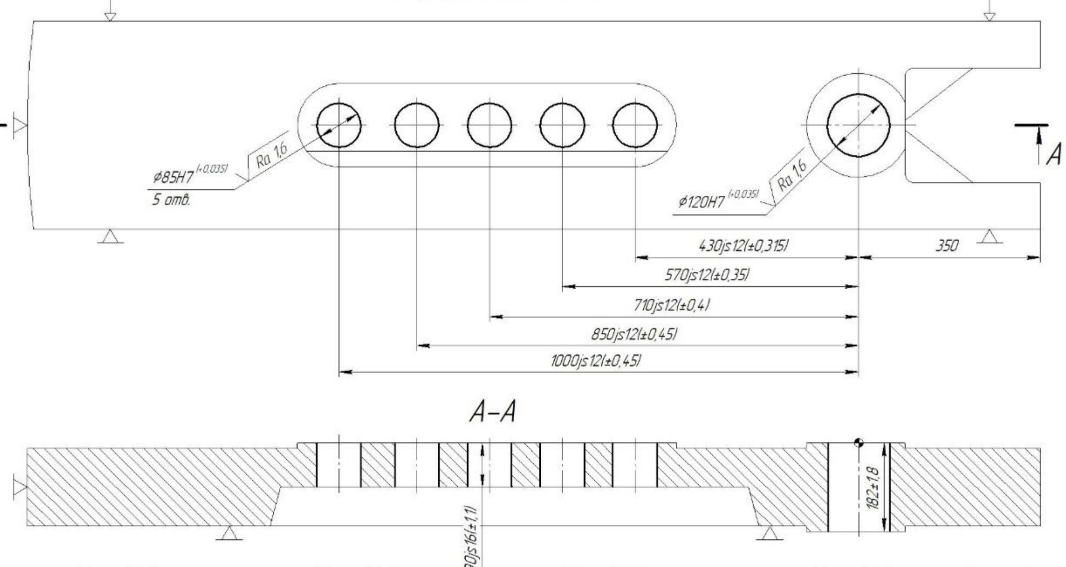
Структура та зміст технологічних операцій обробки деталі "Кривошип"

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата, пристосування	Операційний ескіз	Назви та зміст переходів та установів	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент і контрольне оснащення
030 Фрезерно-свердлильна	Подовжньо-фрезерний верстат 6М610 Пристрій спеціальний КНУ.КМР.131.25–16.ПС Прихвати пересувні 7011–0160 згідно стандарту		6. Фрезерувати паз I Т-образний 36Н12, витримуючи розміри 8,9. 7. Фрезерувати паз I Т-образний 36Н12, витримуючи розміри 11, 10. 8. Фрезерувати паз витримуючи розмір 6, 7. 9. Свердлити отвір, витримуючи розміри 12, 14, 15. Перевстановити деталь, закріпити, зняти. 10. Фрезерувати паз II Т-образний 36Н12, витримуючи розміри 8, 9. 11. Фрезерувати паз II Т-образний 36Н12, витримуючи розміри 10, 11. 12. Фрезерувати паз витримуючи розмір 6, 7. 13. Свердлити отвір, витримуючи розміри 13, 14, 15.	6,10. Фреза кінцева Ф36 2232–0015 Р6М8 ДСТУ 8541:2015 7,11. Фреза для обробки Т–образних пазов 2252–0164 Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015 8,12. Фреза кінцева Ф56 2223–0785 ДСТУ ISO 513:2015 9,13. Свердло спіральне Ф30 2301–0106 Р6М5 ДСТУ 8541:2015	Штангенглибиномір ШГ–160–0,1 ДСТУ EN ISO 13385–1:2018 Штангенциркуль ШЦ–III–125–0,1 ДСТУ EN ISO 13385–1:2018 Шаблон спеціальний 0085–04 75. Шаблон спеціальний 0205–0305. Калібр–пробка 8136–0031 Н14 згідно стандарту
035 Довбальна	Довбальний 7414 Лещата верстатні 7200–0231 згідно стандарту		Встановити деталь, закріпити, зняти. 1. Довбати паз, витримуючи розмір 1, 2, 4. 2. Довбати паз, витримуючи розмір 3, 5.	1.Різець довбальний для шпонкових пазів 2184–0572 ДСТУ ISO 513:2015 2.Різець довбальний прохідний 2180–0802 ДСТУ ISO 513:2015	Штангенциркуль ШЦ–III–125–0,1 ДСТУ EN ISO 13385–1:2018 Калібр–пробка шпонкова 8313–0207 згідно стандарту Шаблон спеціальний 1658–5632
040 Слюсарна	Слюсарний верстак 0201–1025	—	Притупити гострі крайки	Шлифмашина пневматична ИП 2014Б	—
045 Мийна	Мийна машина МР–1000 2684–5628	—	Мити деталь у розчині кальцинованої соди за t° = 70°С. Промити у воді.	—	—
050 Фарбувальна	Камера фарбування П3.1717.00 4.258–0540	—	Фарбувати деталь	Фарба алкідна ПФ–115 10–02–286.7 Пістолет розпилювач пневматичний ПРП.04 Компресор Тарех. 73К005	Метод оцінки за зовнішнім виглядом
055 Контрольна	Стіл ВТК 0253–4586 Плита 1–0–1600×1000 згідно стандарту 6524–0530	—	Контролювати деталь відповідно до креслення	—	—

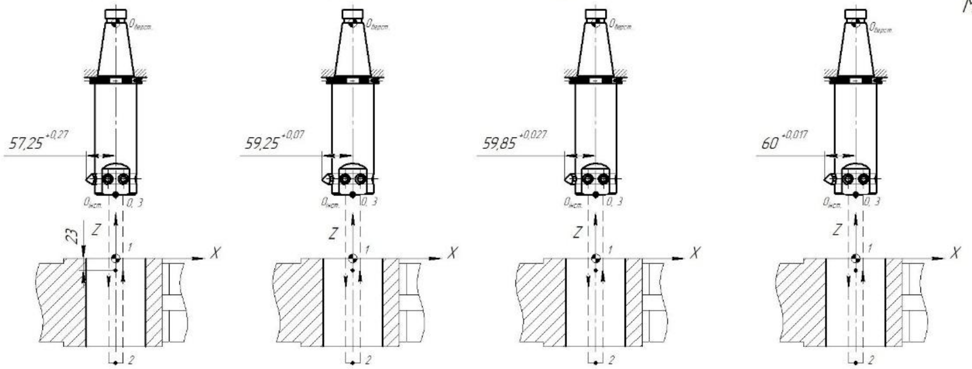
$\Delta t_{шт}$ = 87,87 хв.

Схема обробки деталі "Кривошип" на операції 020 (горизонтально-розточна з ЧПК)

Операційний ескіз деталі



Перехід 1 Перехід 2 Перехід 3 Перехід 4



Перехід 1–4

№ точки	Координати, мм X	Y	Z	Зв'язок між даною та наступною опорними точками
0	0	0	125	Лінійний
1	0	0	–23	Лінійний
2	0	0	–212	Лінійний
3	0	0	125	Лінійний

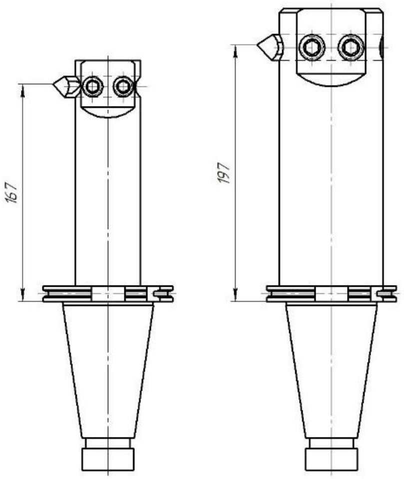
Інструкційна карта налагодження різального інструменту

Оправка	Оправка розточна консольна 6300–0829 згідно стандарту				Оправка розточна консольна 6300–0834 згідно стандарту			
Назва різця	Різець 2141–0083 Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015		Різець 2141–0083 Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015		Різець 2141–0092 Т5К10 ДСТУ ISO 513:2015		Різець 2141–0092 Т15К6 ДСТУ ISO 513:2015	
Перехід	1	2	3	4	5	6	7	8
Довжина вильоту інструмента	197	197	197	197	167	167	167	167
Частота обертання шпинделя, об/хв	160	250	500	630	600	800	2000	2000
Подача, мм/об	0,5	0,45	0,1	0,05	0,48	0,45	0,12	0,1
Швидкість різання, м/хв	57,5	93,0	187,9	237,4	154,7	211	931,9	533,8

Перехід 5–8

№ точки	Координати, мм X	Y	Z	Зв'язок між даною та наступною опорними точками
0	–430	0	175	Лінійний
1	–430	0	–16	Лінійний
2	–430	0	–110	Лінійний
3	–430	0	10	Лінійний
4	–570	0	10	Лінійний
5	–570	0	–110	Лінійний
6	–570	0	10	Лінійний
7	–710	0	10	Лінійний
8	–710	0	–110	Лінійний
9	–710	0	10	Лінійний
10	–850	0	10	Лінійний
11	–850	0	–110	Лінійний
12	–850	0	10	Лінійний
13	–1000	0	10	Лінійний
14	–1000	0	–110	Лінійний
15	–1000	0	10	Лінійний
16	–430	0	175	Лінійний

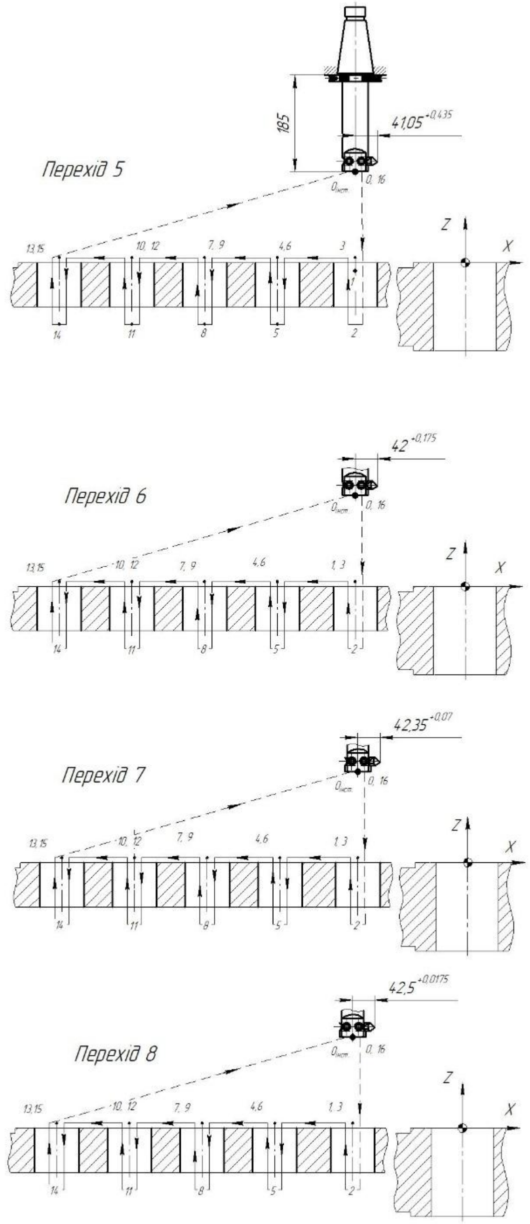
Верстат – Горизонтально-розточувальний з ЧПК 2А622Ф4.
Матеріал деталі – сталь 25Л ДСТУ 8781:2018



Координати нульових точок в СК деталі

Координати	Нуль програми	Нуль верстата	Нуль деталі
X_0	0	–	–
Y_0	0		
Z_0	0	–	–
X_W	–	–	0
Y_W			0
Z_W	–	–	0
X_M	–	0	–
Y_M		0	
Z_M	–	455	–

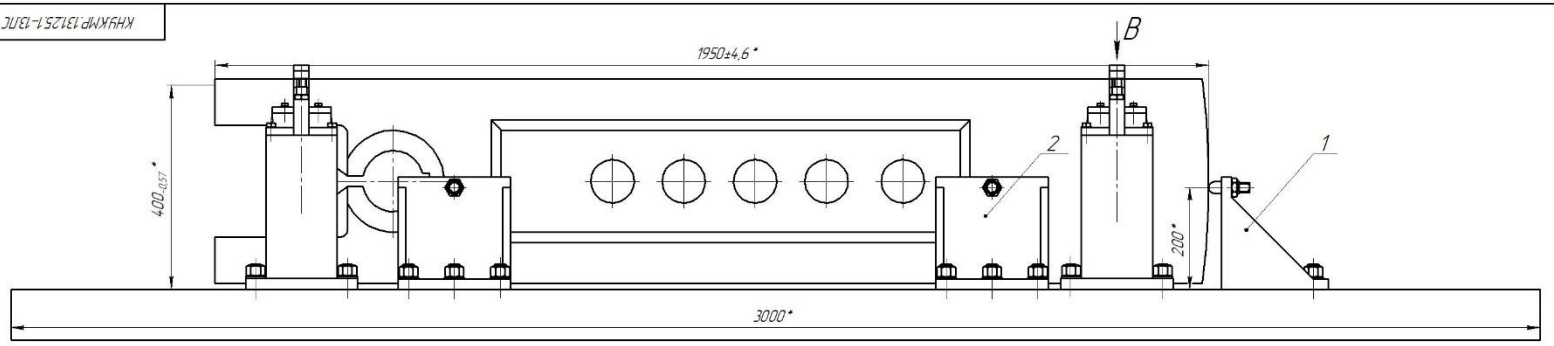
Перехід 5 Перехід 6 Перехід 7 Перехід 8

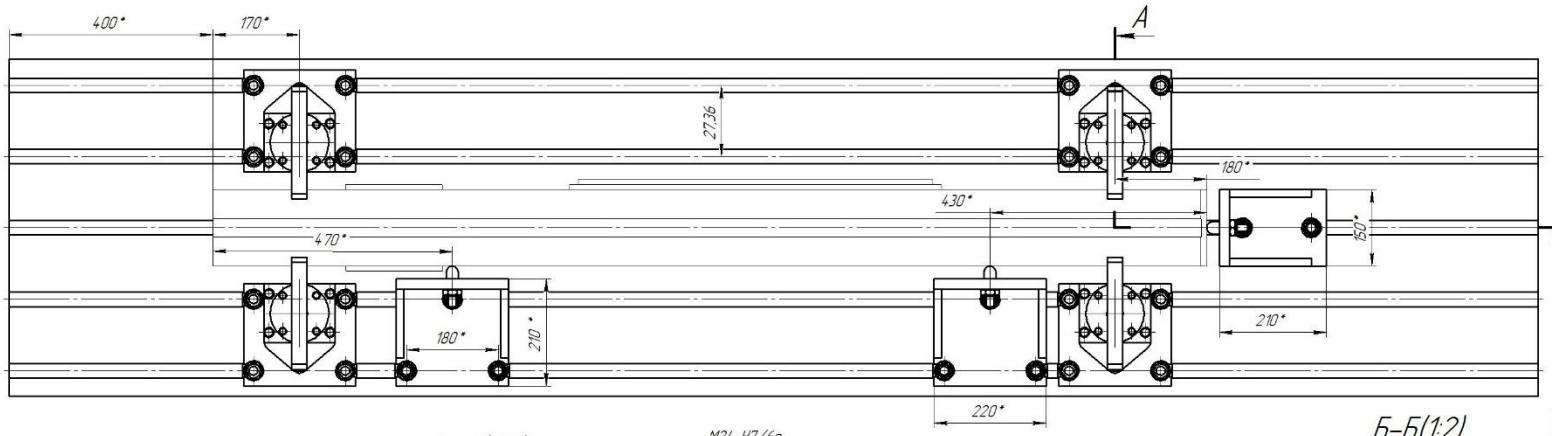


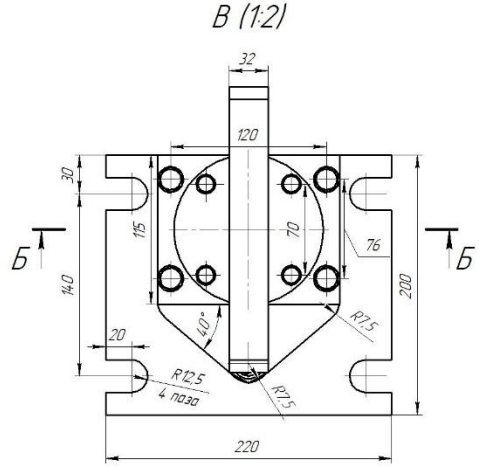
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.25.1–13.РТК			
Розроб.		Репін			Розрахунково–технологічна карта	Літера Н	Маса	Масштаб
Перевір.		Бондар				Аркуш 1	Аркушів 1	
Н.контр.		Нечасв				Кафедра ТМ гр. ПМ–24м		
Затв.		Рязанцев						

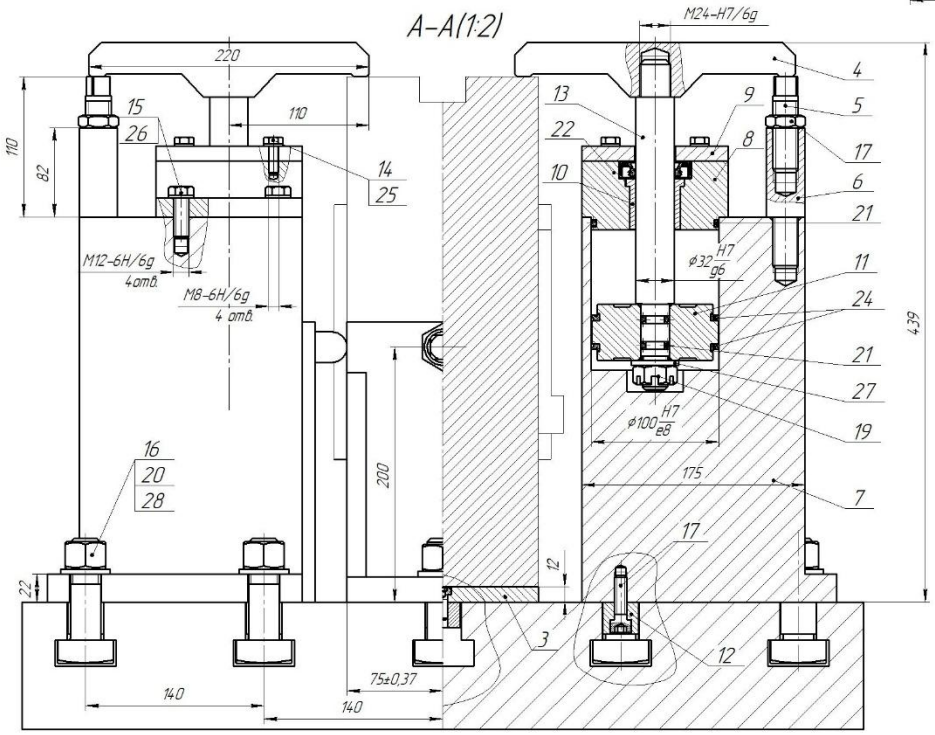
КНУКМР.131.25.1–13.РТК

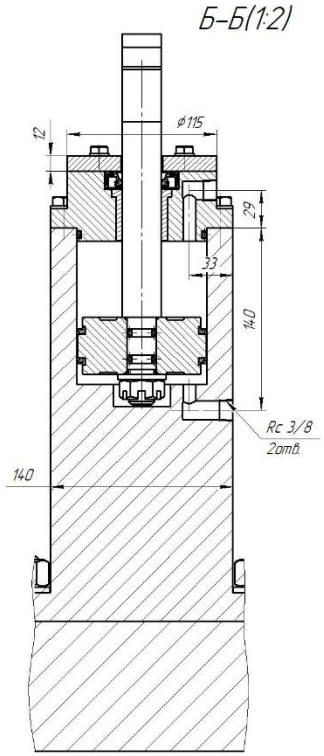
КНУ.КМР.131.25.1-13.ПС











Технічна характеристика

1. Пневмоцилiндр двосторонньої дії, призначений для пневмосистем виробничого устаткування і технологічного оснащення, такі, що працюють на стисломy повітрі при тиску до 0,63 МПа при температурі навколишнього середовища від мінус 45 до плюс 70 °С.
2. Швидкість переміщення штока не більше 0,5 м/с.
3. Діаметр поршня 100мм.
4. Хід поршня 45 мм.
5. Тиск зсуву з місця без навантаження 0,02 МПа.
6. Зусилля на штоку при робочому тиску 0,63 МПа:
   – штовхаюча сила 4300 Н
   – сила, що тягне 4000 Н
7. Вага 23,5 кг.

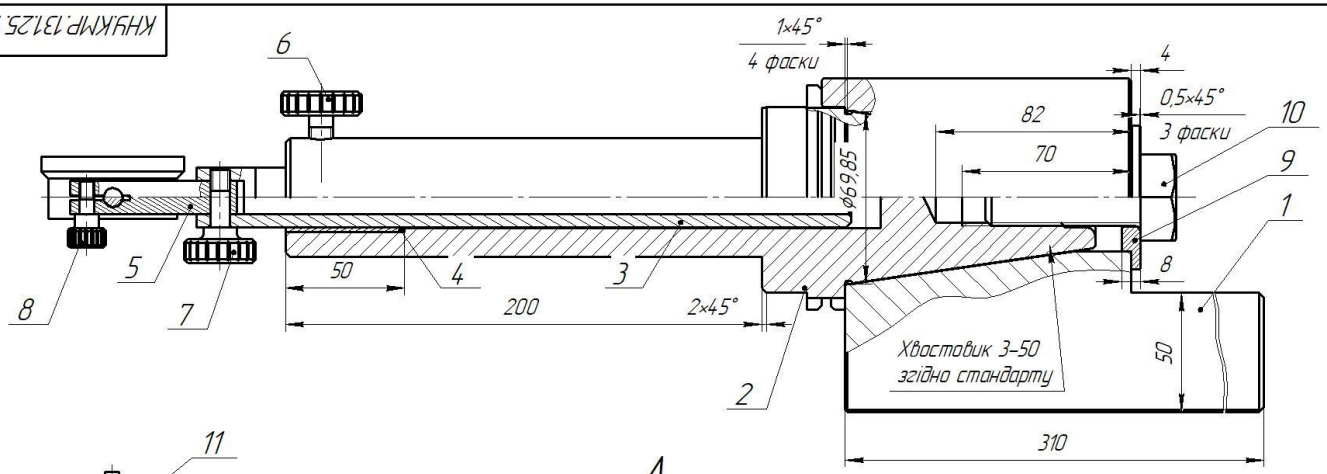
Технічні вимоги

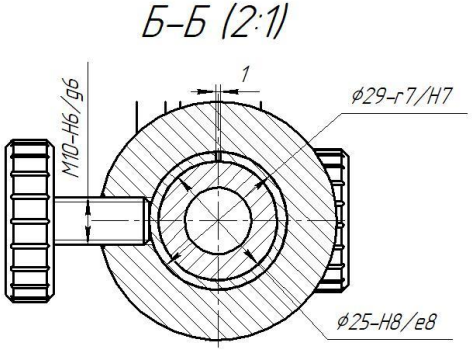
1. Циліндр повинен бути герметичним при тиску стисlого повітря 0,63 Мпа. Витік повітря не допускається.
2. Циліндр перевірити на працездатність. Переміщення штока з одного крайнього положення в інше повинне здійснюватися плавно, без ривків і заїдань.
3. Всі повітряні канали перед складанням очистити від бруду і стружки і перевірити на прохідність повітря. При складанні поверхонь, що труться, змастити оливою марки И–20 згідно стандарту.
4. Решта технічних вимог по нормалі згідно стандарту, розділ "Загальні технічні вимоги".
5. Виробування, монтаж і експлуатацію проводити відповідно стандарту
6.*Розмри для довідок.

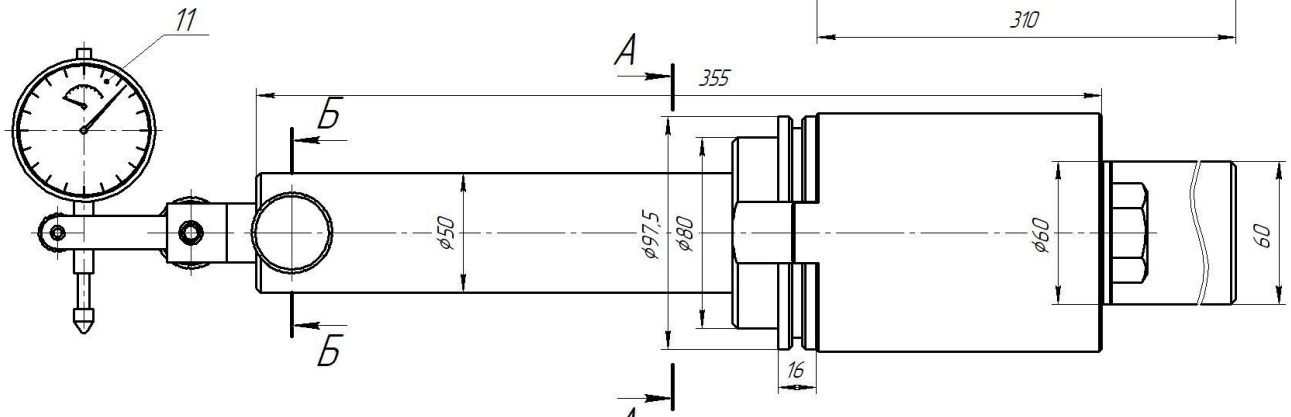
					КНУ.КМР.131.25.1–13.ПС		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пристосування спеціальне (затискне)	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.		Релін				Н	109,2	1:5
Перевір.		Бондар				Аркуш 1	Аркушів 1	
Н.контр.		Начал.				Кафедра ТМ гр. ПМ–24м		
Затв.		Рязанцев						

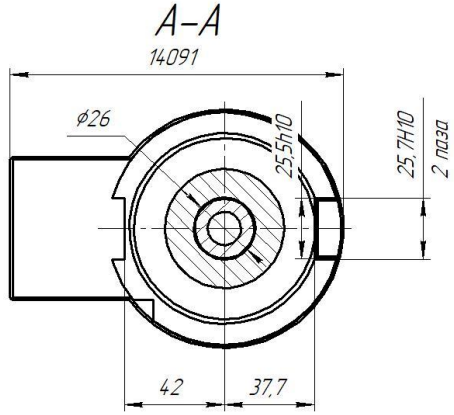
Інв. № подл. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата | Первинне застосування | Довідковий №

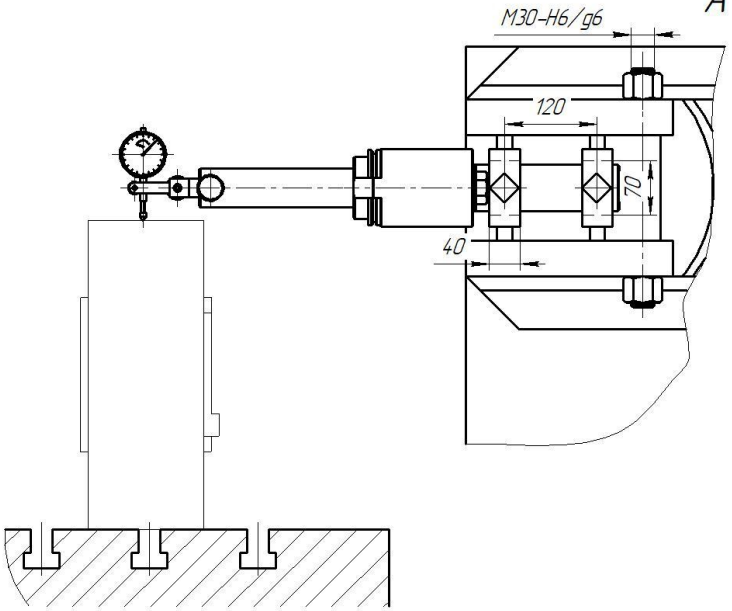
КНУ.КМР.131.25.1-13.ПК

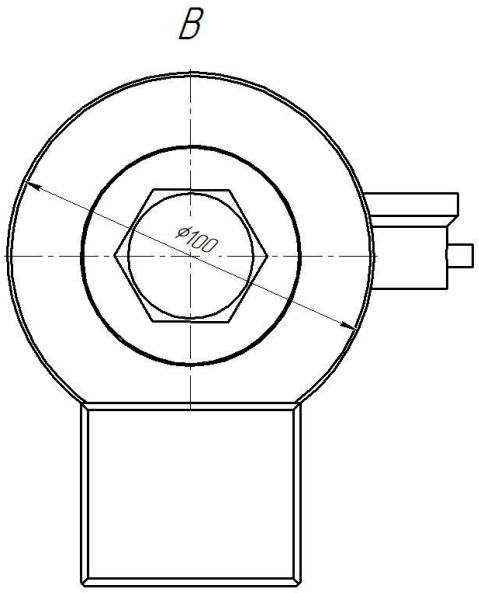












Технічна характеристика

1. Призначення – контроль паралельності зовнішніх плоских поверхонь.
2. Точність контролю – 0,01 мм.

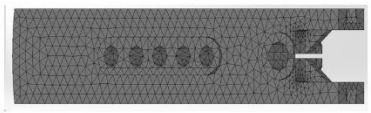
Технічні вимоги

1. Неперпендикулярність осі індикатора до стола верстата не більше 0,05 мм.
2. Непаралельність осі оправки до стола верстата не більше 0,05/100 мм.

					КНУ.КМР.131.25.1-13.ПК		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пристосування контрольне	Літера	Масса	Масштаб
Розроб.		Репін				Н	19,4	1:2
Перевір.		Бондар				Аркуш 1	Аркушів 1	
Н.контр.		Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
Затв.		Рязанцев						

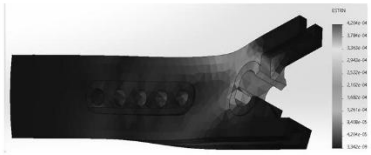
Первинне застосування
Довідковий №
Підп. і дата
Інв. № дубл.
Взам. інв. №
Підп. і дата
Інв. № орг.

Модель із визначеними кріпленням та навантаженням
(зеленим – зафіксована геометрія, синім – опори вальниць)



Сітка кінцевих елементів

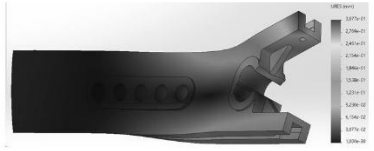
Модель із розрахованими напругами у матеріалі сталь 25Л



Модель із розрахованими деформаціями у матеріалі

Модель з розрахованиним запасом міцності

Епюра найвищих механічних напруг (Design Insight) всередині тіла



Епюра переміщення матеріалу під дією навантажень

						КНУ.КМР.131.25.1–13.АЕПР	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Аналіз проектних рішень з використанням CAD/CAE-технологій	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.		Ротін				Н		
Перев.		Бондар				Аркуш	Аркушів 1	
Н.контр.		Начаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
Затв.		Резніцев						

Копіював Формат А1

Інв. № орис. | Підп. і дата | Взам. інв. № | Інв. № дубл. | Підп. і дата | Справ. № | Перш. застос.

Техніко-економічні показники роботи механічного цеху

№ з/п	Назва статей калькуляції	Сума витрат		Питома вага витрат у повній собівартості, %
		на виріб, грн.	на програму випуску, грн.	
1	Сировина та основні матеріали	165 000	33 000 000	64,61
2	Покупні вироби й напівфабрикати	7 300	1 460 000	2,86
3	Допоміжні матеріали	9 900	1 980 000	3,88
4	Паливо й енергія на технологічні потреби	3 325,96	665 192	1,3
	Прямі матеріальні витрати	185 525,96	37 105 192	72,65
5	Основна заробітна плата виробничих робітників	8 374,46	1 674 892	3,28
6	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	1 737,71	347 542	0,68
7	Відрахування до єдиного соціального внеску	3 878,02	775 603,44	1,52
	Заробітна плата виробничих робітників	13 990,19	2 798 037,44	5,48
8	Витрати на утримання й експлуатацію устаткування	9 543,60	1 908 720	3,74
	Технологічна собівартість виробу	209 059,75	41 811 949,44	81,86
9	Цехові витрати	29 624,52	592 4904	11,60
	Цехова собівартість виробу	238 684,27	47 736 853,44	93,47
10	Загальнозаводські витрати	6 280,85	1 256 169	2,46
	Виробнича собівартість виробу	244 965,11	48 993 022,44	95,92
11	Позавиробничі витрати	9 798,6	1 959 720,9	3,84
	Повна собівартість виробу	254 763,72	50 952 743,34	99,76
12	Страхування майна підприємства	509,53	101 905,49	0,20
13	Плата за земельні ресурси	86,33	17 266	0,03
14	Інші відрахування	12,44	2 488	0,01
	Собівартість виробу	255 372,01	51 074 402,82	100

№ з/п	Найменування показників	Одиниця виміру	Величина показника
1	Річна програма випуску виробів, $N_{вип}$	шт.	200
2	Обсяг товарної продукції, $Q_т = N_{вип} \cdot Ц_о$	грн.	61 230 172
3	Капітальні вкладення, необхідні для створення виробництва, $К = Ф_{вир} + С_т / 4$	грн.	25 410 786,5
4	Прибуток від реалізації товарної продукції, $П_р = (Ц_о - С) \cdot N_{вип}$	грн.	10 068 890
5	Собівартість товарної продукції, $С_т = С \cdot N_{вип}$	грн.	51 074 402
6	Вироблення на одного робітника, $П_т = Q_т / Ч_{пвп}$	грн./особу	501 866,66
7	Витрати на одну грн. товарної продукції, $С_{тп} = С_т / (Ц_о \cdot N_{вип})$	грн./особу	0,83
8	Фондовіддача, $Ф_в = Q_т / Ф_{вир}$	грн./особу	4,84
9	Фондоємність, $Ф_є = Ф_{вир} / Q_т$	грн./особу	0,21
10	Фондоозброєність, $Ф_{оз} = Ф_{вир} / Ч_{пвп}$	грн./особу	103 624,48
11	Термін окупності капітальних вкладень, $Т = К / П_р$	років	2,52

Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: другий (магістерський)
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Технологія машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри, к.т.н., доц. Рязанцев А.О.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну магістерську роботу

Здобувач гр. ПМ-24м Репін Максим Сергійович

1. Тема: Підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва кривошипа верстата з використанням CAD/CAE систем і верстатів з ЧПК

2.

Керівник проекту: доц., к.т.н. Бондар О.В.
Затверджена наказом по КНУ № 554с від «28» липня 2025 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи 07 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Кривошип». 3. Креслення верстату-качалки. 4. Базовий ТП

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Характеристика і службове призначення вузла і деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Проектування оснащення. 4. Дослідна частина Інженерний аналіз деталі. 5. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Вузол верстату-качалки. 2. Кривошип. 3. Заготовка. 4. Технологічний процес. 5. РТК. 6. Результати обчислення вала у SW Simulation. 7. Контрольне пристосування 8. Затискне пристосування

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Організаційно-економічна підготовка виробництва	Нечаєв В.П.	18.09.2025	18.11.2025

7. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	01.08.2025
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	10.08.2025
3.	Призначення об'єкту виробництва	15.08.2025
4.	Аналіз технологічності деталі	30.08.2025
5.	Креслення деталі та заготовки (А2-А4)	03.09.2025
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі	15.09.2025
7.	Вибір верстатів та інструментів	20.09.2025
8.	Розробка технологічного процесу обробки деталі	01.10.2025
9.	Розробка конструкції контрольного пристосування та інженерний розрахунок вала (А2)	07.10.2025
10.	Організаційно-економічна підготовка виробництва	15.11.2025
11.	Висновки	01.11.2025
12.	Оформлення РПЗ	15.11.2025
13.	Попередній захист	07.12.2025

Дата видачі завдання: «28» липня 2025 р.

Завдання видав керівник КБР _____ / Бондар О.В./

Завдання отримав
здобувач освіти _____ / Репін М.С./