

Хмельницький національний університет
Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра: Технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти магістра

«Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус
БМД 6.404» із застосуванням верстатів з ЧПК»
Назва теми

Рівень вищої освіти: другий (магістр)

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Шифр і назва галузі знань

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Шифр і назва спеціальності

Спеціалізація: Технології машинобудування
Назва

Освітня програма: Технології машинобудування

Назва

Шифр 24321

Виконав студент 2 курсу група ПМТм-24-1
Шифр

[Підпис]
Підпис

Ілля НАКОНЕЧНИЙ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник д.т.н., професор
Науковий ступінь, звання

[Підпис]
Підпис

Анатолій ГОРДЕЄВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер _____

[Підпис]
Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва

[Підпис]
Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

15.12.25
Дата

Хмельницький національний університет
факультет Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра Технології машинобудування

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Шифр і назва

Освітня програма Технології машинобудування

Спеціалізація Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології машинобудування

_____ . 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Наконецькому І. О.**

Тема роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення
деталі «Корпус БМД 6.404» із застосуванням верстатів з ЧПК»

керівник проекту (роботи) Гордєєв А.І., д.т.н., професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від _____ 2025 р. № _____

2 Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 10.12.2025 р

3 Вихідні дані до проекту (роботи): Обзор літературних джерел. Креслення деталі.

4 Зміст пояснювальної записки: Вступ. Загальний розділ. Технологічний розділ.
Конструкторський розділ. Дослідницький розділ. Охорона праці. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу: 1 Загальний лист – 1 лист А1; Креслення деталі – 1
лист А2; 2 Креслення заготовки – 1 лист А2; 3. Графотехнологія деталі – 1 лист А1; 4.
Карта наладки верстата з ЧПК – 1 лист А1; 5. Верстатні пристрої - 2 лист А1; 6.
Контрольний пристрій – 1 лист; 7. Дослідницький лист – 1 лист А1.

6 Дата видачі завдання 10.09.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
Розділ I	30.09.2025	
Розділ II	15.10.2025	
Розділ III	30.10.2025	
Розділ IV	15.11.2025	
Розділ V	30.11.2025	

Студент _____

Підпис

Ілля ~~НАКОНЕЧНИЙ~~

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проекту (роботи) _____

Анатолій ГОРДЄЄВ

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну магістерську роботу Наконечного І. О. «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус БМД 6.404» із застосуванням верстатів з ЧПК»

Тема дипломної магістерської роботи Наконечного І. О. є інженерно цікавою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі Корпус БМД 6.404 із застосуванням верстатів з ЧПК.

Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано технологічний процес виготовлення деталі Корпус БМД 6.404 із застосуванням верстатів з ЧПК. Розроблено нову конструкцію пристроїв для фрезерування, зацентровки та пристрій для контролю розмірів деталі.

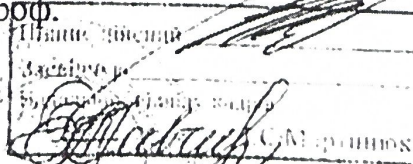
Графічна частина виконана на високому рівні із застосуванням програмного продукту SolidWorks. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

У розділі охорони праці наведено методика оцінки стійкості роботи об'єкта до впливу ударної хвилі ядерного вибуху.

Виходячи з результатів, які містяться в дипломній магістерській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, робота рекомендується до захисту та заслуговує оцінки добре, а здобувач Наконечний І. О. заслуговує присудження ступеня магістра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

Професор кафедри «Трибології
автомобілів та матеріалознавства»
Хмельницького національного
університету д.т.н., проф.

Підпис Дихи О.В.
Засвідчую
Начальник відділу кадрів ХНУ



Диха О.В.

Завідувачу кафедри
Технології машинобудування
Ткачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Наконечного І. О.
факультету інженерії, транспорту та
архітектури, гр. ПМТм-24-1

ЗАЯВА


З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2024), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Strike Plagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

15.12.2025

дата



підпис

Анотація
«Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус БМД 6.404» із застосуванням верстатів з ЧПК»

Автор Наконечний І. О. Керівник проекту: А. І. Гордєєв
Об'єм пояснювальної записки 86 стор. Графічна частина 8 листів А1.
Спеціальність: 131 Прикладна механіка.

Актуальність роботи Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус БМД 6.404» із застосуванням верстатів з ЧПК є актуальною технологічною задачею.

Мета роботи полягає у вдосконаленні технологічного процесу механічної обробки виготовлення довгомірної деталі «Корпус БМД 6.404»

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Корпус БМД 6.404»

Об'єкт дослідження – визначення напружень у деталі під робочими навантаженнями, пружні деформації, переміщення поверхонь.

Методи дослідження. Використання аналітичних методів дослідження у SolidWorks.

Наукова новизна одержаних результатів.

Удосконалено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус БМД 6.404» із застосуванням верстатів з ЧПК.

Практичне значення

1. Розроблено нову технологію виготовлення деталі «Корпус БМД 6.404»
2. Розроблено нову конструкції пристроїв для фрезерування, зацентровки та пристрій для контролю неперпендикулярність отвору до площини основи.

Ключові слова: технологічний процес оброблення заготовки, проектування, програмний продукт.

Автор проекту:

Наконечний І. О.

_____ 2025 р.

Abstract

"Improvement of the technological process of manufacturing the part "BMD 6.404 Housing" using CNC machines"

Author Nakonechny I. O. Project manager: A. I. Gordeev

Explanatory note volume 86 pages. Graphic part 8 sheets A1.

Specialty: 131 Applied mechanics.

Relevance of the work Improving the technological process of manufacturing the part "BMD 6.404 Housing" using CNC machines is a relevant technological task.

The purpose of the work is to improve the technological process of mechanical processing for manufacturing a long part "BMD 6.404 Housing"

The subject of the study is the technological process of manufacturing the part "BMD 6.404 Housing"

The object of the study is the determination of stresses in the part under working loads, elastic deformations, surface displacements.

Research methods. Using analytical research methods in SolidWorks. Scientific novelty of the results obtained.

The technological process of manufacturing the part "BMD 6.404 Housing" has been improved using CNC machines.

Practical significance

1. A new technology for manufacturing the part "BMD 6.404 Housing" has been developed
2. A new design of devices for milling, centering and a device for controlling the non-perpendicularity of the hole to the base plane has been developed.

Keywords: technological process of workpiece processing, design, software product.

Author of the project:

Nakonechny I. O.

2025 p.

<i>№ рядка</i>	<i>Формат</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кількість</i>	<i>Примітка</i>
1			Документація загальна		
2					
3					
4	A4	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.00.00 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка		
5	A2	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.02.02.00.00	Креслення заготовки	1	
6	A2	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.02.01.00.00	Креслення деталі	1	
7	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.02.03.00.00	Графотехнологія	1	
8	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.02.04.00.00	Карта наладки	1	
9	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.03.02.00.00 СК	Пристрій для зацентровки	1	
10	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.03.01.00.00 СК	Пристрій для фрезерування	1	
11	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.03.03.00.00 СК	Пристрій контрольний	1	
12	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.01.01.00.00	Загальний лист	1	
13	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.25.04.01.00.00	Дослідницький лист	1	
14					
15					
15					

					ДРМ. ПМ.ФІТА.25.00.00.ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Відомість роботи</i>	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив.		Наконечний						
Перевірив		Гордєєв						
Н. Контр.		Бись				ХНУ-ПМТМ-24-1		
Затвердив		Ткачук						

ЗМІСТ

	арк.
ЗМІСТ	6
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	10
1.1 Стан питання та постановка задач магістерської роботи.....	10
1.2 Аналіз об'єкта виробництва.....	10
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	11
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва.....	18
1.5. Основні пропозиції щодо побудови нового технологічного процесу виготовлення «Корпус БМД 6.404».....	21
1.6 Висновки до розділу 1 та задачі досліджень.....	21
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	24
2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу	24
2.2 Вибір заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання.....	24
2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовки.....	25
2.2.2 Визначення параметрів заготовки.....	28
2.3 Вибір технологічного маршруту обробки деталі та шляхи його вдосконалення.....	29
2.3.1. Вибір технологічних баз.....	29
2.3.2 Вибір технологічного маршруту обробки деталі.....	32
2.3.3. Встановлення структури та послідовності виконання переходів.....	36
2.4. Визначення припусків на механічну обробку деталі.....	38
2.4.1 Аналітичний розрахунок припусків на розмір $\varnothing 90H9^{+0,087}$	38
2.4.2 Табличний метод призначення припусків.....	43
2.5 Розрахунок режимів різання.....	44

2.5.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом на фрезерну операцію 005.....	44
2.5.2 Табличний метод призначення режимів різання, операція 035 вертикально – свердлильну	49
2.6 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операції	52
2.7 Висновки до розділу 2.....	55
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	56
3.1 Проектування верстатного пристрою для фрезерування.....	56
3.1.1 Схема базування та вибір установочних елементів.....	56
3.1.2 Розрахунок сили закріплення та приводу пристрою.....	56
3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	59
3.1.4 Розрахунок пристрою на точність.....	60
3.1.5 Опис роботи пристрою для фрезерування	61
3.2 Проектування верстатного пристрою для зацентровки отворів.....	62
3.2.1 Конструкція та принцип роботи пристрою.....	63
3.3 Проектування контрольного пристрою.....	64
3.3.1 Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю.....	64
3.3.2 Вибір схеми контролю заданого параметру.....	64
3.3.3 Розрахунок пристрою на точність.....	65
3.3.4 Принцип роботи пристрою.....	66
3.4 Висновки до розділу 3.....	66
РОЗДІЛ 4. НАУКОВИЙ.....	67
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	73
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	84
ДОДАТКИ.....	86

Вступ

Досягнення високих показників в машинобудуванні базується на обліку та використанні основних напрямів сучасної технології та організації виробництва: вдосконалення форм та методів організації технологічних процесів на основі використання досягнень науки і техніки, наукової організації праці, комплексної механізації і автоматизації; максимальне скорочення процесів обробки металів різанням застосуванням заготовок, що наближаються по формі, розмірах і якості поверхні до готових деталей. Такі заготовки підвищують техніко-економічну ефективність за рахунок зменшення витрат матеріалу, зниження трудоемності механічної обробки і зменшення необхідності у верстатах та електроенергії, металорізальному інструменті, що знижує собівартість виготовлення деталей; застосуванням для механічної обробки високопродуктивного обладнання та технологічного оснащення: агрегатних та багатопозиційних верстатів; верстатів з числовим програмним керуванням; верстатів роботів та робото-технологічних комплексів, верстатів обладнаних мікропроцесорами; інструмента із металокераміки та на основі нітриду бору, швидкодіючих пристосувань та інших досягнень науки і техніки, направлених на інтенсифікацію режимів обробки; пошук засобів та методів підвищення точності форм і розмірів деталей і якості їх поверхонь з метою підвищення надійності і довговічності виготовленої продукції; розвиток і примінення методів механічної, термічної, термохімічної і других зміцнюючих обробок, які дозволяють економити метал за рахунок перевodu деталей на полегшенні січення та збільшують строк служби виготовлюваних деталей; застосування нових електрофізичних та електрохімічних і інших методів обробки деталей, особливо для тяжкооброблюваних матеріалів.

При проектуванні технологічних процесів необхідно пам'ятати про те, що максимальна ефективність виробництва забезпечуються розумним

застосуванням цих принципів в конкретних умовах, після відповідного економічного обґрунтування.

Магістерська робота є самостійним завершеним дослідженням, яке ґрунтується на критичному аналізі існуючих результатів і включає ретельне обґрунтування та ефективне вирішення конкретної наукової, методичної або інженерної задачі. Ця робота виступає підсумковим етапом наукового пошуку у вищому навчальному закладі.

Актуальність роботи. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус» з використанням верстатів з ЧПК є актуальною технологічною задачею.

Мета роботи полягає у вдосконаленні технологічного процесу механічної обробки виготовлення довгомірної деталі «Корпус».

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення деталі «Корпус».

Об'єкт дослідження – визначення напружень у деталі під робочими навантаженнями, пружні деформації, переміщення поверхонь.

Методи дослідження. Використання аналітичних методів дослідження у SolidWorks.

Наукова новизна одержаних результатів.

Удосконалено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус БМД 6.404» з використанням верстатів з ЧПК.

Практичне значення

1. Розроблено нову технологію виготовлення деталі «Корпус БМД 6.404»
2. Розроблено нову конструкції пристроїв для фрезерування, зацентровки та пристрій для контролю неперпендикулярності отвору до площини основи.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Стан питання та постановка задач магістерської роботи

Завданням магістерської роботи є удосконалення технологічного процесу механічної обробки при виготовленні деталі «Корпус БМД 6.404». Для цього необхідно удосконалити технологічний процес виготовлення деталі з використанням верстатів з ЧПК.

Крім розробки технологічних процесів, в магістерській роботі слід спроектувати спеціальне обладнання для обробки поверхонь та контрольний пристрій для контролю паралельності поверхонь.

На додаток до технологічної та конструкторської частини необхідно виконати дослідницьку частину, в якій представити розрахунки на міцність та визначення напружень і переміщення окремих поверхонь деталі під навантаженням в процесі роботи.

1.2 Аналіз об'єкта виробництва

Деталь «Корпус БМД 6.404» є складовою частиною складальної одиниці “ріжучий апарат” гнучкочисної машини БМ – 6. Експлуатаційне призначення – корпус підшипника як опорний елемент ланки корпус – вал обертання. Основним призначенням “Корпус БМД 6.404” являється розміщення в ньому і базування опори шарикопідшипника.

У відповідності з класифікатором ЄСКД – деталь належить до класу 72 – тіла обертання корпусні, опорні.

Конструкція “Корпус БМД 6.404” являється диском з центральним отвором та пальцями, які призначенні для кріплення на них вилок копіювального пристрою різального апарату. Копіювальний пристрій слідкує за нерівностями рельєфу поверхні і подає команду на піднімання

або опускання різального апарату за допомогою вилок, які прикріплені до пальців корпусу). Пальці повинні бути оброблені по 11 квалітету точності, необхідна їх зацентровка для забезпечення цих параметрів точності.

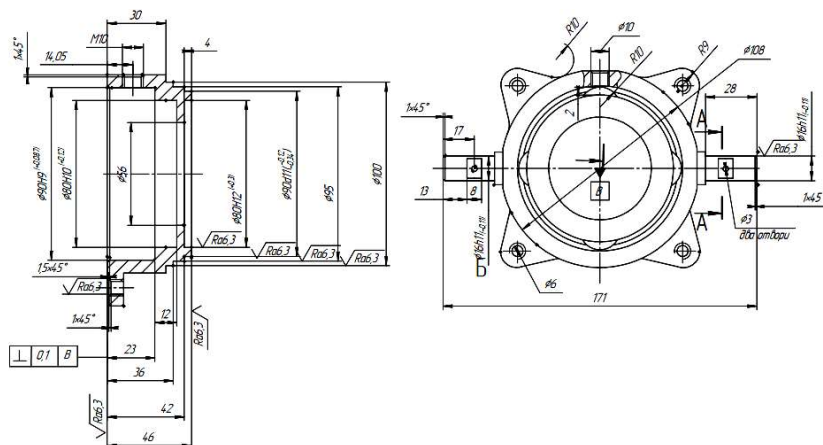


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд деталі «Корпус БМД 6.404»

“Корпус БМД 6.404” виготовляється методом лиття зі Сталі 35Л ДСТУ 7809:2015.

Таблиця 1.1. – Хімічний склад Сталі 35Л ДСТУ 7809:2015

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	S, %	P, %	Група відливки
0,32-0,4	0,2-0,42	0,4-0,9	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$	0,3	0,05	0,05	I

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

На кресленні деталі “Корпус БМД 6.404” вказані всі розміри, квалітети точності, шорсткість поверхонь, основні базові поверхні, на яких не повинно бути заливів та раковин. Вказані допустимі відхилення концентричності отворів, співвісності, радіального биття, прямолінійності.

На кресленні вказано матеріал корпусу – Сталь 35Л ДСТУ 7809:2015., а також захисні покриття внутрішніх та зовнішніх поверхонь.

Якісна оцінка технологічності конструкції деталі.

Деталь – “Корпус БМД 6.404” являє собою по конфігурації відливку круглої форми. Вона отримується методом литва в земельні форми, і тому конфігурація зовнішнього контура та внутрішніх поверхонь не викликає труднощів при отриманні заготовки. Але навіть при цьому формування повинно проводитись із застосуванням стержня, який повторює форму, чи формує внутрішній отвір. З точки зору механічної обробки корпус недоліків не має. Кріпильні отвори розміщені на достатньо великій відстані один від одного (> 25 мм.), що дозволяє вести одночасну обробку декількома інструментами (при свердлінні). Решта оброблюваних поверхонь з точки зору точності й чистоти не являють собою значних технологічних труднощів (точні отвори $\varnothing 90H9 (+0,087)$; $\varnothing 80H10 (+0,12)$ – виконуються чорновим, напівчистовим і чистовим розточуванням), легкий доступ інструменту, хороші базові поверхні, як при токарній обробці (базова поверхня – отвір $\varnothing 89 (+0,130)$ попередньо розточений), так і при свердлінні отворів, фрезеруванні лисок і пазів, хороше стружковидалення (стружка не забивається в деталі).

Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі.

«Рівень технологічності конструкції по точності обробки характеризується коефіцієнтом точності, який визначається за формулою:

$$K_{T.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{сер}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum Tn_i}, \quad (1.1)$$

де: $T_{сер} = \frac{\sum Tn_i}{\sum n_i} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 17n_{17}}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{17}}$ - середній клас точності

обробки виробу;

n_i - число розмірів відповідного класу точності;

- клас точності обробки.

Класи точності поверхонь:

Поверхня *B* ($\varnothing 90H9$) – 9 квалітет, $n = 1$; $T = 9$;

Поверхня *H* ($\varnothing 80H10$) – 10 квалітет, $n = 1$; $T = 10$;

Поверхні *K, C* ($\varnothing 90d11, \varnothing 16h11$) – 11 квалітет, $n = 2$; $T = 11$;

Поверхні *O, З, Б, Е, Є, Ш, Щ, Ч, У, Х, Я, Ю* – 12 квалітет, $n=13$; $T = 12$;

Поверхні *A, Ж, Ф, Ь* – 14 квалітет, $n = 4$; $T = 14$.

$$T_{\text{сеп}} = \frac{9 \cdot 1 + 10 \cdot 1 + 11 \cdot 2 + 12 \cdot 13 + 14 \cdot 4}{1 + 1 + 2 + 13 + 4} = 12,05$$

$$K_{\text{Т.ч.}} = 1 - \frac{1}{12,05} = 0,92$$

Згідно $K_{\text{Т.ч.}} > 0,8$ - деталь середньої точності, і відповідно є технологічною.

Рівень технологічності конструкції по шорсткості оцінюється по коефіцієнту шорсткості, який визначається за формулою:

$$K_w = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{ср}}} = \frac{\sum n_i w_i}{\sum \text{Ш}_i}, \quad (1.2)$$

де: $\text{Ш}_{\text{ср}}$ - середній клас шорсткості деталі;

n_i - кількість розмірів з шорсткістю даного класу.

Поверхня *B* – $Ra2,5$ $n = 1$ - 6 клас шорсткості;

Поверхні *H, Й, К, С, Г* – $Rz20$ $n=5$ – 5 клас шорсткості;

Поверхні *Б, Л, Ф, Ь, Е, Є, Ч, У, Х, Я, Ю, Ш, Щ, Й, Ї, Р* – $Rz40$ $n=16$ – 4 клас шорсткості;

Поверхні *З, И* – $Ra12,5$ $n=2$ – 3 клас шорсткості;

Поверхня *Ж* – $Ra25$ $n=1$ – 2 клас шорсткості.

$$\text{Ш}_{\text{ср}} = \frac{1 \cdot 2 + 2 \cdot 3 + 16 \cdot 4 + 5 \cdot 5 + 1 \cdot 6}{1 + 2 + 16 + 5 + 1} = \frac{103}{25} = 4,1;$$

$$K_u = \frac{1}{4,1} = 0,24;$$

Згідно $K_u > 0,16$ - деталь не важкообробна. Середній клас шорсткості Раб,3.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{yc} = \frac{N_{ye}}{N_e} = \frac{17}{18} = 0,9,$$

де: N_{ye} - число уніфікованих типорозмірів;

N_e загальне число конструктивних елементів в деталі.

Уніфіковані елемент – такі, що обробляються стандартним ріжучим інструментом і не потребують спеціального.

Згідно $K_y > 0,6$ деталь відноситься до технологічних.

Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулю:

$$K_{em} = \frac{M_d}{M_z}; \quad (1.3)$$

де: $M_d = 1,324$ кг. – маса деталі по кресленню;

$M_z = 1,655$ кг. – маса заготовки (вилівка).

$K_{em} = \frac{1,324}{1,655} = 0,8$ - коефіцієнт використання матеріалу для серійного

типу виробництва.

Рівень технологічності конструкції по трудомісткості виготовлення (орієнтовний) характеризується коефіцієнтом трудомісткості:

$$K_{mp} = \frac{T_{np}}{T_b} = \frac{25,05}{33,5} = 0,78;$$

де: T_{np} і T_b - відповідно проектна та базова трудомісткості виготовлення деталі.

Коефіцієнт трудомісткості складання:

$$K_{скл} = \frac{T_{скл}}{T_{мех}} = \frac{10,05}{33,5} = 0,3;$$

де: $T_{скл}$ - трудомісткість складання;

$T_{мех}$ - трудомісткість механічної обробки.

$K_{скл} = 0,3$ - що відповідає середньосерійному типу виробництва» [5].

Таблиця 1.2. - Механічні властивості Сталі 35Л ДСТУ 7809:2015

№	Режим термообробки			Січення, мм.	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ , %	ψ , %	НВ
	Операція	$t^\circ C$	Охолодне середовище						
ДСТУ 7809:2015	Нормалізація	600-880	Повітря	до 100	280	500	15	25	137-166
	Відпуск	600-630	Повітря						
ТУ УЗТМ	Гартування	860-880	Повітря	До 100	400	600	10	30	179-269
	Відпуск	580-620	Повітря						

σ_T – границя текучості, Н/мм²;

σ_B – границя міцності при розтягуванні, Н/мм²;

δ , - відносне видовження зразка, %;

ψ - відносне звуження поперечного січення зразка, %.

Призначення Сталі 35Л ДСТУ 7809:2015 – корпуса й обойми, балансири, діафрагми, катки, вилки, кронштейни та інші деталі, які працюють під дією середніх статичних та динамічних навантажень.

Виходячи з огляду конструкції корпуса підшипника видно, що основними робочими поверхнями являються поверхні В і Г.

Поверхня В – отвір $\varnothing 90H9 (+0,087)$, виконаний по 9 квалітету точності, шорсткістю $Ra 2,5$, по якій проходить базування підшипника.

Поверхня Н – отвір $\varnothing 80H10 (+0,02)$, який виконаний по 10 квалітету точності, шорсткістю $Rz 6$, 3по ній базується сальник (уцілення опорного вузла).

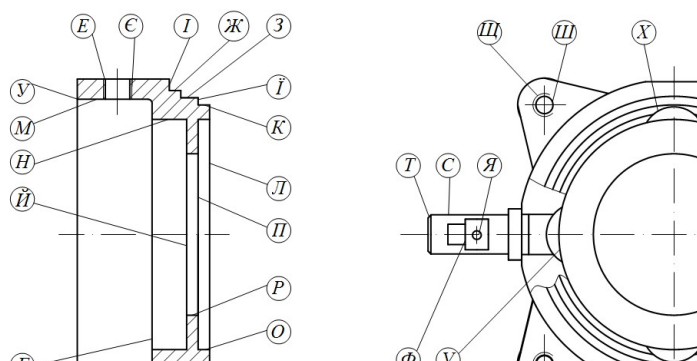


Рисунок 1.2 Позначення поверхонь конструкції деталі Корпус БМД 6.404

Поверхні Ж, З і К – зовнішні циліндричні поверхні, виконані відповідно $\varnothing 100h14 (-0,870)$; $\varnothing 95h12 (-0,350)$; $\varnothing 90d11 (^{0,38}_{-0,6})$ квалітетах точності, з шорсткістю $\varnothing 100h14 (-0,870) Rz 20$; $\varnothing 95h12 (-0,350) - Rz 80$; $\varnothing 90d11 (^{0,38}_{-0,6}) - Ra12,5$, являються з'єднувальними, по них корпус приєднується до інших корпусних деталей вузла.

Поверхня О – отвір $\varnothing 80H1 (^{+0,30})$ є також приєднувальною.

Поверхні Б, А і Л - торці, являються опорними поверхнями деталі при фіксації її до іншого вузла – виконані по квалітету точності $h14(-0,62)$, шорсткістю $Ra6,3$.

Поверхні Ш і Щ являються орієнтуючими, за допомогою яких здійснюється орієнтація при приєднанні корпусу до іншого вузла (чотири отвори $M8 - 7H$).

Немаловажну роль відіграє поверхня Е (отвір $M10 \times 1 - 7H$), в який вгвинчується маслівка. При повздовжньому зміщенні отвору, як вліво, так і вправо, можливе перекриття доступу мастила до поверхонь тертя підшипника.

Поверхні С (обидві) – це пальці, які приварені до корпусу підшипника на попередніх операціях обробки виконані $\varnothing 16h11 (-0,11)$, $Ra6,3$

– з поверхнями Φ (двома лисками) – призначені для кріплення вилок копіювального пристрою ріжучого апарату.

Пази – поверхні X , Y і $Ч$ виконані по 12 квалітету точності шорсткістю $Ra_{6,3}$ – призначені для полегшення установки підшипника і циркуляції мастила. Поверхня B в подальшій роботі може бути виконана як технологічна база.

Основна маса розмірів деталі виконана по 12 квалітету точності (отвори $\varnothing 80H12$, зовнішні поверхні $\varnothing 90h12$, $34h12$ - пази), а також по 14 квалітету (лінійні розміри $42h14$, отвори $\varnothing 100h14$; $\varnothing 56h14$; $\varnothing 120h14$; $\varnothing 176h14$).

Таблиця 1.3. – Аналіз технічних умов

Позначення поверхні	Технічна вимога	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
$B, Л$	Забезпечити точність розміру $42h14(-0,62)$ і шорсткість $Rz 40$.	Обточування напівчистове (підрізка торців).	ШЦ-I-125-0,1 – 1 Взірці шорсткості
$B, Г$	Забезпечити точність розміру $\varnothing 90H9(+0,087)$ і шорсткість $Ra 2,5$.	Розточування чистове.	Пробка ($\varnothing 90H9$) ПР, НЕ ШЦ-I-125-0,1 – 1
$H, Й$	Забезпечити точність розміру $\varnothing 80H10(+0,12)$ і шорсткість $Rz 20$.	Розточування чистове.	Пробка ($\varnothing 80H10$) ПР, НЕ Зразки шорсткості
$O, П$	Забезпечити точність розміру $\varnothing 80H12(+0,30)$ і шорсткість $Rz 20$.	Розточування напівчистове.	Пробка ($\varnothing 80H12$) ПР, НЕ Зразки шорсткості ШЦ-I-
$K, І$	Забезпечити точність розміру $\varnothing 90d11(+0,38 -0,6)$ і шорсткість $Rz 20$.	Обточування напівчистове.	Скоба ($\varnothing 90d11$) ПР, НЕ Зразки шорсткості ГОСТ9378 – 75. ШЦ-I-125-0,1 – 1
$З$	Забезпечити точність розміру $\varnothing 95h12(-0,35)$ і шорсткість $Rz 80$.	Обточування напівчистове.	Скоба ($\varnothing 95h12$) ПР, НЕ. Зразки шорсткості.
$Ж, I$	Забезпечити точність розміру $\varnothing 100h14(-0,87)$ і шорсткість $Rz 100$.	Обточування чорнове.	ШЦ-I-125-0,1 – 1 ГОСТ166-80.
O, K, B	Забезпечити радіальне биття відносно поверхні B в межах $0,15$ мм.	Обточування чистове.	Битт'ємір ПБ-250 ТУ2-034-543-81. Індикатор ИЧ10. кл.0

Продовження Таблиці 1.3

1	2	3	4
<i>С</i>	Забезпечити точність розміру $\varnothing 16h11_{(-0,11)}$ і шорсткість $Rz\ 20$, співвісність отвору відносно B в межах $0,3$ мм.	Обточування напівчистове.	Скоба ($\varnothing 16h11$) ПР, НЕ Зразки шорсткості ГОСТ9378 – 75. ШЦ-I-125-0,1 – 1 Приспосіблення контрольне.
Φ	Забезпечити точність розміру $8H14_{(+0,36)}$ і шорсткість $Rz\ 40$.	Фрезерування чорнове.	Зразки шорсткості ШЦ-I-125-0,1 – 1
<i>Е, Є</i>	Забезпечити точність розміру $M10 \times 1-7H$ і шорсткість $Rz\ 40$.	Свердління по кондуктору. Різенарізання	ШЦ-I-125-0,1 – 1 Пробка ($M10 \times 1-7H$) Шаблон розміщення.
<i>Ш, Щ</i>	Забезпечити точність розміру $M8 \times 7H$ (4 отвори) та точність розміщення $0,35$ мм.	Свердління по кондуктору. Різенарізання	ШЦ-I-125-0,1 – 1 Пробка ($M8-7H$) Шаблон розміщення.
<i>Ч, У, Х</i>	Забезпечити $R1,0 \dots 1,5$ (три паза) і шорсткість поверхні $Rz\ 40$.	Фрезерування чорнове.	Шаблон спеціальний.
<i>Я, Ю</i>	Забезпечити точність розміру $\varnothing 3_{(+0,25)}$ і шорсткість $Rz\ 40$.	Свердління чорнове.	Скоба ($\varnothing 3$) Зразки шорсткості

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

«Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій за формулою:

$$K_{zo} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (1.4)$$

де: $\sum O$ - сумарне число різноманітних операцій, що виконуються на ділянці за місяць;

$\sum P$ - сумарне число робочих місць на даній ділянці цеху.

Число операцій розраховуємо за формулою:

$$O = \frac{60 \cdot F_M \cdot K_B \cdot \eta_H}{T_{шт} \cdot N_M}, \quad (1.5)$$

де: $F_M = \frac{4015}{12} = 334,5$ год. – місячний фонд часу роботи обладнання

при двохзмінному режимі роботи;

$K_B = 1,3$ - середній коефіцієнт виконання норм;

$\eta_B = 0,8$ - нормативний коефіцієнт завантаження верстатів;

$T_{шт}$ - штучний час операції на даному верстаті;

$N_M = \frac{N}{12} = \frac{5000}{12} = 416$ - місячна програма випуску деталей

($N = 5000$ по завданню)» [5].

Визначаємо K_{30} по існуючому варіанту технологічного процесу.

Робоче місце O_1 , верстат 16К20, токарно-гвинторізний.

$$\sum T_{ум} = 10,1 + 1,5 + 3,6 = 15,2 \text{ хв.}$$

$$O_1 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{15,2 \cdot 416,6} = 2,82.$$

Робоче місце O_2 , верстат ВК772, розточний.

$$\sum T_{ум} = 3,43 \text{ хв.}$$

$$O_2 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{3,43 \cdot 416,6} = 12,4.$$

Робоче місце O_3 , верстат 6Р13, вертикально-фрезерний.

$$\sum T_{ум} = 4,4 \text{ хв.}$$

$$O_3 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{4,4 \cdot 416,6} = 9,63.$$

Робоче місце O_4 , верстат 6Р82, горизонтально-фрезерний.

$$\sum T_{ум} = 1,08 \text{ хв.}$$

$$O_4 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,08 \cdot 416,6} = 39,3.$$

Робоче місце O_5 , верстат 2Н135, вертикально-свердлильний.

$$\sum T_{ум} = 4,3 + 0,7 = 5 \text{ хв.}$$

$$O_5 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{5 \cdot 416,6} = 8,5 .$$

Робоче місце O_6 , верстат 2056, різенарізний.

$$\sum T_{um} = 2,5 + 0,5 = 3 \text{ хв.}$$

$$O_6 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{3 \cdot 416,6} = 14,2 .$$

Робоче місце O_7 , верстат 2Н112, вертикально-свердлильний.

$$\sum T_{um} = 1,6 \text{ хв.}$$

$$O_7 = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,6 \cdot 416,6} = 26,5 .$$

$$O_{заг} = \sum O = 2,82 + 12,4 + 9,63 + 39,3 + 8,5 + 14,2 + 26,5 = 113 .$$

Коефіцієнт завантаження :

$$K_s = \frac{113}{7} = 16,15 ;$$

Оскільки $10 \leq K_s \leq 20$, то тип виробництва – середньосерійний.

«Форма організації виробничого процесу – предметно-потокова.

Розміщення обладнання – по ходу технологічного процесу.

Повторюваність партій – періодична.

Технологічне обладнання – універсальне, частково спеціалізоване.

Технологічна оснастка – УНС, ЗРП (збірно-розбірні пристрої).

Різальний інструмент – універсальний і спеціальний.

Вимірювальний інструмент – калібри, спеціалізований.

Види заготовок – прокат, виливки з металевими моделями.

Собівартість продукції – середня» [5].

1.5 Основні пропозиції щодо побудови нового технологічного процесу виготовлення «Корпус БМД 6.404»

Для удосконалення технологічного процесу запропоновано застосувати на операціях верстата з ЧПК.

Для виконання операції 35 приймаємо верстат вертикально-свердлувальний верстат моделі 2P135Ф2 – 1. Дана модель має можливість виконувати наступні переходи оброблення заготовки:, свердлування, зенкерування, розгорткування, різьбонарізання. Загальний вигляд верстата 2P135Ф2 – 1 показано на (рис. 1.3).



Рисунок 1.3. Загальний вигляд верстата 2P135Ф2 – 1

«Технічна характеристика верстата 2P135Ф2 – 1

Максимальний умовний діаметр свердління	35
Кількість шпинделів револьверної головки	6
Діапазон частот обертання шпинделя, об/хв	35,5-1600
Максимальний крутний момент на шпинделі, Н м	200
Швидкість швидкого переміщення супорту, м/хв	4
Швидкість швидкого переміщення столу м/хв	7
Осьове зусилля на шпинделі, Н	15 000

Найбільші програмовані переміщення:

- вісь X	630
- ось Y	360
- вісь Z	560
Споживана потужність, кВт	9,8» [20]

Для виконання операції 040 приймаємо верстат вертикальний оброблюючий центр DM-1 фірми HAAS. Дана модель має можливість виконувати наступні переходи оброблення заготовки: фрезерування, свердлування, різьбонарізання.

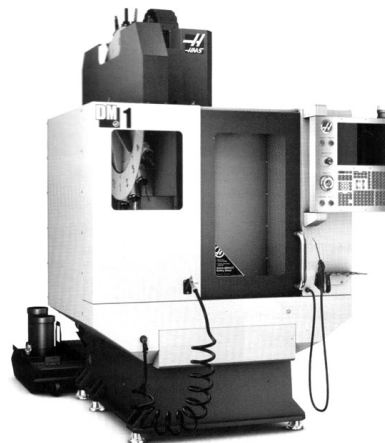


Рисунок 1.4. Загальний вигляд верстата з ЧПК свердлильно-різбонарізного центру DT-1

1.6 Висновки до розділу 1 та задачі досліджень

Аналіз технологічності конструкції деталі «Корпус БМД 6.404» показує, що деталь є технологічною, а її конструктивні параметри дозволяють зручний підвод інструменту, до поверхонь, що оброблюються.

На основі типових технологічних процесів необхідно:

1. Розробити удосконалений технологічний процес виготовлення деталі «Корпус БМД 6.404» з використанням верстатів з ЧПК;
2. Спроекувати верстатні пристрої;
3. Спроекувати контрольний пристрій;
4. У дослідному розділі провести розрахунки у програмному продукті SolidWorks на міцність та визначення напружень і переміщення окремих поверхонь деталі під навантаженням в процесі роботи.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу

Проаналізовано існуючий технологічний процес механічної обробки «Корпус БМД 6.404» з точки зору забезпечення якості продукції, зниження собівартості та підвищення продуктивності праці.

Згідно з базовим технологічним процесом обробки деталей, більшість верстатів, що використовуються для основного маршруту обробки, є старими і вже відпрацювали свій термін експлуатації. Оскільки технічні можливості цього обладнання досить обмежені, нові технологічні процеси вимагають використання сучасних багатоцільових верстатів з ЧПК.

Впровадження прогресивних верстатів дозволяє підвищити продуктивність і точність обробки та контролю, полегшити умови праці, скоротити кількість операторів, знизити необхідну кваліфікацію, суворо регламентувати робочий час, розширити технічні можливості обладнання та підвищити безпеку праці.

2.2 Вибір заготовки деталі та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання

Метод отримання заготовок для деталей визначається призначенням, конструкцією деталі, матеріалом, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення.

Вибрати заготовку для даного корпусу – значить вибрати спосіб її одержання.

Виходячи з матеріалу – Сталь 35Л ДСТУ 7809:2015, робимо висновок, що заготовку отримують литвом в земляні форми або литвом в кокіль.

2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготівки

Вартість заготовок, які отримуються литвом в земляні форми і кокіль можна визначити за формулою:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_1}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \text{ грн.} \quad (2.1)$$

де: Q - маса заготовки, кг.;

C_1 - базова вартість одної тонни заготовок, грн.;

q - маса деталі, кг.;

$S_{відх}$ - ціна одної тонни відходів Сталі 35Л, грн.;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ - коефіцієнти, що враховують клас точності,

групу складності, масу, марку матеріалу і об'єм випуску заготовок.

Проведемо розрахунок по двох різних варіантах виготовлення заготовки і порівняємо їх.

I варіант – виливок (виливка в земляні форми).

$Q = 1,8$ кг. - маса заготовки, кг.;

$q = 1,324$ кг. - маса деталі по кресленню;

$C_1 = 2400$ грн. - базова вартість одної тонни виливків із Сталі 35Л ДСТУ 7809:2015;

$S_{відх} = 220$ грн. - вартість одної тонни відходів Сталі 35Л;

$k_T = 1$ - коефіцієнт, що враховують клас точності виливка [3];

$k_C = 1$ - коефіцієнт групи складності виливка [3];

$k_B = 0,72$ - коефіцієнт, що враховує масу заготовки [1];

$k_M = 0,62$ - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу [1];

$k_{II} = 1,22$ - коефіцієнт групи серійності виготовлення виливок.

$$S_{загI} = \left(\frac{2400}{1000} \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,72 \cdot 0,62 \cdot 1,22 \right) - (1,8 - 1,324) \frac{220}{1000} = 2,25 \text{ грн.}$$

II варіант – виливок (випливання в кокіль).

$Q = 1,665$ кг. - маса заготовки, кг.;

$q = 1,324$ кг. - маса деталі по кресленню;

$C_1 = 2400$ грн. - базова вартість однієї тонни виливків із Сталі 35Л ДСТУ 7809:2015;

$S_{відх} = 220$ грн. - вартість однієї тонни відходів Сталі 35Л;

$k_T = 1$ - коефіцієнт, що враховують клас точності виливка [3];

$k_C = 1$ - коефіцієнт групи складності виливка [3];

$k_B = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує масу заготовки [3];

$k_M = 0,62$ - коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу [3];

$k_{II} = 1,2$ - коефіцієнт групи серійності виготовлення виливок.

$$S_{загII} = \left(\frac{2400}{1000} \cdot 1,665 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 1,2 \right) - (1,665 - 1,324) \frac{220}{1000} = 2,06 \text{ грн.}$$

Економічний ефект при співставленні способів отримання заготовок визначаємо за формулою [3]:

$$E_3 = (S_{загI} - S_{загII}) \cdot N = (2,25 - 2,06) \cdot 5000 = 950 \text{ грн.};$$

Отже вибираємо заготовку для корпусу – виливок в кокіль 8-го класу точності розмірів, 3-го ряду припусків

Результати зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняння методів одержання заготовки

Назва позиції	I варіант	II варіант
Вид заготовки	Виливок	Виливок (в кокіль)
Вартість заготовок	2,25	2,06
Коефіцієнт використання матеріалу	0,72	0,8

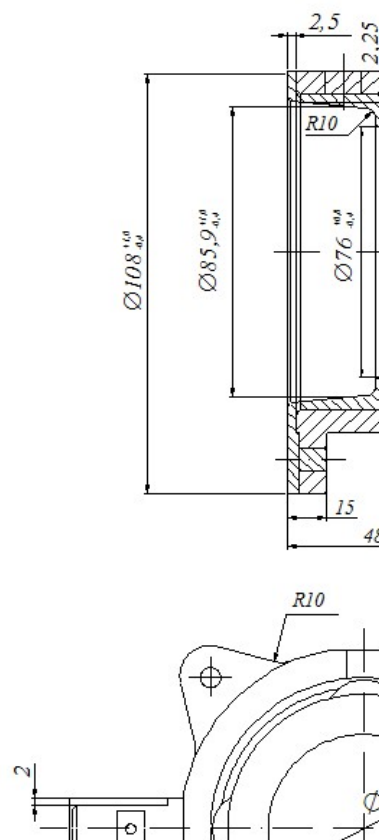


Рис. 2.1 – Креслення заготовки деталі “Корпус БМД 84200”

2.2.2 Визначення параметрів заготовки

Призначимо припуски табличним шляхом і зведемо їх у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. – Розрахунок розмірів заготовки

Розміри	Припуск, мм		Допуск
	табличний	розрахунковий	
$\varnothing 20^{+0,052}$	-	$2 \cdot 0,423$	$\begin{matrix} +0,2 \\ -0,2 \end{matrix}$
$18,3^{+0,14}$	$2 \cdot 1,15$		$\pm 0,2$
$31^{-0,2}$	$2 \cdot 1,0$		$\pm 0,22$
$48 \begin{matrix} -0,08 \\ -0,24 \end{matrix}$	$2 \cdot 1,0$		$\pm 0,25$
$80 \begin{matrix} -0,1 \\ -0,29 \end{matrix}$	$2 \cdot 1,0$		$\pm 0,28$
$4^{-0,15}$	1,6		$\pm 0,14$
52 ± 1	1,6		$\pm 0,25$

Таблиця 2.3 Параметри заготовки

Вхідні дані	Лиття в кокіль	
	Згідно вимогам	Прийнято
1	2	3
Клас розмірної точності	7-12	10
Ступінь жолоблення елементів виливків	5-8	6
Ступінь точності поверхонь виливків	10-17	14
Шорсткість поверхонь виливків	$R_a = 12,5$	$R_a = 12,5$
Клас точності маси	6-13	10
Ряд припусків	5-8	7

2.3 Вибір технологічного маршруту обробки деталі та шляхи його вдосконалення

2.3.1 Вибір технологічних баз

При достатньо високих вимогах до точності обробки необхідно вибрати таку схему базування, яка забезпечує найменшу похибку установки. Для забезпечення точності виготовлення деталі необхідно дотримуватись принципу суміщення баз – технологічних, вимірювальних, установочних, намагатись забезпечити їх постійність при послідуєчих операціях обробки.

При зміні баз в процесі обробки, точність оброблення знижується із-за похибок взаємного розміщення нових і раніше застосовуваних баз.

У нашому випадку на токарній операції базою є поверхня *B*, торець *Б*. Поверхня *B* ($\varnothing 89H11$) – поверхня, яка розточена на попередніх операціях від чорної бази - поверхні *Д*. Поверхня *Б* торець також оброблений на попередніх операціях. Тобто поверхня *B* являється чистою для подальшої токарної обробки, а також центрування центрових отворів в пальцях. Чистове розточування поверхні *B* ($\varnothing 90H9$) проводиться з чистої бази поверхні *З*, яка була раніше виконана з чистої бази *В*. Обточування пальців ($\varnothing 16h11$) проводиться в центрах поверхні *У*, похибка базування рівна нулю. Фрезерування пазів – базова поверхня *З* – чистова база, торець *Л* раніше оброблений, пальці *С* (поверхня *С*) також раніше оброблені.

Свердління ч-ох отворів проводиться від чистої бази (поверхня *В*), торця *Б*. Фрезерування двох лисок (поверхні *Ф* і *Б*) і свердління двох отворів $\varnothing 3$ (поверхні *Ю*, *Я*) проводиться від базових поверхонь *С* – зовнішнього діаметра пальців з установкою в призми.

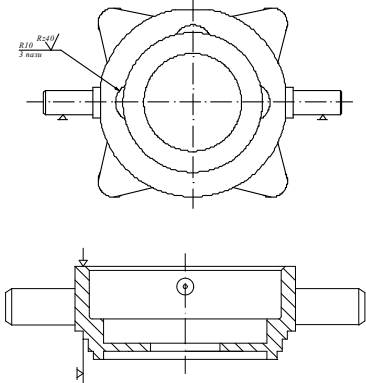
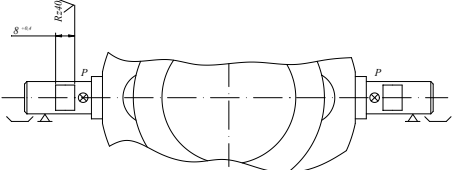
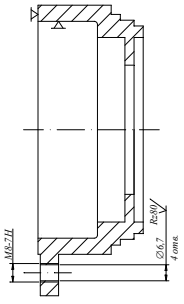
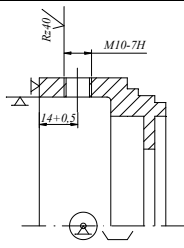
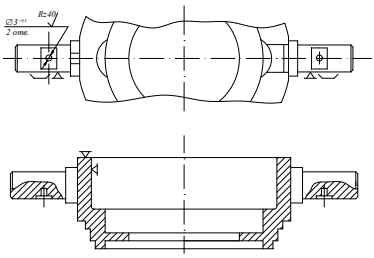
Отже в результаті аналізу вибору технологічних баз ми бачимо, що технічні вимоги $\begin{matrix} \nearrow \\ \hline 0,15 \\ \hline \mathbf{B} \end{matrix}$ - радіального биття, $\begin{matrix} \odot \\ \hline \varnothing 0,3 \\ \hline \mathbf{B} \end{matrix}$ - концентричності, $\begin{matrix} \oplus \\ \hline \varnothing 0,35 \\ \hline \mathbf{B} \end{matrix}$ - розміщення отворів витримується, так як витримується принцип постійності баз (обробка поверхонь проводиться з чистих постійних, а не чорнових баз).

Результати вибору баз зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4. Вибір баз

Позначення оброблюваної поверхні	Технологічні бази	Теоретична схема базування та закріплення
1	2	3
<i>I, Ж, З, Ї К, Л, О, П, Р, Й</i>	<i>В, Б (чистові)</i>	

Продовження Таблиці 2.4

1	2	3
X, Y, Ч	C, З, Л (чистові)	
Ф, Б	C, У	
Щ, Ш (отвір і різьба)	В, Б	
Е, Є (отвір і різьба)	В, Б, С	
Я, Ю	В, Б, С	

2.3.2 Вибір технологічного маршруту обробки деталі

Складемо два варіанти технологічного процесу механічної обробки деталі та представимо їх у вигляді Таблиць 2.5. і 2.6.

Таблиця 2.5 – I варіант технологічного процесу виготовлення Деталі “Корпус БМД 84200”

№ операції	Назва операції	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Модель обладнання
1	2	3	4	5
005	Токарно – гвинторізна	<i>Й, І, І, Ж, З, К, Л, О, П, Р</i>	<i>В, Б</i>	Токарно–гвинторізний 16К20
010	Розточна	<i>В, Г, Н, Й</i>	<i>З, Л</i>	Розточний ВК772
015	Токарно – гвинторізна	<i>У, У₁</i>	<i>Б, В</i>	Токарно–гвинторізний 16К20
020	Токарно – гвинторізна	<i>С, С₁</i>	<i>У, У₁</i>	Токарно–гвинторізний 16К20
025	Вертикально – фрезерна	<i>Х, У, Ч</i>	<i>С, З, Л</i>	Вертикально-фрезерний 6Р13
030	Горизонтально - фрезерна	<i>Ф, Б</i>	<i>С, У</i>	Горизонтально-фрезерний 6Р82
035	Вертикально - свердлильна	<i>Ш, Щ, Ш₁, Щ₁</i>	<i>В, Б</i>	Вертикально – свердлильний 2Н135
040	Різенарізна	<i>Ш, Щ, Ш₁, Щ₁</i>	<i>В, Б</i>	Різенарізний 2056
045	Вертикально - свердлильна	<i>Е</i>	<i>В, Б, С</i>	Вертикально – свердлильний 2Н135
050	Різенарізна	<i>Є</i>	<i>В, Б, С</i>	Різенарізний 2056
055	Вертикально - свердлильна	<i>Я, Ю</i>	<i>В, Б, С</i>	Вертикально – свердлильний 2Н112

Таблиця 2.6 – II варіант технологічного процесу виготовлення
Деталі “Корпус БМД 84200”

№ операції	Назва операції	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Модель обладнання
1	2	3	4	5
005	Токарна	<i>Й, І, Ї, Ж, З, К, Л, О, П, Р</i>	<i>В, Б</i>	Токарний 6-шпиндельний напівавтомат 1265ПМ-6
010	Розточна	<i>В, Г, Н, Й</i>	<i>З, Л</i>	Розточний ВК772
015	Токарно – гвинторізна	<i>У, У₁</i>	<i>Б, В</i>	Токарно–гвинторізний 16К20
020	Токарно – гвинторізна	<i>С, С₁</i>	<i>У, У₁</i>	Токарно–гвинторізний 16К20
025	Вертикально – фрезерна	<i>Х, У, Ч</i>	<i>С, З, Л</i>	Вертикально-фрезерний 6Р13
030	Вертикально – фрезерна	<i>Ф, Б</i>	<i>С, У</i>	Вертикально-фрезерний 6Р10
035	Вертикально - свердлильна	<i>Ш, Щ, Ш₁, Щ₁</i>	<i>В, Б</i>	Вертикально – свердлильний 2Р135Ф3
040	Свердлувально-різбонарізна	<i>Е</i>	<i>В, Б, С</i>	Свердлувальн о-різбонарізний центр ДТ-1
045	Вертикально - свердлильна	<i>Я, Ю</i>	<i>В, Б, С</i>	Вертикально – свердлильний 2Н112

Для того, щоб вибрати з цих двох варіантів більш економічно вигідний проведемо порівняння собівартості операцій, які є відмінними. Варіанти відрізняються операціями 005 і 035.

Технологічна собівартість виконання операції визначається за формулою [3]

$$C_{оп_i} = Z_o + H_o \cdot K_{Mz} \cdot T_{ум};$$

де: Z_o - основна і додаткова заробітна плата верстатника, грн.:

$$Z_o = H_{о.г.} \cdot T_{ум} \cdot K_M;$$

де: $H_{о.г.}$ - норматив годинної заробітної плати верстатника відповідного розряду, коп/хв;

K_M - коефіцієнт, що враховує багатOVERстатне обслуговування, $K_M = 1$ - для обслуговування одного верстату одним робітником;

$T_{ум}$ - штучний час на операції, хв.

H_o - середні затрати, коп/хв, на утримання і експлуатацію обладнання, [3];

K_{Mz} - коефіцієнт роботи обладнання на даній операції, [3].

Технологічна собівартість деталі:

$$C = C_{заг} + \sum C_{оп_i}, \quad (2.2)$$

де: $C_{заг}$ - собівартість заготовки.

Величина приведеної річної економії:

$$E = (C_1 - C_2) \cdot N; \quad (2.3)$$

де C_1, C_2 - технологічні собівартості двох варіантів технологічних процесів виготовлення деталі;

N - програма випуску деталей.

$H_{ог} = 0,85$ грн/год – норматив годинної заробітної плати верстатника 3-го розряду при двохзмінному режимі роботи.

I варіант:

$H_o = 0,594$ коп/хв [3] – середні затрати на утримання обладнання при серійному типі виробництва в дві зміни;

$K_{Mz} = 1,0$ - коефіцієнт машиногодина [3];

Операція 005 $T_{ум} = 10,1$ хв.; - штучний час на операції.

Операція 035 $T_{ум} = 4,3$ хв. – штучний час на операції.

II варіант:

$H_o = 0,594$ коп/хв [3] – середні затрати на утримання обладнання при серійному типі виробництва в дві зміни;

$K_{Mz} = 2,1$ - коефіцієнт машино-годин для шестишпindelного токарного напівавтомату [3];

$K_{Mz} = 0,8$ - коефіцієнт машино-годин для вертикально – свердлильного верстату.

Операція 005 $T_{ум} = 4,62$ хв.; - штучний час на операції.

Операція 035 $T_{ум} = 1,26$ хв. - штучний час на операції.

Таблиця 2.7 – Розрахунок технологічної собівартості виготовлення деталі по різних варіантах технологічного процесу

	I варіант	II варіант
Вид заготовки	Виливок	Виливок
Вартість заготовки, грн.	2,25	2,06
Операції механічної обробки, що відрізняються:		
005	Токарно-гвинторізна	Токарна
$T_{ум}$, хв.	10,1	4,62
Розряд роботи	3	3
Змінність	2	2
Тип виробництва	Середньосерійний	Середньосерійний
Z_o , грн.	$0,85 + 10,1 \cdot 1 = 8,5$	$0,85 + 4,62 \cdot 1 = 3,91$
$C_{оп_i}$, грн.	$8,5 + 0,594 \cdot 1 \cdot 10,1 = 14,5$	$3,91 + 0,594 \cdot 1 \cdot 4,62 = 9,67$
035	Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильна ЧПК
$T_{ум}$, хв.	4,3	1,26
Розряд роботи	3	3
Змінність	2	2
Тип виробництва	Середньосерійний	Середньосерійний
Z_o , грн.	$0,85 + 4,3 \cdot 1 = 3,7$	$0,85 + 10,1 \cdot 1 = 8,5$
$C_{оп_i}$, грн.	$3,7 + 0,594 \cdot 0,8 \cdot 4,3 = 5,8$	$8,5 + 0,594 \cdot 1 \cdot 10,1 = 14,5$
Технологічна собівартість деталі, С, грн.		
$E = \left(C_{заг} - \sum C_{оп_i} \right)$	$2,25 + (14,5 + 5,8) = 22,55$	$2,06 + (9,67 + 1,7) = 13,5$

Величина приведеної річної економії – економічний ефект від впровадження другого варіанту технологічного процесу :

$$E = (C_1 - C_2) \cdot N = (22,55 - 13,5) \cdot 5000 = 45250 \text{ грн.}$$

Тому в якості проектного варіанту технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус БМД 84200” вибираємо II варіант.

2.3.3 Встановлення структури та послідовності виконання переходів

На основі проведеного аналізу та вибору оптимального варіанту маршруту технологічного процесу виготовлення деталі проведемо детальне проектування техпроцесу.

Таблиця 2.8 – Технологічний процес виготовлення деталі “Корпус БМД 84200”

№ операції	Назва операції та зміст переходів	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Обладнання
1	2	3	4	5
005	Токарна операція Підрізати торець в розмір $42_{-0,6}$. Розточити отвір в розмір $\varnothing 79H14$ і $2^{+0,2}$. Обточити поверхню в розміри $\varnothing 100_{-1,0}$; $30_{-0,4}$. Обточити поверхні в розміри $\varnothing 95h12$; $34h12$. Обточити поверхню в розміри $\varnothing 90a11$; $4^{+0,2}$. Розточити отвір в розмір $\varnothing 80H12$; $4^{+0,2}$.	<i>Л</i> <i>О, П</i> <i>Ж, І</i> <i>З</i> <i>К, Ї</i> <i>О, П</i>	<i>Б, В</i>	Токарний шестишпиндельний напівавтомат моделі 1265ПМ-6
010	Розточна операція 1. Розточити одночасно два отвори в розміри $\varnothing 80H10$ і $\varnothing 90H9$	<i>В, Н, М, Й</i>	<i>З, Л</i>	Алмазно – розточний верстат моделі ВК772

Продовження Таблиці 2.8

1	2	3	4	5
015	Токарно – гвинторізна операція Свердлити центрувальні отвори $\varnothing 4$. Перевстановити деталь. Свердлити центрувальні отвори $\varnothing 4$.	$У, У_1$	$В, В$	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16К20
020	Токарно – гвинторізна операція. Обточити поверхню в розміри $\varnothing 16h11$; фаску 1×45^0 . Переустановити деталь. Обточити поверхню в розміри $\varnothing 16h11$; фаску 1×45^0 .	$С, С_1$	$У, У_1$	Токарно – гвинторізний верстат моделі 16К20
025	Вертикально – фрезерна операція. Фрезерувати паз в розміри $R10 \pm 0,5$; $2 \pm 0,1$. Перевстановити деталь. Фрезерувати паз в розміри $R10 \pm 0,5$; $2 \pm 0,1$.	$Х, У, Ч$	$С, З, Л$	Вертикально-фрезерний верстат моделі 6Р13
030	Горизонтально - фрезерна операція. 1. Фрезерувати одночасно два пази в розміри $8^{+0,35}$; $19 \pm 0,2$.	$\Phi, Б$	$С, С_1, У$	Горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Р82
035	Вертикально – свердлильна операція. 1. Свердлити чотири отвори в розмір $\varnothing 6,7^{+0,3}$. 1. Нарізати різьбу $M8-7H$ в чотирьох отворах	$Ш, Щ, Ш_1, Щ_1$ $Ш, Щ, Ш_1, Щ_1$	$В, Б, В, Б$	Вертикально-свердлильний верстат моделі 2Р135Ф3
040	Свердлувально-різбонарізна операція. 1. Свердлити отвір в розміри $\varnothing 9^{+0,3}$, $14 \pm 0,5$. 1. Нарізати різьбу $M10 \times 1-7H$.	$Е$ $Є$	$В, Б, С, В, Б, С$	Свердлувально-різбонарізний центр ДТ-1
045	Вертикально – свердлильна операція. 1. Свердлити два отвори в розміри $\varnothing 3^{+0,85}$.	$Я, Ю$	$В, Б, С$	Вертикально – свердлильний 2Н112

2.4. Визначення припусків на механічну обробку деталі

2.4.1 Аналітичний розрахунок припусків на поверхню $\varnothing 90H9^{+0,087}$

Розрахунок припусків на обробку проводимо аналітичним методом для однієї точної поверхні $\varnothing 90H9^{+0,087}$, решта припусків на обробку інших поверхонь визначаємо табличним методом.

Технологічний маршрут обробки поверхні отвору $\varnothing 90H9$ складається з трьох переходів:

- чорнове розточування – по 14 квалітету $Ra25$ ($Rz100$);
- напівчистове розточування – по 12 квалітету ($Rz50$);
- чистове розточування – по 9 квалітету $Ra2,5$ ($Rz10$).

Для заготовки – вилівка отримана литтям в кокіль $Rz200$; $T200$ мкм.

Для чорнового розточування $Ra25$; $T100$ мкм.

Для напівчистового розточування $Rz50$; $T50$ мкм.

Для чистового розточування $Rz10$; $T20$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для виливків складає:

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2} \quad (2.4)$$

де: $\rho_{кор} = \Delta K \cdot D$ - відхилення вилівка від площинності (короблення);

$\Delta K = 1$ мкм/мм – питома кривизна заготовки на l мм. Довжини заготовки [7];

$D = 90$ мм. – діаметр обробки.

$$\rho_{кор} = 1,0 \cdot 90 = 90 \text{ мкм.}$$

$\rho_{зм}$ - зміщення стержня, приймається рівним допуску на найбільший розмір від осі отвору до технологічної бази з урахуванням найбільших розмірів вилівка.

Технологічна база – поверхня 3 ($\varnothing 95h12_{-0,350}$).

Допуск $\delta = 350$ мкм, отже $\rho_{zm} = 350$ мкм.

$$\rho = \sqrt{90^2 + 350^2} = \sqrt{8100 + 122500} = 361,4 \text{ мкм.} \text{ – для заготовки.}$$

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho = 0,05 \cdot 361,4 = 18 \text{ мкм.} \text{ – для чорнового розточування.}$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho = 0,04 \cdot 361,4 = 14 \text{ мкм.} \text{ – для напівчистового розточування.}$$

$$\rho_3 = 0,03 \cdot \rho = 10,8 \text{ мкм.} \text{ – для чистового розточування.}$$

Похибка установки визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.5)$$

Похибка базування при обробці в патроні по чистій технологічній базі з упором в чистий торець рівна 0 [7].

Похибка закріплення $\varepsilon_y = 500$ мкм. [7].

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 500^2} = 500 \text{ мкм.} \text{ – для заготовки.}$$

$$\varepsilon_1 = 0,05 \cdot \varepsilon_y = 0,05 \cdot 500 = 25 \text{ мкм.} \text{ – для чорнового розточування.}$$

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_y = 0,04 \cdot 500 = 20 \text{ мкм.} \text{ – для напівчистового розточування.}$$

$$\varepsilon_3 = 0,03 \cdot \varepsilon_y = 0,03 \cdot 500 = 15 \text{ мкм.} \text{ – для чистового розточування.}$$

Мінімальне значення величини припуску для розточування розраховується за формулою [7]:

$$2Z_{i\min} = 2\left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right) \quad (2.6)$$

Для чорнового розточування:

$$2Z_{1\min} = 2\left(200 + 200 + \sqrt{361^2 + 500^2}\right) = 2 \cdot 1016 \text{ мкм.}$$

Для напівчистового розточування:

$$2Z_{2\min} = 2\left(100 + 100 + \sqrt{18^2 + 25^2}\right) = 2 \cdot 230 \text{ мкм.}$$

Для чистового розточування:

$$2Z_{3\min} = 2\left(50 + 50 + \sqrt{14^2 + 20^2}\right) = 2 \cdot 124 \text{ мкм.}$$

Розрахунковий розмір визначаємо за формулою:

$$d_{p_i} = d_i - 2Z_{i\min_i}; \quad (2.7)$$

$$d_{p_2} = 90,087 - 2 \cdot 0,124 = 89,839, \text{ мм.}$$

$$d_{p_1} = 84,839 - 2 \cdot 0,230 = 89,379 \text{ мм.}$$

$$d_{p_{заз}} = 89,379 - 2 \cdot 1,016 = 87,37 \text{ мм.}$$

Найменші граничні відхилення (d_{\min}) визначаються з найбільших відніманням допуску:

$$d_{\min_i} = d_{\max} - \delta; \quad (2.8)$$

$$d_{\min_3} = 90,087 - 0,087 = 90 \text{ мм.}$$

$$d_{\min_2} = 89,839 - 0,350 = 89,489 \text{ мм.}$$

$$d_{\min_1} = 89,379 - 0,870 = 88,509 \text{ мм.}$$

$$d_{\min_{заз}} = 87,347 - 1,400 = 85,947 \text{ мм.}$$

Значення (граничні максимальні і мінімальні) припусків:

$$2Z_{\max_1} = 88,509 - 85,947 = 2562 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\max_2} = 89,489 - 88,509 = 980 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\max_3} = 90 - 89,489 = 511 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min_1} = 89,38 - 87,35 = 2030 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min_2} = 89,84 - 89,38 = 460 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\min_3} = 90,087 - 89,84 = 247 \text{ мкм.}$$

Таблиця 2.9. Розрахункові припуски на механічну обробку отвору $\varnothing 90H9$

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску				$2Z_{min}$	d_p	δ	d_{min}	d_{max}	$2xZ_{min}$	$2xZ_{max}$
	Rz	T	ρ	ε							
Заготовка	200	200	361	100	-	87,347	1400	85,947	87,35	-	-
Розточування чорнове	100	100	18	25	2 x1016	89,379	870	88,509	89,38	2030	2562
Розточування напівчистове	50	50	14	20	2 x230	89,839	350	89,489	89,84	460	980
Розточування чистове	10	20	10,8	15	2 x124	90,087	87	90	90,087	247	511

Проведемо перевірку правильності розрахунків:

$$Z_{\max_3} - Z_{\min_3} = 511 - 247 = 264 \text{ мкм.};$$

$\delta_2 - \delta_3 = 350 - 87 = 263 \text{ мкм.}$ (у зв'язку із заокругленням при попередніх розрахунках).

$$Z_{\max_2} - Z_{\min_2} = 890 - 460 = 520 \text{ мкм.}; \quad \delta_1 - \delta_2 = 870 - 350 = 520 \text{ мкм.}$$

$$Z_{\max_1} - Z_{\min_1} = 2562 - 2030 = 532 \text{ мкм.}; \quad \delta_{\text{заг}} - \delta_1 = 1400 - 870 = 530 \text{ мкм.}$$

Графічно схему розміщення припусків на обробку отвору можна зобразити так, як представлено на Рис. 2.2.

Для решти поверхонь припуски на обробку визначаємо табличним методом.

Таблиця 2.10. – Табличні значення припусків

Поверхня	Розмір, мм.	Припуск, мм.	Допуск, мм.	Квалі- тет	Новий розмір, мм.
Б, Л	42h14 _{-0,62}	2×2,5	1	15	47 _{-1,0}
В, Г	Ø50H9 ^{+0,087}	2×2,05	1,4	15	Ø85,9 ^{+1,4}
Н, Й	Ø90H9 ^{+0,12}	2×2,5	1,2	15	Ø76 ^{+1,2}
О, П	Ø80H12 ^{+0,3}	2×2,5	1,2	15	Ø76 ^{+1,2}
К, Ї	Ø90a11 _{-0,6} ^{-0,38}	2×2,5	1,4	15	Ø95 _{-1,4}
З	Ø95h12 _{-0,35}	2×2,5	1,4	15	Ø100 _{-1,4}
Ж, І	Ø100h14 _{-0,87}	2×2,5	1,4	15	Ø105 _{-1,4}
С	Ø16h11 _{-0,11}	2×2,5	0,430	14	Ø20 _{-0,430}

Решта розмірів: отвори $M10 \times 1-7H$; $M8-7H$, $\varnothing 3^{+0,3}$, пази $R10 \pm 0,5$ належать тілу заготовки, тому припуски на них забезпечуються автоматично.

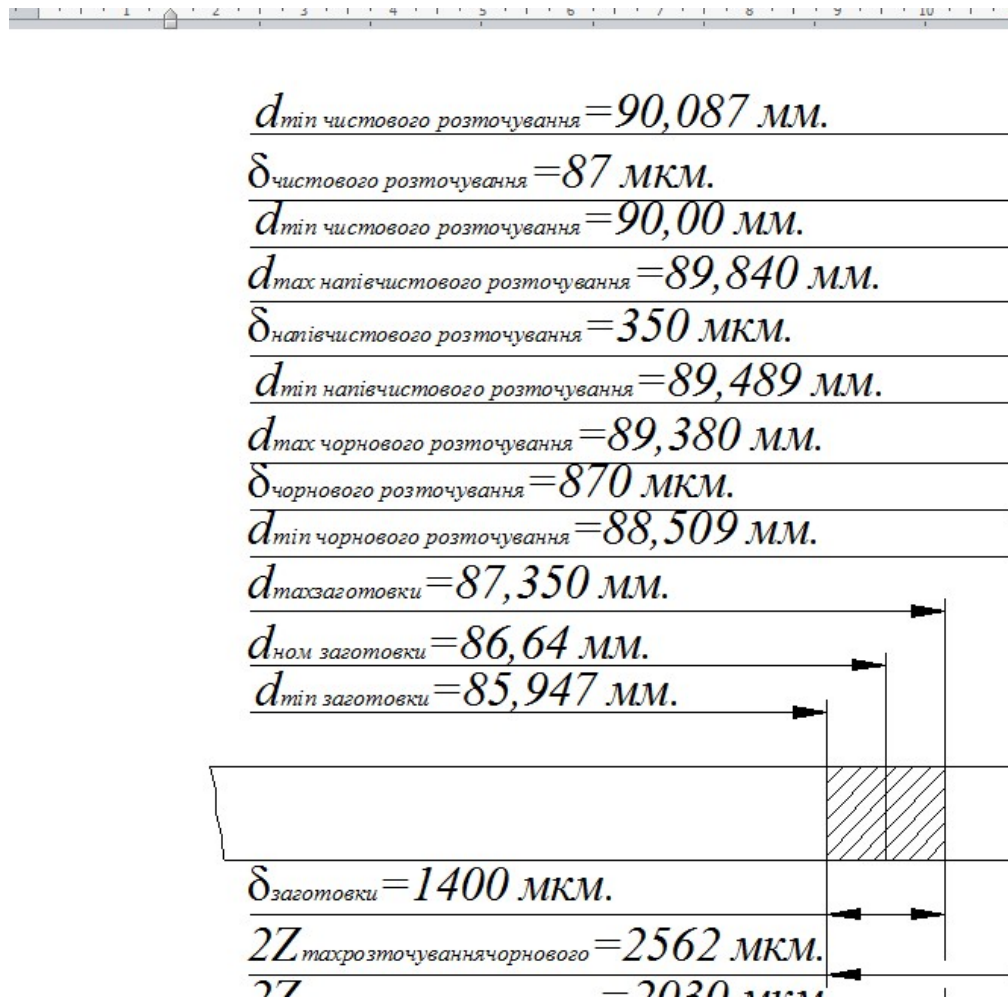


Рис. 2.2 Схема розміщення припусків дпускв на оброблення отвору $\varnothing 90H9^{+0,087}$

2.4.2 Табличний метод призначення припусків

Призначимо припуски табличним шляхом і зведемо їх у таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Розрахунок розмірів заготовки

Розміри	Припуск, мм		Допуск
	табличний	розрахунковий	
$\varnothing 20^{+0,052}$	-	$2 \cdot 0,423$	$\begin{matrix} +0,2 \\ -0,2 \end{matrix}$
$18,3^{+0,14}$	$2 \cdot 1,15$		$\pm 0,2$
$31^{-0,2}$	$2 \cdot 1,0$		$\pm 0,22$
$48 \begin{matrix} -0,08 \\ -0,24 \end{matrix}$	$2 \cdot 1,0$		$\pm 0,25$
$80 \begin{matrix} -0,1 \\ -0,29 \end{matrix}$	$2 \cdot 1,0$		$\pm 0,28$
$4^{-0,15}$	1,6		$\pm 0,14$
52 ± 1	1,6		$\pm 0,25$

2.5 Розрахунок режимів різання

2.5.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом на токарну операцію 005

По емпіричних формулах розраховуємо режими різання для чорного розточування отвору $\varnothing 88,509 H1^{+0,870}$ (відповідно розрахунку припусків по переходах), щоб оцінити потужність різання при максимальній глибині різання для вибору верстату (необхідно забезпечити умову $N_{\text{різання}} < N_{\text{верстату}}$).

Обробка проводиться на токарно-гвинторізному верстаті 16К20.

Глибина різання з попередніх розрахунків:

$\varnothing 85,97$ мм. – діаметр заготовки;

$\varnothing 88,509$ мм. – діаметр чорного розточування отвору.

Отже:

$$t = \frac{D_{\text{дет}} - D_{\text{заз}}}{2} = \frac{88,509 - 85,95}{2} = \frac{2,559}{2} = 1,28 \text{ мм.},$$

Різальний інструмент – розточувальний різець з пластинами із твердого сплаву T15K6. Січення державки різця 32×25 мм. Геометричні параметри різця: $r = 1,2$ мм., $\varphi = 45^\circ$, $\lambda = 0$, $\varphi_1 = 45^\circ$.

Назначаємо подачу $S = 0,3 \div 0,5 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$ [9] – при чорновому розточуванні при вильоті різця $l = 100$ мм.

Приймаємо подачу $S = 0,3 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$.

Період стійкості різця $T = 60$ хв. [9].

Швидкість різання при токарній обробці визначається за формулою:

$$V \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v; \quad (2.9)$$

Значення коефіцієнту C_v і показників степеней вибираємо з [9] - $C_v = 292$;
 $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$.

Загальний поправочний коефіцієнт швидкості різання визначаємо із залежості:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\lambda v} \cdot K_{Ov} \cdot K_{uv}; \quad (2.10)$$

де: $K_{Mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{380} \right)^{-0,9} = 0,74$ - коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу ($K_r = 1$; $n_v = -0,9$ [9]);

$K_{nv} = 0,8$ - коефіцієнт, що залежить від стану оброблюваної поверхні;

$K_{uv} = 0,93$ - коефіцієнт, що залежить від матеріалу ріжучої частини інструменту [9];

$K_{\varphi v} = 1$ - коефіцієнт, що залежить від геометричних параметрів різця (при $\varphi = 45^\circ$) [9];

$K_{Ov} = 0,9$ - коефіцієнт, що враховує вид обробки поверхні [9];

$K_{\phi, \nu}$ та $K_{r, \nu}$ враховуються тільки при обробці різцями із швидкоріжучої сталі.

Звідси швидкість різання:

$$V = \frac{292}{60^{0,2} \cdot 1,28^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,74 \cdot 0,8 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 62,6 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункове число обертів шпинделя верстату:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 62,6}{3,14 \cdot 88,5} = 224 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо число обертів шпинделя по паспорту верстату:

$$n = 220 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання буде складати:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 88,5 \cdot 220}{1000} = 61,2 \text{ м/хв.}$$

Силу різання прийнято розкласти на складові сили, які напрямлені по осях координат верстату (P_z, P_y і P_x).

$$P_{x, y, z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.11)$$

Коефіцієнти і показники степеней для складових сил різання знаходимо за [9]:

P_z	P_y	P_x
$C_p = 300$	$C_p = 243$	$C_p = 339$
$x = 1,0$	$x = 0,9$	$x = 1,0$
$y = 0,75$	$y = 0,6$	$y = 0,5$
$n = -0,15$	$n = -0,3$	$n = -0,4$

Поправочний коефіцієнт визначаємо за формулою:

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p}; \quad (2.12)$$

де: $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$ - коефіцієнт, що враховує вплив властивостей оброблюваного матеріалу на силові залежності;

$$K_{Mp_z} = \left(\frac{520}{750}\right)^{0,4} = 0,87;$$

$$K_{Mp_y} = \left(\frac{520}{750}\right)^{1,0} = 0,69;$$

$$K_{Mp_x} = \left(\frac{520}{750}\right)^{0,8} = 0,75;$$

$K_{\varphi p_{x,y,z}} = 1,0$ - поправочний коефіцієнт при $\varphi = 45^\circ$ [9];

$K_{\gamma p_{x,y,z}} = 1,0$ - поправочний коефіцієнт переднього кута [9];

$K_{\lambda p_{x,y,z}} = 1,0$ - поправочний коефіцієнт кута нахилу ріжучої кромки;

$K_{r p}$ враховується тільки при обробці різцями із швидкоріжучої сталі.

Тоді :

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,28^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 61,2^{-0,15} \cdot 0,87 = 1900 \text{ Н.};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1,28^{0,9} \cdot 0,3^{0,6} \cdot 61,2^{-0,3} \cdot 0,69 = 1300 \text{ Н.};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1,28^{1,0} \cdot 0,3^{0,5} \cdot 61,2^{-0,4} \cdot 0,75 = 1600 \text{ Н.}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1900 \cdot 61,2}{1020 \cdot 60} = 1,9 \text{ кВт.}$$

Проведемо перевірку достатності потужності приводу головного руху верстату необхідній потужності різання:

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{ун}} \quad (2.13)$$

де: $N_{\text{ун}} = N_o \cdot \eta$, $N_{\text{ун}} = 11$ кВт. – потужність електродвигуна приводу головного руху;

$\eta = 0,85$ - коефіцієнт корисної дії механізму приводу верстату.

$$1,9 < (11 \cdot 0,85) = 9,35 \text{ кВт.}$$

З розрахунків видно, що потужність верстату достатня для обробки даної деталі.

Основний технологічний час на обробку визначається за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.14)$$

де: L - довжина різання з урахуванням врізання і перебігу різця:

$$L = l + y + \Delta = 25 + 3 + 0 = 28 \text{ мм.}$$

$l = 25$ мм. - довжина обробки по кресленню деталі;

$y = 3$ мм. – врізання різця;

$\Delta = 0$ мм. – перебіг відсутній, так як отвір “глухий”.

$$T_o = \frac{28 \cdot 1}{220 \cdot 0,3} = 0,42 \text{ хв.}$$

Режими різання інших операцій вибираємо по нормативних даних і зводимо в Таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Зведена таблиця режимів різання по операціях

Назва операції та зміст переходу	t , мм	L , мм.	i	T_m , хв.	S_p , мм/об	n , об/хв.	V , м/хв.	S_M , М/хв.	T_o , хв.	N , кВт.	T_y , хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
005. Токарна											
Перехід.	2	43	1	45	0,1	104	45	-	0,3	1,5	4,5
Перехід.	2	29	1	45	0,1	104	36	-	3	1,05	
Перехід.	1,5	11	1	45	0,1	104	34	-	0,2	0,9	
Перехід.	1,5	11	1	45	0,1	104	47	-	2	1,62	
Перехід.	0,5	9	1	45	0,1	104	31	-	0,2	0,85	
									7		
									0,4		
									3		
									0,2		
010. Алмазно – розточна											
1. Перехід.	0,5	58	1	60	-	545	171	25	2,3	0,6	-
									2		
015. Токарно-гвинторізна											
Перехід.	2	7	2	30	Ручна	500	8,4	-	0,6	0,5	-
020. Токарно-гвинторізна											
Перехід.	1,5	38	4	45	0,15	400	20	-	2,4	1,2	-
Перехід.	1,5	38	4	45	0,15	400	20	-	2,4	1,2	
025. Вертикально-фрезерна											
1. Перехід.	2	16	3	60	Ручна	315	22	-	3	2,2	-
030. Горизонтально-фрезерна											
1. Перехід.	2	34	1	85	-	160	41	63	0,5	1,5	-
									4		
035. Вертикально-свердлильна											
1. Перехід.	3,4	30	1	30	0,1	355	8,0	-	0,8	0,5	-
									6		

2.5.2 Табличний метод призначення режимів різання, операція 035 вертикально – свердлильна

Переход 1 свердлувати 4 отв $\varnothing 6,4$ обладнання верстат з ЧПК вертикально-вердлувальний 2P135Ф3.

Для обробки 4^x отв $\varnothing 6,4$ інструментом слугує спіральне свердло із швидкорізальної сталі Р6М5 з циліндричним хвостовиком.

$\varnothing 6,4$, $\alpha = 12^0 \pm 3^0$, $a=1$, $l = 1,5$ мм, $2\varphi = 118^0$ [9].

Для перевірки розміра $\varnothing 6,4$ оброблювальної поверхні у якості засобів технічного контролю приймаємо двосторонню пробку $\varnothing 6,4H14$ і калібр на правильність розміщення отворів.

Глибину різання визначаємо виходячи із діаметра просвердлюваного отвору

$$t = \frac{d}{2} = \frac{6,4}{2} = 3,2 \text{ мм.}$$

2. Подачу вибираємо по [9]

$S = 0,13$ мм/об; $K=0,8$,

тоді $S = 0,13 \cdot 0,8 = 0,104$ мм/об.

Вибрану подачу уточнюємо по паспорту верстата, приймаємо

$S = 0,1$ мм/об;

3. Визначаємо осьову силу різання за [9]

$$P = P_{\text{табл}} \cdot K_p, \quad (2.15)$$

де $P_{\text{табл}} = 1150\text{Н}$ – цю величину отримаємо методом інтерполяції.

K_p – коефіцієнт, який залежить від оброблюваного матеріала, для ВНЛ

$K_p = 1,45$;

Тоді, підставивши значення у формулу, отримаємо:

$$P = 1150 \cdot 1,45 = 1670 \text{ Н;}$$

Допустима осьова сила механізмом подачі верстата 2P135Ф3 дорівнює 6000 Н. Умову $6000 > 1670$ виконано. Вибрана подача по верстату не лімітується.

Швидкість різання призначаємо за [9].

$$V = V_m \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.16)$$

де $V_m = 24$ м/хв – табличне значення;

K_1 – коефіцієнт, який залежить від оброблювального матеріалу, $K_1 = 0,4$ для ВНЛ – 3;

K_2 – сила стійкості інструмента, період стійкості свердла приймаємо по [9]. При $T = 100$ хв., $K_2 = 1,0$

K_3 – коефіцієнт, який залежить від відношення довжини різання до діаметра

$$\frac{L}{d} = \frac{7,5}{6,4} = 1,2L3, K_3 = 1,0.$$

Підставивши значення у формулу отримаємо:

$$V = 24 \cdot 0,4 \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 9,6 \text{ м/ хв.}$$

Частоту обертання шпинделя визначимо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 9,6}{3,14 \cdot 6,4} = 477 \text{ об/ хв.}$$

Приймаємо $n = 477$ об/хв. так, як регулювання обертів безступеневе.

5. Потужність, яку потрібно на різання, визначмо за [9]

$$N_{piz} = N_{табл} \cdot K_n \cdot \frac{n}{1000}, \quad (2.17)$$

де K_n – коефіцієнт, який залежить від оброблювального матеріалу, $K_n = 1,45$.

Підставивши значення у формулу отримаємо

$$N_{piz} = 0,24 \cdot 1,45 \cdot \frac{477}{1000} = 0,17 \text{ кВт.}$$

Знайдені значення потужності перевіряємо по потужності верстата. Потужність на шпінделі при К.К.Д. верстата $\eta = 0,8$ і потужність двигуна $N_{дв}=4,5$ кВт:

$$N_{шп} = N_{дв} \cdot \eta = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6 \text{ кВт.}$$

$$(3,6 > 0,17)$$

Обробка можлива.

Інші режими різання вибираємо з таблиць та заносимо в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Режими різання

Назва операцій та переходів	t, мм	S _z , мм/з	S _o , об ⁻¹	n, об ⁻¹	V, м/хв	L, мм	S _{хв} , мм/хв	T _o , хв
1	2		4	5	6	7	8	9
020 Токарна	1,5	-	0,24	700	78	10	-	0,8
035 Вертикально свердлувальна	1,5	-	0,1	1250	11,8	2	-	0,4
	3,3	-	0,12	800	12	7,7	-	0,8
	7,7	-	0,12	600	9	4	-	0,12
025 Вертикально свердлувальна	1,5	-	0,2	900	16	20	-	0,4
010 Алмазно-розточувальна	0,4	-	0,05	1400	58	36	-	0,6

2.6 Визначення технічних норм часу при виконанні операції

Технічні норми часу на операції технологічного процесу механічної обробки деталі встановлюються розрахунково-аналітичним способом.

«Норми штучного часу на операцію визначається за формулою [9]:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обсл} + T_{відп}, \quad (2.18)$$

де: T_o - основний (технологічний) час;

T_{δ} - допоміжний час:

$T_{обсл}$ - час на обслуговування робочого місця;

$T_{відп}$ - час на відпочинок та природні потреби робітника.

Оперативний час складається:

$$T_{оп} = T_o + T_{\delta}; \quad (2.19)$$

Тоді штучний час буде складати:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обсл} + T_{відп}. \quad (2.20)$$

Штучно – калькуляційний час в серійному виробництві визначається за формулою:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з.}}{n}, \quad (2.21)$$

де: $T_{н.з.}$ - підготовчо-заклучний час;

$n = \frac{N \cdot a}{F}$ - величина партії деталей;

$N = 5000$ шт. - річна програма випуску деталей;

$a = 5$ - необхідний запас деталей на складі;

$F = 257$ днів – число робочих днів в році (при двох днях відпочинку в тиждень):

$$n = \frac{5000 \cdot 5}{257} = 98 \text{ деталей.}$$

Розраховуємо норму штучного часу на алмазно розточну операцію 010.

Час на встановлення та зняття деталі [9]: $T_{в.з.} = 0,36$ хв.;

Час на вимірювання деталі [9]: $T_{вим} = 0,24$ хв.;

Час на управління верстатом [9]: $T_{уп} = 0,2$ хв.;

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок» [9].

$$T_{обсл} = 4,15\%T_o \quad T_{відп} = 4,15\%T_o$$

Тоді допоміжний час:

$$T_{доп} = T_{в.з.} + T_{вим} + T_{уп} = 0,36 + 0,24 + 0,2 = 0,8 \text{ хв.}$$

Так, як основний (технологічний) час на цій операції складає $T_o = 2,32$ хв., то оперативний час буде:

$$T_{он} = T_o + T_{\delta} = 2,32 + 0,8 = 3,12 \text{ хв.}$$

$$T_{обсл} = 4,15\%(2,32) = 0,14 \text{ хв.};$$

$$T_{відп} = 4,15\%(2,32) = 0,14 \text{ хв.};$$

Звідси штучний час на операції:

$$T_{шт} = 3,12 + 0,14 + 0,14 = 3,4 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час $T_{п.з.} = 32$ хв. [9].

Штучно калькуляційний час складе:

$$T_{шт.к} = 3,4 + \frac{32}{98} = 3,72 \text{ хв.}$$

Для решти переходів (операцій) технологічного процесу розрахунки проводимо по довідковій літературі і зводимо в Таблицю 2.14.

Таблиця 2.14 – Норми штучного часу на операції техпроцесу

Номер операції	T_o , хв.	Допоміжний, хв.			$T_{он}$, хв.	$T_{обсл}$, хв.	$T_{від}$, хв.	$T_{шт}$, хв.	$T_{п.з.}$, хв.	n , шт.	$T_{шт.к}$, хв.
		$T_{в.з.}$	$T_{вим}$	$T_{уп}$							
005	1,45	0,3	0,25	0,2	2,22	0,2	0,2	4,62	100	98	5,62
010	2,32	0,36	0,24	0,2	3,12	0,14	0,14	3,4	32	98	3,72
015	0,6	0,4	0,2	0,2	1,4	0,05	0,05	1,51	24	98	1,75
020	2,4	0,36	0,24	0,3	3,3	0,15	0,15	3,6	24	98	3,84
025	3	0,21	0,55	0,3	4,06	0,18	0,18	4,42	29	98	3,84
030	0,54	0,2	0,15	0,1	0,99	0,04	0,04	1,08	29	98	4,72
035	0,86	0,1	0,1	0,1	1,16	0,05	0,05	1,26	41	98	1,67
040	0,96	0,43	0,7	0,2	2,3	0,10	0,10	2,5	20	98	2,7
045	0,42	0,1	0,08	0,1	0,66	0,02	0,03	0,71	20	98	0,91
050	0,2	0,2	0,04	0,03	0,47	0,02	0,02	0,51	20	98	0,71
055	0,51	0,4	0,5	0,2	1,4	0,05	0,05	1,59	20	98	1,8

2.7 Висновки до розділу 2

1. Запропоновано новий технологічний процес оброблення деталі «Корпус БМД 6.404» в якому проведено скорочення технологічних операцій за рахунок введення верстатів з ЧПК.
2. Проведено розрахунки по вибору заготовки, розраховано аналітично припуски, режими різання та проведено нормування технологічного процесу.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1. Проектування верстатного пристрою для фрезерування

3.1.1 Схема базування та вибір установочних елементів

Для виконання операції фрезерування пазів застосовано базові елементи у вигляді втулки та поверхні корпуса пристрою.

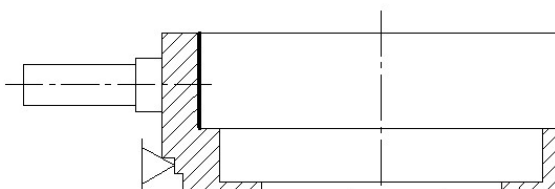


Рисунок 3.1 – Схема базування при фрезеруванні

3.1.2 Розрахунок сили закріплення та приводу пристрою

Схема затиску деталі в пристрої представлена на Рис. 3.2.

При фрезеруванні кінцевою фрезою на врізання осьова сила різання направлена протилежно силі затиску.

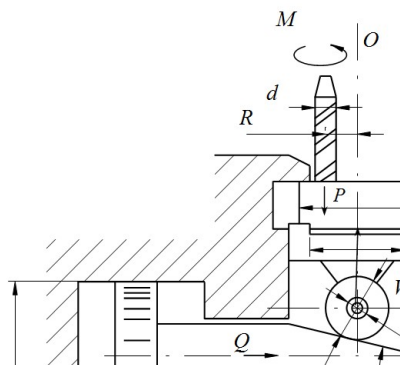


Рисунок 3.2 – Схема базування та закріплення при фрезеруванні

Сила різання створює момент M , який намагається повернути заготовку навколо вісі $O-O_1$. Цьому моменту протидіє момент тертя, який створюється силою затиску W і осьювою силою різання P .

Сила різання при фрезеруванні визначається за формулою [9]:

$$P = C_p \cdot t^{X_p} \cdot S_z^{Y_p} \cdot Z \cdot B^{Z_p} \cdot D^{q_p} \text{ Н.}, \quad (3.1)$$

де: $C_p = 48$; $X_p = 0,83$; $Y_p = 0,65$; $Z_p = 1,0$; $q_p = -0,83$ - коефіцієнт та показники степенів у формулі [3.1].

$$P = 10 \cdot 48 \cdot 10^{0,83} \cdot 0,1^{0,65} \cdot 4 \cdot 20^1 \cdot 20^{-0,83} = 4840 \text{ Н.}$$

Момент буде складати [9]:

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

де: $C_M = 23,6$; $Y_M = 0,80$; $K m_m = 0,7$.

$$M = 10 \cdot 23,6 \cdot 20^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,7 = 19470 \text{ Н} / \text{мм.}$$

Сила затиску визначається з мови рівноваги сил [13]:

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

Звідси:

$$W = \frac{2kMR}{dfr} - P,$$

де: f - коефіцієнт тертя в місці затиску;

k - коефіцієнт запасу;

R - відстань від вісі фрези до вісі деталі;

$$r = \frac{D_2 - D_3}{2} = \frac{95 - 90}{2} = 2,5 \text{ мм.} - \text{ радіус, по якому затискається}$$

деталь.

При використанні одноплунжерного механізму умовою рівноваги є [13]:

$$W = \frac{1}{\eta} Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha - \varphi_{np}) \operatorname{tg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1}, \quad (3.2)$$

де: α - кут скосу клина, $^{\circ}$;

φ - кут тертя похилій поверхні клина, $^{\circ}$;

φ_1 - кут тертя по горизонтальній поверхні клина, $^{\circ}$;

φ_2 - кут тертя двохопорного плунжера, $^{\circ}$.

$\operatorname{tg} \varphi_{2np} = \frac{3l}{a} \operatorname{tg} \varphi_2$ - приведений коефіцієнт тертя консольного плунжера;

$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,1 \quad \varphi = \varphi_1 = \varphi_2 = 5^{\circ} 50'$;

$\operatorname{tg} \varphi_{2np} = 0,21$;

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

Характеристика механізму:

$$\frac{1 - \operatorname{tg}(\varphi + \varphi_{np}) \operatorname{tg} \varphi_{2np}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_1} = 2,26; \quad (3.3)$$

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

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

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

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

Звідси визначаємо необхідне зусилля, що повинен розвивати пневмоциліндр пристрою:

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

Отже:

$$Q = \left(\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10470 \cdot 5}{2 \cdot 0,15 \cdot 2,25 \cdot 10} - 4840 \right) \frac{2,26}{0,6} = 3575 H.$$

Зусилля, яке повинен розвивати пневмоциліндр буде складати $Q=3575$ Н

Визначення діаметра пневмоциліндра

Зусилля на штоці поршневих приводів двохсторонньої дії визначається за формулою [8]:

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 p \eta; \quad (3.5)$$

де: p - тиск стиснутого повітря 0,4 МПа;

η - коефіцієнт корисної дії, складає $\eta \approx 0,85$;

D - діаметр поршня пневмоциліндра.

Тоді діаметр поршня пневмоциліндра визначимо так:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot h \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3575}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}} = 115,7 \text{ мм.}$$

Вибираємо стандартний пневмоциліндр з діаметром поршня $D = 125$ мм.

Фактичне зісилля на штокові пневмоциліндра розрахуємо за формулою:

$$Q_{\phi} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} p = \frac{3,14 \cdot 125^2}{4} 0,63 = 7727 \text{ Н.}$$

3.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

З аналізу конструкції пристрою визначено найбільш навантажений елемент – вісь роліка $\varnothing 16$. Проведемо розрахунок за напруженнями на зріз.

«Розрахунок на зріз ведемо за формулою:

$$\tau_{зр} = \frac{Q}{F_{зр}} \leq [\tau]_{зр}, \quad (3.7)$$

де $F_{зр}$ – площа зрізу.

$Q = 7727$ Н – сила на штокові.

Розрахунок площі зрізу ведемо за формулою:

$$F_{зр} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 2 = \frac{3,14 \cdot 1,6^2}{4} = 2 \text{ см}^2$$

Розрахунок напружень ведемо за формулою:

$$\tau_{зр} = \frac{7727}{2} = 3863 \text{ Н / см}^2 < [\tau]_{зр}$$

де $[\tau]_{зр} = 4500 \text{ Н/см}^2$, що є допустимою умовою» [17].

3.1.4 Розрахунок пристрою на точність

«На точність обробки впливає ряд технологічних факторів, які викликають сумарну похибку.

Для розрахунку точності виготовлення пристрою можна використати формулу [1]:

$$\varepsilon_{np} \leq \delta - K \sqrt{(k_1 \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{yct}^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_p^2 + (k_2 \omega)^2}, \quad (3.6)$$

де: δ - допуск на відповідний розмір розміщення оброблюваної поверхні заготовки, що заданий по кресленню, $\delta = 0,6$ мм.;

k - коефіцієнт, що враховує можливе відхилення від нормального розподілення окремих складових, $k = 1,2$;

ε_{δ} - похибка базування заготовки в пристрої, $\varepsilon_{\delta} = 0,10$ мм.;

ε_3 - похибка закріплення заготовки в пристрої, $\varepsilon_3 = 0,04$ мм.;

ε_y - похибка установки пристрою на верстаті, $\varepsilon_y = 0,11$ мм.;

ε_{zn} - похибка, що виникає в результаті зношення деталей у пристрої,

$\varepsilon_{zn} = 0,10$ мм.;

ε_p - похибка установки різального інструменту на верстаті,
 $\varepsilon_p = 0$ мм.

k_1 - коефіцієнт, для серійного виробництва $k_1 = 0,8 \dots 0,85$;

k_2 - коефіцієнт, складає $k_2 = 0,6 \dots 0,8$;

ω - значення похибки обробки, виходячи з економічної точності для даного методу $\omega = 0,10$ мм.» [14].

Отримаємо:

$$\varepsilon_{np} = 0,6 - 1,2 \sqrt{(0,85 \cdot 0,1)^2 + 0,04^2 + 0,11^2 + 0,1^2 (0,8 \cdot 0,1)^2} = 0,6 - 0,24 = 0,36 \text{ мм.}$$

Виходячи з розрахунку, точність виготовлення деталі складає $\pm 0,18$ мм., що задовільняє допуск на деталь по кресленню $\pm 0,3$ мм.

3.1.5 Опис роботи пристрою для фрезерування

Пристрій для фрезерування трьох пазів складається з корпусу зварної конструкції 4, на якому кріпляться всі складові елементи пристрою.

Деталь встановлюється на базуючу плиту 6 і орієнтується в трьох положеннях штифтами 42.

Затиск деталі здійснюється від пневмоциліндра 1, шток якого з'єднаний з клином 12. Клин діє на ролик 10, який з допомогою вісі 11 під'єднаний до базової плити 6 через кронштейн 9.

Направлення плити проходить через дві колонки 7 і втулки 8 в корпусі пристрою. При ході штока пневмоциліндра вправо деталь через систему клин-ролик затискується до упорів 17, 16, які закріплені до корпусу пристрою.

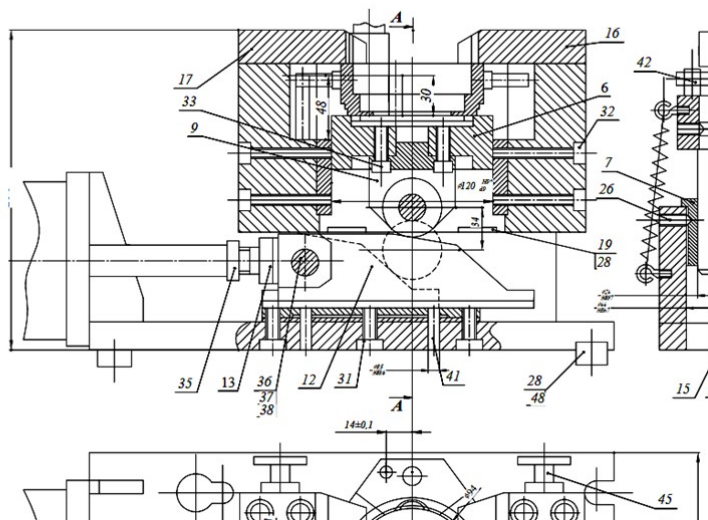


Рисунок 3.3 – Схема верстатного пристрою для фрезерування

При ході штока пневмоциліндра вліво пружини 47 розтискують деталь. Управління пневмоциліндром здійснюється пневморозподільником 2, який з'єднується з пневмоциліндром системою трубопроводів.

Пристрій укомплектований спецгвинтами 45 для можливості підняття і зняття його з столу верстата.

Базування пристрою на столі верстата проводиться двома шпонками 48, закріплення - за допомогою болтів через Т-подібні пази в столі верстату і пази в нижній плиті корпусу пристосування.

3.2 Проектування верстатного пристрою для зацентровки отворів

Верстатний пристрій призначен для зацентровки отворів на токарному верстаті 16К20 з двох сторін заготовки.

Заготовка базується по пальцу та торцю корпусу пристрою та двох упорних пальцях.

Завдяки незначним силам різання при зацентруванні затискний механізм не потрібно застосовувати.

3.2.1 Конструкція та принцип роботи пристрою

Верстатний пристрій складається з корпусу на якому встановлено поворотну планшайбу у підшипниковому вузлі з базовим пальцем та двома упорними пальцями. На корпусі пристрою розміщено підпружинені елементи: фіксатор повороту та центр, які приводяться в рух за допомогою рукояті (рис.3.4).

Пристрій встановлюється на супорті верстата та має повдовжню подачу.

В шпіндель токарного верстата встановлено патрон з центрувальним свердлом.

3.2.1.1 Конструкція верстатного пристрою для

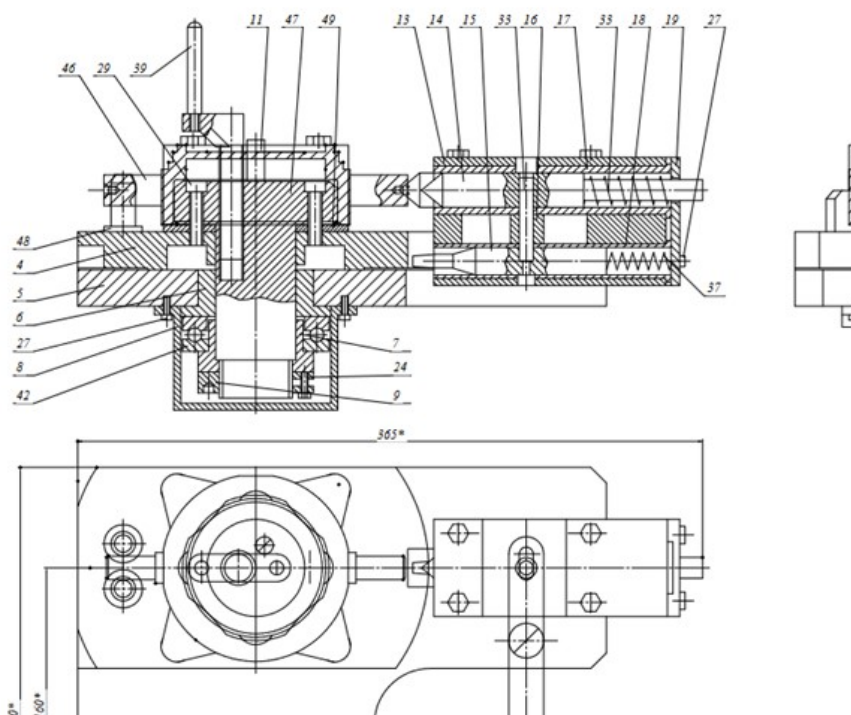


Рисунок 3.4 - Схема верстатного пристрою для зацентровки отворів

Працює пристрій наступним чином: заготовка встановлюється на палець до упору у площину корпусу пристрою та її хвостовик заводиться між

упорними пальцями. При здійсненні подачі супорта при працюючим шпинделі проводиться зацентровки отвора.

Після чого супорт відводиться та рукояттю виводиться фіксатор з поворотної частини пристрою. Вона повертається вручну на 180^0 та рукояттю вводиться фіксатор у паз поворотної частини та одночасно підпружинений центр вводиться в оброблений центровочний отвір. Проводиться оброблення другого центровочного отвору.

3.3 Проектування контрольного пристрою

3.3.1 Технічні умови та вимоги креслення, що підлягають контролю

Для даної деталі, контролю підлягає неперпендикулярність отвору до площини основи. Цей параметр можна перевірити за допомогою запроєктованого контрольо-вимірювального пристрою, який містить оправку, що встановлюється в отвір і перевіряється ніжкою індикатора годинникового типу биття за один оберт.

3.3.2 Вибір схеми контролю заданого параметру

Згідно рекомендацій [12], вибираємо наступну схему контролю. Схема вимірювання неперпендикулярності торця деталі до отвору зображена на рис.

3.5.

Для відносного методу вимірювання контролюємого параметру застосовано індикатор годинникового типу, який встановлено на поворотній оправці.

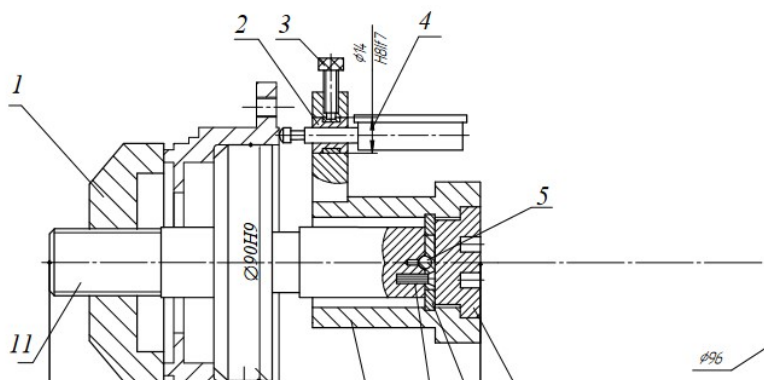


Рисунок 3.5– Схема вимірювання неперпендикулярності торця деталі до отвору

3.3.3 Розрахунок пристрою на точність

«Допустима похибка вимірювання пристрою визначається за формулою :

$$\xi_{\text{д.вим.}} = 0,3T, \quad (3.6)$$

де T-допуск вимірювання, T = 0.05 мм.

Похибка пристрою,

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_y^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_B^2} \quad (3.7)$$

де ε_y – похибка виготовлення установочних елементів пристрою,

$$\varepsilon_y = 0 \text{ мм}$$

ε_{zn} – похибка зношення установочних елементів, $\varepsilon_{zn} = 0,01$ мм [14];

ε_B – похибка вимірювального пристрою, мкм;

Вибираємо індикатор годинникового типу ИЧ з ціною поділки 0.01 мм. та похибкою вимірювання 0,008 мм.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,01^2 + 0,008^2} = 0,013 \text{ мм}$$

$$\xi_{д.вим.} = 0,3 \cdot 0,05 = 0,015 \text{ мм.}$$

Таким чином фактична похибка контрольно-вимірювального пристрою $\varepsilon_{np} = 0,013$ мм менше ніж допустима похибка $\varepsilon_{доп} = 0,015$ мм., тобто пристрій придатний для контролю» [12].

3.3.4 Принцип роботи пристрою

Деталь встановлюється на оправку. Оправка закріплюється на деталі спеціальною гайкою. Налагоджуємо ніжку індикатора на верхньому положенні поверхню оправки на «0». Переміщення рухомої оправки на пів оберта переводимо ножку індикатора на нижню поверхню деталі і знімаємо покази індикатора. Різниця показників буде неперпендікулярність осі отвору до площини основи.

3.4 Висновки до розділу 3

У конструкторському розділі розроблено та розраховано верстатні пристрої для фрезерування поверхонь на верстаті з ЧПК, для зацентровки отворів та контрольний пристрій для визначення неперпендікулярності осі отвору до основи.

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

4.1. Аналіз конструкції деталі Корпус БМД 6.404 у середовищі SolidWorks

«Методика проведення чисельних досліджень у середовищі SolidWorks Simulation ґрунтується на поєднанні класичної теорії пружності, принципу можливих переміщень та дискретизації твердого тіла методом скінченних елементів. Система реалізує математичну модель механічної поведінки матеріалів та конструкцій, використовуючи апроксимацію складних геометричних форм до набору елементів зі спрощеною поведінкою, що дозволяє досліджувати напружено-деформований стан ще на етапі проектування. У наукових дослідженнях така методика важлива тим, що надає інженерові змогу кількісно оцінювати вплив навантажень, жорсткості, матеріальних параметрів і граничних умов на поведінку майбутнього виробу без необхідності виготовлення фізичних прототипів. Саме тому чисельні методи, реалізовані в SolidWorks Simulation, стали невід’ємним елементом сучасної експериментально-розрахункової механіки.

Теоретичною основою роботи модуля є метод скінченних елементів, що передбачає представлення досліджуваного тіла у вигляді множини взаємопов’язаних елементів, кожен з яких описується системою рівнянь рівноваги, узгоджених між собою через спільні вузли. При цьому внутрішні сили та переміщення визначаються на основі узагальнених матриць жорсткості, а напруження обчислюються відповідно до узагальненого закону Гука для лінійно-пружних матеріалів. Кінцевий розв’язок системи лінійних алгебраїчних рівнянь дозволяє отримати повне поле переміщень, деформацій та напружень, а також оцінити запас міцності за вибраним критерієм міцності. Важливим теоретичним аспектом є те, що точність результатів прямо залежить від коректності застосованих граничних умов і параметрів дискретизації, тому методика передбачає ретельне опрацювання цих етапів.» [19].

«Також можна врахувати напруження, що виникають внаслідок температурного розширення чи стиснення матеріалу або деформації конструкції на величину відомих переміщень. За допомогою програмного продукту SolidWorks користувач може оцінити міцність розробленої ним конструкції за напруженнями, що допускаються, визначити найменш надійні місця конструкції і внести необхідні зміни, конструктивно оптимізувати виріб» [19].

Тривимірну модель створюємо за допомогою програмного продукту SolidWorks, яка представлена на рис. 4.1.

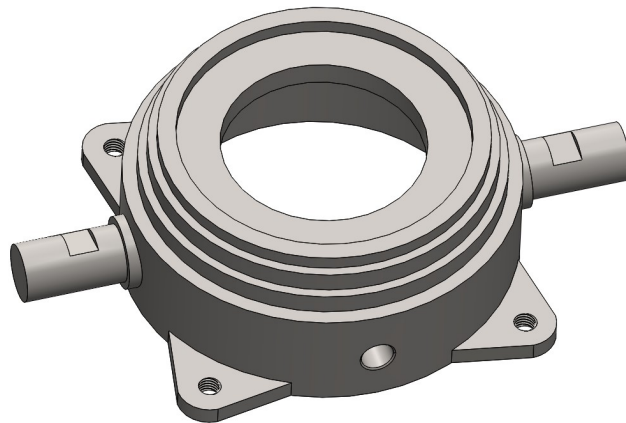


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд тривимірної моделі Корпус БМД 6.404

4.1.1. Розбиття моделі Корпус ДХ.435 на скінчені елементи

«Користувач визначає параметри дискретизації – середній розмір скінченного елемента та, при необхідності, зони з більш мілкою сіткою. Крім того, можливо дозволити системі самостійно керувати розмірами комірок у зонах із різкою зміною геометрії» [18].

У нашому випадку концентратором зусиль у Корпусі ДХ.435 будуть місця встановлення цапф у підшмпники.

Після успішного створення 3D моделі з'явиться діалог управління настройками генерації кінцево-елементної сітки, після закінчення якого утворюється сіткова модель з тетраедрів, апроксимуючу тривимірну модель виробу.

Схему сітки розбиття пластини на скінченні елементи зображено на рис. 4.2. Для того, щоб здійснювати які-небудь розрахунки з твердотільною моделлю деталі необхідно визначити матеріал, з якого вона виготовлена.

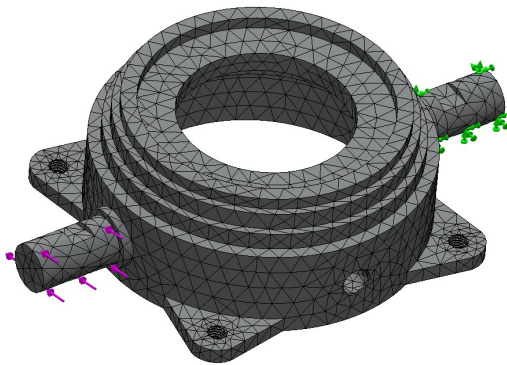


Рисунок 4.2 – Сітка деталі Корпус БМД 6.404, побудована методом кінцевих елементів

«Після визначення матеріальних властивостей наступним етапом методики є встановлення граничних умов, що мають фундаментальне значення для коректності всього чисельного експерименту. Граничні умови в SolidWorks Simulation відтворюють фізичні обмеження, які накладаються на деталь у її реальному середовищі експлуатації. Вони задають фіксацію або часткову свободу переміщень, визначають місця контакту з іншими деталями вузла та відображають зовнішні фактори, такі як закріплення на опорній поверхні або введення жорстких зв'язків. З наукової точки зору правильне накладання граничних умов є не менш важливим, ніж точність геометрії чи параметри матеріалу, оскільки будь-яка помилка на цьому етапі може призвести до суттєвого спотворення результатів і хибних висновків щодо працездатності

деталі. Основним критерієм коректності вибраних умов є їх відповідність реальним механічним обмеженням — конструкція не повинна мати «зайвих» ступенів свободи, які призвели б до сингулярності матриці жорсткості, або, навпаки, не повинна бути надмірно зафіксованою, що створювало б штучні концентрації напружень.

Призначимо для нашої моделі матеріал виготовлення деталі «Сталь 35Л» з бази матеріалів SolidWorks» [18].

Вкажемо нерухому грань моделі - в даному випадку використаємо базову поверхню деталі – цапфу (рис. 4.3).

4.1.2 Визначення переміщень окремих поверхонь Корпус БМД 6.404

Навантаження виникає в процесі роботи виробу та прикладатиметься до оверхонь цапф під час роботи деталі у вузлі (рис. 4.3) та створюють перміщення елементів деталі Корпус БМД 6.404. При значних зміщеннях можливе заклинювання рухомих вузлів.

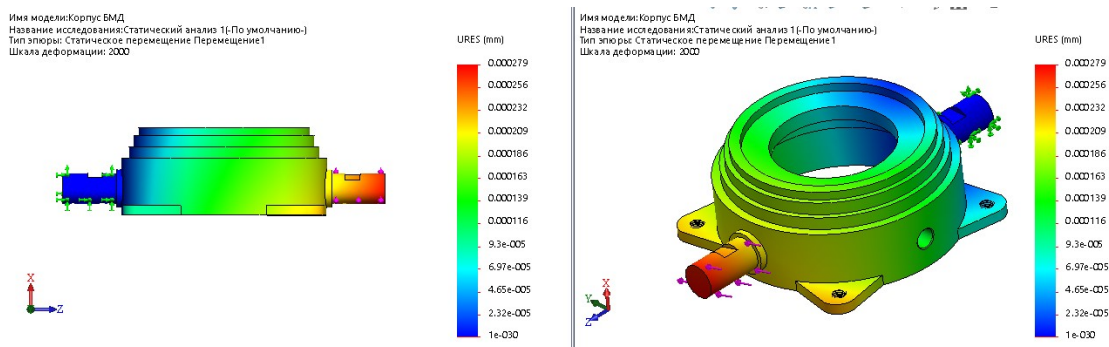


Рисунок 4.3 – Переміщення елементів деталі Корпус БМД 6.404 під дією робочих навантажень

Встановлено, що під дією робочих навантажень максимальні переміщення основних поверхонь складають – 0,00279 мм.

4.1.3. Методика розрахунків на міцність елементів деталі Корпус БМД 6.404

«Найважливішою частиною дослідження залишається аналіз еквівалентних напружень, які в SolidWorks Simulation найчастіше визначаються за критерієм Мізеса. Цей критерій є універсальним для ізотропних металів і дозволяє оцінити небезпеку настання пластичної деформації, порівнюючи еквівалентне напруження з границею текучості матеріалу. Наукова методика передбачає не лише фіксацію максимальних значень напружень, але й аналіз зон їх концентрації. Зазвичай критичні ділянки локалізуються поблизу різких переходів, отворів, радіусів або в місцях прикладання навантаження. Важливо встановити, чи є такі концентрації конструктивно обумовленими або штучно створеними неналежною дискретизацією чи граничними умовами. Лише після цієї перевірки можна робити висновки про надійність конструкції [18].

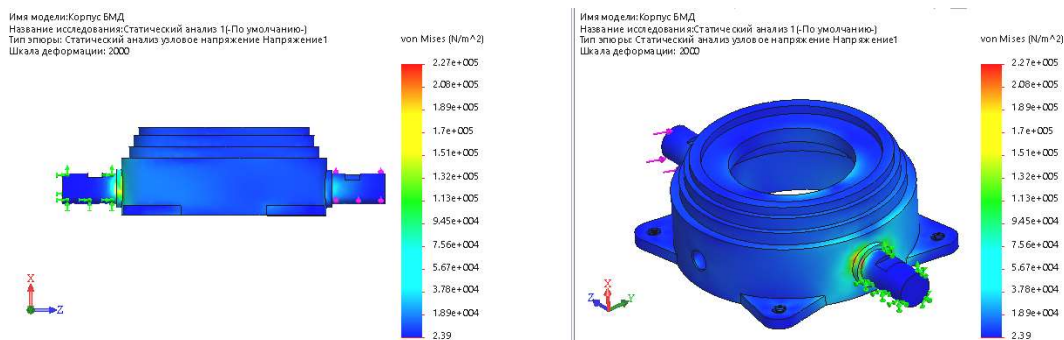


Рисунок 4.4 – Напруження в елементах деталі Корпус БМД 6.404

Після виконання всіх необхідних операцій виконується розрахунок напружень рис.4.4 та деформацій поверхонь рис.4.5.

Результати розрахунку відображаються в дереві задач.

Доступ до результатів забезпечується з контекстного меню для вибраної в дереві задач задачі по команді «Відкрити» або «Відкрити в новому вікні».

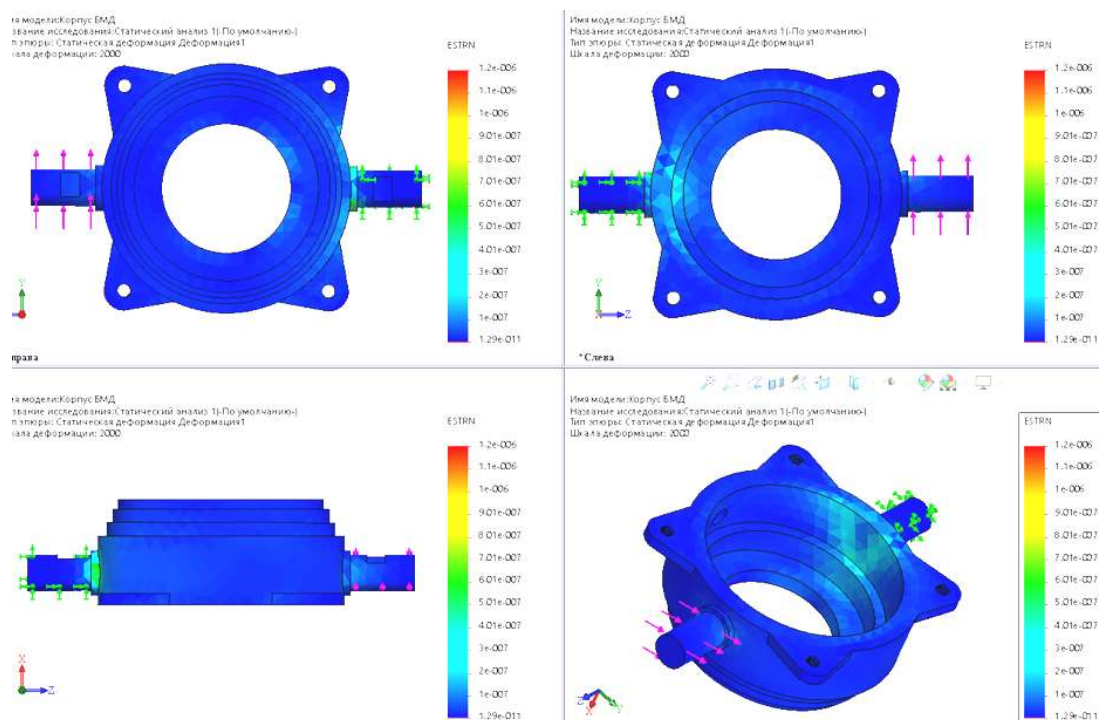


Рисунок 4.5 – Результати аналізу (деформація) деталі Корпус БМД 6.404

4.2. Висновки до розділу 4

Провівши аналіз конструктивних параметрів деталі при робочому навантаженні виявлено в деяких зонах максимальні напруження по Мізесу 0,0012 МПа, та максимальні переміщення 0,00279 мм. мм, що є в межах допустимої норми.

Отже деталь Корпус БМД 6.404 має достатню жорсткість, буде працювати при робочому навантаженні без значних деформацій поверхонь і не потребує додаткових конструкторських модернізацій по збільшенню розмірів її окремих параметрів.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Методика оцінки стійкості роботи об'єкта до впливу ударної хвилі ядерного вибуху

5.1.1 Характер впливу ударної хвилі ядерного вибуху на будівлі, споруди, технологічне обладнання і людей

«Ударна хвиля - основний вражаючий чинник ядерного вибуху. При вибуху в атмосфері на частку ударної хвилі доводиться 50 % енергії вибуху. Ударна хвиля являє собою область сильно стислого повітря, що розповсюджується у всі сторони від центра вибуху з надзвуковою швидкістю. Ударна хвиля має фазу стиснення і фазу розрідження. У фазі стиснення ударної хвилі тиск вище атмосферного, а в фазі розрідження - нижче. Найбільший тиск повітря спостерігається на зовнішній границі фази стиснення - у фронті хвилі. На рис. 9.1 показана зміна тиску повітря в якій-небудь фіксованій точці простору при проходженні через неї ударної хвилі.

Як видно з рисунка, в момент, коли приходить фронт ударної хвилі, спостерігається миттєве підвищення тиску від нормального (атмосферного) P_0 , до максимального у фронті ударної хвилі P_ϕ . Надалі, по мірі просування ударної хвилі, тиск падає нижче атмосферного.

Основними параметрами ударної хвилі, що характеризують її вражаючу дію, є: надмірний тиск ΔP_ϕ , швидкісний натиск $\Delta P_{шв}$ і час дії ударної хвилі $t_{у.в.}$.

Надмірний тиск у фронті ударної хвилі ΔP_ϕ - це різниця між максимальним тиском повітря у фронті ударної хвилі P_ϕ і атмосферним тиском P_0 , тобто $\Delta P_\phi = P_\phi - P_0$. Одиницею надмірного тиску в системі СІ є Паскаль (Па). Надмірний тиск в даній точці залежить від відстані до центра вибуху і потужності ядерного боєприпасу q , що вимірюється тротиловим еквівалентом в тоннах, кілотоннах або мегатоннах (т, кт, Мт).

У додатку приводяться значення надмірного тиску в залежності від відстані до центра вибуху для боєприпасів різних потужностей при наземному і повітряному вибухах» [18].

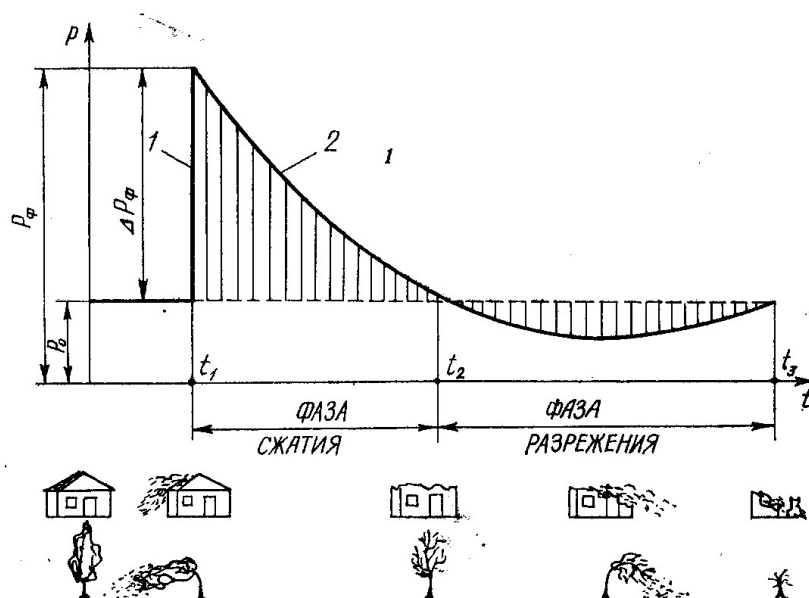


Рисунок 5.1. – Зміна тиску в фіксованій точці на місцевості в залежності від часу і дія ударної хвилі на місцеві предмети: 1 - фронт ударної хвилі; 2 - крива зміни тиску

«Одночасно з проходженням ударної хвилі відбувається переміщення повітря з великою швидкістю. Причому в фазі стиснення повітря рухається від центра вибуху, а в фазі розрідження - навпаки, до центра вибуху.

Швидкісний натиск повітря $\Delta P_{шв}$ - це динамічні навантаження, що створюються потоками повітря. Як і надмірний тиск, швидкісний натиск повітря вимірюється в Паскалях (Па).

Швидкісний натиск залежить від щільності повітря і швидкості повітряної маси і знаходиться в тісному зв'язку зі значенням надмірного тиску ударної хвилі.

Руйнуючі (метальні) дії швидкісного натиску помітно позначаються в місцях з надмірним тиском більше за 50 кПа, де швидкість вітру більше за 100

м/с. Час дії ударної хвилі $t_{y,v}$ - це час дії надмірного тиску. Величина $t_{y,v}$ залежить, головним чином, від потужності вибуху q і вимірюється в секундах.

При безпосередньому впливі ударної хвилі причиною ураження є надмірний тиск. При непрямому - люди уражаються обломками зруйнованих будівель, осколками скла і іншими предметами, що переміщуються під дією швидкісного натиску. Травми від дії ударної хвилі прийнято поділяти на легкі, середні, важкі і надто важкі. Характеристика уражень представлена в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Степінь ураження незахищених людей

ΔP_{ϕ}	Ураження (травми)	Характер уражень
20...40	Легкі	Легка загальна контузія організму, тимчасове пошкодження слуху, удари і вивихи кінцівок
40...60	Середні	Серйозні контузії, пошкодження органів слуху, кровотеча з носа і вух, сильні вивихи і переломи кінцівок
60...100	Важкі	Сильна контузія всього організму, пошкодження внутрішніх органів і мозку, важкі переломи кінцівок. Можливі смертельні випадки
Понад 100	Надто важкі	Отримані травми дуже часто приводять до смертельних випадків

Непрямий вплив ударної хвилі заподіює людям поранення і пошкодження самого різного характеру (від незначних подряпин і ударів до смертельних) на значно більших відстанях від центра вибуху, ніж при прямому впливі ударної хвилі. Він можливий в зонах з надмірним тиском 3 кПа і більше. Опір будівель і споруд до впливу ударної хвилі залежить від їх конструкції, висоти, розмірів і інших параметрів.

Найбільшому руйнуванню від ударної хвилі зазнають будівлі і споруди великих розмірів з легкими несучими конструкціями, що значно підносяться над поверхнею землі, а також немасивні безкаркасні споруди з несучими стінами з цегли і блоків. Підземні ж і заглибленні в ґрунт споруди, будівлі антисейсмічної конструкції, а також масивні малі будівлі і споруди з

жорсткими несучими конструкціями володіють значним опором ударній хвилі» [18].

5.2 Степені руйнувань

«При впливі ударної хвилі будівлі, споруди, обладнання і комунально-енергетичні мережі (КЕМ) об'єкта можуть бути зруйновані в різній степені.

Руйнування прийнято ділити на повні, сильні, середні і слабкі. .

Повне руйнування. У будівлях і спорудах зруйновані всі основні несучі конструкції і перекриття. Відновлення неможливе. Обладнання, засоби механізації і техніка відновленню не підлягають. На комунально-енергетичних мережах і технологічних трубопроводах розриви кабелів, руйнування значних ділянок трубопроводів, опор повітряних ліній електропередач і т.п.

Сильне руйнування. У будівлях і спорудах значні деформації несучих конструкцій, зруйнована велика частина перекриттів і стін. Відновлення будівель і споруд можливе, але недоцільне, оскільки практично зводиться до нового будівництва з використанням деяких конструкцій, що збереглися.

Обладнання і механізми переважно зруйновані і значно деформовані. Окремі деталі і вузли обладнання можуть бути використані як запасні частини. На комунально-енергетичних мережах і трубопроводах розриви і деформації на окремих ділянках підземних мереж, деформації опор повітряних ліній електропередач і зв'язку, а також розриви технологічних трубопроводів.

Середнє руйнування. У будівлях і спорудах зруйновані, головним чином, не несучі, другорядні конструкції (легкі стіни, перегородки, дахи, вікна, двері). Можливі тріщини в зовнішніх стінах і вивали в окремих місцях. Перекриття і підвали не зруйновані, частина приміщень придатна до експлуатації.

Деформовані окремі вузли обладнання і техніки. Техніка вийшла з ладу і вимагає капітального ремонту. На комунально-енергетичних мережах деформовані і зруйновані окремі опори повітряних ліній електропередач, є розриви і пошкодження технологічних трубопроводів. Для відновлення об'єкта

(елемента), що отримав середнє руйнування, потрібний капітальний ремонт, виконання якого можливе власними силами об'єкта.

Слабке руйнування. У будівлях і спорудах зруйновані частина внутрішніх перегородок, заповнення дверних і віконних отворів. Обладнання має незначні деформації другорядних елементів. На комунально-енергетичних мережах є незначне руйнування і поломки конструктивних елементів. Для відновлення об'єкта (елемента), що отримав слабке руйнування, як правило, потрібний поточний (дрібний) ремонт.

Ураження людей, що знаходяться в момент вибуху в будівлях і сховищах, залежить від степені їх руйнування. Так, наприклад, при повному руйнуванні будівель люди, що знаходяться в них, як правило, гинуть. При сильному і середньому руйнуванні може зберегтися приблизно половина людей, з яких значна частина буде уражена в різній мірі, може виявитися під обломками конструкцій, а також в приміщеннях із заваленими або зруйнованими шляхами евакуації.

При слабкому руйнуванні будівель загибель людей малоімовірна. Однак частина з них може отримати різні травми і поранення.

Ураження людей в сховищах можуть бути викликані утворенням зон затоплення в місцях їх розміщення, пожежами з великим виділенням чадного газу або зараженням повітря при руйнуванні технологічних установок і ємкостей з сильнодіючими отруйними речовинами.

Степінь руйнування конкретного типу будівлі, споруди або обладнання при впливі ударної хвилі визначається, головним чином, надмірним тиском $\Delta P_{\text{ф}}$.

Вказані в таблиці мінімальні і максимальні значення надмірного тиску, що викликають ту або іншу степінь руйнування, враховують можливі відмінності в конструкції споруд, орієнтацію споруди по відношенню до напрямку поширення ударної хвилі і інші чинники» [18].

5.3 Зони руйнувань

«При ядерному вибуху на місцевості утворюється осередок ядерного ураження - територія, на якій внаслідок впливу уражаючих факторів виникли руйнування будівель і споруд, пожежі, радіоактивне зараження і ураження людей.

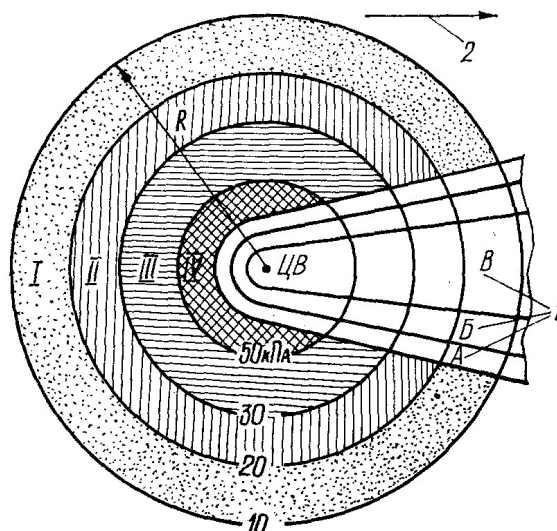


Рис. 5.2 – Зони руйнування і радіоактивного зараження в осередку ядерного ураження: I - зона слабкого руйнування; II - зона середнього руйнування; III - зона сильного руйнування; IV - зона повного руйнування; 1 - зони радіоактивного зараження (А - помірного, Б - сильного, В - небезпечного); 2 - напрям середнього вітру; R - радіус осередку ядерного ураження

Границя осередку ядерного ураження проходить через точки на місцевості, де надмірний тиск у фронті ударної хвилі становить 10 кПа.

В залежності від характеру руйнування і об'єму рятувальних робіт осередок ядерного ураження ділиться на зони. Розподіл осередку ураження на зони звичайно проводиться при оцінці стану виробничих будівель і стійкості роботи промислових об'єктів.

Аналіз результатів випробувань і розрахунків показує, що переважна більшість виробничих будівель і споруд отримує слабе руйнування при надмірному тиску від 10 до 20 кПа, середні - при 20...30 кПа, сильні - при 30...50 кПа, повні - при 50 кПа і більше.

Тому для оцінки характеру руйнування, об'єму і умов проведення майбутніх рятувальних і невідкладних аварійно-відновних робіт в осередку ядерного ураження прийнято виділяти чотири зони (повного, сильного, середнього і слабкого руйнування), як показано на рис. 8.2.

Зона повного руйнування характеризується надмірним тиском у фронті повітряної ударної хвилі понад 50 кПа. У цій зоні повністю руйнуються житлові і промислові будівлі і споруди, а також протирадіаційний укриття і частина сховищ, що знаходяться в районі центра вибуху. Утворюються суцільні завали. Руйнуються або ушкоджуються підземні комунально-енергетичні мережі. Конструкції, що запалали від світлового випромінювання, горять, розкидаються і засипаються уламками будівель, що руйнувалися, спричиняючи сильне задимлення.

Зона сильного руйнування характеризується надмірним тиском у фронті ударної хвилі від 50 до 30 кПа. У цій зоні сильно руйнуються промислові будівлі і повністю руйнуються житлові будівлі. Сховища і комунально-енергетичні мережі, як правило, зберігаються. Внаслідок руйнування будівель утворюються місцеві і суцільні завали. Від світлового випромінювання виникають суцільні пожежі.

Зона середнього руйнування утвориться при надмірному тиску у фронті ударної хвилі від 30 до 20 кПа. У межах цієї зони будівлі і споруди отримують середнє руйнування, дерев'яні споруди повністю руйнуються, утворюються окремі завали і суцільні пожежі.

Зона слабкого руйнування характеризується надмірним тиском у фронті ударної хвилі від 20 до 10 кПа. У цій зоні будівлі і споруди отримують слабке руйнування, утворюються окремі пожежі.

Радіуси зон осередку ядерного ураження залежать від потужності вибуху q , виду вибуху, характеру забудови, рельєфу місцевості і інших чинників. Площа осередку ядерного ураження для рівнинної місцевості приблизно можна прийняти за площу кола і обчислити за формулою:

$$S=\pi R^2$$

де R - відстань (радіус) від центра вибуху до границі осередку ядерного ураження - до точки з надмірним тиском 10 кПа (знаходимо в додатку для заданої потужності боєприпасу і виду вибуху)» [18].

5.4. Оцінка стійкості об'єкта до впливу ударної хвилі ядерного вибуху

«Як кількісний показник стійкості інженерно-технічного комплексу об'єкта до впливу ударної хвилі приймається максимальне значення надмірного тиску, при якому будівлі, споруди і обладнання об'єкта зберігаються або отримують слабке і середнє руйнування. Це значення надмірного тиску прийнято вважати межею стійкості об'єкта до ударної хвилі ΔP_{flim} .

Оцінка стійкості об'єкта до впливу ударної хвилі зводиться до визначення ΔP_{flim} . Для оцінки потрібні наступні початкові дані: місцеположення точки прицілювання; віддалення об'єкта від точки прицілювання R_r , км; очікувана потужність ядерного боєприпаса q , Мт; вірогідне максимальне відхилення центра вибуху від точки прицілювання $r_{\text{відх}}$ км; характеристика об'єкта і його розміщення.

I Визначення максимального значення надмірного тиску ударної хвилі ΔP_{fmax} , очікуваного на об'єкті при ядерному вибуху.

II Виділення основних елементів на об'єкті (цехів, дільниць виробництва, систем), від яких залежить функціонування об'єкта і випуск необхідної продукції.

Рішення задачі другого етапу доцільно починати з оцінки ролі і значення кожного цеху, дільниці виробництва в функціонуванні підприємства в умовах війни. Для цього необхідно знати специфіку виробництва, об'єм і характер задач військового часу, особливості технологічного процесу, структуру виробничих зв'язків і т. п. На основі аналізу виявляються основні цехи, дільниці виробництва, системи об'єкта, які можуть бути не тільки серед головних, але і

серед другорядних і допоміжних елементів. Наприклад, на машинобудівному заводі основними є: ковальський цех, пресовий цех, складальний цех, підйально-транспортне обладнання, система енергопостачання і т. д.

Результати цього і подальших етапів оцінки стійкості об'єкта заносимо в підсумкову таблицю за формою табл. 5.2.

Таблиця 5.2. – Результати оцінки стійкості складального цеху до впливу ударної хвилі

Наименование цеха	Элементы цеха и их краткая характеристика	Степень разрушения при $\Delta P_{\text{ср}}$, кПа								Предел устойчивости, кПа	Выход из строя при $\Delta P_{\text{ср}}$, %	Примечание		
		0	10	20	30	40	50	60	70				80	90
Сборочный	Здание: одноэтажное кирпичное, бескаркасное, перекрытие из железобетонных элементов											20	20	Предел устойчивости сборочного цеха 20 кПа
	Технологическое оборудование: краны и крановое оборудование, станки, тяжелые											30	10	
												40		
КЭС: воздушные провода на металлических эстакадах; электросеть кабельная наземная												30	10	
												30	10	

Слабые разрушения
 Сильные разрушения
 Средние
 Полные

III Оцінка стійкості кожного елемента об'єкта (цеху, дільниці виробництва, системи).

Порядок рішення цієї задачі наступний:

1 Виділяються основні елементи цеху, наприклад, будівля цеху, технологічне обладнання, елементи енергопостачання і

2. На основі вивчення технічної, будівельної документації, зовнішнього, огляду і вимірювань складаються укрупнені характеристики кожного елемента цеху.

3 Визначаються міри руйнування елементів цеху в залежності від надмірного тиску ударної хвилі. Для цього по додатку для кожного елемента, згідно з його характеристикою, знаходимо надмірний тиск, при якому елемент

отримає слабе, середнє, сильне і повне руйнування. Для наглядності і зручності аналізу доцільно в зведеній таблиці оцінки показати міри руйнування елементів по шкалі надмірного тиску різною штриховкою або кольором (див. табл. 9.2.1) на основі спеціальної методики.

4 Визначається межа стійкості до ударної хвилі кожного елемента - надмірний тиск, при якому елемент ще зберігається або отримує таку міру руйнування, при якій можливо поновлення роботи цеху в короткі терміни. Звичайно це може бути при слабкому або середньому руйнуванні в залежності від типу елемента і можливостей по відновленню його силами об'єкта. Причому, якщо елемент може отримати дану міру руйнування в певному діапазоні надмірного тиску.

5 Визначається межа стійкості цеху до ударної хвилі по мінімальній межі стійкості вхідних до його складу елементів.

Аналогічно проводиться оцінка і визначаються межі стійкості до ударної хвилі інших основних цехів і дільниць виробництва об'єкта.

IV Визначення межі стійкості об'єкта до впливу ударної хвилі. Проводиться по мінімальній межі стійкості вхідних до його складу основних цехів, дільниць виробництва і систем.

V Висновок про стійкість об'єкта до ударної хвилі. Порівнюється знайдена межа стійкості об'єкта ΔP_{flim} з очікуваним максимальним значенням надмірного тиску ΔP_{fmax} .

Якщо виявиться, що $\Delta P_{\text{flim}} \geq \Delta P_{\text{fmax}}$, то об'єкт стійкий до ударної хвилі, якщо ж $\Delta P_{\text{flim}} < \Delta P_{\text{fmax}}$ - то об'єкт нестійкий.

VI Визначення міри руйнування. Проводиться по таблиці результатів оцінки для елементів об'єкта при вірогідному максимальному значенні надмірного тиску ΔP_{fmax} і можливому при цьому збитку (процент виходу з ладу виробничих площ і обладнання.)

VII Висновки і пропозиції робляться на основі аналізу результатів оцінки стійкості об'єкта по кожному цеху, дільниці і об'єкту загалом. У них, зокрема,

відбиваються: межа стійкості об'єкта; найвразливіші елементи об'єкта; характер і міра руйнування, очікуваного на об'єкті від ударної хвилі при максимальному надмірному тиску і можливий збиток; межа доцільного підвищення стійкості найвразливіших елементів об'єкта; пропозиції (заходи) по підвищенню межі стійкості об'єкта до ударної хвилі ядерного вибуху» [18].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В дипломній роботі вдосконалено технологічний процес виготовлення деталі «корпус» із застосуванням сучасних верстатів з ЧПК фірми HAAS (США). Виконано розрахунки: типу виробництва, собівартості заготовки, припусків, режимів різання, норм часу. На основі аналізу двох варіантів отримання заготовок прийнято рішення, що для даного типу виробництва найбільш економічним буде отримання заготовки по виплавленим моделям.

В конструкторському розділі спроектовано та виконано розрахунки верстатного пристрою для фрезерування. Надано опис роботи пристрою для зацентрування. Для виконання технічних вимог на деталь та забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі спроектовано та розраховано контрольньо-вимірний пристрій.

У програмному продукті SolidWorks проведено аналіз поведінки (переміщення та прогин) конструктивних параметрів деталі при робочому навантаженні. Виявлено в деяких конструктивних елементах максимальні напруження по Мізесу 0,0012 МПа, та максимальні переміщення елементів конструкції деталі на 0,00279 мм, що є в межах допустимої норми.

В розділі охорони праці приведено вимоги до штучного освітлення робочих місць.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «корпус», специфікації та керуючу програму на верстат з ЧПК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014 353 с., іл.
2. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
3. Шабайкович В. А. Выбор оптимального технологического процесса механической обработки деталей машин. Львов, 1975. 25 с.
4. Технологія машинобудування. [Мельничук П. П., Боровик А. І., Лінчевський П. А., Петраков Ю. В.] Житомир: ЖДТУ, 2005. 882
5. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009 528 с.
6. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник. [Юрчишин І. І. та ін.] Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
7. Технологія машинобудівних підприємств: підручник [В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін.], за заг. ред. В. Л. Диканя. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.
8. Залога В. О. О.О. Залога О. О., В.Д. Гончаров В. Д. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник.; за загальн. ред. В. О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
9. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
10. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВІПОЛ, 1995. 465 с.

11. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ.; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
12. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. [Гордєєв А. І., Урбанюк Є. А., Безносів А. Є., Мігаль В. Г.] Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.
13. Гордєєв А. І. Урбанюк Є. А., Сілін Р. С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
14. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.
15. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва: Підручник. К.: «Кондор», 2008. 726с.
16. Железна А. М., Кирилович В. А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.
17. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. Харків : НТУ «ХПІ», 2020. 275 с.
18. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, та ін. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. К.: Основа, 2006. 448 с.
19. Пустюльга С. І., Самостян В. Р., Клак Ю. В. Інженерна графіка у SolidWorks. Навчальний посібник. Луцьк. 2018, 174 с.
20. Паспорт верстата 2P135Ф2 – 1.

ДОДАТКИ