

**Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»
НАВЧАЛЬНО - НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ
ІНСТИТУТ**

Кафедра технології машинобудування

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Олександр Охріменко _____

(власне ім'я, прізвище) (підпис)

« _____ » _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра за освітньо-професійною програмою

«Технології машинобудування»

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі

«Корпус підшипника» _____

Виконав:

Студент 4 курсу, групи МТ-02

Роман Олександр Сергійович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.т.н, доцент Гладський Максим Миколайович _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2024 року (підпис)

**Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»
НАВЧАЛЬНО - НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ
ІНСТИТУТ
Кафедра технології машинобудування**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олександр Охріменко

(власне ім'я, прізвище) (підпис)

«_____» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

студенту Роману Олександровичу Сергійовичу

1. Тема проекту «Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Корпус підшипника» »

Керівник проекту к.т.н, доцент Гладський Максим Миколайович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

затверджені наказом по університету від « » травня 2023 р. №

2. Термін подання студентом проекту « » червня 2023р.
3. Вихідні дані по проекту: Креслення деталі та вимоги її виготовлення.
Матеріал – Сталь СЧ20. Кількість партії – 300шт.
4. Зміст пояснювальної записки: 1) розділ загальних питань машинобудування – огляд сучасних технологій виготовлення і проектування виливків, програми для симуляції лиття NovaFlow&Solid

2) технологічний розділ - Визначення методу отримання заготовки, вибір технологічних баз, розрахунок припусків, 3 режимів різання, норм часу аналоговими та аналітичними методами, вибір верстатів.

3) конструкторський розділ - проектування верстатних пристроїв

Перелік графічного матеріалу: Кресленик деталі та заготовки – 1 аркуш формату А1; Аналіз ливарної системи та результатів лиття за допомогою програмного комплексу «Novaflow & Solid» 1 аркуш формату А1; Огляд сучасних технологій виготовлення і проектування виливків 1 аркуш формату А1; Графічне зображення виконання технологічних операцій – 3 аркуші формату А1; Креслення верстатних пристроїв - 2 аркуш формату А1;

5. Дата видачі завдання

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз службового призначення та умов роботи деталі в вузлі	03.02-17.02	
2	Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі	17.02- 16.04	
3	Визначення припусків для технологічних переходів оброблення та режимів різання, норм часу	16.04- 15.05	
4	Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв	15.05-31.05	
5	Вирішення загальних питань машинобудування	31.05-09.06	

Студент:

Олександр Роман

Керівник:

Максим Гладський

Анотація

Даний дипломний проєкт бакалавра на тему: Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Корпус підшипника», а також розглядаються загальні питання машинобудування

До складу дипломного проєкту входить пояснювальна записка обсягом __ сторінок формату А4 та графічна частина представлена 9 аркушами формату А1. Графічна частина дипломного проєкту представлена у вигляді 7 детально промальованих аркушів формату А1:

- Аркуш 1: Кресленик деталі та заготовки.
- Аркуш 2: 3D-модель ливарної системи та візуалізація результатів лиття, отримана за допомогою програмного комплексу «Novaflow & Solid».
- Аркуш 3: Схема, що описує сучасні технології виготовлення і проєктування виливків.
- Аркуші 4-6: Послідовність креслень, які наочно демонструють кожен етап технологічного процесу.
- Аркуші 7-8: Креслення верстатних пристроїв з технічними характеристиками та специфікаціями.

Також був спроектований технологічний процес виготовлення деталі «Корпус підшипника» із застосуванням верстатів з ЧПУ. Виконанні типові технологічні розрахунки припусків, режимів різання, норм часу. Спроектовані конструкції двох верстатних пристроїв та виконані необхідні розрахунки. Представлено графічне зображення технологічного процесу.

Ключові слова: лиття, корпус підшипника, сірий чавун, технологічний процес.

Бібліографічний опис:

Роман О.С. Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Корпус підшипника»: дипломний проект за напрямом 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технології машинобудування» / Роман Олександр Сергійович. – Київ, 2023. – __ с.

Зміст

1	Вирішення загальних питань машинобудування	9
1.1	Огляд сучасних технологій виготовлення виливок	9
1.2	Сучасні методи проектування виливків	12
1.2.1	Автоматизоване проектування	13
1.3	CAE-система NovaFlow & Solid	16
1.3.1	Опис роботи програми NovaFlow & Solid	17
1.4	Аналіз результату моделювання	21
2	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	24
2.1	Аналіз службового призначення та умов роботи деталі в вузлі	24
2.1.1	Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація	24
2.1.2	Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі	26
2.1.3	Аналіз вибору конструкційного матеріалу	26
2.2	Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготування виробництва	27
2.3	Короткий аналіз технологічності конструкції деталі.	30
2.4	Проектування конструкції заготовки	31
2.4.1	Визначення виду та способу виготовлення заготовки	31
2.4.2	Проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів	34
2.5	Обґрунтування вибору технологічних баз для технологічного процесу виготовлення деталі	35
2.5.1	Обґрунтування вибору загальних технологічних баз	36

2.5.2	Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій	40
2.6	Проектування операцій оброблення загальних технологічних баз.....	44
2.7	Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі.....	46
2.8	Короткий опис вибору верстатного обладнання	51
2.9	Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки	52
2.9.1	. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом ...	53
2.9.2	Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах на обробку отвору $\varnothing 80H7^{(+0,03)}$ на механічну обробку	53
2.9.3	Визначення припусків аналоговими методами.....	58
2.10	Розрахунок режимів різання.....	61
2.10.1	Розрахунок режимів різання аналітичним методом для обробки поверхні $\varnothing 80H7$	61
2.10.2	Визначення режимів різання аналоговим методом	69
2.11	Визначення норм часу.....	71
2.11.1	Нормування технологічних операцій.....	71
2.11.2	Розрахунок поштучного часу для операції.....	71
2.11.3	Нормування аналоговими методами	73
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	74
3.1	Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв.....	74
3.1.1	Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв	

3.2	Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв	75
3.2.1	Визначення похибок закріплення верстатного пристрою	75
3.3	Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв	76
3.3.1	Розрахунок необхідної сили затиску заготовки Q	76
3.3.2	Розрахунок необхідної сили затиску Q для операцій 005.....	76
3.3.3	Розрахунок необхідної сили затиску Q для операції 025.....	79
3.3.4	Розрахунок силових механізмів пристроїв для операції 005.....	79
4	ЛІТЕРАТУРА	81
5	Додатки.....	84

1 Вирішення загальних питань машинобудування

1.1 Огляд сучасних технологій виготовлення виливок

Литтям (або ливарним виробництвом) називають метод виробництва, при якому виготовляють фасонні заготівлі деталей шляхом заливки розплавленого металу заздалегідь приготовлену ливарну форму, порожнина якої має конфігурацію заготівлі деталі. Після затвердіння та охолодження металу у формі отримують виливок-заготівлю деталі. Основним завданням ливарного виробництва є виготовлення ливарних сплавів виливків, що мають різноманітну конфігурацію з максимальним наближенням їх форми та розмірів до форми та розмірів деталі

Технології отримання виливків: в піщані форми, в кокіль, по виплавлюваних моделях, відцентрове, в оболонкові форми.

1. Лиття в піщані форми - дешевий, найгрубіший (в плані розмірної точності і шорсткості поверхні виливків), але наймасовіший (до 75-80% по масі одержуваних у світі виливків) вид лиття. Спочатку виготовляється ливарна модель (в основному використовуються моделі з дерева та деревних матеріалів. Хоча в даний час все частіше починають використовуватися пластикові (рідше - металеві) моделі, отримані методами швидкого прототипування), що копіює майбутню деталь. Модель, закріплена на підмодельній плиті, засипається піском або формувальною сумішшю (зазвичай пісок і сполучна), що заповнює простір між нею та двома відкритими ящиками (опоками). Отвори і порожнини деталі утворюються за допомогою розміщених у формі ливарних піщаних стрижнів, що копіюють форму майбутнього отвору. Насипана в опоки суміш ущільнюється струшуванням, пресуванням або твердне в термічній шафі (сушильної печі). Порожнини, що утворилися, заливаються розплавом металу через спеціальні отвори — литники. Після остигання форму розбивають і витягують виливок. Після чого відокремлюють літникову

систему (зазвичай це обрубвання), видаляють облії і проводять термообробку .

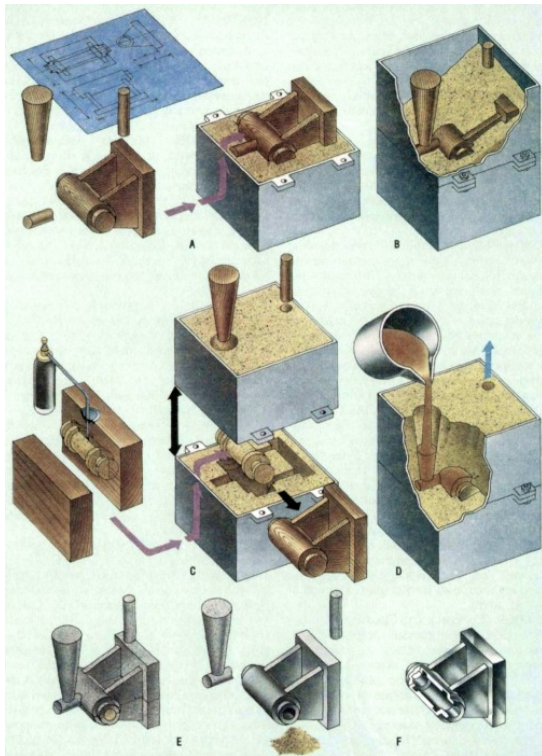


Рис.1 Процес лиття в піщані форми

2. Лиття металів у кокіль - якісніший спосіб. Виготовляється кокіль - розбірна форма (найчастіше металева), в яку проводиться лиття. Після застигання та охолодження кокіль розкривається і з нього витягається виріб. Потім кокіль можна повторно використовувати для виливки такої ж деталі. На відміну від інших способів лиття в металеві форми (лиття під тиском, відцентрове лиття та ін), при лиття в кокіль заповнення форми рідким сплавом та його твердіння відбуваються без будь-якого зовнішнього впливу на рідкий метал, а лише під дією сили тяжіння .

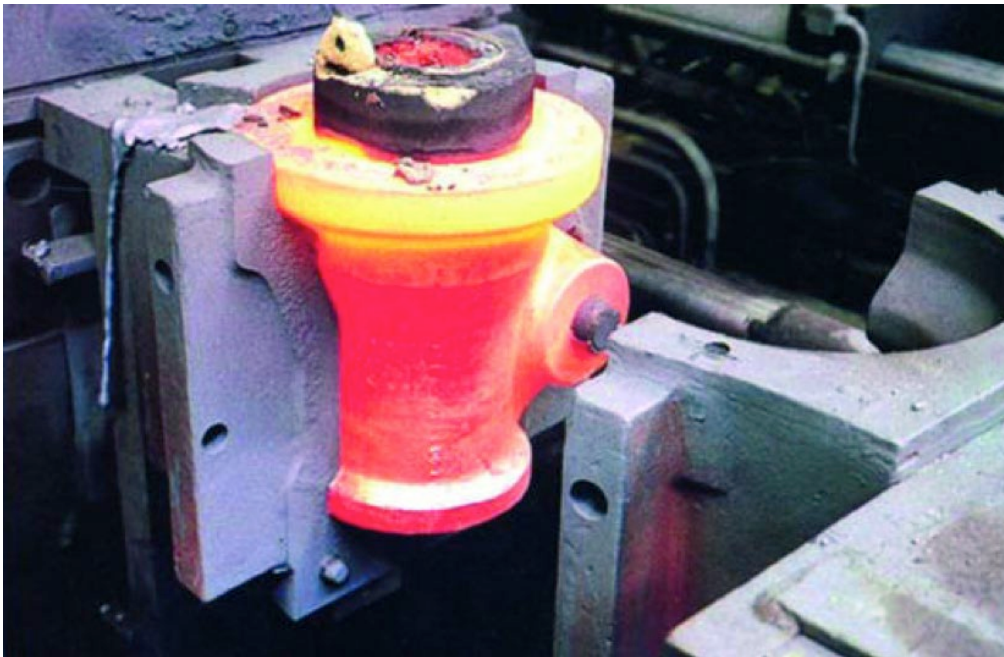


Рис.2 Лиття металів у кокіль

3. Лиття по виплавлених моделях

Ще один спосіб лиття - по моделі, що виплавляється - відомий з глибокої давнини. Він застосовується для виготовлення деталей високої точності та складної конфігурації, нездійсненних іншими методами лиття (наприклад, лопатки турбін тощо)

З легкоплавкого матеріалу: парафін, стеарин та ін, (у найпростішому випадку - з воску) шляхом його запресування в прес-форму виготовляється точна модель виробу та литникова система.

Потім модель занурюється в рідку суспензію пилоподібного вогнетривкого наповнювача в сполучному. На модельний блок (модель і ЛПС) наносять суспензію і обсипають, так наносять від 6 до 10 шарів. З оболонки, що сформувалася, виплавляють модельний склад. Після сушіння та витоПЛення блок прожарюють при температурі приблизно 1000 °С для видалення з оболонкової форми речовин, здатних до газоутворення.

Потім оболонки надходять на заливання. Перед заливкою блоки нагрівають у печах до 1000 °С. Нагрітий блок встановлюють у піч, і розігрітий метал заливають в оболонку. Залитий блок охолоджують у термостаті чи повітрі.

Коли блок повністю охолоне його відправляють на вибивання. Ударами молота по литниковій чаші проводиться відбиття кераміки, далі відрізка ЛПС. Таким чином отримуємо виливок.

4. Відцентрове лиття

Відцентровий метод лиття (відцентрове лиття) використовується при отриманні виливків, що мають форму тіл обертання. Подібні виливки відливаються з чавуну, сталі, бронзи та алюмінію. При цьому розплав заливають у металеву форму, що обертається зі швидкістю 3000 об/хв. Під дією відцентрової сили розплав розподіляється по внутрішній поверхні форми і, кристалізуючись, утворює виливок. Відцентровим способом можна отримати двошарові заготовки, що досягається по черзі заливкою у форму різних сплавів. Кристалізація розплаву в металевій формі під дією відцентрової сили забезпечує отримання щільних виливків.

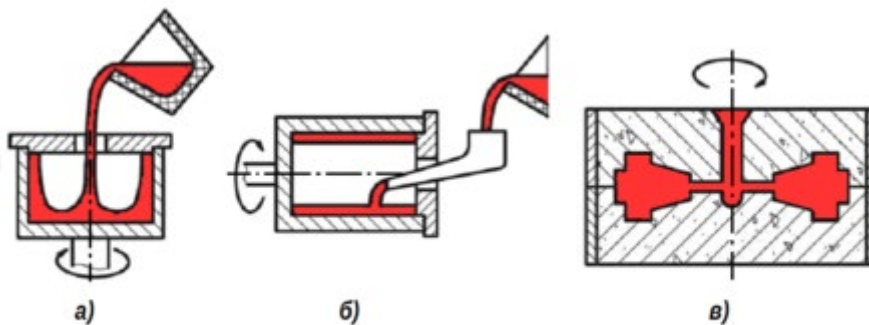


Рис.3 Відцентровий метод лиття

1.2 Сучасні методи проєктування виливків

Метод розробки виливка є важливим аспектом розробки інструменту. Це включає в себе рішення щодо орієнтації деталей у прес-формі, лінії розділення, стрижнів, розташування порожнин, живильників, засобів подачі та системи литників. Неправильне компонування методу призводить або до низької якості, або до низького виходу, що впливає на витрати виробництва та продуктивність [17]. В даний час метод проєктування здійснюється вручну, з

використанням 2D креслень литої деталі. Потім виготовляється оснастка, виготовляються пробні виливки в ливарному цеху та перевіряються. Якщо виливки зразків містять дефекти (такі як усадкова пористість, включення піску та отвори), то схему методу змінюють і процес повторюють. Кожна ітерація може тривати тиждень або більше та впливає на звичайне виробництво. Після 3-4 ітерацій ливарний цех може вдатися до розробки «безпечного» методу (що означає низький вихід) або продовжити з високим рівнем браку (що означає високу вартість брухту або ремонту). Це особливо вірно у випадку великих кастингів, де вартість пробного випробування може бути непомірно високою.

Симуляція лиття може подолати вищевказані проблеми: віртуальні випробування не передбачають втрати матеріалу, енергії та праці, і не затримують регулярне виробництво. Однак більшість програм моделювання доступні сьогодні непрості у використанні, займають стільки ж часу, скільки реальні випробування, і на їхню точність впливає властивості матеріалу та граничні умови, задані користувачем. Найбільшою проблемою є підготовка 3D-моделі вилівка разом із формою, стрижнями, живильниками, литниками тощо, що вимагає навички САПР і займає багато часу навіть для простих відливок.

1.2.1 Автоматизоване проектування

Основним вхідним матеріалом є 3D-модель САПР литої деталі. Файл моделі можна змоделювати самому. Для перегляду та розуміння моделі деталі надаються різні параметри відображення, такі як панорамування, масштабування, обертання, прозорість і вимірювання (рис. 4). Литий метал і процес вибираються з бази даних. Розподіл товщини деталей відображається для перевірки моделі та оцінки сумісності процесу обробки деталей

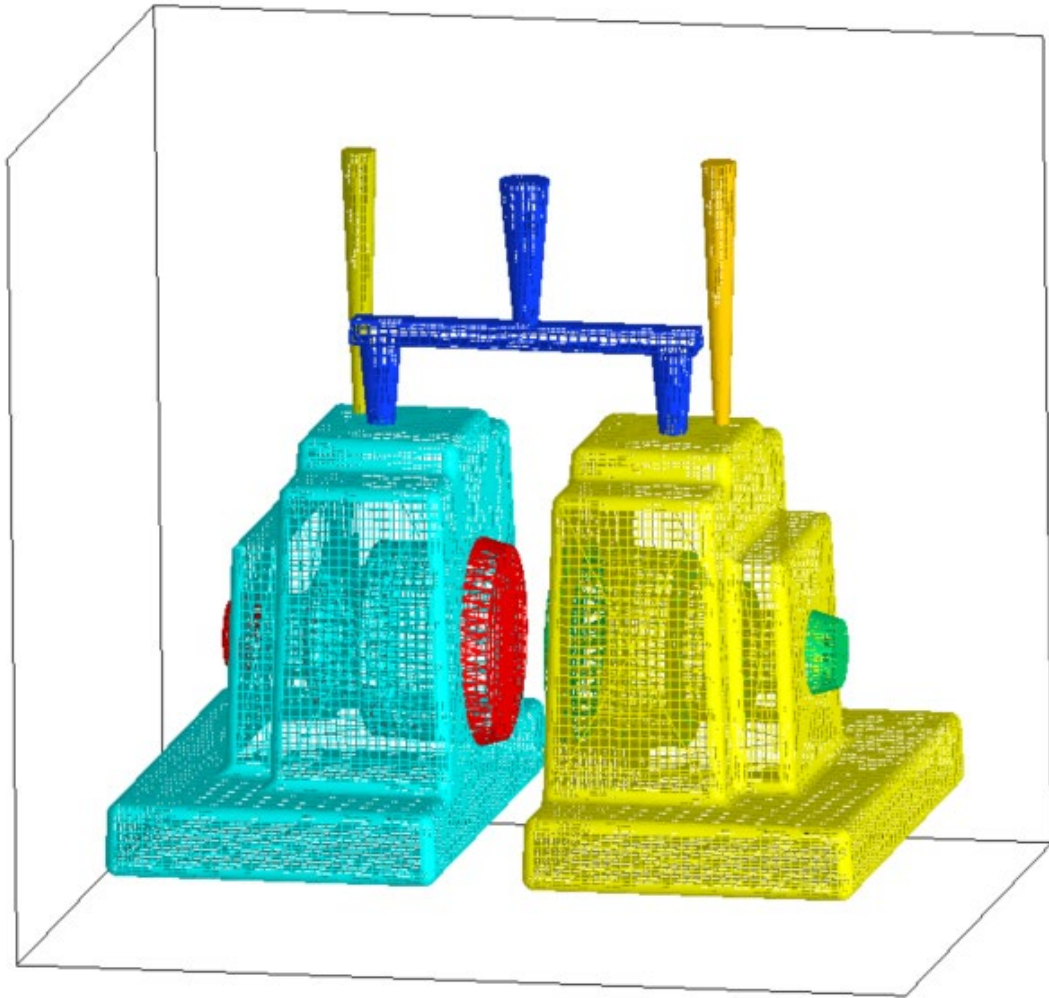


Рис.4 Модель лиття з використанням чисельних методів
Автоматична оптимізація

Компонування порожнини форми, живильники та литники автоматично оптимізуються протягом кількох хвилин залежно від вимог до якості та інших обмежень [19]. При компонуванні порожнини форми основним критерієм є співвідношення литого металу та матеріалу форми. Високе співвідношення, наприклад 1:2 (занадто близьке розташування порожнин один до одного), може знизити швидкість теплопередачі і призвести до дефектів пористості усадки. Низьке співвідношення, наприклад 1:8 (порожнини занадто далеко один від одного), має на увазі погане використання матеріалу форми та зниження продуктивності. Програма пробує різні комбінації розмірів форми

та кількості порожнин, щоб знайти комбінацію, яка найбільш близька до бажаного значення співвідношення металу до форми. Конструкція литників визначається ідеальним часом заповнення форми, що залежить від литого металу, ваги виливки та мінімальної товщини стінки. Швидке заповнення призводить до дефектів, пов'язаних з турбулентністю (такі як ерозія плісняви, аспірація повітря та включення). З іншого боку, повільне заповнення може спричинити дефекти, пов'язані з передчасним затвердінням (наприклад, холодні закриття та збої у роботі). Для оптимізації конструкції литника програма моделює заповнення форми та розраховує загальний час заповнення. Використовується спрощений пошаровий алгоритм, що враховує миттєву швидкість через литники (з урахуванням протитиску, якщо можна застосувати) і локальний переріз порожнини форми. Це дає точну оцінку часу заповнення, зберігаючи у своїй обчислювальну ефективність. Якщо різниця між ідеальним та змодельованим часом заповнення перевищує задану межу, програма автоматично змінює конструкцію литника, створює його твердотільну модель та знову моделює заповнення форми. Оптимізація живильника визначається якістю виливки, що визначається як відсоток обсягу виливка, вільної від усадкової пористості. Користувач вказує цільову якість. Програма автоматично змінює розміри живильника, створює його твердотільну модель, проводить моделювання затвердіння та оцінює якість виливки. При моделюванні затвердіння використовується метод векторних елементів, який обчислює температурні градієнти (шляхи подачі металу) усередині виливки та відстежує їх у зворотному порядку, щоб визначити місце розташування та ступінь усадкової пористості. Було виявлено, що це набагато швидше, ніж метод кінцевих елементів, без шкоди для точності результатів. Ітерації проектування живильника виконуються до тих пір, поки не буде досягнуто бажаної якості або кількість ітерацій не перевищить встановлену межу. Користувач може прийняти результати або відхилити їх та змінити конструкцію пристрою подачі в інтерактивному режимі. Нарешті,

вартість виливки розраховується з урахуванням амортизованого інструменту, литого металу, інших матеріалів (форма, стрижень тощо), енергії та робочої сили. Користувач може виконати аналіз «що, якщо» та порівняти різні схеми методів з погляду виробничих витрат. Автоматично створюється докладний звіт методу, що містить розміри деталі, форми, стрижня, живильників, литників, різні результати (вихід, якість, вартість), а також зображення всієї виливки, яке можна роздрукувати або зберегти для подальшого використання

1.3 CAE-система NovaFlow & Solid

Програмне забезпечення NovaFlow & Solid CV. Розробка NovaCast Systems AB. NovaFlow & Solid CV - професійне рішення для розробників ливарної технології. Сучасні ливарні технології вже зараз дозволяють виготовляти виливки високої якості і досить складної конфігурації. Вони практично не вимагають додаткової обробки, зводячи її до мінімуму.

Система NovaFlow & Solid CV зручна і досить проста в експлуатації. Її інтерфейс повністю лежить в рамках стандарту інтерфейсу Windows.

Термінологія меню і діалогів звична і зрозуміла для фахівця, який працює в ливарному виробництві. Меню системи продубльовано панеллю інструментів з іконками, досить точно відбивають суть інструменту і дозволяють скоротити число операцій при роботі з системою. При виникненні труднощів завжди можна скористатися Довідковою системою. NovaFlow & Solid CV може використовуватися практично для всіх ливарних процесів:

- лиття в землю;
- лиття в кокіль;
- лиття під високим тиском;
- лиття під низьким тиском;
- лиття по виплавленим моделям.

NovaFlow & Solid CV надає можливості для комплексної оптимізації ливарних технологій ще до виготовлення будь-якої форми. Застосування NovaFlow & Solid CV дозволяє: оптимізувати режими заливки сплаву і затвердіння виливки; оптимізувати ливникову систему. NovaFlow & Solid CV дозволяє аналізувати процеси лиття при використанні різних матеріалів: вуглецеві сталі, леговані сталі, чавуни (сірі, білі, ковкі і високоміцні), алюмінієві, титанові, бронзові, магнієві сплави, а також сплави на нікелевій і мідній основі та ін. Застосування NovaFlow & Solid CV дозволяє: помітно зменшити витрати часу на проектування і технічну підготовку виробів, підвищити якість виливків і, як наслідок, готових виробів збільшити конкурентоспроможність виробів, знизити загальні витрати часу на виробництво виробів, знизити собівартість виливків і готових виробів, мінімізувати відходи ливарного виробництва, зменшити матеріалоємність, значно зменшити, а в деяких випадках повністю виключити брак.

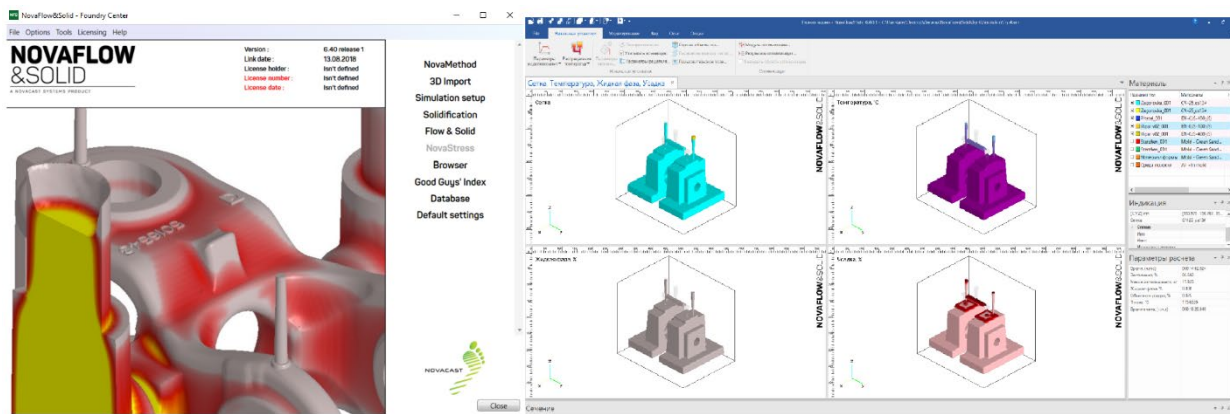


Рис.5 Головний інтерфейс програми

1.3.1 Опис роботи програми NovaFlow & Solid

Основний метод роботи програми це послідовний перехід між її модулями, вибір яких зустрічає при запуску додатку

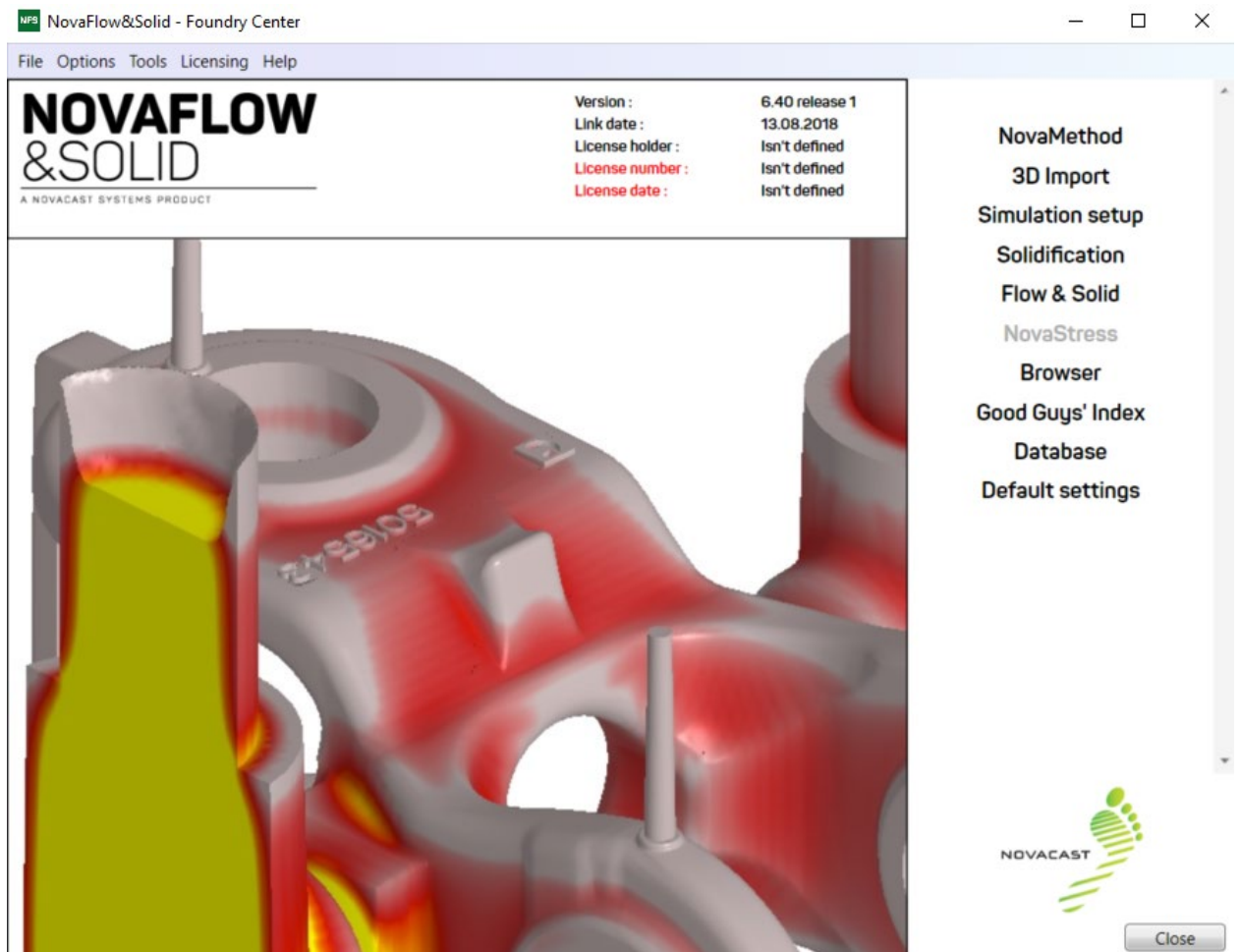


Рис.6 Меню вибору модулів

1.3.1.1 Модуль «3D імпорт»

Модуль «3D імпорт» - дозволяє створити 3Д модель, геометричний образ виливки і технологічної оснастки і передавати його в інші CAD системи в форматах IGES, STEP, DXF, STL ... Для зв'язку з системами геометричного моделювання в NovaFlow & Solid CV є конвертор, що перетворює файли форматів STEP, DXF, STL, ASCII у внутрішній формат NovaFlow & Solid CV

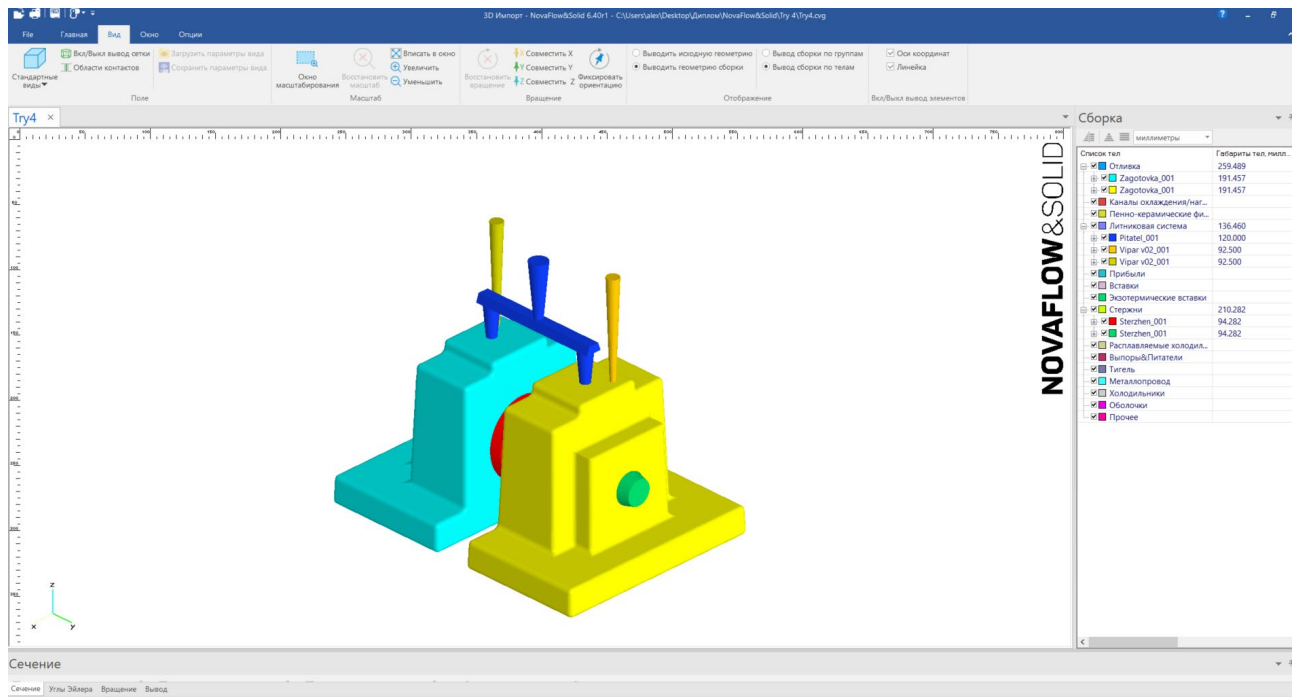


Рис.7 Модуль «3D імпорт»

1.3.1.2 Модуль «Завдання технологічних параметрів»

Модуль «Завдання технологічних параметрів» - Призначений для завдання початкових і граничних умов, а так само інших технологічних параметрів. Модуль «Завдання технологічних параметрів» дозволяє: створити різностну сітку в розрахунковій області; поставити на кордонах розрахункової області умови теплообміну; поставити початкові температури форми і заливається металу; сформуванати параметри заливки; ввести параметри додаткових технологічних прийомів; встановити датчики.

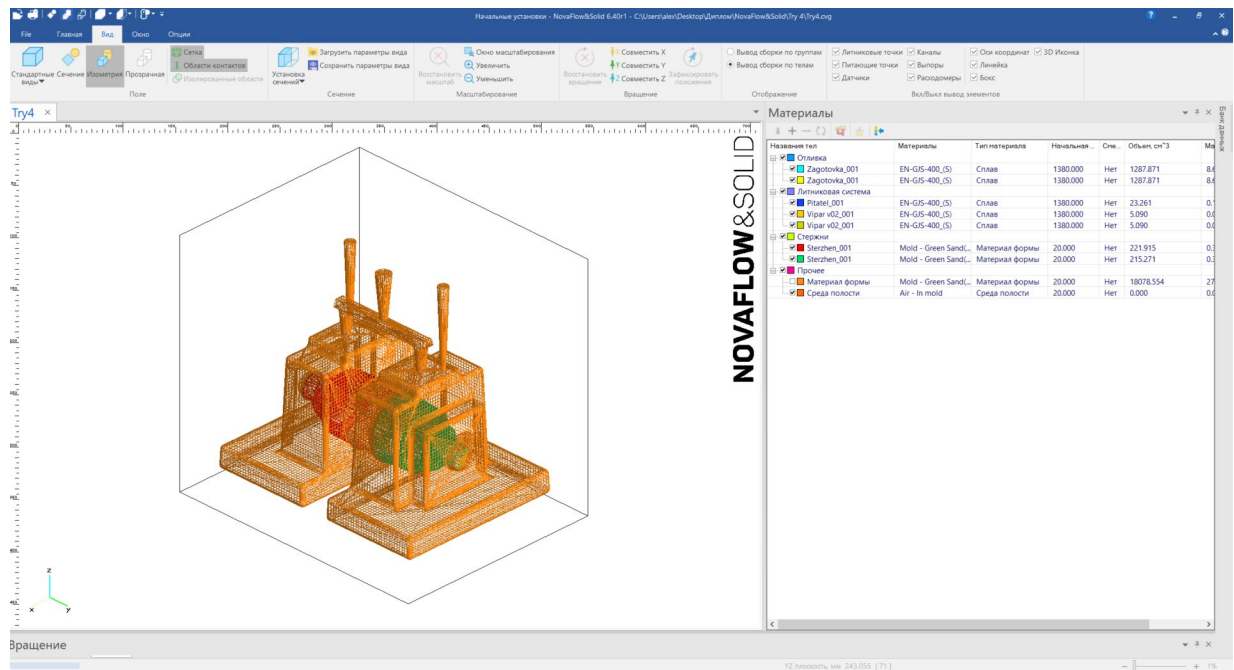


Рис.8 Модуль «Завдання технологічних параметрів»

1.3.1.3 Модуль «Заливка & Затвердіння»

Модуль «Заливка & Затвердіння» - у NovaFlow & Solid CV є три розрахункових модуля: затвердіння, заливка, заливка і затвердіння. В яких саме и виконується весь процес модулювання.

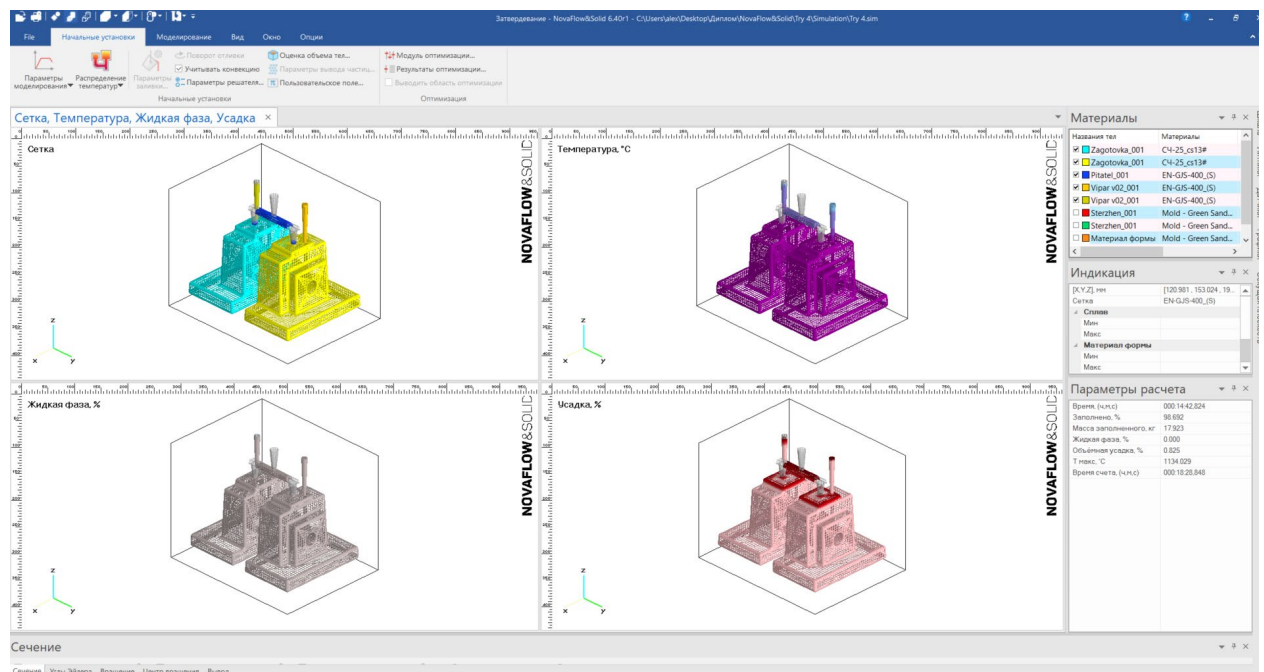


Рис.9 Модуль «Заливка & Затвердіння»

1.3.1.4 Модуль «Банк паспортів»

Модуль «Банк паспортів» - результати моделювання можна зберігати автоматично для подальшого перегляду і створення архіву технологічних рішень. На вилівок заводиться «паспорт» в який записуються всі параметри 10 кожного моделювання. Результати розрахунку функцій можна зберігати в 2D і 3D видах.

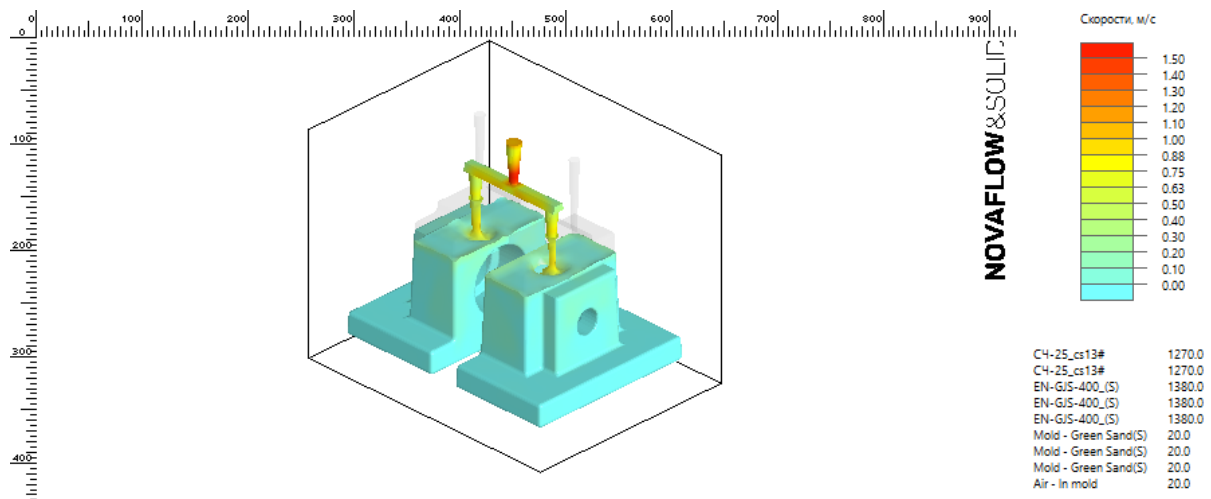


Рис.10 Модуль «Банк паспортів» - Заповнення 85%

1.4 Аналіз результату моделювання

Головними критеріями для процесу лиття є: час затвердіння, усадка, час заповнення ці параметри можна взяти з «Банк паспортів» мого моделювання та звести в таблицю

Результат розрахунку:

Усадка, % : 0.825

Час заповнення, (год,м,с) : 000:00:14,936

Час застигання, (год,м,с) : 000:14:27,887

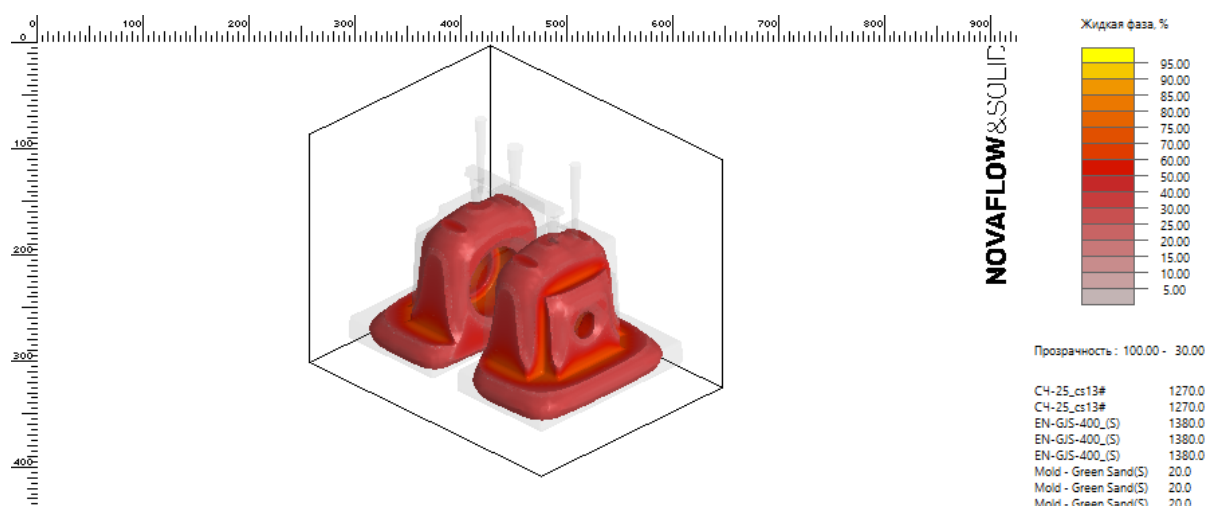


Рис 11. Процес застигання

Детальніше розгляну утворення усадок задля створення ескізу заготовки

Загальна усадка не є великою та знаходиться в допустимій нормі, а саме менше ніж 1% тому цей параметр нас начебто влаштовує, але не зовсім.

На деяких ділянках утворилась локальна усадка 10-15%, які я вважаю є дефектом, висота дефектного шару є від 7-9 мм. Тому врахую це значення для подальших розрахунків

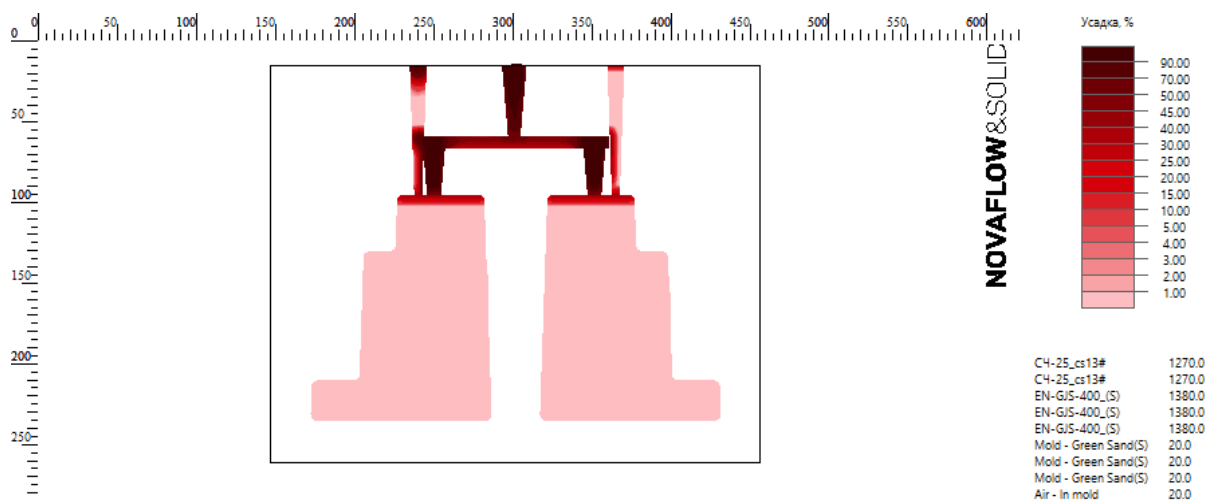


Рис.12 2D-Дефекти



23

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз службового призначення та умов роботи деталі в вузлі

2.1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація

Впроваджена корпусна деталь «Корпус», креслення зображене на рис.1, яка розроблена для встановлення та закріплення підшипнику у вузлі.

Відповідно даний виріб має вимоги точності, жорсткості та стійкості для задоволення потреб з'єднувального механізму.

При виготовленні деталей необхідно звернути увагу про виготовлення таких точних поверхонь, як: циліндрична внутрішня поверхня $\varnothing 80H7(+0,03)$, з підвищеними вимогами шорсткості $Ra=0.63$ мкм. Також до прилягаючої поверхні $\varnothing 125$ мм заявлені додаткові вимоги точності розташування відносно основи, база «Б», $\perp 0,05$ мм та шорсткості $Ra=2,5$ мкм. Деталь «Корпус» також має 4 приєднувальні різьбові отвори M12-6H7H на $\varnothing 100\pm 0.3$, через, які здійснюється кріплення до вузла. Та ряд інших, як M10-6H7H та M8 $\times$ 0,75 - 6H7H. Матеріал деталі «Корпус» - сірий чавун з пластинчастим графітом марки СЧ20 ДСТУ 8833:2019.

2.1.2 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі

Деталь має у своєму складі багато різьбових з'єднань, можна зробити висновок, що ця деталь призначена для з'єднання до іншого агрегатного вузла. Тобто повинна мати достатню міцність, відсутність деформацій та жорсткість.

2.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Для даного виробу заготовку виготовляють з сірого чавуну СЧ20 ДСТУ 8833:2019. У таблиці 1.1 представлені фізичні властивості і в таблиці 1.2 хімічні властивості даного матеріалу. Розбираючи властивості матеріалу, можна дійти до висновку, що матеріал зможе забезпечити всі необхідні нам вимоги та зможе працювати в необхідних умовах експлуатації. Сірий чавун, володіє хорошими ливарними властивостями, високою циклічною в'язкістю, відносно високою міцністю в томи, малою чутливістю до надрізів, низькою усадкою, високим виходом придатного, хорошою зносостійкістю, оброблюваністю, низькою собівартістю виробництва, в даний час є найпоширенішим сплавом для виробництва виливків.

Недоліки сірого чавуну: низька пластичність, стійкість при ударному додатку навантаження, зварювання.

Сірий чавун має мікроструктуру, що складається з металевої матриці (основи) та включень графіту (вільного вуглецю) у формі пластинок, які можуть бути прямими або викривленими. Графіт має низьку механічну міцність, тому чим більше його включень, чим вони крупніші, чим більш пряма їх форма, і чим нерівномірніше вони розподілені по перетину, тим нижче механічні властивості чавуна.

Таблиця 2.1—Довідкові фізичні властивості чавуну з пластинчастим графітом

Марка чавуну	Густина, ρ , кг/м ³	Лінійна усадка, ε , %	Модуль пружності під час розтягування $E \cdot 10^{-2}$ МПа	Питома теплоємність, c , в інтервалі температур від 20°C до 200°C включно Дж/(кг·К)	Коефіцієнт лінійного розширення, $\alpha \cdot 10^{-6}/K$	Коефіцієнт теплопровідності, λ , за 20°C, Вт/(м·К)
СЧ20	$7,1 \cdot 10^3$	1,2	Від 850 до 1100	480	9,5	54

Таблиця 2.2 — Хімічний склад чавуну з пластинчастим графітом
(рекомендований)

Марка чавуну	Масова частка елемента, %				
	C	Si	Mn	P	S
				Не більше ніж	
СЧ20	3,3—3,5	1,4—2,4	0,7—1,0	0,2	0,15
Примітка. Допустимо низьке легування чавуну різними елементами (хромом, нікелем, міддю, фосфором тощо).					

2.2 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва

Тип виробництва - це класифікаційна категорія виробництва, яка залежить від обсягу випуску продукції, стабільності, номенклатури виробів в умовах ринкової економіки тощо, як однотипної так і ні.

Важливим показником, що використовується для визначення типу виробництва, є коефіцієнт закріплення операцій ($K_{з.о}$). Цей коефіцієнт розраховується шляхом ділення загальної кількості операцій, які мають бути виконані протягом певного періоду часу, на загальну кількість робочих місць на даному виробництві.

Розрахувати його можна за формулою 1.1:

$$K_{з.о} = \frac{\sum ОП_i}{\sum РМ_j} \quad (1.1)$$

Де: $K_{з.о}$ — коефіцієнт закріплення операції, розрахований на один робочий місяць;

ОП — кількість операція, що виконуються на дільниці на протязі робочого місяця;

РМ — кількість робочих місць на дільниці, які виконують відмінні технологічні операції.

Застосування цієї формули на даному етапі проектування неможливе, через відсутність даних про спроектовану дільницю цеху та невідому кількість всіх операцій.

На практиці для визначення конкретного типу виробництва рекомендується використовувати аналоговий метод, який ґрунтується на двох основних показниках:

- Річний обсяг продукції: скільки одиниць продукції випускається протягом року.
- Маса виготовлюваної деталі: скільки важить одна одиниця продукції.

Оскільки CAD системи дають змогу визначити необхідну масу виготовлюваної деталі, то виконаю попереднє проектування деталі.

Корпус
 Заданные параметры
 Материал тел СЧ20 ГОСТ 1412-85
 Плотность материала тел $R_0 = 0.007100 \text{ г/мм}^3$
 Расчетные параметры (тела и компоненты)
 Масса $M = 6491.722971 \text{ г}$
 Площадь $S = 109668.395365 \text{ мм}^2$
 Объем $V = 914327.178971 \text{ мм}^3$
 Центр масс
 $X_c = 0.000000 \text{ мм}$
 $Y_c = 12.003968 \text{ мм}$
 $Z_c = 45.606157 \text{ мм}$

Рисунок 2.2 Масо-центрувальні характеристики деталі

З отриманих даних, визначаю, що $m=6,5\text{кг}$ та обсяг випуску $N_p = 1000\text{шт.}$ на рік.

Враховуючи вихідні дані, визначу тип виробництва за даними з табл.1.2 та 1.3

Таблиця 2.3 – Аналогові дані для визначення типу виробництва

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт.		
	Легкі, масою до 20 кг	Середні, масою 20...30 кг	Важкі, масою більше 30кг
одиначне	До 100	До 10	1...5
малосерійне	101...500	11...200	6...10
середньосерійне	501...5000	201...1000	101...300
великосерійне	5001...50000	1001...5000	201...1000
масове	більше 50000	більше 5000	більше 1000

Таблиця 2.4 Залежність типу виробництва від маси деталі.

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одиначне	малосерійне	середньо-серійне	велико-серійне	масове
до 1.0	до 10	10...2000	1500...1000000	75000...200000	>200000
1.0...2.5	до 10	10...1000	1000...50000	50000...100000	>100000
2.5...5.0	до 10	10...500	500...35000	35000...75000	>75000

5.0...10	до 10	10...300	300...25000	25000...50000	>50000
Більше 10	до 10	10...200	200...10000	10000...25000	>25000

Отже, для маси деталі $m=6,5\text{кг}$ та обсяг випуску $N_p = 300\text{шт.}$ на рік. Тип виробництва буде середньосерійне.

При середньосерійному виробництві спеціалізація обмежується вузькою номенклатурою, а виробничі лінії і цехи мають наочну і технологічну спеціалізацію. Підготовка виробництва, як правило, також виділяється з основного виробничого процесу. До середньосерійного виробництва відносяться, наприклад, верстатобудування і виробництво двигунів, багато видів прокату чорних і кольорових металів.

Для робочих місць середньосерійного виробництва характерне ще більше обмеження кількості виконуваних операцій, оскільки партії виробів стабільно повторюються. Устаткування має більш високий рівень спеціалізації, $10 < K_{з.о} \leq 20$.

2.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі.

Технологічність – це властивість виробу, яка забезпечує найбільш просту реалізацію технологічного процесу.

Відпрацювання деталі на технологічність представляє собою комплекс заходів по забезпеченню необхідного рівня технологічності конструкції по встановленим показникам, направлена на підвищення продуктивності праці, зниженню витрат і скорочення часу на виготовлення виробу з забезпеченням належного рівня якості.

Оцінка технологічності може бути двох видів:

- якісна;
- кількісна.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції узагальнено на основі досвіду і допускається на усіх етапах проектування як попередня.

Нетехнологічними елементами конструкції є :

1. Два отвори під пальці $\varnothing 10h7$, тому що, отвори не використовуються для функціонування самої конструкції, замінити їх можна використавши отвори під болти, але зробити два отвори точними, чим і збазувати деталь на два пальця, але в моєму ТП така схема базування використовуватись не буде, оскільки, оброблювати буду на верстатах ЧПК та базуватись буду за рахунок вимірювального щупа, орієнтування буде відносно заготовки, а не пристрою.
2. Канавка під вихід шліфувального круга розроблена не стандартною тому стандартизую її згідно ГОСТ 8820-69.
3. Змінена шорсткість, замість Ra20 на багатьох поверхнях, проставлений знак без оброблення.
4. На розмір $\varnothing 80$ було проставлено шорсткість Ra0.63, але отвір був призначений з вільним розміром тому виправив на $\varnothing 80H7$, тому що, це отвір під підшипник.
5. Допуски на нарізі змінено з -7H на -6H7H.
6. На креслення було додано ливарні кути на радіуси.
7. На кріпильні різьбові отвори додано зенкування.

2.4 Проектування конструкції заготовки

2.4.1 Визначення виду та способу виготовлення заготовки

Важливим етапом підготовки до проектування технологічного процесу виготовлення деталей машин, який значною мірою визначає всі наступні рішення, є етап вибору виду та способу виготовлення заготовки. Вибір виду та способу виготовлення заготовки визначає величину припусків для оброблення поверхонь, особливості видалення поверхневих шарів матеріалу на етапі чорнового оброблення, величину залишкових напружень, які будуть вимагати

включення в технологічний процес операцій термічного оброблення для їх зменшення та вирівнювання в поперечних перерізах робочих поверхонь.

В сучасному машинобудівному виробництві освоєні технологічні процеси виготовлення заготовок наступними видами:

- литтям;
- пластичним деформуванням;
- відділенням (відрізанням або вирізанням) від стандартного сортового прокату (прутків, плит, листів, складних профілів);
- методами порошкової металургії;
- комбінованими методами, коли окремі частини заготовки виготовляються литтям, або пластичним деформуванням, а їх з'єднання виконується зварюванням.

Разом з тим, необхідно приймати до уваги, що до теперішнього часу практичну більшість заготовок для машинобудівного виробництва виготовляються литтям або пластичним деформуванням.

Для визначення виду виготовлення заготовки необхідно, в першу чергу, прийняти до уваги фізико-механічні характеристики конструкційного матеріалу, конструктивні особливості деталі та її умови роботи в вузлі. Для виготовлення заготовок деталей машин використовують переважно дві великі групи матеріалів, а саме: конструкційні сталі та чавуни. Відповідно до їх фізико-механічних характеристик для виготовлення заготовок з конструкційних сталей використовують технологічні процеси пластичного деформування, а для заготовок з чавунів технологічні процеси лиття.

Враховуючи, що матеріал для виготовлення деталі визначає конструктор при проектуванні робочого кресленика деталі, то визначення виду виготовлення заготовок не складає великих труднощів, а саме: переважно пластичним деформуванням для сталей, окремих марок алюмінієвих та магнієвих сплавів, титанових сплавів і литтям для чавунів, сталей для лиття, окремих марок алюмінієвих та магнієвих сплавів.

За умов стабільного спеціалізованого виробництва, яке орієнтоване на тривалий випуск певних виробів, необхідно проектувати конструкцію достатньо точної заготовки з урахуванням службового призначення виробу, технологічного процесу механічного оброблення, вимог до характеристик якості робочих поверхонь та виробу в цілому. Необхідно приймати до уваги, що виготовлення заготовок зі стабільними характеристиками якості забезпечує надійну реалізацію технологічного процесу оброблення та зменшення витрат інструментальних матеріалів, оскільки режими різання для таких умов є оптимальними.

Проектування конструкції заготовки передбачає послідовне вирішення наступних завдань:

- проектування розміщення лінії рознімання опоки, штампу або прес-форми;
- визначення поверхонь заготовки, які планується використовувати для базування на перших операціях технологічного процесу оброблення;
- проектування необхідних етапів та послідовності оброблення поверхонь заготовки для досягнення заданих характеристик якості робочих поверхонь (чорнове, напівчистове, чистове та завершальне);
- визначення припусків для запланованих етапів оброблення кожної обробної поверхні;
- урахування технологічних особливостей реалізації процесу виготовлення заготовки, пластичне деформування в закритих або відкритих штампах, необхідні радіуси заокруглення поверхонь, необхідні ухили для зовнішніх та внутрішніх поверхонь, економічна точність розмірів даного способу виготовлення та параметри шорсткості поверхонь заготовки.

Узагальнення практичного досвіду виготовлення заготовок в машинобудуванні та результатів наукових досліджень основних технологічних процесів пластичного деформування та лиття дають змогу розробити стандартизований алгоритм обґрунтування виду та способу виготовлення заготовок деталей машинобудівного виробництва. Застосування такого

алгоритму дає змогу найбільш простим та надійними способом спроектувати конструкцію заготовки. Вихідним документом для проектування заготовки є кресленик деталі, на якому вказано конструкційний матеріал та відповідний стандарт, який визначає його основні фізико-механічні характеристики, масу деталі та додатково необхідно приймати до уваги обсяг випуску таких деталей.

При проектуванні деталі «Корпус» конструктором було обрано матеріал сірий чавун СЧ20. Зважаючи на конструкційні особливості матеріалу, заготовку виготовляємо методом лиття, що суттєво знизить вартість готового продукту.

2.4.2 Проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів

На основі аналізу літератури обираємо лиття в піщано-глинисту суміш з машинним формуванням за металевими моделями. Даний метод дозволить зекономити час та кошти на оброблення, адже параметри заготовки задовольняються всі вільні поверхні деталі, тому вони не потребують оброблення.

Точність розмірів IT (15-19); параметри шорсткості поверхонь $R_z = 80$ мкм.

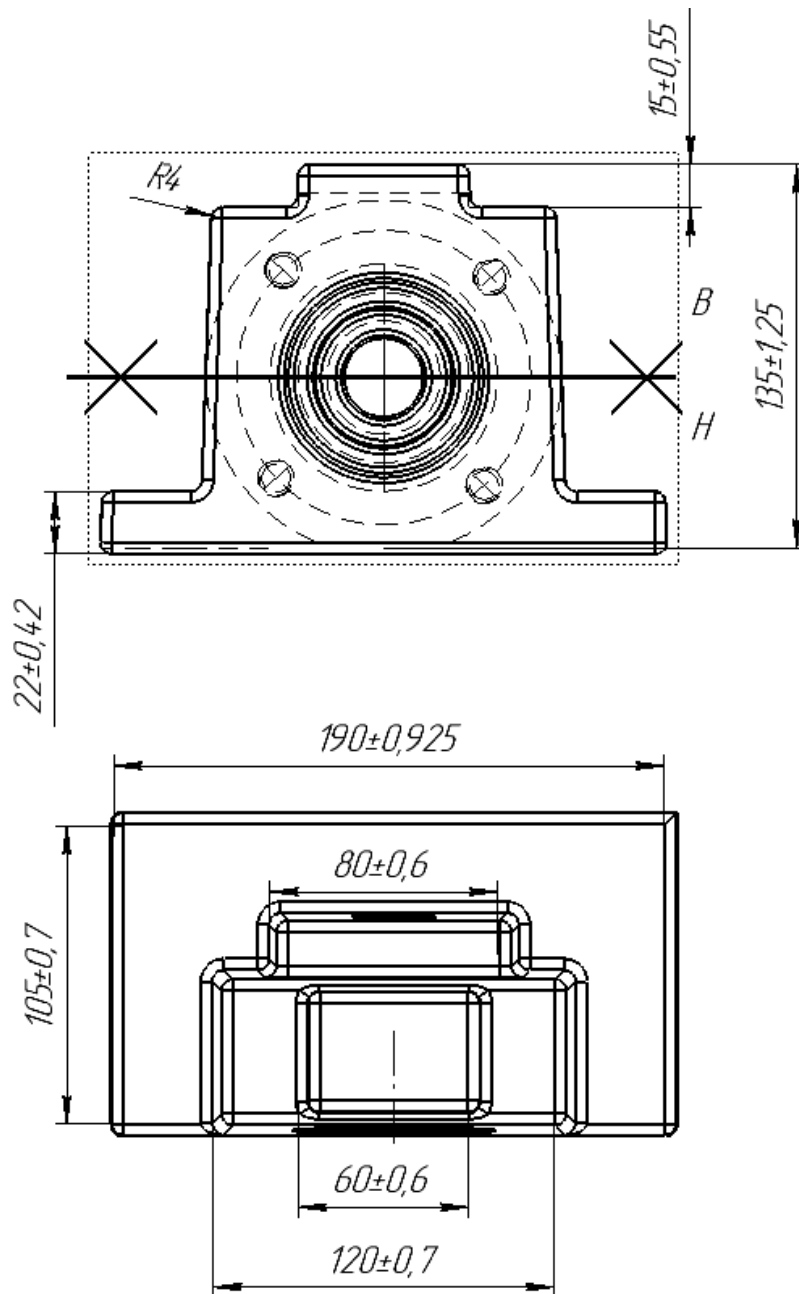


Рис.2.2-Ескіз заготовки

2.5 Обґрунтування вибору технологічних баз для технологічного процесу виготовлення деталі

Алгоритм обґрунтування вибору технологічних баз передбачає послідовне виконання таких етапів:

- обґрунтування вибору загальних технологічних баз (ЗТБ);
- обґрунтування вибору технологічних баз (ТБ) для перших операцій технологічного процесу (ТП);

2.5.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз

Вихідними даними для вибору ЗТБ є робочий кресленик деталі і вузла в який входить задана деталь.

Для обґрунтування необхідно виконати класифікацію поверхонь деталі за службовим призначенням.

Конструкції будь-якої деталі можна представити як сукупність чотирьох видів поверхонь:

- основні конструкторські бази (ОКБ);
- допоміжні конструкторські бази (ДКБ);
- кріпильні поверхні (КП);
- вільні поверхні (ВП);

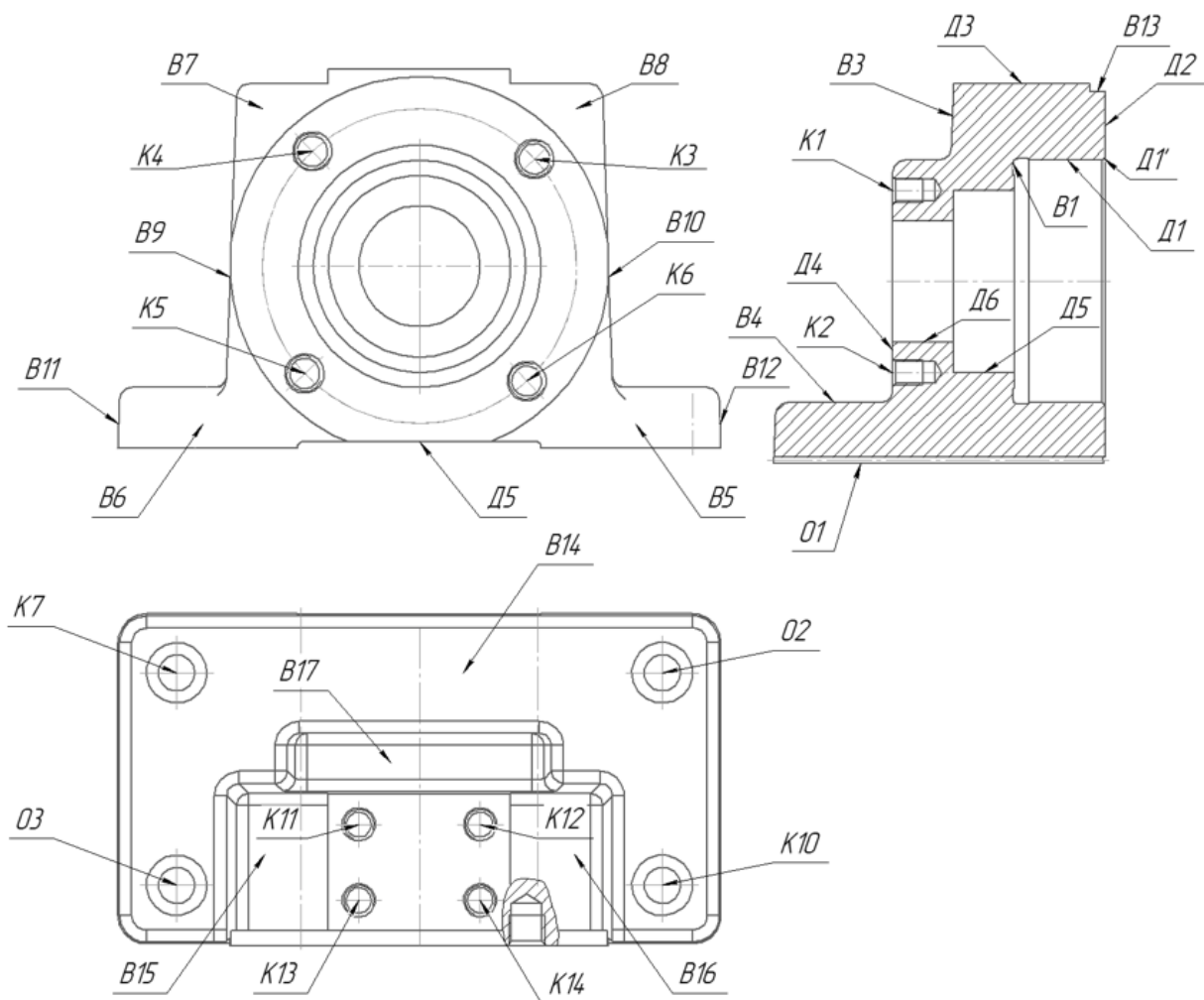


Рис.2.3. - Класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням

Основною конструкторською базою «Корпус» є площина основи О1 та отвори Ø12 О2,О3

- ОКБ - поверхні деталі, які визначають положення даної деталі в складальній одиниці або вузлі
- Допоміжними конструкторськими базами є отвори Д1, Д6, Д5 та площини Д4,Д3,Д2.

ДКБ – поверхні деталі, які визначають положення приєднаних до неї деталей.

- КП - поверхні деталей, які забезпечують фіксацію положення деталей, що приєднуються. В базовій площині основи розміщено комплект кріпильних поверхонь К7,К10 та кріпильні отвори К3-К6, К11-14 для приєднання корпусу до вузла.
- Інші поверхні є вільними поверхнями В1-В17.
- ВП – додаткові поверхні деталі, які створюють єдиний геометричний образ деталі.

У відповідності до алгоритму обґрунтування технологічних баз, перевіряємо можливість використання поверхонь основних конструкторських баз в якості загальних технологічних баз (ЗТБ).

Аналіз технологічних процесів виготовлення корпусних деталей першої групи свідчить, що в переважній більшості конструкцій в якості загальних технологічних баз використовуються поверхні основних конструкторських баз. Відповідно, є очевидним, що поверхні основних конструкторських баз можуть бути використані в якості загальних технологічних баз.

Оскільки конструктором передбачено чотири кріпильні отвори, то можливі дві реалізації схем базування по ЗТБ : використання площини та двох отворів, або площини та трьох отворів.

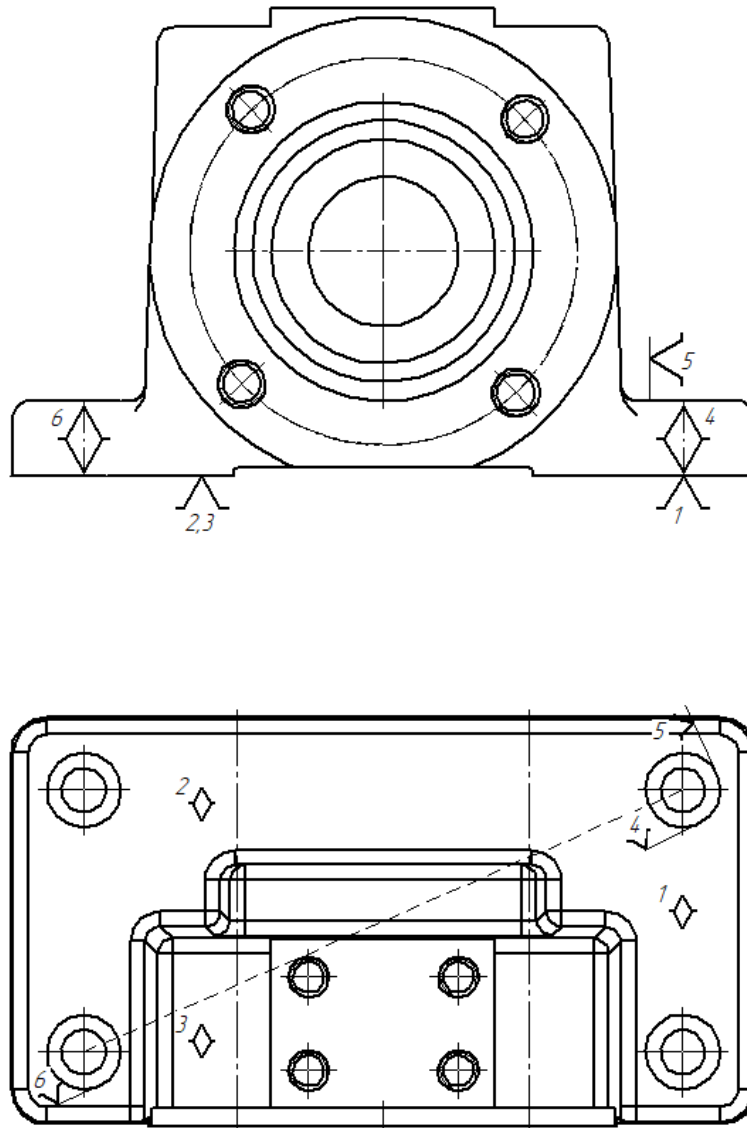


Рисунок 2.4- Теоретична схема базування по загальним технологічним базам

Структурна формула схеми базування по загальним технологічним базам має вид:

$$СБ_{ЗТБ} \Rightarrow У(3) + ПО(2) + О(1)$$

Конструктивна реалізація такої схеми базування передбачає використання відповідних установочних елементів для реалізації площини $У(3)$, подвійна опорна база $ПО(2)$ реалізується циліндричним коротким пальцем та опорна база $О(1)$ реалізується ромбічним (зрізаним) пальцем. Ця схема є пріоритетною, оскільки в якості ОКБ було прийнято отвори, що входять в дану схема базування.

Розглянемо варіант, коли в якості ОКБ приймається площина та прилеглі до неї три отвори. В такому випадку, є можливою схема базування по ЗТБ, що зображена на рис.2.4.

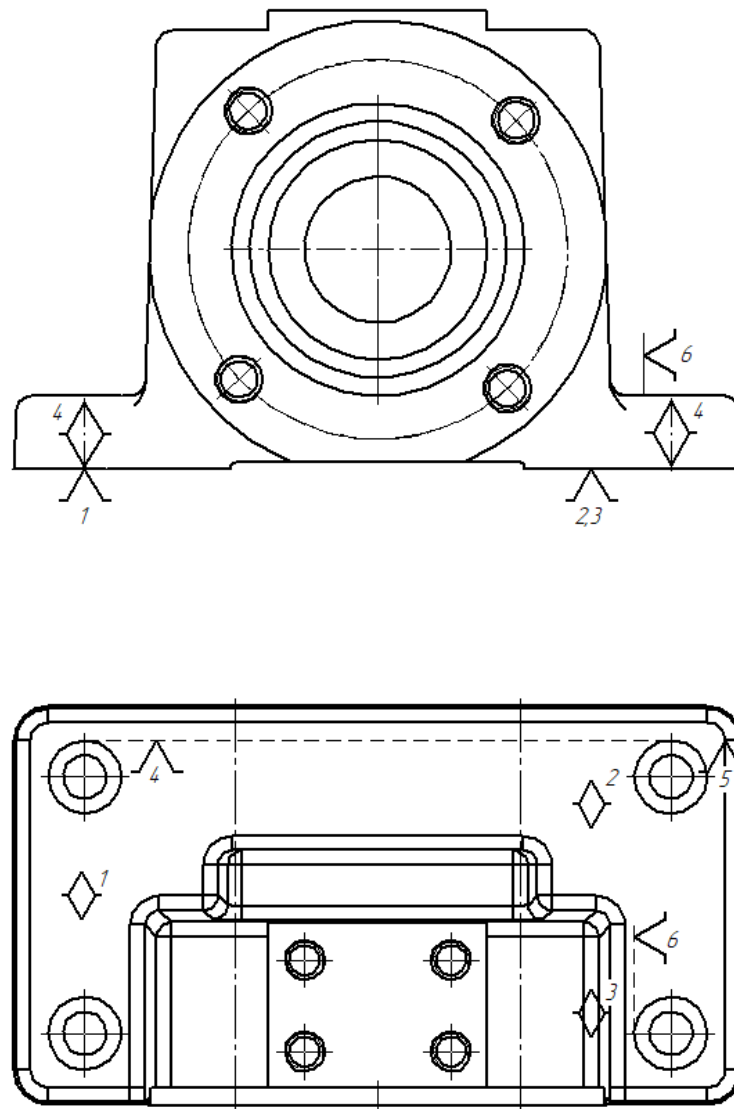


Рис 2.4.1

Структурна формула схеми базування по загальним технологічним базам має вид:

$$СБ_{ЗТБ} \Rightarrow U(3) + O(1) + O(1) + O(1)$$

Конструктивна реалізація такої схеми базування передбачає використання відповідних установочних елементів для реалізації площини $U(3)$, опорні бази реалізується ромбічними (зрізаними) пальцями.

Перевагою такої схеми в порівнянні з попередньою є – дещо менший кут повороту заготовки і простіша посадка на пальці.

Недоліками є швидке зношування зрізаних пальців та зниження точності установки.

Висновок: Остаточного вибираємо схему базування на рис.2.4.

2.5.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій

На другому етапі вибору технологічних баз необхідно визначити схему базування для перших технологічних операцій. Загальною вимогою до всіх можливих схем базування є забезпечення оброблення комплексу поверхонь загальних технологічних баз.

Обґрунтування технологічних баз для перших операцій є важливою складовою проектування технологічного процесу оброблення заданої деталі і забезпечує виконання ряду важливих технологічних завдань, а саме оброблення поверхонь загальних технологічних баз за першу технологічну операцію та чорнового оброблення поверхонь заготовки, які відкриті для оброблення, зменшення загальної кількості установок заготовки для виконання всього технологічного процесу.

При виборі поверхонь, які входять в комплект технологічних баз у відповідності за їх призначенням та ступенями вільності, яких вони полишають, доцільно враховувати наступні геометричні співвідношення:

- площа установочної бази повинна забезпечувати максимальну площу силового трикутника;
- напрямна база повинна забезпечувати найбільшу відстань розміщення опорних елементів, тобто мати максимальну довжину.

При виборі базових поверхонь для перших технологічних операцій необхідно забезпечити відкритість для оброблення всіх поверхонь загальних

технологічних баз та вибрати такі верстати, які можуть здійснювати послідовне оброблення поверхонь *ЗТБ* для досягнення заданих характеристик якості. За інших умов необхідно приймати до уваги, що повний комплект загальних технологічних баз необхідно обробити за найближчі перші технологічні операції.

При проектуванні перших технологічних операцій оброблення необхідно приймати до уваги важливе зауваження, а саме: ***повторна установка заготовки при реалізації операцій технологічного процесу на комплект всіх необроблених поверхонь не допускається.***

Якщо за першу технологічну операцію повний комплект загальних технологічних баз не оброблено, то в комплект технологічних баз для наступних технологічних операцій обов'язково повинні входити попередньо оброблені головні базові поверхні, до яких відносять установочну базу У(3) або подвійну напрямну базу ПН(4).

Вихідним документом для вибору технологічних баз для перших операцій є кресленик заготовки. З урахуванням узагальнених завдань проектування технологічних процесів, практичного досвіду виробництва та за результатами наукових досліджень процесів оброблення різанням розроблено такий алгоритм вибору технологічних баз для перших операцій технологічного процесу:

- *в якості технологічних баз необхідно приймати необробні поверхні заготовки. Такий вибір базових поверхонь буде забезпечувати після оброблення правильну просторову розташованість необроблених поверхонь заготовки відносно оброблених;*
- *якщо всі поверхні заготовки за креслеником деталі є обробленими, то в якості технологічних баз необхідно приймати поверхні, які мають найменший припуск.*

Такий вибір базових поверхонь буде забезпечувати усунення можливості виникнення браку при подальшому обробленні таких поверхонь;

- якщо відсутні поверхні з мінімальним припуском, а його величина є достатньо рівномірною, то в якості технологічних баз необхідно приймати поверхні заготовки, на яких виникнення браку не допускається;
- в якості технологічних баз необхідно приймати поверхні заготовки, для яких необхідно забезпечити рівномірний припуск для наступних етапів оброблення;
- якщо є декілька можливих конкурентних схем базування по технологічним базам, то в якості технологічних баз, необхідно приймати варіант базування в якому обробна поверхня зв'язана з базовою поверхнею найкоротшими розмірними ланцюгами.

Розглянемо реалізацію наведеного алгоритму для деталі «Корпус».

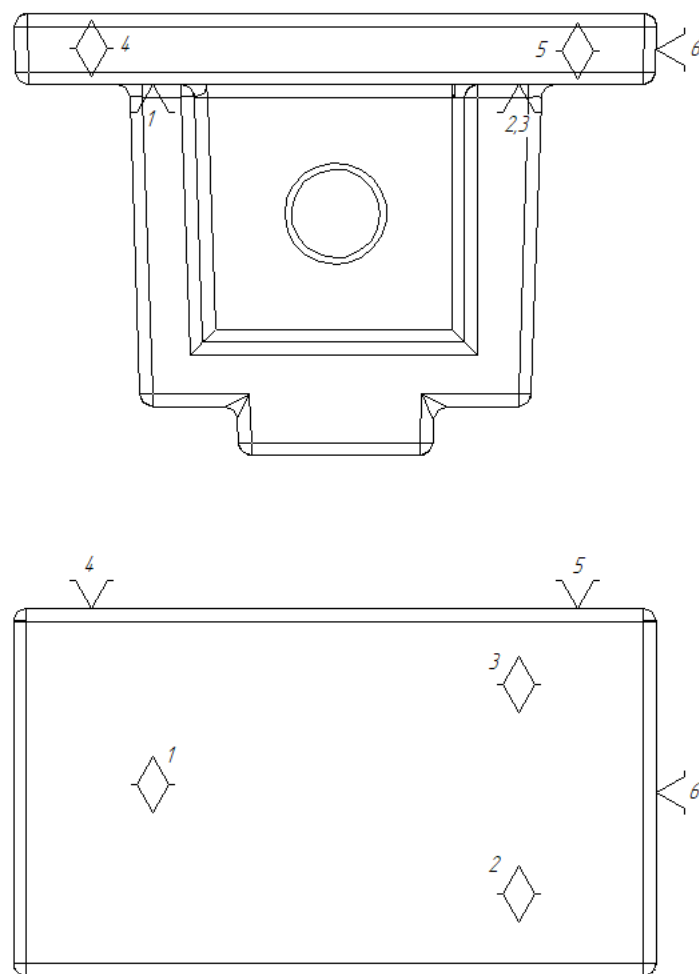


Рис.2.5

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$СБ_{ТБ} \rightarrow У(3) + Н(2) + О(1)$$

Реалізація: Установочна базова поверхня $У(3)$ реалізується трьома установочними елементами стандартних конструкцій. Напрямна базова поверхня $Н(2)$ –губкою лещат та опорна база $О(1)$ реалізується одним установочним елементом.

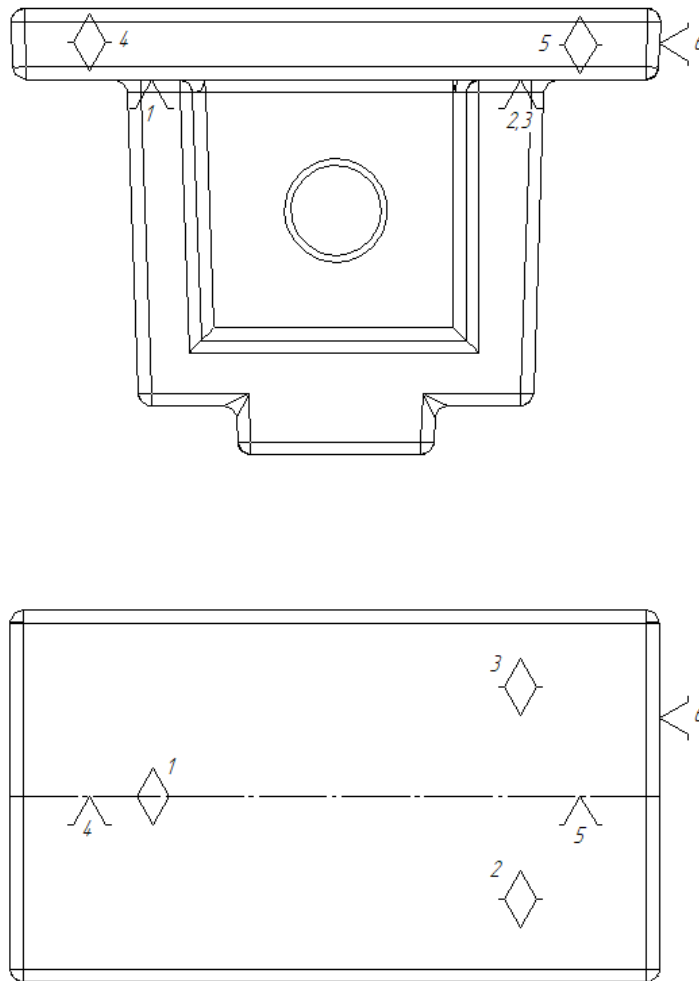


Рисунок 2.6- Теоретична схема базування по технологічним базам

Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$СБ_{ТБ} \rightarrow У(3) + Н(2) + О(1) \quad (2.5)$$

Реалізація: Установочна базова поверхня $У(3)$ реалізується трьома установочними елементами стандартних конструкцій. Напрямна базова

поверхня $H(2)$ - губкою самоцентрувальних лещат та опорна база $O(1)$

реалізується одним установочним елементом.

Перевагою є простота реалізації та можливість повного оброблення першого комплекту ЗТБ. Використання самоцентрувальних лещат дозволяє отримувати високу точність просторового розташування поверхонь відносно вісі симетрії деталі.

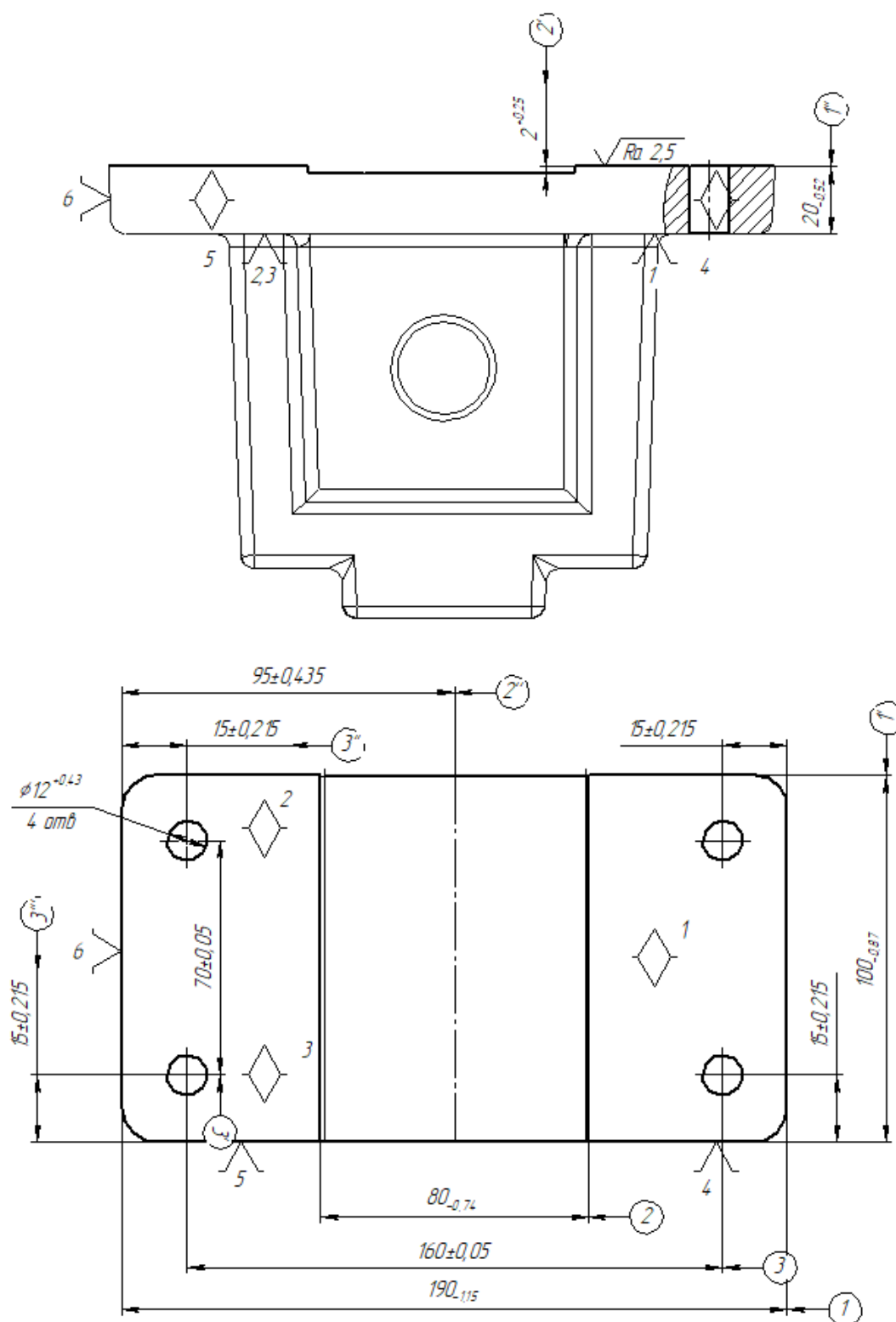
2.6 Проектування операцій оброблення загальних технологічних баз

Таблиця 2.3 – Технологічна послідовність оброблення поверхонь заготовки

№	Характеристики якості поверхонь за креслеником		Технологічна послідовність оброблення (можливі варіанти)	Характеристики якості поверхні після оброблення	
	Точність розмірів в ІТ	Параметр шорсткості R_a , мкм		Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості R_a , мкм
1	2	3	4	5	6
O1	14	2,5	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове Фрезерування завершальне (тонке)	12 10 8-9	10 6,3 1,6
O2, O3	14	10	Центрування Свердління Зенкерування (Цековка)	- 12 10	- 10,0 5,0
K7, K10,	14	10,0	Центрування Свердління Зенкерування (Цековка)	- 12 10	- 10,0 5,0
K1÷K6, K10÷K14	6H7H	5,0	Свердління Зенкерування Нарізання нарізі двома мітчиками	12 10 6H7H	10,0 5,0 5,0
Д1	7	0,63	Розточування чорнове Розточування чистове Шліфування	12 8 6	10 1,6 0,63
Д5,Д6	14	6,3	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	14 10	10,0 6,3

Д2	9	2,5	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове Фрезерування завершальне (тонке)	12 10 8-9	10 6,3 1,6
Д3,Д4,Д5	9	2,5	Фрезерування	9	1,25
В1, В2, В3, В4, В5, В6, В7, В8, В9, В10, В11, В12, В13,В14,В 15,В16,В1 7	14	10	Ці поверхні за креслеником є необробними поверхнями і їх характеристики якості за без-печуються технологічними про- цесом виготовлення заготовки	14	10

2.7 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі 005 Фрезерна з ЧПУ.



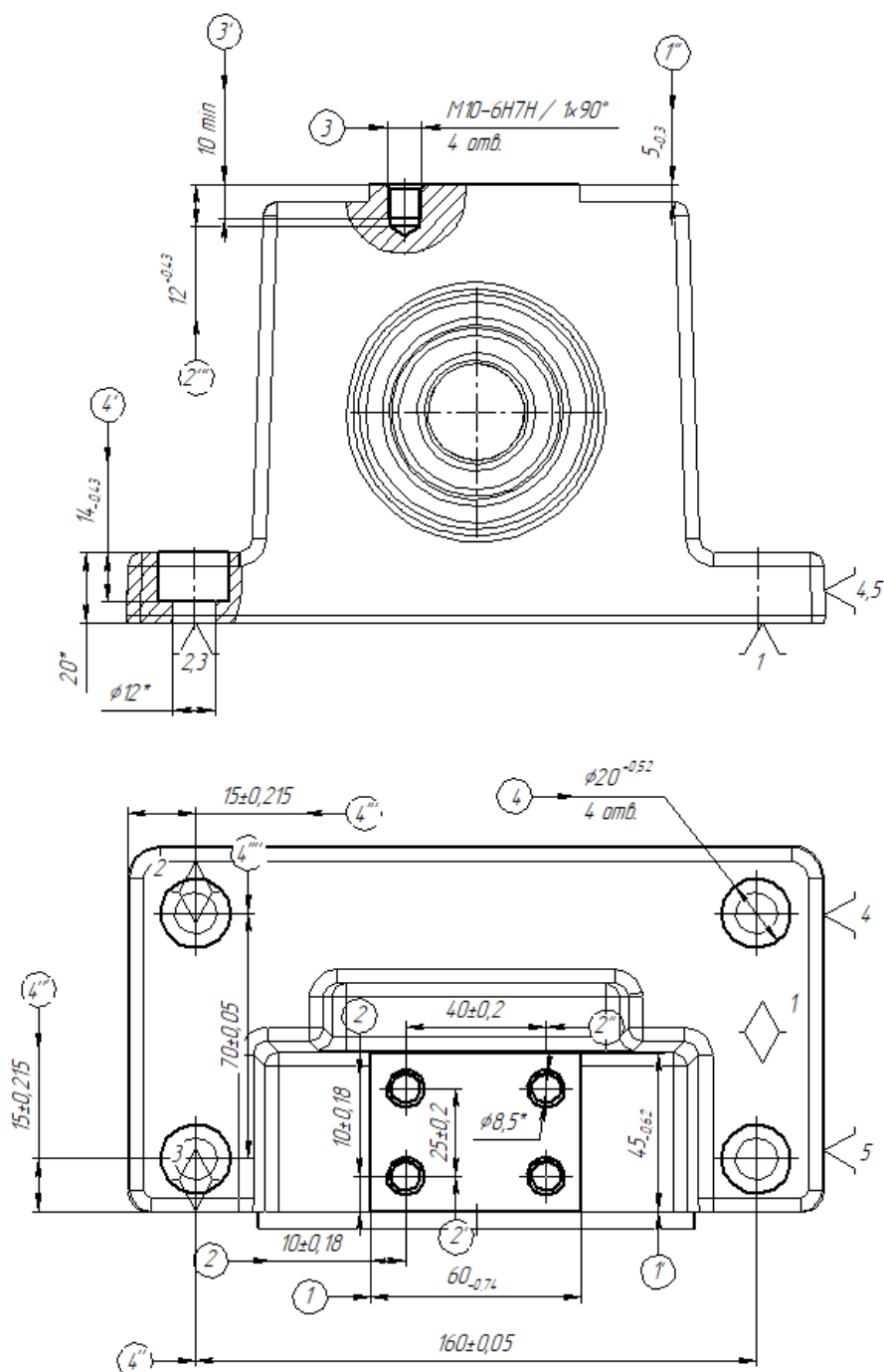
005.01 Фрезерувати базову поверхню, витримуючи розміри 1, 1', 1''

005.02 Фрезерувати поверхню, послідовно, витримуючи розміри 2, 2', 2''

005.03 Центрувати положення осей 4 отворів, послідовно, витримуючи розміри 3, 3', 3'', 3'''

005.04 Свердлити 4 отвори, послідовно, витримуючи розміри 3, 3', 3'', 3''', напрохід.

010 Фрезерна з ЧПУ.

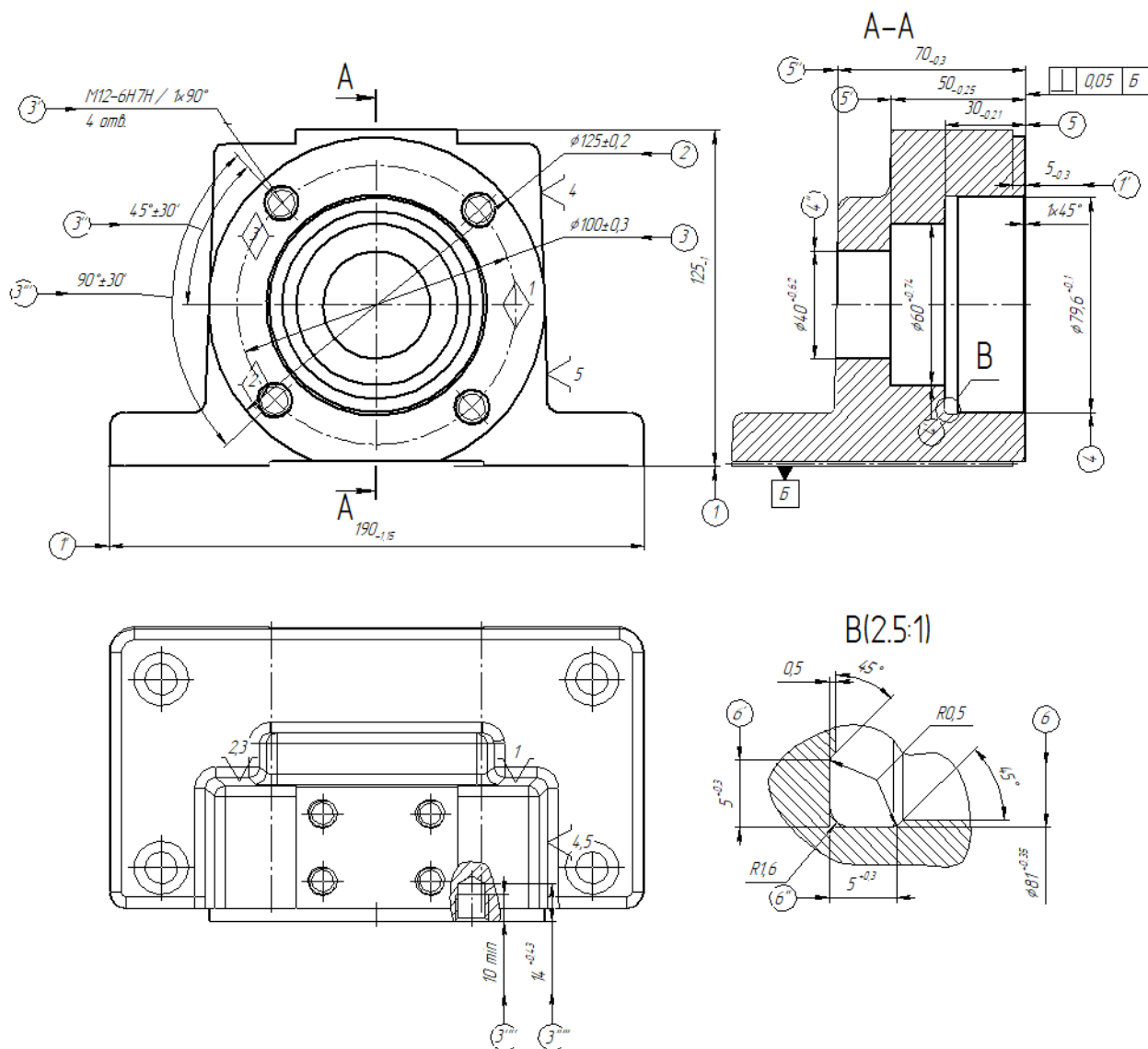


010.01 Фрезерувати поверхню, послідовно, витримуючи розміри 1, 1', 1''

010.02 Центрувати положення осей 4 отворів, послідовно, витримуючи розміри 2, 2', 2''.

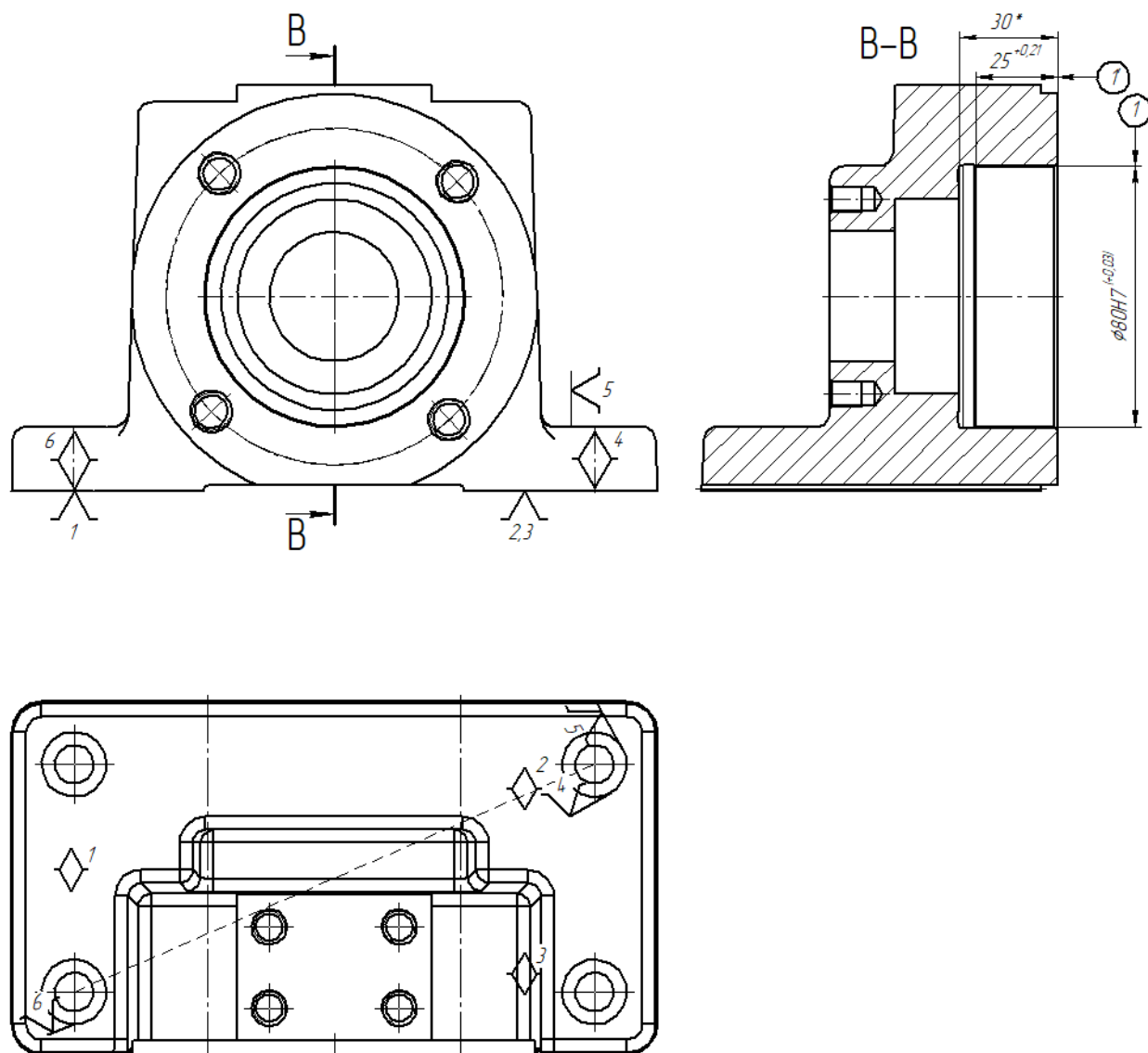
- 010.03 Свердлити 4 отвори, послідовно, витримуючи розміри 2, 2', 2'', 2'''
- 010.04 Зенкувати фаски 4 отворів, послідовно, витримуючи розміри 2, 2', 2'', 2''', 3
- 010.05 Нарізати різьбу мечиком для 4 отворів 2, 2', 2'', 2''', 3
- 010.06 Зенкерувати (цековка) 4 отвори, послідовно, витримуючи розміри 4', 4'', 4''', 4''''

015 Фрезерна з ЧПУ.



- 015.01 Фрезерувати поверхню, послідовно, витримуючи розміри 1, 1', 1''
- 015.02 Фрезерувати поверхню, послідовно, витримуючи розміри 2, та $\perp 0.05$ відносно бази Б

025 Шліфувальна



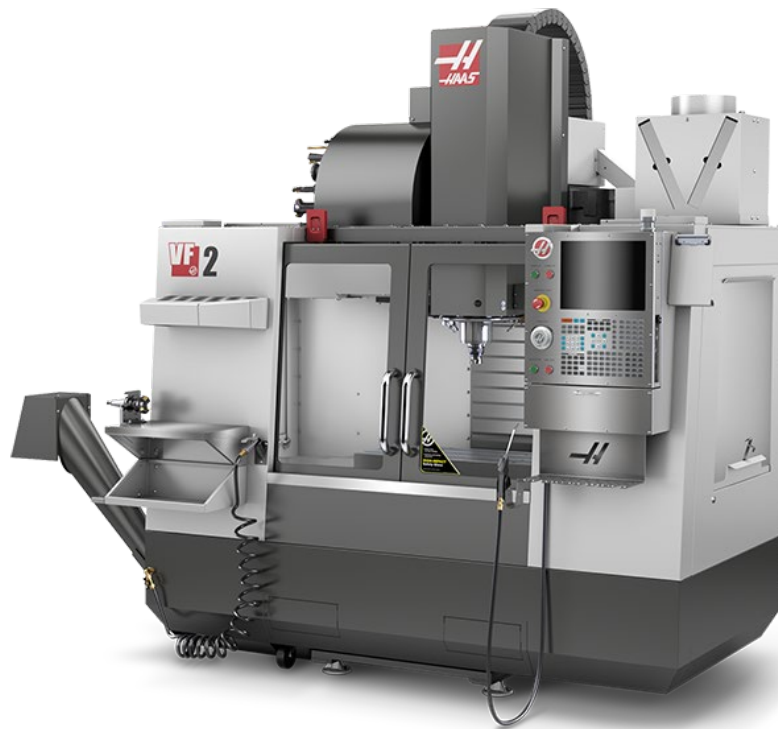
025.01 Шліфувати попередньо та начисто, витримуючи розміри 1,1'

030 Миюча

035 Контрольна

2.8 Короткий опис вибору верстатного обладнання

Деталь «Корпус» буде оброблятися на вертикально-фрезерному центрі Haas VF-2 з ЧПК



Таблиця 2.3 - Характеристики верстата HAAS VF-2

Переміщення по осях	
Вісь X	762мм
Вісь Y	406мм
Вісь Z	508мм
Стіл	
Довжина	914 мм
Ширина	356 мм
Ширина пазів	16 мм
Максимально допустима вага на столі	1361 кг
Поворотний стіл	
Діаметр планшайби	160 мм
Максимально допустима вага на планшайбі	36,3 кг
Ширина пазів	15,88 мм
Кількість пазів	6
Шпиндель	
Максимальна потужність	22,4 кВт

Максимальна частота обертання	8100 об/хв
Максимальний крутний момент	122 Нм
Система приводу	InlineDirect-Drive
Швидкість подачі	
Максимальна подача	16,5м/хв.
Прискорена подача	25,4м/хв.
Пристрій зміни інструменту	
Тип	Carousel
Місткість магазину	20
Максимальний діаметр інструмента	89 мм
Максимальна вага інструмента	5,4кг
Середній час зміни інструменту	4.20 s

2.9 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на оброблення базується на аналізі факторів, які впливають на припуски попереднього та переходу, що виконується технологічного процесу оброблення поверхні. Величина припуску визначається методом диференційованого розрахунку по елементам, які утворюють припуск на оброблення. Розрахунково-аналітичний метод передбачає розрахунок припусків по всім послідовно виконуваним технологічним переходам оброблення даної поверхні деталі (проміжні припуски). Їх послідовним додаванням визначають загальний припуск для оброблення певної поверхні, а також розраховують проміжні розміри, які визначають положення поверхонь і розміри заготовки при виконанні кожного технологічного переходу.

Вихідними даними для розрахунку припусків для кожної робочої поверхні є робочий кресленик деталі з заданими вимогами до характеристик якості обробних поверхонь, визначена технологічна послідовність оброблення заданої поверхні, реалізація якої забезпечує формування поверхні з заданими креслеником характеристиками якості, теоретична схема базування та її конструктивна реалізація в пристрої при виконанні кожного етапу оброблення, надійна довідникова література, яка містить необхідні дані для виконання розрахунків складових мінімального припуску.

2.9.1 . Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом

2.9.2 Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах на обробку отвору $\varnothing 80H7^{(+0,03)}$ на механічну обробку

Припуском на механічну обробку називається шар матеріалу, який видаляється з заготовки в процесі обробки різанням.

Проміжним припуском Z_i називається шар металу, що знімається при виконанні i -го технологічного переходу.

Для розрахунку обираємо внутрішню циліндричну поверхню, $l=30$ мм, точність H7, діаметр $\varnothing 80^{+0,03}$ мм, Ra 0.63 мкм.

Технологічний маршрут обробки отвору складається з 3 переходів:

Розточування чорнове H12 Ra= 10 мкм; Розточування чистове H8 Ra=1.6 мкм, Шліфування H6 Ra=0.63; Виконується дана обробка при одному установі деталі.

Розрахунок припусків на обробку поверхні будемо виконувати відповідно до вказівок та зведемо результати у вигляді таблиці 2,1, в якій послідовно записуватимемо технологічний маршрут обробки отвору і усі значення елементів припуску.

Шорсткість та глибина поверхневого дефектного шару, які отримуються після механічної обробки:

- Розточування чорнове: $Rz=40$ мкм, $h=50$ мкм;
- Розточування чистове: $Rz=20$ мкм, $h=20$ мкм;
- Шліфування: $Rz=5$ мкм, $h=10$ мкм;

Розрахунок мінімальний значень припусків проводяться за формулою:

$$2z_{\min i} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{Ei-1}^2 + \varepsilon_i^2})$$

де Rz_{i-1} – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина поверхневого дефектного шару на попередньому переході;

Δ_{Ei-1} – сумарне відхилення розташування поверхні на попередньому переході;

ε_i – похибка установки заготовки.

Мінімальні розрахункові припущення:

- Розточування чорнове:

$$2z_{\min 1} = Rz_0 + h_0 + \sqrt{\Delta_{E0}^2 + \varepsilon_1^2}$$

де $Rz_0 + h_0 = 500$ мкм

$$\Delta_{E0} = \sqrt{(\Delta_k * D)^2 + (\Delta_k * L)^2}, \quad (1.9)$$

де $\Delta_k = 0,7$ мкм/мм, (короблення)

$\Delta_{E0} = 59.8$ мкм.

$\varepsilon_1 = 0$

$$2z_{\min 1} = 2(500 + \sqrt{59.8^2 + 0^2}) = 1120 \text{ (мкм)}$$

- Розточування чистове:

$$2z_{\min 1} = Rz_0 + h_0 + \sqrt{\Delta_{E0}^2 + \varepsilon_1^2}$$

де $Rz_0 + h_0 = 90$ мкм

$\Delta_{E1} = 59.8 * k = 59.8 * 0,05 = 3,588$ мкм

де k – поправочний коефіцієнт зменшення похибки при обробленні ($k=0,05$)

$\varepsilon_1 = 0$

$$2z_{\min 2} = 2(90 + \sqrt{3,588^2 + 0^2}) = 187 \text{ (мкм)}$$

- Шліфування:

де $Rz_0 + h_0 = 40$ мкм

$\Delta_{E1} = 59.8 * k = 3,588 * 0,05 = 0,1794$ мкм

$$2z_{\min 3} = 2(Rz_{i-1} + \Delta_{Ei-1} + \varepsilon_i) = 81 \text{ (мкм)}$$

2.9.2.1 Технологічні допуски

Для розточування чорнового: $T_{\text{чорнового}} = 300 \text{ мкм (12 кв.)}$;

Для розточування чистового: $T_{\text{чистового}} = 46 \text{ мкм (8 кв.)}$;

Для шліфування: $T_{\text{шліф.}} = 19 \text{ мкм (6 кв.)}$;

2.9.2.2 Найбільші граничні розміри

$$D_{\text{макс шліф.}} = D_{\text{ном}} + ES = 80 + 0,019 = 80,019 \text{ (мм)}$$

$$D_{\text{макс розточування чистового}} = D_{\text{макс шліф.}} - 2z_{\text{min3}} = 80,019 - 0,081 = 79,938 \text{ (мм)}$$

$$D_{\text{макс розточування чорн.}} = D_{\text{макс роз.чист.}} - 2z_{\text{min2}} = 79,938 - 0,187 = 79,751 \text{ (мм)}$$

2.9.2.3 Враховуючи допуски оброблення приймаємо такі значення розмірів

$$D_{\text{min шліф.}} = 80 \text{ мм}$$

$$D_{\text{min розточування чистового}} = 79,938 \text{ мм}$$

$$D_{\text{min розточування чорн.}} = 79,751 \text{ мм}$$

2.9.2.4 Перераховуємо найбільші граничні розміри:

$$\begin{aligned} D_{\text{макс розточування чорн.}} &= D_{\text{min розточування чорн.}} + T_{\text{роз.чорн.}} = 79,751 + 0,3 \\ &= 80,051 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{\text{макс розточування чистового}} &= D_{\text{min розточування чистового}} + T_{\text{роз.чист.}} \\ &= 79,938 + 0,046 = 79,986 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$D_{\text{макс шліф.}} = D_{\text{min шліф.}} + T_{\text{шліф.}} = 80 + 0,019 = 80,019 \text{ мм}$$

2.9.2.5 Перераховуємо мінімальні розміри припусків:

$$2z_{\text{min шліф.}} = D_{\text{макс шліф.}} - D_{\text{макс розт.чист.}} = 80,019 - 79,986 = 0,033 \text{ (мм)}$$

$$\begin{aligned} 2z_{\text{min розт.чист.}} &= D_{\text{макс розточ.чист.}} - D_{\text{макс розточ.чорн.}} = 80,051 - 79,986 \\ &= 0,065 \text{ (мм)} \end{aligned}$$

2.9.2.6 Перераховуємо максимальні розміри припусків:

$$2z_{\text{max шліф.}} = D_{\text{min шліф.}} - D_{\text{min розт.чист.}} = 80 - 79,938 = 0,062 \text{ (мм)}$$

$$\begin{aligned} 2z_{\text{max розт.чист.}} &= D_{\text{min розточ.чист.}} - D_{\text{min розточ.чорн.}} = 79,938 - 79,751 \\ &= 0,187 \text{ (мм)} \end{aligned}$$

1.9-Результати розрахунку припусків

Технологічні переходи обробки	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий	Розрахунковий розмір, мм	Допуск TD, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припуску, мм	
	Rz_{i-1}	h_{i-1}	Δ_{Ei-1}	ε_i				D_{min}	D_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	500		-	-	-		-	-	-	-	-
Розточування чорн.	40	50	59,8	100	560	79.54	300	79,751	80.051	78,866	79,784
Розточування чист.	20	20	3,58	-	93,5	79,44	46	79.94	79.986	0.065	0.187
Шліфувальна	5	10	0,17	-	40,5	79,40	19	79.75	80.019	0,033	0,062
Всього:										78,964	80.03

2.9.2.7 Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах на обробку площини 60_{-0,74}, Ra10; на механічну обробку

В результаті оброблення необхідно забезпечити точність 15_{-0,74} (IT_{дет} = 74 мкм) та шорсткість Ra = 10 мкм.

$\Delta_{кор} = \Delta_k \cdot L$, для литих заготовок питома кривизна $\Delta_k = 0,3...1,5$ мкм/мм, при

$$\Delta_{кор} = 0,9 \cdot 60 = 54(\text{мкм})$$

Для фрезерування чорнового використовую формулу

$$Z_{min1} = R_{z0} + h_0 + \Delta_{кор} + \varepsilon_1$$

та чистового

$$Z_{min2} = R_{z1} + h_1 + \Delta_{кор} + \varepsilon_2$$

$$\varepsilon_3 = 100 \text{ мкм};$$

Мінімальні припуски для кожного із вибраних переходів:

$$Z_{\min_{\text{чистов.фрез.}}} = 100 + 3,24 + 100 = 203(\text{мкм})$$

$$Z_{\min_{\text{чорн.фрез.}}} = 400 + 54 + 100 = 554(\text{мкм})$$

Максимальні припуски для кожного із вибраних переходів:

$$Z_{\max_i} = Z_{\min_i} + IT_{H_{i-1}} - IT_{H_i}$$

$$Z_{\max_{\text{чист.фрез.}}} = 203 + 190 - 74 = 319(\text{мкм})$$

$$Z_{\max_{\text{чорн.фрез.}}} = 554 + 730 - 190 = 1\,094(\text{мкм})$$

Номинальні припуски для кожного із вибраних переходів:

$$Z_i = Z_{\min_i} + ei_{H_{i-1}} - ei_{H_i}$$

$$Z_{\text{чист.фрез.}} = 203 + 190 - 74 = 319(\text{мкм})$$

$$Z_{\text{чорн.фрез.}} = 554 + 730 - 190 = 1\,094(\text{мкм})$$

Номинальні міжпереходні розміри:

$$H_{\text{чист.фрез.}} = 60(\text{мм})$$

$$H_{\text{чорн.фрез.}} = H_{\text{чист.фрез.}} + Z_{\text{чист.фрез.}} = 60 + \frac{319}{1000} = 60,319 \text{ (мм)}$$

$$H_{\text{заг}} = H_{\text{чорн.фрез.}} + Z_{\text{чорн.фрез.}} = 60,319 + \frac{1\,094}{1000} = 61,413 \text{ (мм)}$$

Граничні міжпереходні розміри:

$$H_{i.\max} = H_i + es_i$$

$$H_{i.\min} = H_i + ei_i$$

$$H_{\text{чист.фрез.}\max} = 60 + 0 = 60 \text{ мм}$$

$$H_{\text{чист.фрез.}\min} = 60 - \frac{74}{1000} = 59,926 \text{ мм}$$

$$H_{\text{чорн.фрез.}\max} = 60,319 + 0 = 60,319 \text{ мм}$$

$$H_{\text{чорн.фрез.}\min} = 60,319 - \frac{190}{1000} = 60,129 \text{ мм}$$

$$H_{\text{заг.}\max} = 61,413 + \frac{730}{1000} = 62,143 \text{ мм}$$

$$H_{\text{заг. min}} = 61,413 - \frac{730}{1000} = 60,683 \text{ мм}$$

Загальний припуск на обробку:

$$Z_{\text{загальний}} = \sum Z_i = 1\,094 + 319 = 1\,413 \text{ (мкм)} \approx 1.4 \text{ (мм)}$$

Елементи припуску, граничні відхилення та допуски

Технологічний маршрут	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск Z_i , мкм	Розрахунковий розмір H_i , мм	Допуск на виготовлення Γ_i , мм	Граничний розмір, мм		Граничні припусків, мм	
	Rz	h	Δ	ε				$H_{\min}$, мм	$H_{\max}$, мм	$Z_{\min}$, мкм	$Z_{\max}$, мкм
Заготовка-виливки	400		54	-	-	61,413	730	60,683	62,143	-	-
Фрезерування чорнове	50	50	3,2	100	1 094	60,319	190	60,129	60,319	0,55	1.094
Фрезерування чистове	-	-	0	100	319	60	74	59,926	60	0,203	0,319
Всього:										0,753	1,413

2.9.3 Визначення припусків аналоговими методами

Для остаточно прийнятого способу виготовлення вилівка литтям у піщані форми з машинним формуванням за металевими моделями згідно з ГОСТ 26643-85 призначаємо:

1. Технологічний процес лиття – лиття у піщано-глинисті сирі форми з високою вологості (більше 4,5 %) низько міцних (до 60кПа або 0,6кгс/см²) сумішей з

низьким рівнем ущільнення до твердості нижчої 70 одиниць; клас розмірної точності виливка 11

2. При визначенні ступеня жолоблення елементів виливка враховуємо, що виливок не має тонких та довгих елементів, схильних до жолоблення, представляє собою жорстку конструкцію з відношенням найменшого розміру до найбільшого (товщини або висоти до довжини елемента виливка), яке (приблизно за розмірами деталі) дорівнює $100/190=0,52$; приймаємо ступінь жолоблення елементів виливка – 4;

3. Ступінь точності поверхонь виливків - 15;

4. Шорсткість поверхонь виливків $Ra = 50\text{мкм}$,

5. Клас точності маси виливків – 11;

6. Ряд припусків на оброблення виливка - 8;

7. Допустима величина зміщення – 2,2;

Згідно з ГОСТ 26645-85 точність виливка позначається: 11-4-15-11 Зм 2,2 ГОСТ 26645-85.

Таблиця - Визначення допусків, припусків та технологічних напусків для лінійних розмірів виливка деталі «Корпус», (ГОСТ 26645-85)

№	Параметр	70h14	100h14	125h14
1	Допуск на розмір виливка	1,2	2.4	1,8
2	Вид остаточного механічного оброблення, необхідний для забезпечення точності розмірів деталі	Чорнова	Чорнова	Чорнова

3	Вид остаточного механічного оброблення, необхідний для забезпечення необхідної шорсткості поверхонь деталі	Чорнова	Чорнова	Чорнова
4	Прийняте остаточне оброблення для забезпечення заданої якості поверхонь деталі	Чорнова	Чорнова	Чорнова
5	Загальний припуск на сторону	3	4.9	6,3 5,7
6	Технологічний напуск на сторону внаслідок формувальних уклонів	-	-	-
7	Остаточний розмір виливка (прийнятий)	73	105	137

2.10 Розрахунок режимів різання

2.10.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом для обробки поверхні Ø80H7

2.10.1.1 Чорнове розточування

Визначення глибини різання

Використаємо раніше визначені параметри, $2Z_{\max} = 1.1$ мм, тоді $h = 0.75$ мм.

Визначення геометричних параметрів різальної частини інструменту

При обробленні сірого чавуну приймаємо: передній кут $\gamma = 5^\circ$; головний задній кут $\alpha = 10^\circ$; головний кут в плані $\varphi = 90^\circ$; допоміжний кут в плані $\varphi_1 = 10^\circ$; кут нахилу головної різальної кромки $\lambda = 0^\circ$.

Силу різання $[P_z]_{\text{мз}}$, яка допускається міцністю заготовки не враховуємо бо датається відноситься до класу корпусних і оскільки вона набагато більше інших сил різання. Нею можна знехтувати

Аналогічно і з силою різання $[P_z]_{\text{жз}}$, яка допускається жорсткістю заготовки

Сила різання $[P_z]_{\text{мп}}$, яка допускається механізмом подач верстату

Силу різання, яка допускається механізмом подач верстату, складає $[P_z]_{\text{мп}} = 12500$ Н.

Сила різання $[P_z]_{\text{пл}}$, що допускається міцністю різальної пластини

Розраховується за емпіричною формулою:

$$[P_z]_{\text{пл}} = 340 * h^{0,77} * c^{1,35} * \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8},$$

де h – глибина різання, мм; C – товщина пластини, мм; φ – головний кут в плані, град. Товщина пластини $c = 4$ мм, кут в плані $\varphi = 90$ градусів.

$$[P_z]_{\text{пл}} = 340 * 0,75^{0,77} * 4^{1,35} * (0,866)^{0,8} = 1436 \text{ Н}$$

Отримали значення головної складової сили різання:

$P_{z\text{мп}} = 2200$ Н; $P_{z\text{пл}} = 1436$ Н.

Тож, обираю менше значення сили різання, $P_{z\text{пл}} = 1436$ Н.

Подача, яка допускається вибраною найменшою силою різання визначається за формулою:

$$[S]_P = \left(\frac{P_z}{C_{P_z} * h^{x_{P_z}} * V^{n_{P_z}} * K_{P_z}} \right)^{\frac{1}{y_{P_z}}},$$

де $C_{P_z} = 920$ – коефіцієнт пропорційності; $x_{P_z} = 1$; $y_{P_z} = 0,75$; $n_{P_z} = 0$ – показники степенів.

Для вибраного матеріалу інструмента ВК6 діапазон швидкості різання знаходиться в межах $V = (60...80)$ м/хв.

Загальний поправочний коефіцієнт K_{P_z} :

$$K_{P_z} = K_{MP_z} * K_{\varphi P_z} * K_{\gamma P_z} * K_{\lambda P_z} * K_{rP_z},$$

$$K_{MP_z} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{1,08}$$

де $K_{MP_z} = \left(\frac{200}{190} \right)^{1,08} = 1,06$ – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу заготовки та ріжучого інструменту

$K_{\lambda P_z} = 1$ – коефіцієнт, впливу кута нахилу різальної кромки на силу різання, ;

$K_{\varphi P_z} = 0,89$ – коефіцієнт, впливу головного кута в плані,

$K_{\gamma P_z} = 1,05$ – коефіцієнт, впливу переднього кута,

$K_{rP_z} = 0,93$ – коефіцієнт, впливу радіусу вершини різальної кромки,

$$K_{P_z} = 1,06 * 0,89 * 1,05 * 1 * 0,93 = 0,93$$

$$[S]_P = \left(\frac{1436}{920 * 0,75 * 1 * 0,93} \right)^{\frac{1}{0,75}} = 2,93 \text{ мм/об}$$

Для верстату ЧПУ HAAS VF-2 така подача може бути використана тому залишаємо її

Розрахунок найбільшої допустимої подачі, що допускається шорсткістю обробленої поверхні.

З таблиці 4 для різця з радіусом вершини > 0.5 мм, що оброблює чавун, забезпечуючи шорсткість обробленої поверхні $Ra = 5$ мкм, діапазон подач $[S]_{ш} 0,25 - 0,4 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$. Приймаємо $0,4$ мм/об.

Розрахунок допустимої швидкості різання.

Швидкість різання, що допускається потужністю верстата

$$[V]_B = \frac{60 * 1000 * N * K_{\Pi}}{P_z},$$

де $N = 22,4$ кВт – максимальна потужність двигуна; h – ККД двигуна, приймаємо 0,9; $K_{\Pi} = 1,25$ – коефіцієнт допустимого перевантаження двигуна при обробленні твердосплавним різцем

$$[V]_B = \frac{60 * 1000 * 22,4 * 0,9 * 1,25}{1436} = 1053 \text{ м/хв}$$

Швидкість різання, що допускається стійкістю різця:

$$[V]_i = \frac{C_v * K_v}{T^m * h^{x_v} * S^{y_v}},$$

де $C_v = 243$ – коефіцієнт пропорційності при обробленні чавуну твердосплавним різцем на подачі понад 0,4 мм/об : $x_v = 0,15$; $y_v = 0,4$; $m = 0,2$ – показники степенів при обробленні чавуну твердосплавним різцем на подачі до 0,40 мм/об; $T = 30$ хв – нормативний період стійкості різця.

$$K_v = K_{Mv} * K_{Cv} * K_{\Pi v} * K_{iv} * K_{\varphi v} * K_{\varphi 1v} * K_{rv} * K_{qv} * K_{dv},$$

де $K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1,25} = \left(\frac{190}{200}\right)^{1,25} = 0,94$ – для чавуна;

$K_{Cv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стан сталі при обробленні

$K_{\Pi v} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки

$K_{iv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу (ВК6) на швидкість різання

$K_{\varphi v} = 0,7$; $K_{\varphi 1v} = 1$; $K_{rv} = 0,94$; $K_{qv} = 1,12$ – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різця на швидкість різання

$K_{dv} = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує вплив виду оброблення на швидкість різання

$$K_v = 0,94 * 1 * 1 * 1 * 0,7 * 1 * 1 * 0,94 * 1,12 * 0,9 = 0,63$$

$$[V]_i = \frac{243 * 0,63}{30^{0,2} * 0,75^{0,15} * 0,4^{0,4}} = 117 \text{ м/хв}$$

Приймаємо для розрахунків меншу швидкість різання: $V = 117$ м/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D} = \frac{1000 \cdot 117}{3,14 \cdot 79} = 47.166 \text{ об/хв}$$

В силу того, що чорнове оброблення здійснюється за один робочий хід, основний час чорнового оброблення становить:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n}$$

$$T_o = \frac{30}{0,4 \cdot 47.166} = 0,035 \text{ хв} = 1.59 \text{ с}$$

2.10.1.2 Чистове розточування

Вибір глибини різання

На основі розрахунків припусків приймаємо $2z_{\max} = 0,18 \text{ мм}$. На сторону: $h = 0,09 \text{ мм}$.

Сила різання $[P_z]_{\text{пл}}$, що допускається міцністю різальної пластини

Розраховується за емпіричною формулою:

$$[P_z]_{\text{пл}} = 340 * h^{0,77} * c^{1,35} * \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8},$$

де h – глибина різання, мм; c – товщина пластини, мм; φ – головний кут в плані, град. Товщина пластини $c = 4 \text{ мм}$, кут в плані $\varphi = 90$ градусів.

$$[P_z]_{\text{пл}} = 340 * 0,09^{0,77} * 4^{1,35} * (0,866)^{0,8} = 308.348 \text{ Н}$$

В результаті розрахунків, отримали такі значення головної складової сили різання: $P_{\text{мп}} = 2200 \text{ Н}$; $P_{\text{пл}} = 308.348 \text{ Н}$.

Отже, обираємо менше значення сили різання, $P_{\text{пл}} = 308.348 \text{ Н}$.

Подача, яка допускається вибраною найменшою силою різання визначається за формулою:

$$[S]_P = \left(\frac{P_z}{C_{P_z} * h^{x_{P_z}} * V^{n_{P_z}} * K_{P_z}} \right)^{\frac{1}{y_{P_z}}},$$

де $C_{P_z} = 920$ – коефіцієнт пропорційності $x_{P_z} = 1$; $y_{P_z} = 0,75$; $n_{P_z} = 0$ – показники степенів

Для вибраного матеріалу інструмента ВК6 діапазон швидкості різання знаходиться в межах $V = (60...80)$ м/хв.

Загальний поправочний коефіцієнт K_{P_z} :

$$K_{P_z} = K_{MP_z} * K_{\varphi P_z} * K_{\gamma P_z} * K_{\lambda P_z} * K_{rP_z},$$

де $K_{MP_z} = \left(\frac{HB}{190}\right)^{1,08} = \left(\frac{200}{190}\right)^{1,08} = 1,06$ – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу заготовки та ріжучого інструменту,

$K_{\lambda P_z} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу різальної кромки на силу різання, ;

$K_{\varphi P_z} = 0,89$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані,

$K_{\gamma P_z} = 1,05$ – коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута,

$K_{rP_z} = 0,93$ – коефіцієнт, що враховує вплив радіусу вершини різальної кромки,

.

$$K_{P_z} = 1,06 * 0,89 * 1,05 * 1 * 0,93 = 0,93$$

$$[S]_P = \left(\frac{308.348}{920 \cdot 0,09 \cdot 1 \cdot 0,93}\right)^{\frac{1}{0,75}} = 6.349 \text{ мм/об}$$

Розрахунок найбільшої допустимої подачі, що допускається шорсткістю обробленої поверхні.

З таблиці 4 для різця з радіусом вершини > 0.5 мм, що оброблює чавун, забезпечуючи шорсткість обробленої поверхні $Ra = 2,5$ мкм, діапазон подач $[S]_{ш} 0,15 - 0,2 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$. Приймаємо $0,2$ мм/об.

Швидкість різання, що допускається стійкістю різця

$$[V]_i = \frac{C_v * K_v}{T^m * h^{x_v} * S^{y_v}},$$

де $C_v = 292$ – коефіцієнт пропорційності при обробленні чавуну

твердосплавним різцем на подачі понад $0,4$ мм/об; $x_v = 0,15$; $y_v = 0,2$; $m = 0,2$ – показники степенів при обробленні чавуну твердосплавним різцем на подачі до $0,40$ мм/об; $T = 30$ хв – нормативний період стійкості різця.

$$K_v = K_{Mv} * K_{Cv} * K_{Пv} * K_{iv} * K_{\varphi v} * K_{\varphi 1v} * K_{rv} * K_{qv} * K_{dv},$$

де $K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1,25} = \left(\frac{190}{200}\right)^{1,25} = 0,94$ – для чавуна;

$K_{Cv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стан сталі при обробленні;

$K_{Пv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки ;

$K_{iv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу (ВК6) на швидкість різання;

$K_{\phi v} = 0,7$; $K_{\phi 1v} = 1$; $K_{rv} = 0,94$; $K_{qv} = 1,12$ – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різця на швидкість різання;

$K_{dv} = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує вплив виду оброблення на швидкість різання.

$$K_v = 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1,12 \cdot 0,9 = 0,63$$

$$[V]_i = \frac{292 \cdot 0,63}{30^{0,2} \cdot 0,09^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} = 184,4 \text{ м/хв}$$

Приймаємо для розрахунків меншу швидкість різання: $V = 184 \text{ м/хв}$.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 184}{3,14 \cdot 79} = 74,17 \text{ об/хв}$$

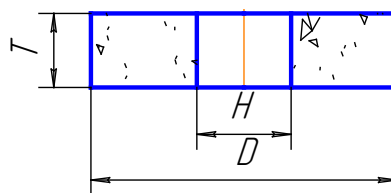
В силу того, що чистове оброблення здійснюється за один робочий хід, основний час оброблення становить:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} = \frac{30}{0,2 \cdot 74,1} = 0,064 \text{ хв} = 2,027 \text{ с}$$

2.10.1.3 Шліфування

Розрахунок режимів різання розпочинається з вибору типу, форми та розміру шліфувального круга. Габаритні розміри шліфувального кола приймаємо за паспортними даними верстата та ГОСТ 2424-83. Типи та розміри кіл на керамічній (К), бакелітовій (Б) та вулканітовій (В) зв'язках.

Обираю тип 1 (ПП)-прямого профілю



Швидкість круга $v_{кр}$ обирається за паспортом станка, але для першого типу круга колова швидкість є в межах від 30 до 80 об/хв

Обираю верстат: Верстат 3К228В

Максимальний діаметр шліфувального отвору - 200 мм; Максимальна довжина оброблюваної поверхні - 200 мм. Потужність двигуна шліфувального шпинделя $N_d=5,5$ кВт; ККД машини ($\eta = 0,85$). Швидкість деталі: 100 - 600 об/хв (плавно регулюється). Частота обертання шліфувального круга, об/хв: 4500; 6000; 9000; 13 000. Поздовжня швидкість шліфувальної головки становить 1 - 7 м/хв (плавно регулюється). Поперечна подача шліфувального круга, мм/хід: 0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006. Максимальні розміри шліфувального круга: $D_k=175$ мм; $B_k=63$ мм.

Далі обчислюємо швидкість обертання круга за формулою

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot v_{кр}}{\pi \cdot D_{кр}}, \text{ об/хв}$$

де $v_{кр}$ - швидкість різання, м/с;

$D_{кр}$ - діаметр шліфувального круга, мм. Обираємо 0.8-0.9 від оброблювального діаметру та за ГОСТ 2424-83

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 30}{\pi \cdot 63} = 9099 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо згідно можливостей верстату $n_{кр} = 9000 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$

Характеристика шліфувального круга обирається в залежності від швидкості обертання кола $v_{кр}$, матеріалу заготовки та його твердості, а також необхідної шорсткості поверхні після шліфування.

Для чавуна з швидкістю обертання круга до 40м/с рекомендовано працювати з кругом такої характеристики 53С40НСМ28К1

Розшифровка :

Тип абразивного матеріалу 53 -чорний карбід кремнію

Ступінь твердості С – середній

Робоча швидкість -40 м/с

Зернистість- M28 та вміст основної фракції в зерні НС-нормальний
Зв'язка K1-керамічна.

Частота обертання виробу в $n_{\text{вид.пр.}}$ об / хв, приймається згідно з таблицями в залежності від діаметра виробу, що шліфується, а також його матеріалу і твердості. Після вибору частоти обертання береться її найближче нижнє значення згідно з технічним паспортом машини. Потім визначається швидкість окружної подачі відповідно до прийнятого значення $n_{\text{вид.пр.}}$.

$$v_z = \frac{\pi D n_{\text{вид.пр.}}}{1000}$$

где D – діаметр шліфувального виробу, мм.

$$v_z = \frac{\pi 80 * 80}{1000} = 20.0 \text{ об/хв}$$

Для чавуна $n_{\text{вид.пр.}}$, та d шліфування 80 значення буде = 80об/хв

Поздовжня хвилинна подача $S_{\text{пр}}$, мм/хв, приймається за табл. залежно від діаметра шліфування та припуску на діаметр. Прийняте значення коригується за паспортом верстата.

Поздовжня подача на обіг заготівлі визначається за формулою

$$S_o = \frac{S_{\text{пр}}}{n_{\text{изд.пр}}} = \frac{600}{80} = 7,5 \text{ мм/хв}$$

$$S_{\text{пр}} = 600 \text{ мм/хв}$$

Хвилинна робоча поперечна подача $S_{\text{поп.р.}}$, мм/хв

$$S_{\text{поп.р}} = S_{\text{пр}} * K1 * K2 * K3 * K4 * K5$$

де $S_{\text{пр}}$ – хвилинна поперечна подача, її значення наведено у табл;

K - поправочні коефіцієнти на поперечну подачу :

$K1$ – коефіцієнт, що враховує вплив марки оброблюваного матеріалу, точність та шорсткість після шліфування = 1.6;

$K2$ – коефіцієнт, що враховує розміри та швидкість обертання шліфувального кола=0.8;

K3 – коефіцієнт, що залежить від способу шліфування та контролю

розмірів=0.8;

K4 – коефіцієнт, що залежить від форми поверхні та жорсткості виробу $LD/D=1$;

K5 – коефіцієнт, що залежить від жорсткості верстата=1.

Розраховане значення $S_{\text{поп.р}}$. Кориguють за паспортними даними верстата

$$S_{\text{поп.р}} = 600 * 1.6 * 0.8 * 0.8 * 1 * 1 = 384 \text{ мм/хв}$$

Згідно паспорту верстату обираємо $S_{\text{поп.р}} = 380 \text{ мм/хв}$

Основний час T_0 , хв, розраховують за формулою

$$T_0 = \frac{L_D h}{S_{\text{пр}} S_{\text{поп.пр}}} = \frac{30 * 0.2}{600 * 380} = 0,03$$

де h – припуск на шліфування, мм.

2.10.2 Визначення режимів різання аналоговим методом

Для встановлення інших режимів різання використовуючи аналоговий методі буду користуватись онлайн калькулятором Sandvik Coromant і каталогом Saratools

Параметри режимів різання на операції 005

№	Оброблення	Інструмент	V, м/хв	h, мм	S, мм/об	n, об/хв	T _о , хв
01	Фрезерування чорнове	725-063Q22-21H face milling cutter	240	1,6	3.7	1090	3.186
02	Фрезерування чистове	745R-2109E-M30 K20D 745 insert for milling	244	0,4	1.8	1210	7.860
03	Центрування	Центрувальне свердло Atorn 1001200300	25	3,5	0,1	2000	0,1*4
04	Свердління	870-1200-10L16-3 exchangeable tip drill 870-1200-10-KM 3334 drill tip	107	-	0.32	2800	1.524

Параметри режимів різання на операції 010

№	Оброблення	Інструмент	V, м/хв	h, мм	S, мм/об	n, об/хв	T _о , хв
01	Фрезерування чорнове	490-063Q22-08L face milling cutter	224	5	1,2	1130	5.808

		745R-2109E-M30 K20D 745 insert for milling					
05	Фрезерування чорнове	1K334-1000-XB 1730 end mill	224	7	0,12	7900	9.060
02	Центрування	Центрувальне свердло Atorn 1001200300	25	1	0,1	2000	0,1*4
03	Свердління	870-1400-14L20-3	130	-	0.331	980	0.537*4
04	Нарізання нарізі	T100-KM107AA- M12 cutting tap	66.4	-	1.5	1760	1.812

Параметри режимів різання на операції 015

№	Оброблення	Інструмент	V, м/хв	h, мм	S, мм/об	n, об/хв	T _о , хв
01	Фрезерування чорнове	725-063Q22-21H face milling cutter	240	1,6	3.7	1090	3.186
02	Фрезерування чистове	745R-2109E-M30 K20D 745 insert for milling	244	0,4	1.8	1210	7.860
03	Центрування	Центрувальне свердло Atorn 1001200300	25	1	0,1	2000	0,1*4
04	Свердління	870-1400-14L20-3 exchangeable tip drill	130	-	0.331	980	0.537*4
05	Нарізання нарізі	T100-KM107AA- M12 cutting tap	66.4	-	1.5	1760	1.812
06	Розточування чорнове	BR20-90CN12F-C6 rough boring tool	117	0.75	0.4	47.166	0,035
07	Розточування чистове	BR20-90CN12F-C6 rough boring tool	184	0,1	0.2	74.17	0,064

08	Фрезерування чорнове	1K334-1000-XB 1730 end mill	200	10	0,184	2830	6.360
----	----------------------	-----------------------------------	-----	----	-------	------	-------

Параметри режимів різання на операції 020

№	Оброблення	Інструмент	V, м/хв	h, мм	S, мм/об	п, об/хв	T _о , хв
01	Фрезерування чорнове	725-063Q22-21H face milling cutter 745R-2109E-M30 K20D 745 insert for milling	240	1,6	3.7	1090	3.186
02	Центрування	Центрувальне свердло Atorn 1001200300	25	1	0,1	2000	0,1*4
03	Свердління	870-1400-14L20-3 exchangeable tip drill	130	-	0.331	980	0.537*4
04	Нарізання нарізі	T100-KM107AA- M12 cutting tap	66.4	-	1.5	1760	1.812

Параметри режимів різання на операції 025

№	Оброблення	Характеристика круга	п,вир. об/хв	h, мм	S, мм/хв	п,круг. об/хв	T _о , хв
01	Шліфування	53C40HSM28K1	20	0.2	380	9000	0.009

2.11 Визначення норм часу

2.11.1 Нормування технологічних операцій

2.11.2 Розрахунок поштучного часу для операції

Визначимо норму часу, що приходить на операцію 005 «Фрезерна з ЧПК» при обробленні деталі «Корпус».

Норма часу штучного визначається за наступною формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обс} + T_{пп}$$

де $T_{пп}$ - час планових перерв, хв;

$T_{обс}$ - час на обслуговування робочого місця, хв;

$T_{оп}$ - операційний час оброблення, хв;

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{доп}}$$

де T_o - основний час оброблення, хв;

$T_{\text{доп}}$ - допоміжний час роботи, хв, визначається за формулою:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{в.з}} + T_{\text{з.р}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим}} + T_{\text{ц}}$$

де $T_{\text{в.з}}$ - час на установку та зняття деталі, хв;

$T_{\text{з.р}}$ - час на закріплення та розкріплення деталі, хв;

$T_{\text{уп}}$ - час на прийом керування обладнання, хв;

$T_{\text{вим}}$ - час на контрольні виміри, хв;

$T_{\text{ц}}$ - час на зміну інструменту, $T_{\text{ц}} = 0,04$ хв;

Допоміжний час для всієї операції:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{в.з}} + T_{\text{з.р}} + T_{\text{уп}} + T_{\text{вим}} + T_{\text{ц}}$$

де $T_{\text{в.з}} = 0,16$ хв; $T_{\text{з.р}} = 0,25$ хв; $T_{\text{уп}} = 0,05$ хв; $T_{\text{вим}} = 0,4$ хв; $T_{\text{ц}} = 0,20$ хв.

Основний час оброблення для всієї операції: $T_o = 1,84$ хв

Отже, допоміжний час для всієї операції:

$$T_{\text{доп}} = 0,16 + 0,25 + 0,05 + 0,4 + 0,20 = 1,06(\text{хв})$$

Отже, операційний час складає:

$$T_{\text{оп}} = 1,84 + 1,06 = 2,94(\text{хв})$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{обс}} = T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}}$$

де $T_{\text{тех}}$ - час на технічне обслуговування робочого місця, хв;

$T_{\text{орг}}$ - час на організаційне обслуговування робочого місця, хв;

$$T_{\text{обс}} = 5 + 0,1176 = 5,117(\text{хв})$$

де $T_{\text{тех}} = 5$ хв; $T_{\text{орг}}(4\% \text{ від } T_{\text{оп}}) = 2,94 \cdot 0,04 = 0,1176$ хв;

Час планових перерв $T_{\text{пп}}$ визначається як 8% від T_o , тобто він становить 0,24 хв.

Підставивши дані в формулу $T_{\text{шт}}$, отримаємо:

$$T_{шт} = 2,94 + 5,1176 + 0,24 = 8,53 \text{хв.}$$

Визначимо норму штучно-калькуляційного часу за наступною формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n}$$

де $T_{п.з}$ - підготовчо-заклучний час, хв; $T_{п.з} = 10$ хв; n – кількість деталей в партії, шт;

$$n = 10000 \text{шт.};$$

$$T_{шт-к} = 8,53 + \frac{10}{10000} = 8,531 \text{хв.}$$

2.11.3 Нормування аналоговими методами

Режими різання на технологічних переходах

№ Опер.ії	№ Перех.	T_0 хв
005	01	3.186
	02	7.860
	03	0,1*4
	04	1.524

№ Опер.ії	№ Перех.	T_0 хв
010	01	5.808
	02	9.060
	03	0,1*4
	04	0.537*4
	05	1.812

№ Опер.ії	№ Перех.	T_0 хв
015	01	3.186
	02	7.860
	03	0,1*4
	04	0.537*4
	05	1.812
	06	0,035
	07	0,064

№ Опер.ії	№ Перех.	T_0 хв
	01	3.186

020	02	0,1*4
	03	0.537*4
	04	1.812

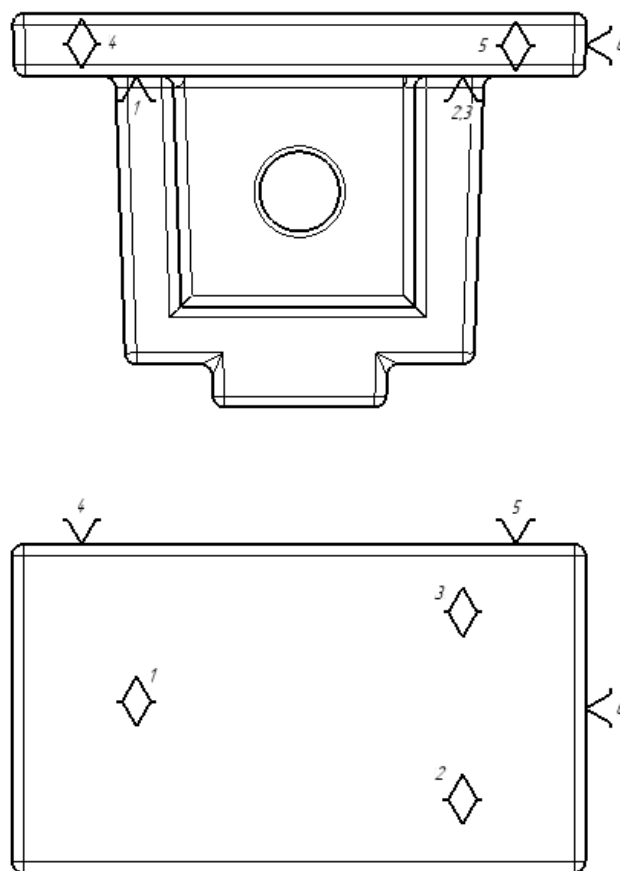
№ Опер.іі	№ Перех.	T _о хв
025	01	0.006

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв

3.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв

Пристрій призначений для базування і закріплення заготовки на операціях 005-010. Передбачається встановлення пристрою на стіл вертикально-фрезерного верстату з ЧПУ верстат HAAS VF-2. Пристрій одномісний з ручним затиском.



Структурна формула схеми базування по технологічним базам має вид:

$$CB_{зТБ} \Rightarrow Y(3) + H(2) + O(1)$$

3.2 Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв

3.2.1 Визначення похибок закріплення верстатного пристрою

3.2.1.1 Визначення похибки закріплення верстатного пристрою для операції 005

Для установки на установочні пластини похибка закріплення розраховується за формулою:

$$\varepsilon_3 = [(K_{Rz} \cdot R_z + K_{HB} \cdot HB) + 0,4 + 0,045F] \frac{Q^n}{F^m}$$

де HB - твердість матеріалу заготовки, $HB = 255 \text{ кгс/мм}^2$;

Q - сила, що діє по нормалі до опори, $Q = 91 \text{ кгс}$;

F - площа контакту опори з заготовкою, для установочних пластин 16×100 , $F = 32 \text{ см}^2 = 64 \text{ см}^2$;

R_z - шорсткість поверхні заготовки, $R_z = 40 \text{ мкм}$;

$n = m = 0,7$;

$K_{Rz} = 0,004$;

$K_{HB} = -0,0016$;

$$\varepsilon_3 = [(0,004 \cdot 40 - 0,0016 \cdot 255) + 0,4 + 0,045 \cdot 64] \frac{91^{0,7}}{64^{0,7}} = 16,4 (\text{мкм})$$

3.2.1.2 Визначення похибки закріплення верстатного пристрою для операції 025

Для установки на установочні площину похибка закріплення розраховується за формулою:

$$\varepsilon_3 = [(K_{Rz} \cdot R_z + K_{HB} \cdot HB) + 0,4 + 0,045F] \frac{Q^n}{F^m}$$

де HB - твердість матеріалу заготовки, $HB = 255 \text{ кгс/мм}^2$;

Q - сила, що діє по нормалі до опори, $Q = 163 \text{ кгс}$;

F - площа контакту опори з заготовкою, для установочних штирів діаметром 10мм, $F = 0,785\text{см}^2$;

R_z - шорсткість поверхні заготовки, $R_z = 60\text{мкм}$;

$n = m = 0,7$;

$K_{Rz} = 0,004$;

$K_{HB} = -0,0016$;

$$\varepsilon_3 = [(0,004 \cdot 60 - 0,0016 \cdot 255) + 0,4 + 0,045 \cdot 0,785] \frac{163^{0,7}}{785^{0,7}} = 21,9 \text{ (мкм)}$$

3.3 Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв

3.3.1 Розрахунок необхідної сили затиску заготовки Q

3.3.2 Розрахунок необхідної сили затиску Q для операцій 005

Під час фрезерування торцевою фрезою під дією колової сили різання може відбуватися зміщення заготовки в напрямку дії цієї сили. Даній силі протидіють сили тертя в місцях закріплення заготовки. Схема дії сил зображена на рисунку

005.01-02 T01

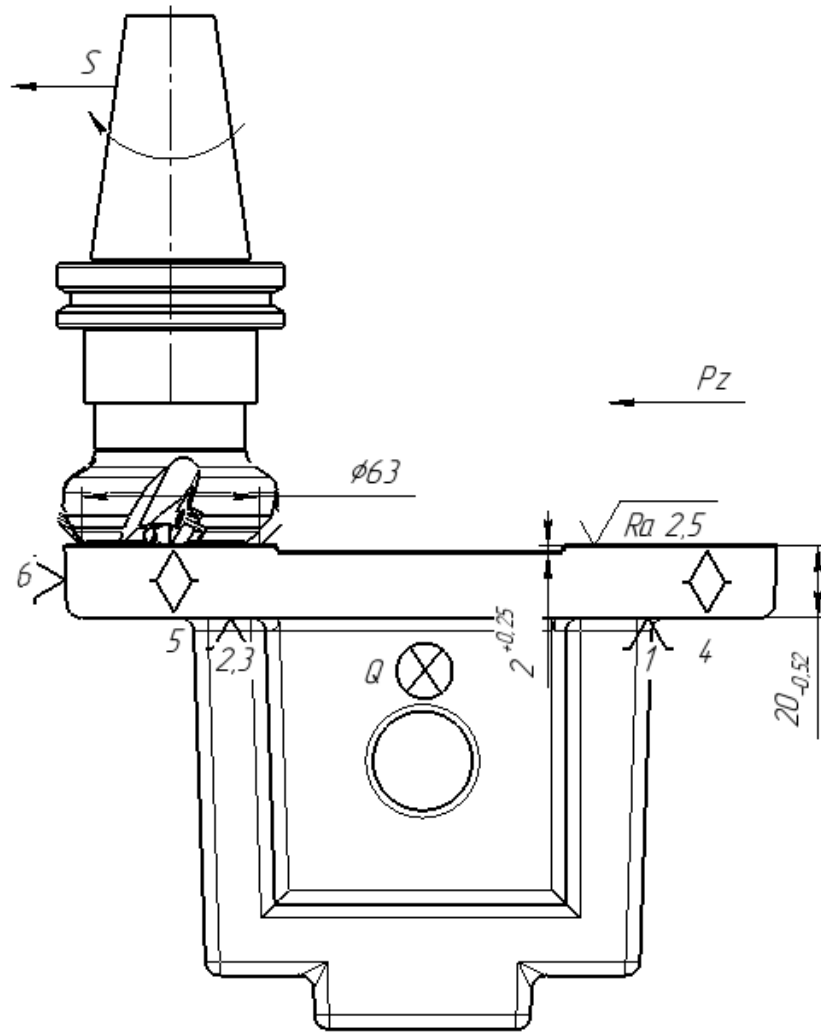


Рис.3.2-Схема дії сил

Для розрахунку приймаємо наступні припущення:

- Вагу заготовки не враховуємо;
- Всі елементи пристрою абсолютно жорсткі;
- Установочні елементи не сприймають силу різання;

Сили P_z та P_y діють у кожній точці на зовнішньому діаметрі торцевої фрези (яка взаємодіє з заготовкою), тому необхідно розрахувати складові сили різання P_z , P_y та знайти їх рівнодійну за наступною формулою:

$$P_{zy} = \sqrt{P_z^2 + P_y^2}.$$

Складова сили різання P_z була визначена за допомогою онлайн калькулятором Sandvik Coromant
: $P_z=1230$ Н

Для визначення радіальної складової сили різання P_y скористаємось наступною формулою:

$$P_y = u \cdot P_z,$$

де u – відношенню значення складових сили різання при фрезеруванні. Приймаємо $u=0,4$ Підставимо отримані значення в формулу:

$$P_y = 0,4 \cdot 1230 = 492(\text{H}).$$

Підставимо отримані значення в формулу:

$$P_{zy} = \sqrt{1230^2 + 492^2} = 1324 (\text{H}).$$

Виходячи з умови рівноваги:

$$\sum_{i=1}^n X = 0;$$
$$Q - k \cdot P_{zy} = 0;$$
$$Q = k \cdot P_{zy},$$

Для визначення сили, необхідної для надійного закріплення, вводимо коефіцієнт надійності закріплення:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5$$

де k_0 - гарантований коефіцієнт запасу надійності закріплення, $k_0 = 1,5$;
 k_1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності на заготовці, для чорнового оброблення $k_1 = 1,2$;

k_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструменту, $k_2 = 1,3$;

k_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при перервному різанні, $k_3 = 1,2$;

k_4 - коефіцієнт, що враховує непостійність затискного зусилля, для ручного затиску $k_4 = 1,3$;

k_5 - коефіцієнт, що враховує невизначеність через нерівності місця контакту заготовки з опорними елементами, що мають велику опорну поверхню(враховуючи наявності крутного моменту при повороті заготовки), для опорного елемента, що має обмежену поверхню контакту із заготовкою $k_5 = 1,0$;

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 4,5$$

Отже, сила, необхідна для надійного затиску, буде рівна:

$$Q = k \cdot F = 4,5 \cdot 1324 = 5\,958 \text{ H}$$

3.3.3 Розрахунок необхідної сили затиску Q для операції 025

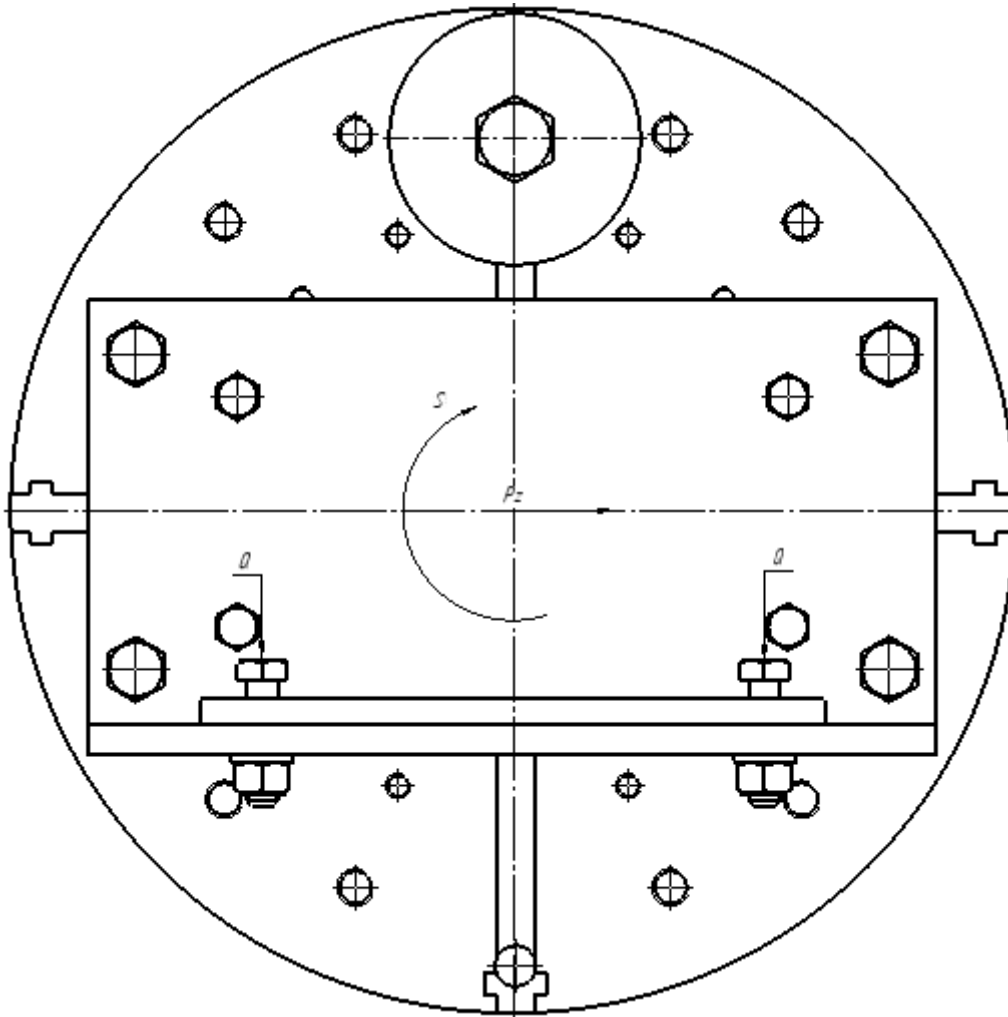


Рис.3.3-Схема дії сил

Сила різання при шліфування на даній операції:

Сила різання P , Н, визначається за формулою

$$P_z = C_{P_z} v_\delta^{0,7} S_{\text{прод}}^{0,7} t^{0,7}$$

де

C_{P_z} — приймається 20 і залежить від матеріалу

$$P_e = 20 * 20^{0,7} * 7,5^{0,76} * 0,009^{0,7} = 278 \text{ Н},$$

Отже, сила, необхідна для надійного затиску, буде рівна:

$$2Q_1 = Q = k \cdot F = 4,5 \cdot 278 = 1\,251 \text{ Н}$$

3.3.4 Розрахунок силових механізмів пристроїв для операції 005

Для закріплення деталі на пристрої необхідно щоб виконувалась умова:

$$Q < Q_d$$

Згідно з каталогом сила затиску, що розвиває гвинтовий механізм $Q=20$ кН.

Оскільки $5\,958 < 20000$ умова виконується.

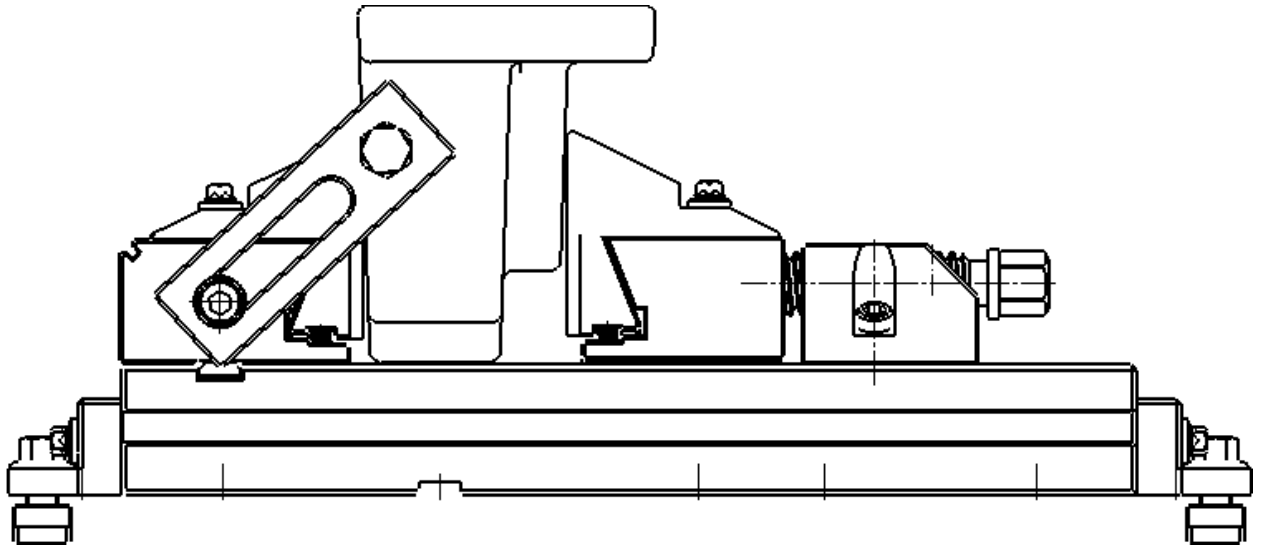


Рис.3.4-Схема затиску заготовки

Момент затяжки можна знайти за формулою:

$$M_z = 0,2 \cdot W \cdot d = 0,2 \cdot 5\,958 \cdot 14 = 16\,680 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 16,68 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Допустиме зусилля, прикладене до ключа для робітника становить $F_{\text{доп}} = 100$ Н.

Звідси, мінімальна довжина ключа:

$$l = \frac{M_z}{F_{\text{доп}}} = \frac{16\,680}{100} = 166,8 \text{ мм}, = 170 \text{ мм}$$

4 ЛІТЕРАТУРА

1. «Технологія машинобудування 2». Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт за напрямом підготовки бакалаврів 6.050502 «Інженерна механіка» подальшої спеціальності 7.05050201/8.05050201 «Технологія машинобудування» / Укладачі: Петраков Ю.В., Фролов В.К. – К.: КПІ, 2015. – 65 с. (електронне видання).
2. Технологія машинобудування – 1 [Електронний ресурс]: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт за напрямом підготовки бакалаврів 6.050502 «Інженерна механіка» спеціальності 7.05050201/8.05050201 «Технологія машинобудування» / НТУУ «КПІ»; уклад. Ю.В. Петраков, В.К. Фролов. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,91 Мбайт). – Київ: НТУУ «КПІ», 2015. – 102 с.
3. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
4. ГОСТ 25346-89 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.
5. ГОСТ 25347-82 Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки.
6. ГОСТ 24643-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.
7. ГОСТ 1412-85 Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки.
8. ГОСТ 26645-85 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
9. Методичні вказівки і контрольні завдання з дисципліни “Теорія різання”. Розрахунок режимів різання при точінні. Для студентів спеціальностей

- 12.01 і 12.02 усіх форм навчання, а також слухачів ФПК /Уклад. В.В. Коваленко, В.Г. Біланенко, А.М. Кислюк – К.: КПІ, 1993. – 72 с.
- 10.Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
- 11.Справочник нормировщика-машиностроителя. /Под ред. Е. И. Стружестраха. – М.: Машгиз, 1961. – 890 с. Т. 2.
- 12.Gerardi SpA [Электронный ресурс]: каталог содержит станочные тиски для металлообрабатывающей промышленности – Электрон. дан. – Лонате-Поццоло, 2016. – Режим доступа:
<http://www.store.gerardispa.com/vises/group-7-multitasking/multitasking-selfcentering-vise-art.640-t.3/794.html>, свободный. – Загл. с экрана.
- 13.Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
- 14.Справочник шлифовщика./Л. М. Кожуро, А. А. Панов, Э. И Ремизовский [и др.]; под общ. ред. П. С. Чистосердова. Мн.: Выш. Школа, 1981. 287 с., ил.
- 15.<https://en.wikipedia.org/wiki/Casting>
- 16.<https://ru.wikipedia.org/wiki/литье>
17. Ravi B, Metal Casting: Computer-Aided Design and Analysis, Prentice-Hall India, New Delhi, 2005, ISBN 81 203 2726 8.
18. Advanced Reasoning Technologies, AutoCAST software,
<http://www.autocast.co.in>, 2008.
19. Ravi B, Joshi D, Singh K, “Part, Tooling and Method Optimisation Driven by Castability Analysis and Cost Model,” Proceedings of 68th World Foundry Congress, Chennai, Feb 2008.
20. Ravi B, “Casting Simulation and Optimisation: Benefits, Bottlenecks, and Best Practices,” Indian Foundry Journal, 54 (1), Jan 2008.

21. Методичні вказівки до виконання лабораторно-комп'ютерного практикума з дисципліни «Проектування та виробництво заготовок» для студентів спеціальності 131. «Прикладна механіка». Проектування та виробництво литих заготовок. (Частина І). Укладачі: Добрянський С.С., к.т.н., доц., Малафєєв Ю.М. к.т.н., доц., Рачинський В.І. / НТУУ «КПІ», 2017. - 36ст. Затверджено Методичною радою НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». [Електронний ресурс].

5 Додатки

Код для операції 005

%	G01 X111.865 Y67.183	(T3 Tool D12)
O0005;(ROMAN)	G01 Y-67.183	(-----)
G17 G91 G80 G40 G49 G21	G01 X-111.865	T03 M06
G54;	G01 Y67.183	G54 G90 X0 Y0
M06 T01;	G01 X111.865	G43 H3 Z100
S1000 F100	G00 Z20	S500 F50 M3
M03	M01	G81 X80 Z-7.5 R-18.5 F0 K0
G00 X0 Y0	S1000 F100	Y35
G00 Z20	M03	X-80
G00 Z3.5	G00 X0 Y40.903	Y-35
S1000 F50	M08	G80
G01 Z0	G00 Z1.5	M1
S1000 F100	S1000 F50	M5
G01 X49.365 Y4.683	G01 Z-2	M30
G01 Y-4.683	S1000 F100	%
G01 X-49.365	G03 X14.312 Y26.666 R25	
G01 Y4.683	G01 Y-29.295	
G01 X49.365	G01 X-14.312	
G01 X61.865 Y17.183	G01 Y26.666	
G01 Y-17.183	G03 X0 Y40.903 R25	
G01 X-61.865	G00 Z20	
G01 Y17.183	M09	
G01 X61.865	G00 Z100	
G01 X74.365 Y29.683	(-----)	
G01 Y-29.683	(T2 Tool D3.15)	
G01 X-74.365	(-----)	
G01 Y29.683	T02 M06	
G01 X74.365	G54 G90 X0 Y0	
G01 X86.865 Y42.183	G43 H2 Z100	
G01 Y-42.183	S500 F50 M3	
G01 X-86.865	G81 X80 Y-35 Z-7.5 R-18.5 F0	
G01 Y42.183	K0	
G01 X86.865	Y35	
G01 X99.365 Y54.683	X-80	
G01 Y-54.683	Y-35	
G01 X-99.365	G80	
G01 Y54.683	M1	
G01 X99.365	(-----)	

Код для операції 010

%

O00010

G53 G40 G49 G80 (Cancel
everything)

G17 G21 G54 G90 G94 (New
settings)

T01 M06 (Calling the first tool)
(torcheva d63)

G43 H01 (tool length
compensation)

S1200 F950 M3 (rezhim rezania)
Z20.

M8 (sosh)

G00 X-150. Z1

G01 Z-1

X-100.75

X135.75 Y0.

Y15.

X-100. Y15.

Y30.

X135.75 Y30.

Y45.

X-100. Y45.

G00 X135.75 Z20

M9

T02 M06 (centrovka)

G43 H2 (kompensacuya)

S3800 F650 M3 (rezhim rezania)
Z20

M8

G00 X19.997 Y-12.5

G00 Z20

G00 Z-8.5

G01 Z-14

G00 Z20

G00 X20 Y12.5

G00 Z-8.5

G01 Z-14

G00 Z20

G00 X-20

G00 Z-8.5

G01 Z-14

G00 Z20

G00 X-19.997 Y-12.5

G00 Z-8.5

G01 Z-14

G00 Z20

G00 Z100

M01

T3

S500 F50

M03

G00 X19.997 Y-12.5

G00 Z20

G00 Z-8.5

G01 Z-22

G00 Z20

G00 X20 Y12.5

G00 Z-8.5

G01 Z-22

G00 Z20

G00 X-20

G00 Z-8.5

G01 Z-22

G00 Z20

G00 X-19.997 Y-12.5

G00 Z-8.5

G01 Z-22

G00 Z20

G00 Z100

M01

T4

S100 F150

M03

G00 X-19.997 Y-12.5

G00 Z-8.812

G01 Z-22

M04

G01 Z-8.812

M03

G00 Z20

G00 X-20 Y12.5

G00 Z-8.812

G01 Z-22

M04

G01 Z-8.812

M03

G00 Z20

G00 X20

G00 Z-8.812

G01 Z-22

M04

G01 Z-8.812

M03

G00 Z20

G00 X19.997 Y-12.5

G00 Z-8.812

G01 Z-22

M04

G01 Z-8.812

M03

G00 Z100

M01

T5

S1000 F100

M03

G00 X-80 Y62.5

G00 Z20

M08

G00 Z-113.5

S1000 F50

G01 Z-129

S1000 F100

G00 Z20

G00 Y-7.5

G00 Z-113.5

S1000 F50

G01 Z-129

S1000 F100

G00 Z20

G00 X80

G00 Z-113.5

S1000 F50	G01 X49.365	G01 X5
G01 Z-129	G01 X61.865 Y27.5	G02 X-5 Y0 R5
S1000 F100	G01 Y-22.5	G02 X5 Y0 R5
G00 Z20	G01 X-61.865	G01 X10
G00 Y62.5	G01 Y27.5	G02 X-10 Y0 R10
G00 Z-113.5	G01 X61.865	G02 X10 Y0 R10
S1000 F50	G01 X74.365 Y40	G01 X15
G01 Z-129	G01 Y-35	G02 X-15 Y0 R15
S1000 F100	G01 X-74.365	G02 X15 Y0 R15
G00 Z20	G01 Y40	G01 X20
M09	G01 X74.365	G02 X-20 Y0 R20
G00 Z100	G01 X86.865 Y52.5	G02 X20 Y0 R20
M01	G01 Y-47.5	G01 X25
M05	G01 X-86.865	G02 X-25 Y0 R25
M30	G01 Y52.5	G02 X25 Y0 R25
%	G01 X86.865	G01 X30
	G01 X99.365 Y65	G02 X-30 Y0 R30
	G01 Y-60	G02 X30 Y0 R30
	G01 X-99.365	G02 X28.5 Y-1.5 R1.5
Код для операції 015	G01 Y65	G00 Z20
%	G01 X99.365	G00 X0 Y0
O0005;(ROMAN)	G01 X111.865 Y77.5	G00 Z-11
G17 G91 G80 G40 G49 G21	G01 Y-72.5	S1000 F50
G54;	G01 X-111.865	G01 Z-25
M06 T01;	G01 Y77.5	S1000 F100
S1000 F100	G01 X111.865	G02 X-0.001 Y0 R0.001
M03	G00 Z20	G02 X0 Y0 R0.001
G00 X0 Y2.5	G00 Z100	G01 X5
G00 Z20	M01	G02 X-5 Y0 R5
G00 Z6.5	T5	G02 X5 Y0 R5
S1000 F50	S1000 F100	G01 X10
G01 Z0	M03	G02 X-10 Y0 R10
S1000 F100	G00 X0 Y0	G02 X10 Y0 R10
G01 X36.866 Y2.501	G00 Z20	G01 X15
G01 Y2.499	M08	G02 X-15 Y0 R15
G01 X-36.866	G00 Z1.5	G02 X15 Y0 R15
G01 Y2.501	S1000 F50	G01 X20
G01 X36.866	G01 Z-12.5	G02 X-20 Y0 R20
G01 X49.365 Y15	S1000 F100	G02 X20 Y0 R20
G01 Y-10	G02 X-0.001 Y0 R0.001	G01 X25
G01 X-49.365	G02 X0 Y0 R0.001	G02 X-25 Y0 R25
G01 Y15		

G02 X25 Y0 R25	G01 X5	G02 X18.5 Y-1.5 R1.5
G01 X30	G02 X-5 Y0 R5	G00 Z20
G02 X-30 Y0 R30	G02 X5 Y0 R5	G00 X0 Y0
G02 X30 Y0 R30	G01 X10	G00 Z-48.5
G02 X28.5 Y-1.5 R1.5	G02 X-10 Y0 R10	S1000 F50
G00 Z20	G02 X10 Y0 R10	G01 Z-70
G00 X0 Y0	G02 X8.5 Y-1.5 R1.5	S1000 F100
G00 Z-23.5	G00 Z20	G02 X-0.001 Y0 R0.001
S1000 F50	G00 X0 Y0	G02 X0 Y0 R0.001
G01 Z-37.5	G00 Z-88.5	G01 X5
S1000 F100	S1000 F50	G02 X-5 Y0 R5
G02 X-0.001 Y0 R0.001	G01 Z-110	G02 X5 Y0 R5
G02 X0 Y0 R0.001	S1000 F100	G01 X10
G01 X5	G02 X-0.001 Y0 R0.001	G02 X-10 Y0 R10
G02 X-5 Y0 R5	G02 X0 Y0 R0.001	G02 X10 Y0 R10
G02 X5 Y0 R5	G01 X5	G02 X8.5 Y-1.5 R1.5
G01 X10	G02 X-5 Y0 R5	G00 Z20
G02 X-10 Y0 R10	G02 X5 Y0 R5	G00 X0 Y0
G02 X10 Y0 R10	G01 X10	G00 Z20
G01 X15	G02 X-10 Y0 R10	G54 X-35.36 Y37.86 Z0
G02 X-15 Y0 R15	G02 X10 Y0 R10	G0 X8.5 Z20
G02 X15 Y0 R15	G02 X8.5 Y-1.5 R1.5	M9
G01 X20	G00 Z20	Z100
G02 X-20 Y0 R20	M09	M1
G02 X20 Y0 R20	G00 Z100	(-----)
G02 X18.5 Y-1.5 R1.5	M01	(T2 Tool D3.15)
G00 Z20	T2	(-----)
G00 X0 Y0	S500 F50	T02 M06
G00 Z-36	M03	G54 G90 X0 Y0
S1000 F50	G00 X-35.36 Y37.86	G43 H2 Z100
G01 Z-50	G02 X-5 Y0 R5	S500 F50 M3
S1000 F100	G02 X5 Y0 R5	G81 X-35.36 Y37.86 Z-15.5 R-
G02 X-0.001 Y0 R0.001	G01 X10	18.5 F0 K0
G02 X0 Y0 R0.001	G02 X-10 Y0 R10	X37.86 Y35.36
G01 X5	G02 X10 Y0 R10	X35.36 Y-37.86
G00 Z-68.5	G01 X15	X-37.86 Y-35.36
S1000 F50	G02 X-15 Y0 R15	G80
G01 Z-90	G02 X15 Y0 R15	M1
S1000 F100	G01 X20	(-----)
G02 X-0.001 Y0 R0.001	G02 X-20 Y0 R20	(T3 Tool D10.2)
G02 X0 Y0 R0.001	G02 X20 Y0 R20	(-----)

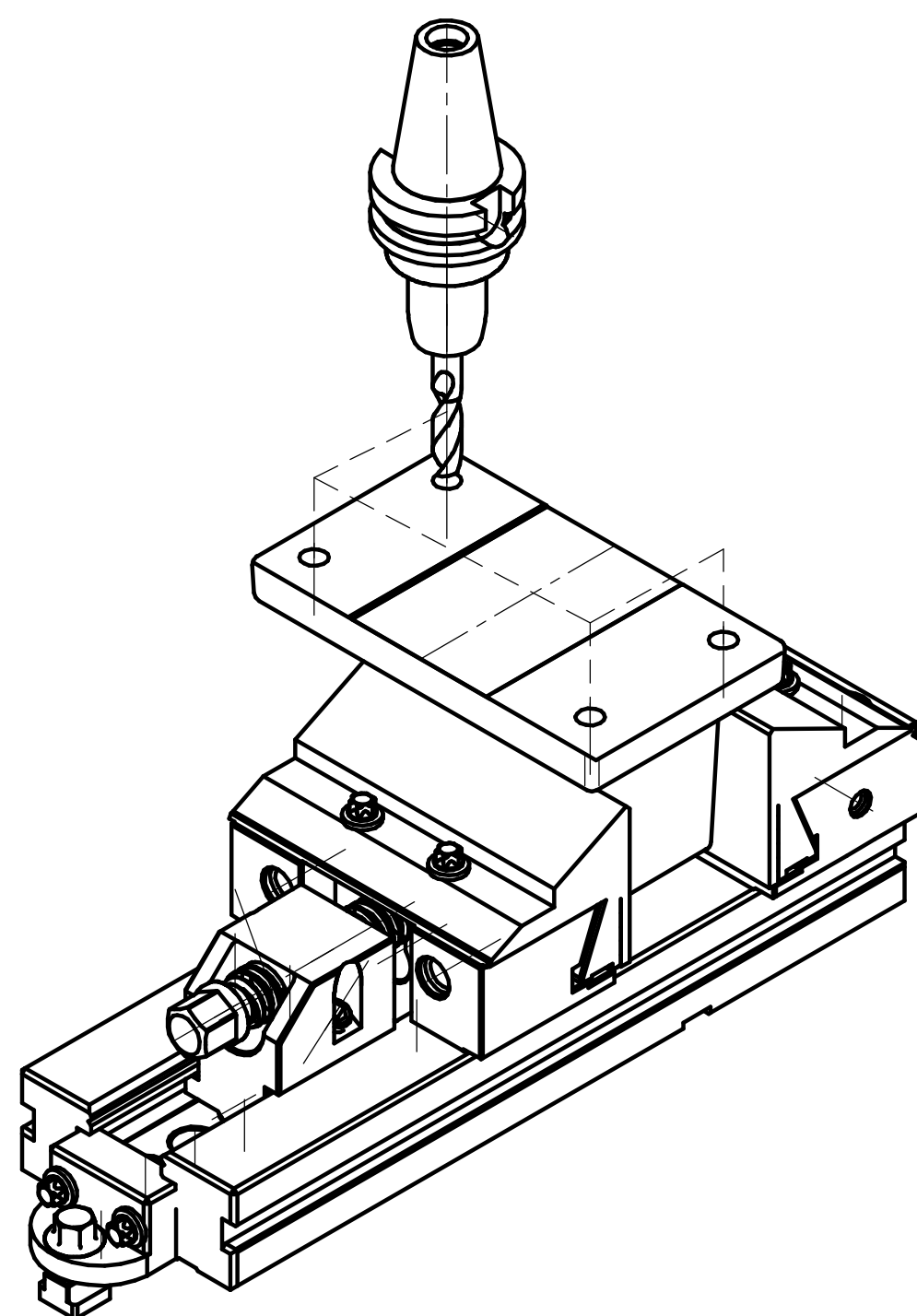
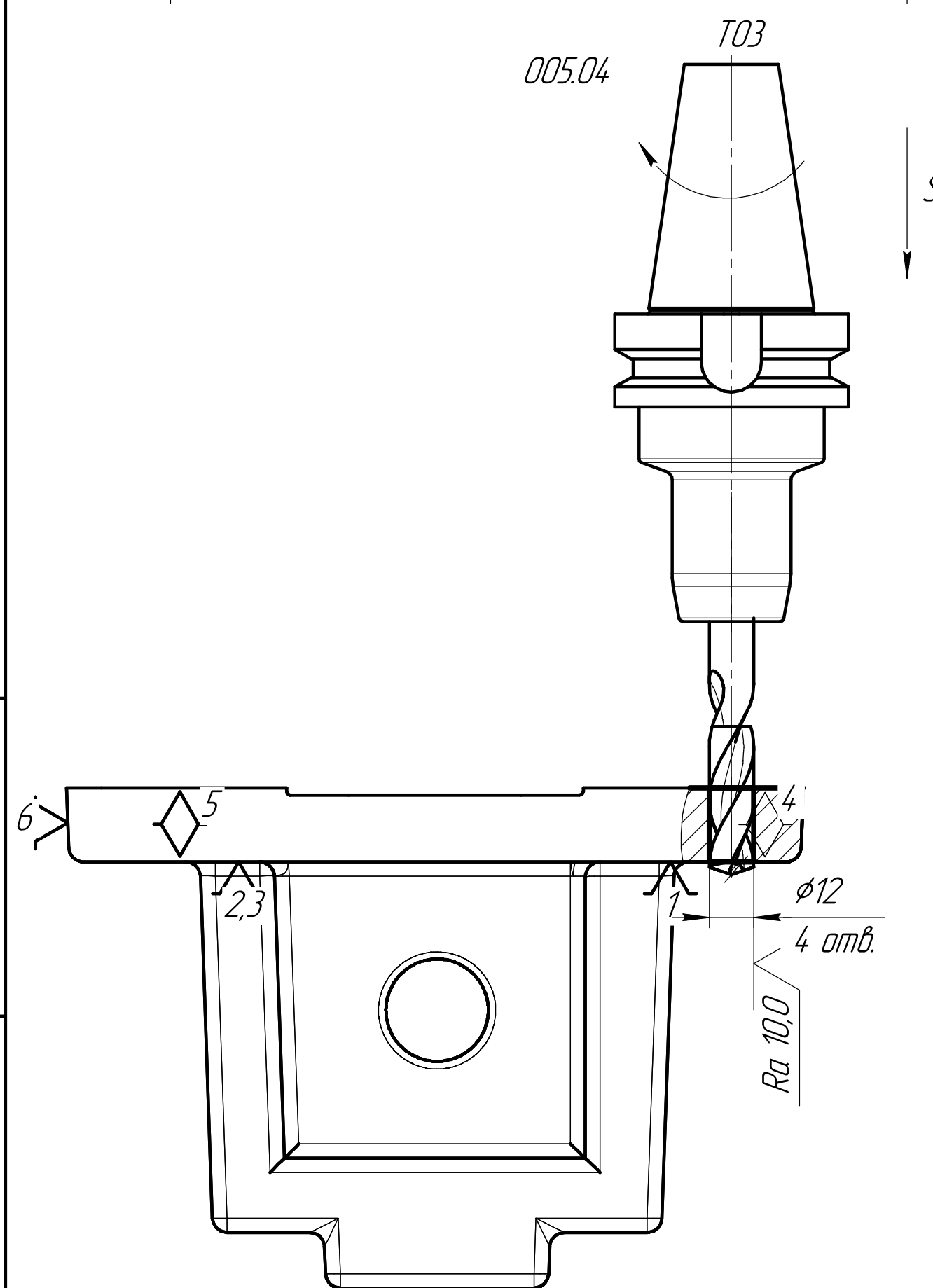
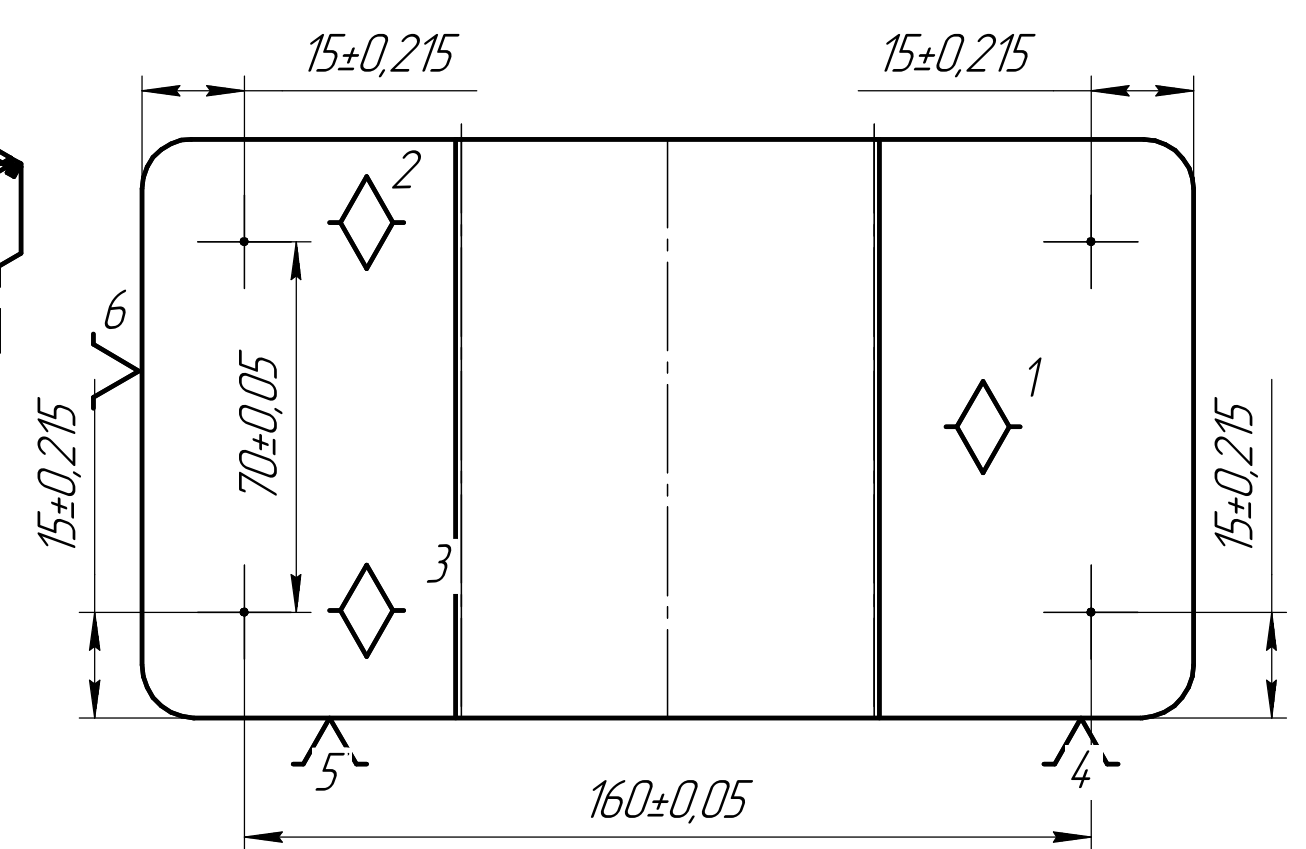
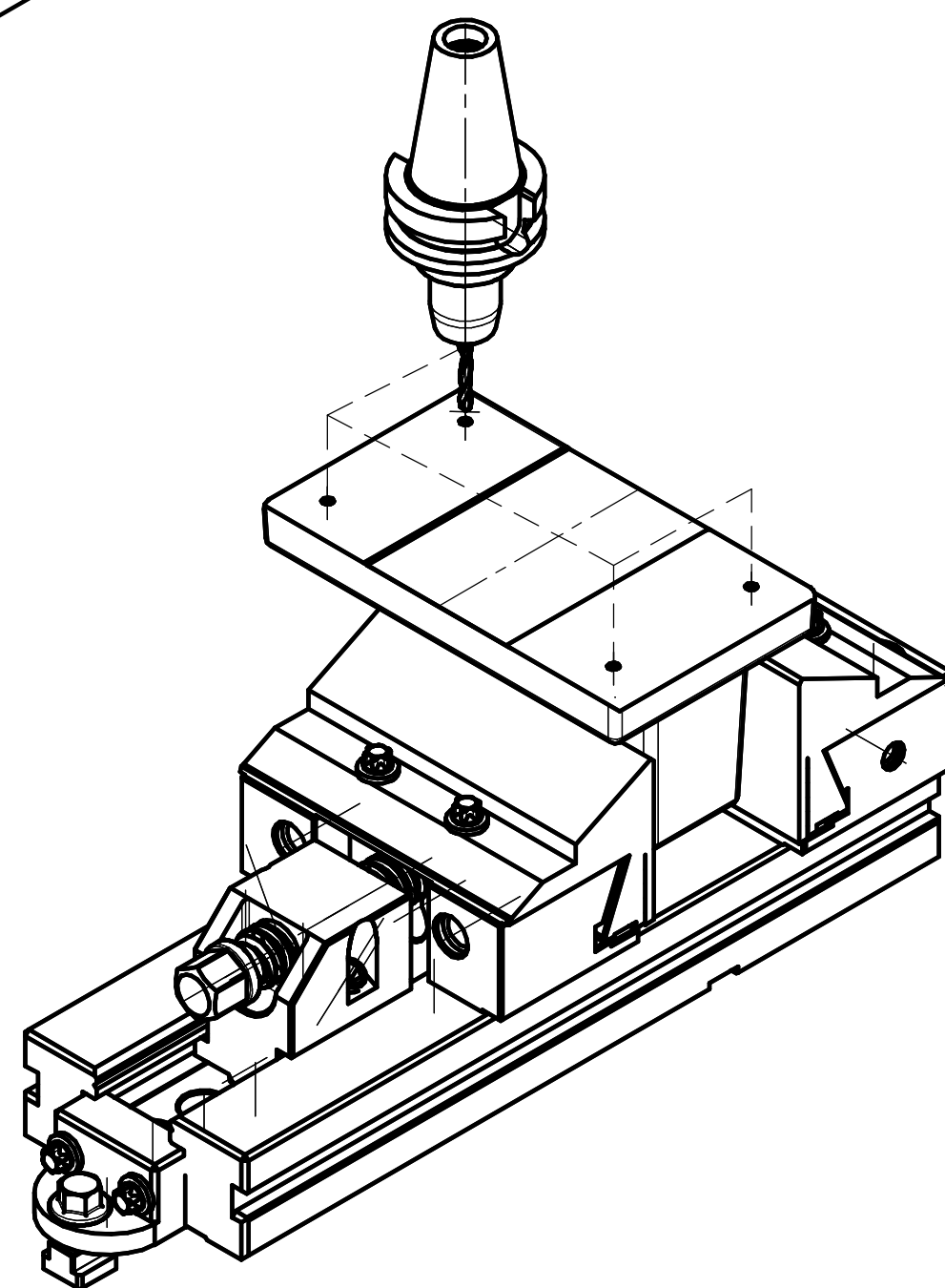
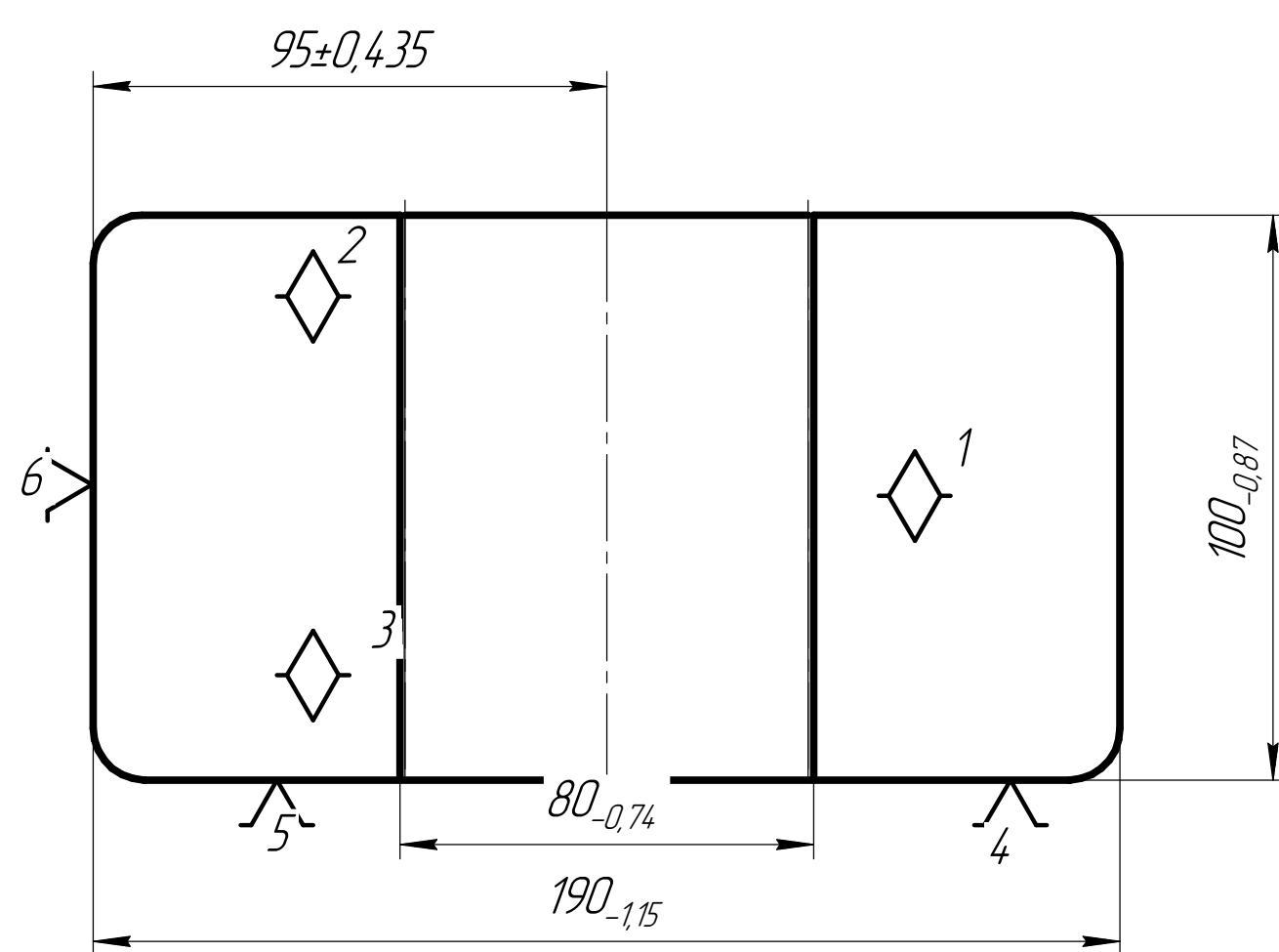
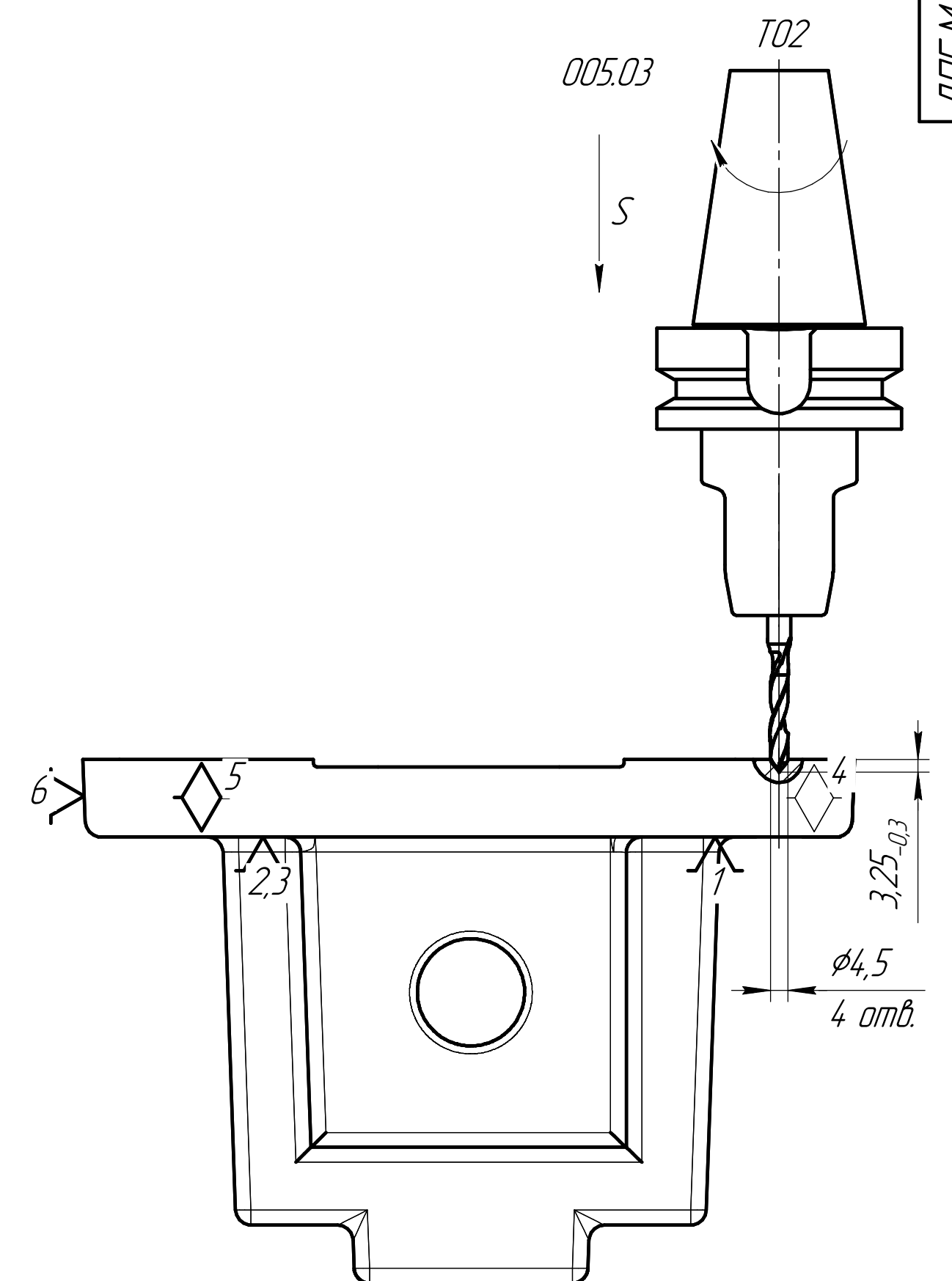
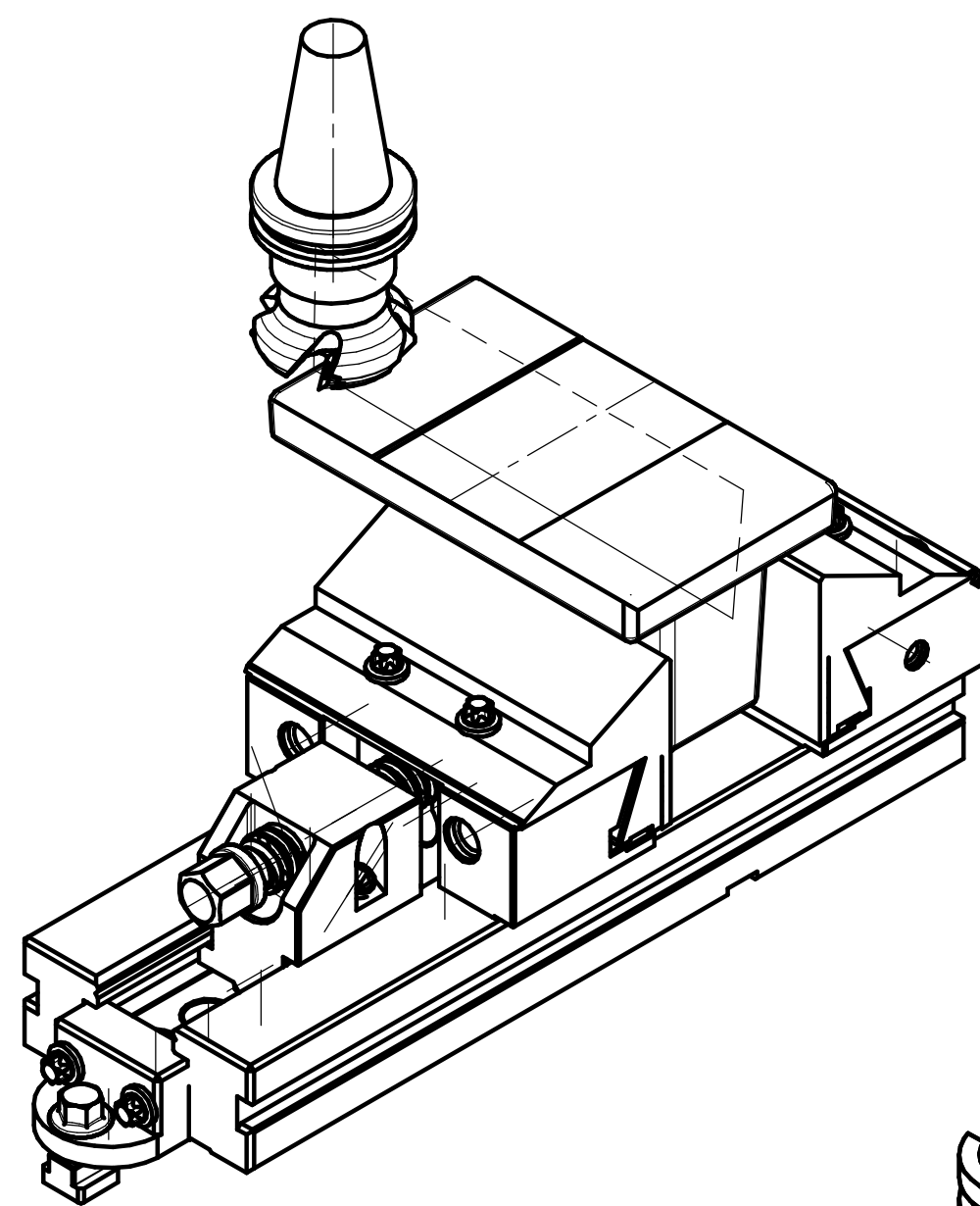
T03 M06
G54 G90 X0 Y0
G43 H3 Z100
S500 F50 M3
G81 X-35.36 Y37.86 Z-15.5 R-18.5 F0 K0
X37.86 Y35.36
X35.36 Y-37.86
X-37.86 Y-35.36
G80
M1
(-----)
(T4 Tool D12)
(-----)
T04 M06
G54 G90 X0 Y0
G43 H4 Z100
S100 F150 M3
G84 X-35.36 Y37.86 Z-15.053 R-18.947 P0 F0 K0
X37.86 Y35.36
X35.36 Y-37.86
X-37.86 Y-35.36
G80
M5
M30
%

[illegible]

										ГОСТ 3.1118 – 82				Формат						
Дубл.										Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Взам.																				
Подп.																				
Разраб.	Роман О.С.			09.06.2024							ДП.ТМ-4.0215.001.МК.			КПІ ім.І.Сікорського, НН ММІ, гр. МТ-02						
Пров.																				
Утв.																				
Н. контр.																				
M01																				
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	Ким	Код заготовки			Профиль и размеры				КД	МЗ					
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования								См.	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.		
A03	X	X	X	005	Фрезерна															
B04																				
05	X	X	X	006	Слесарна															
06																				
07	X	X	X	007	Тех. Контроль															
08																				
09	X	X	X	010	Фрезерна															
10																				
11	X	X	X	011	Слесарна															
12																				
13	X	X	X	012	Тех. Контроль															
14																				
15	X	X	X	015	Фрезерна															
МК																				

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
											КП.ТМ-4.0215.001.МК.					КПІ ім.І.Сікорського, НН ММІ, гр. МТ-02				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код, наименование оборудования					ОМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт				
К/М	Наименование детали, св. единицы или материала					Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.рх					
01	X	X	X	016	Слесарна															
02																				
03	X	X	X	017	Тех. Контроль															
04																				
05	X	X	X	020	Фрезерна															
06																				
07	X	X	X	021	Слесарна															
08																				
09	X	X	X	022	Тех. Контроль															
10																				
11	X	X	X	025	Шліфувальна															
12																				
13	X	X	X	030	Миюча															
14																				
15	X	X	X	035	Тех. Контроль															
МК																				

ДПБ.МТ-02.215.002 ТК.



%

000005

G53 G40 G49 G80 (Cancel everything)

G17 G21 G54 G90 G94 (New settings)

T01 M06 (Calling the first tool) (torcheva d63)

G43 H01 (tool length compensation)

S1200 F950 M3 (rezhim rezania)

M8

G00 X-70. Z1.5

G01 Z-1.6

F960

X205.75 Y0.

Y17.

$X-15.75$

Y33.

X205.75

Y50.

T03 M06 (Calling the third tool d12)

G43 H03 (tool length compensation)

s360 M03 (vrashenie po chasovoi)

M8

G00 X15. Y66.

GOO Z1.

G99 G86 X15. Y66. Z-20. R1. F50

X175. Y36.

G80

M9

M30

%

№ інструменту	Найменування інструменту	h	S	V	n	T_0
T01	Фреза торцева $\phi 63$	1,6	3,7	240	1090	3,186
		0,4	1,8	244	1210	7,860
T02	Центрувальне свердло	3,5	0,1	25	2000	0,4
T03	Свердло спіральне $\phi 12$	–	0,32	107	2800	1524

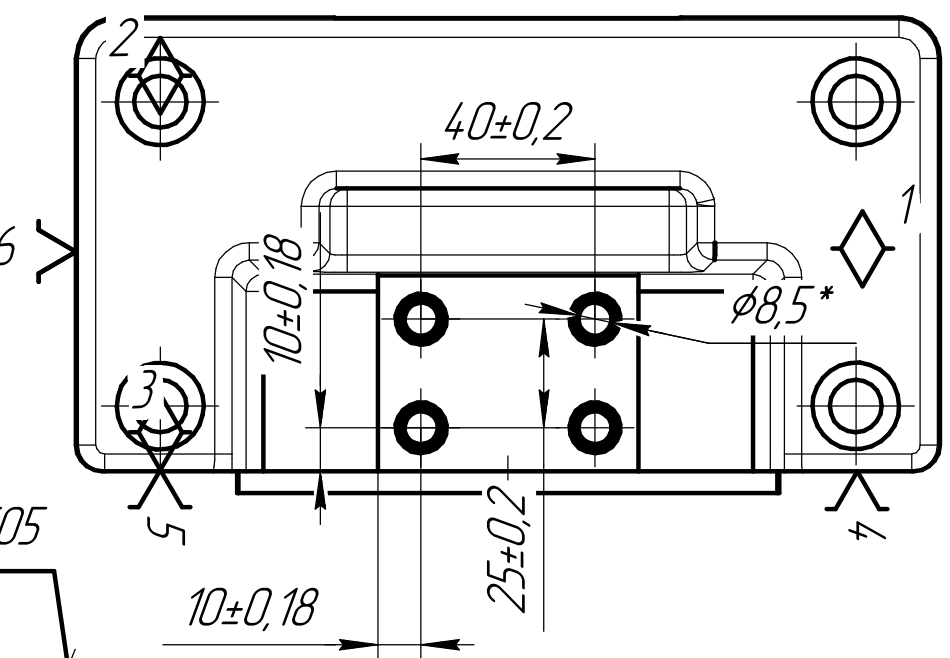
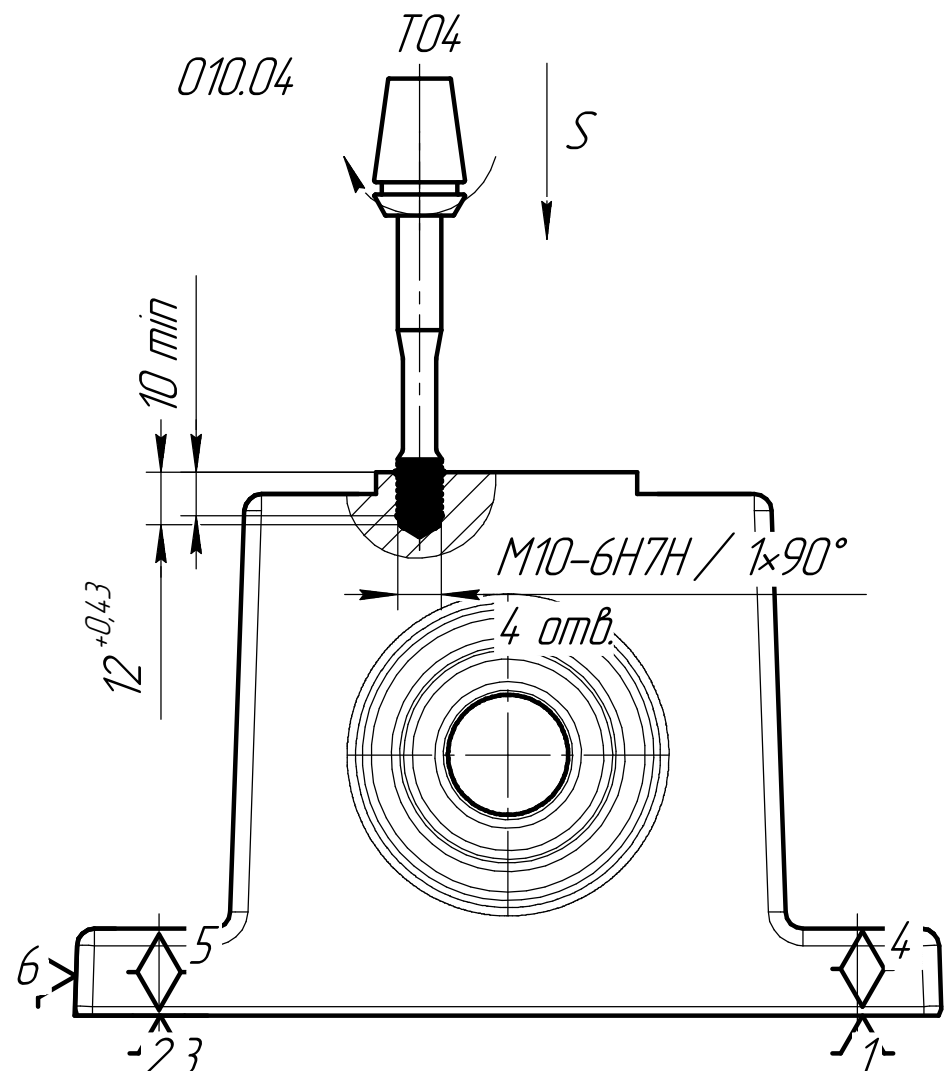
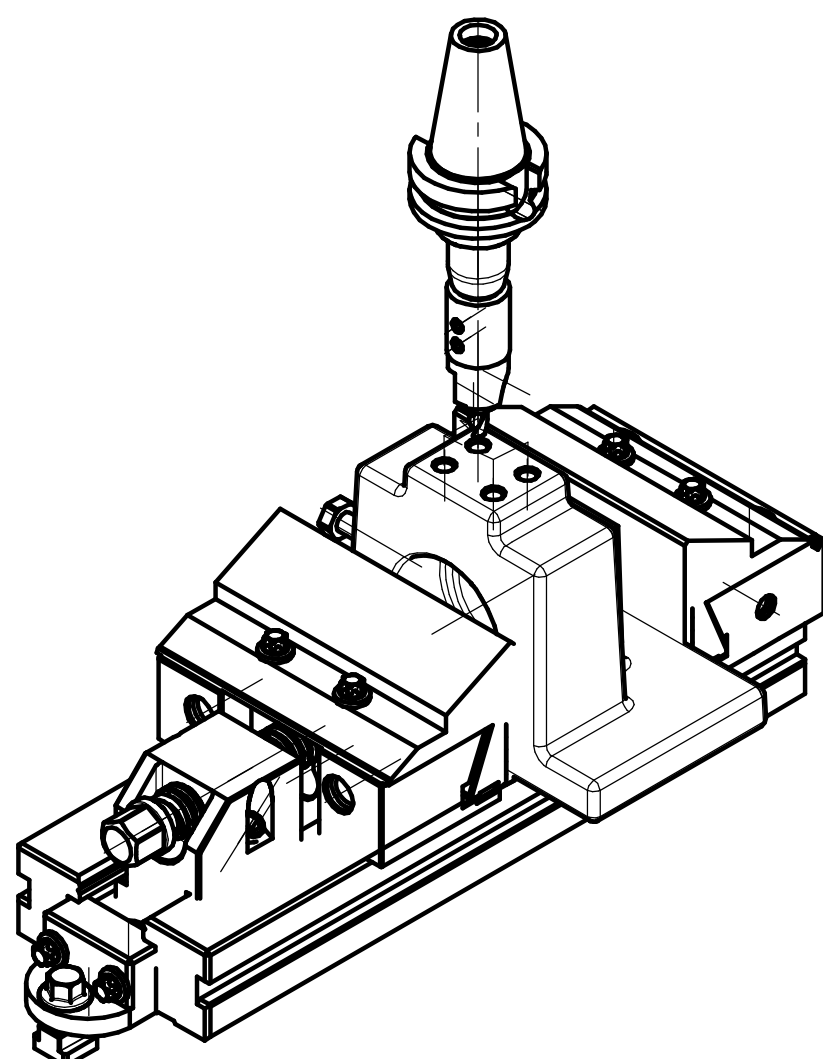
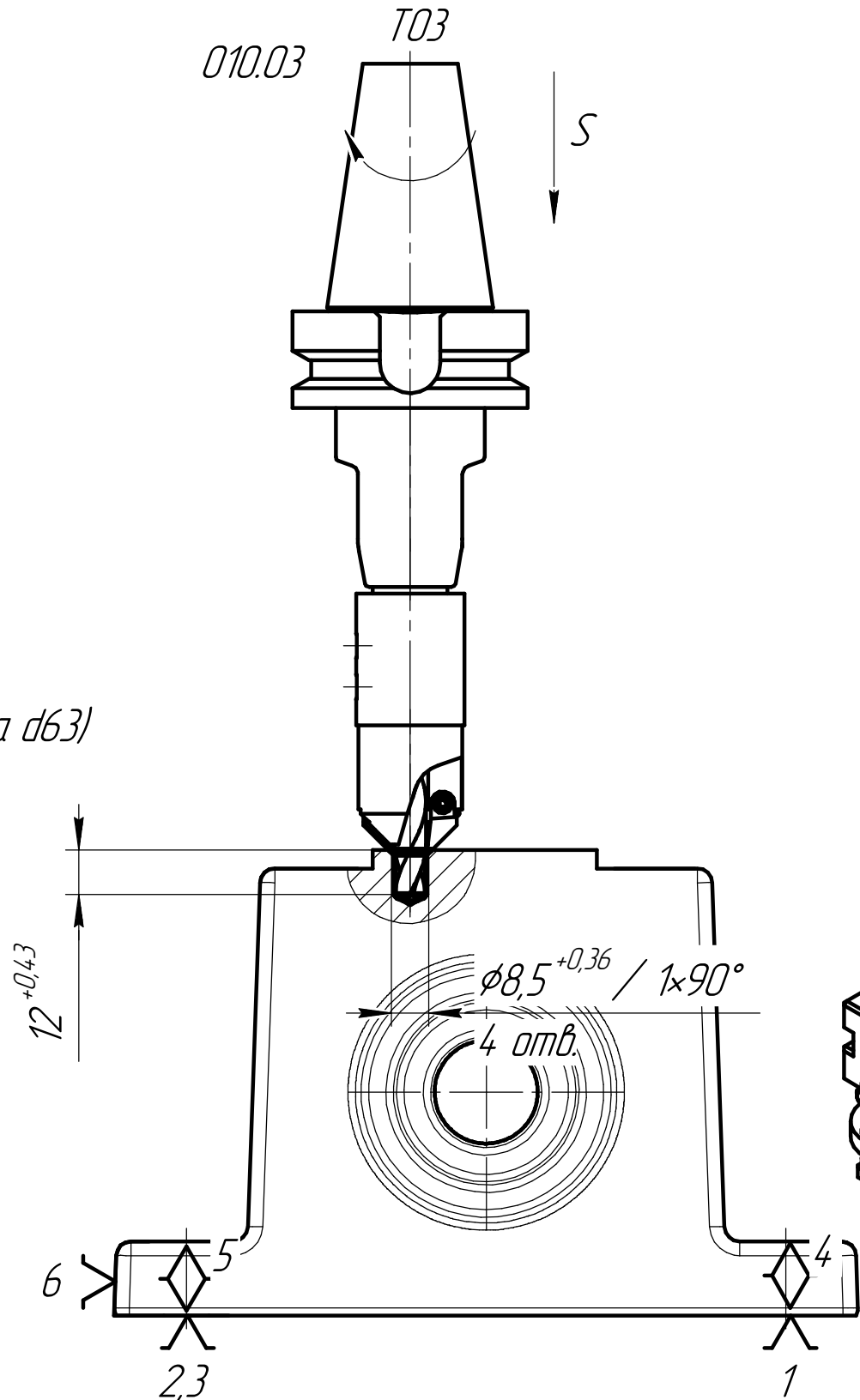
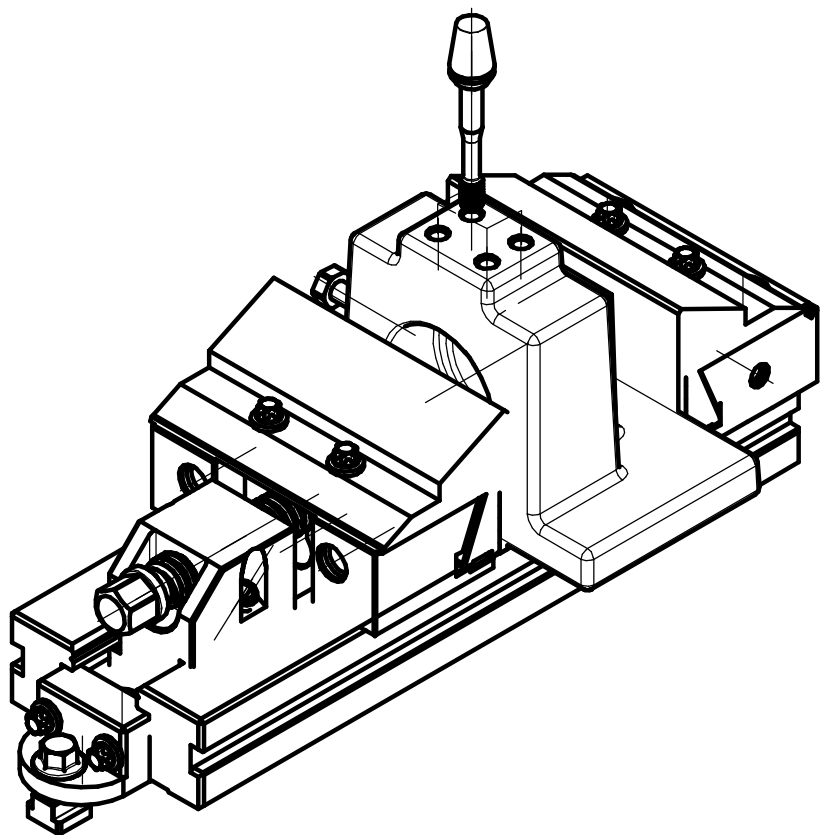
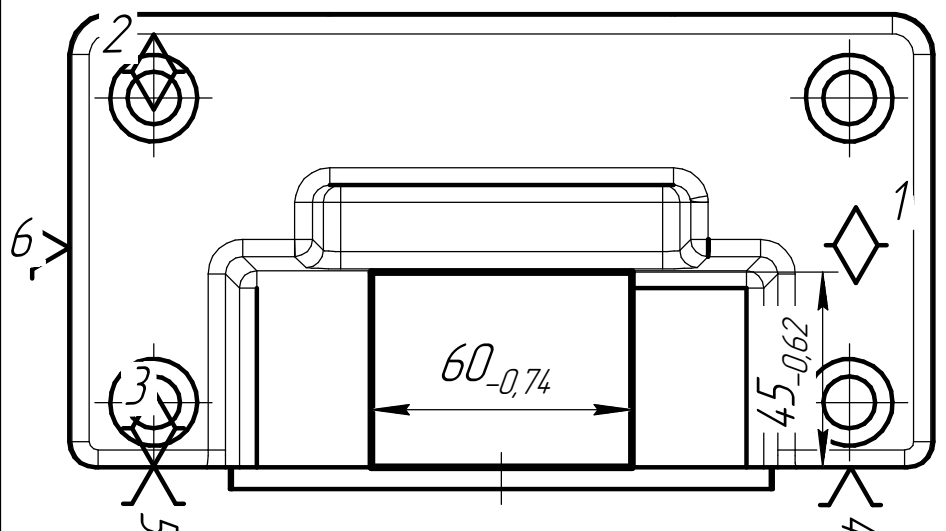
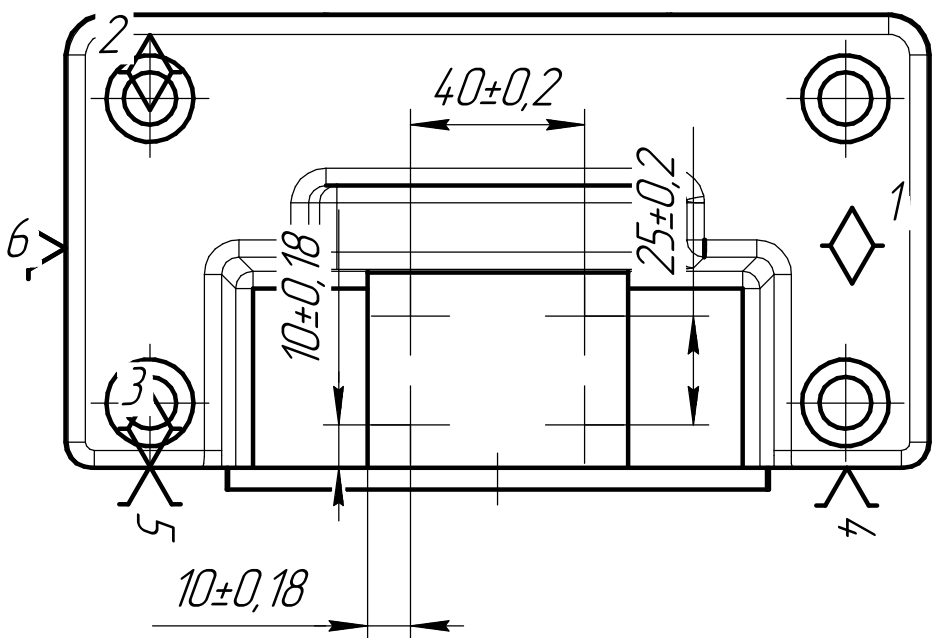
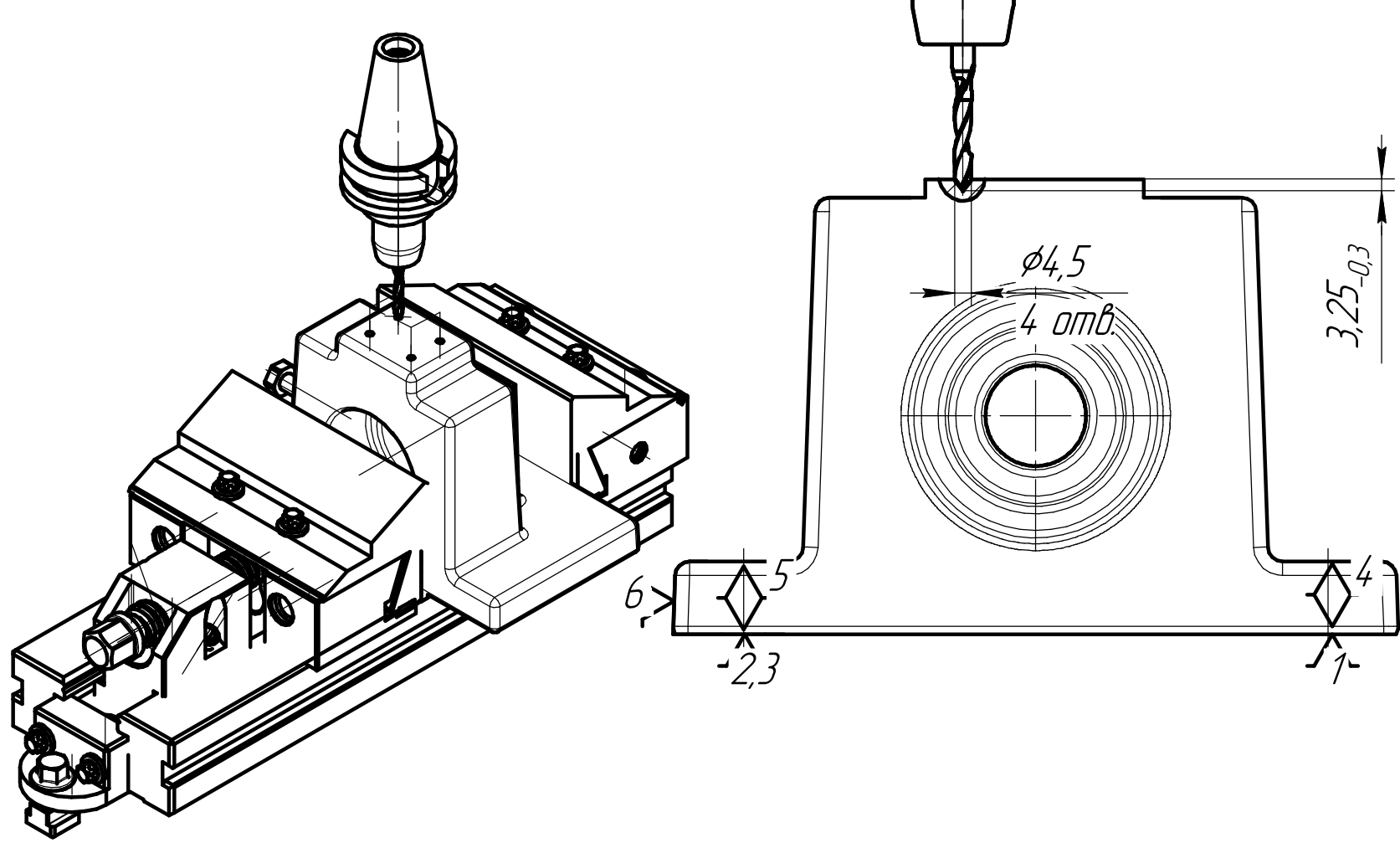
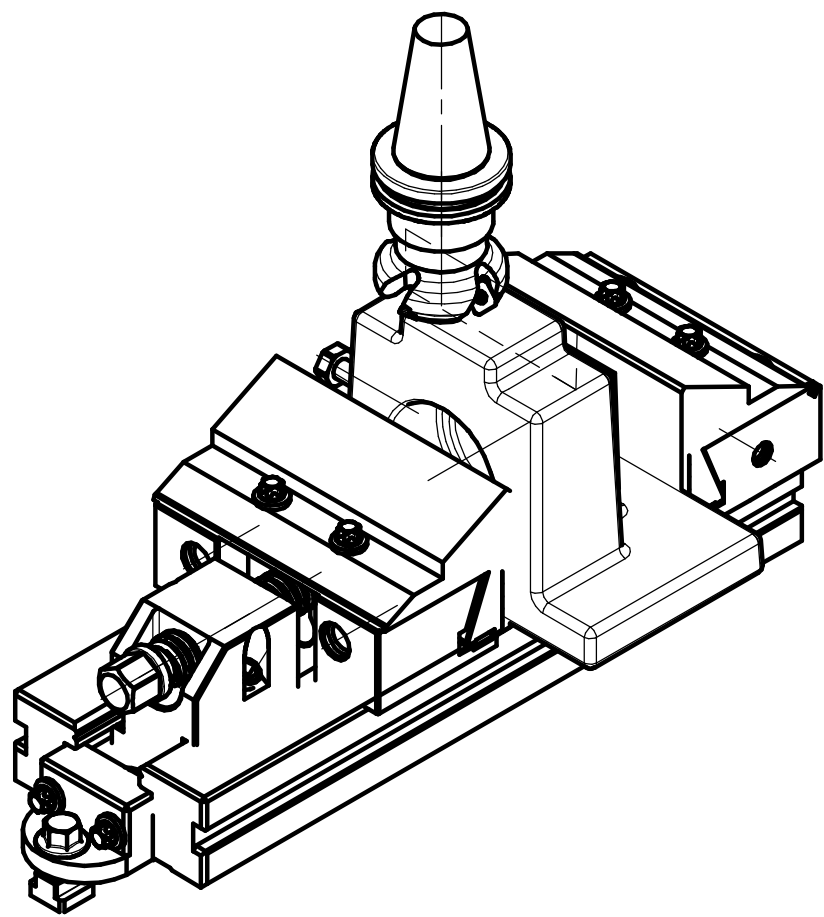
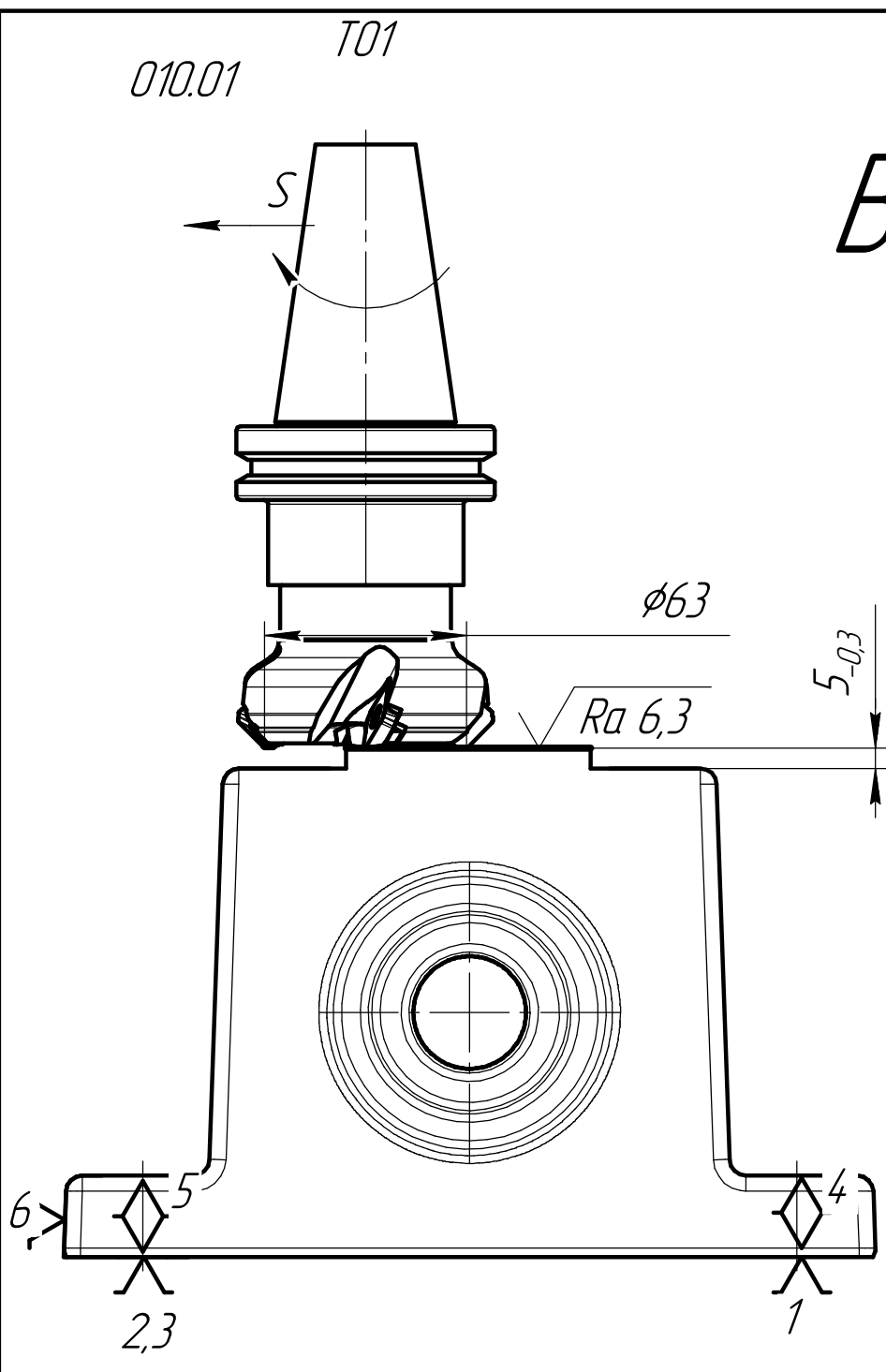
						ДПБ.МТ-02.215.002.ТК.		
						Графічне зображення операції 005		
Ізм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата			Лист	Масштаб	Масштаб
Розроб.	Роман О.С.						0	1:1
Проб.	Гладський ММ					Лист	Листов	1
Т.контр.						КПІ ім.Сікорського, НН ММІ, зв. МТ-02		
Н.контр.								
Чтб.								

Копировал

Формат А1

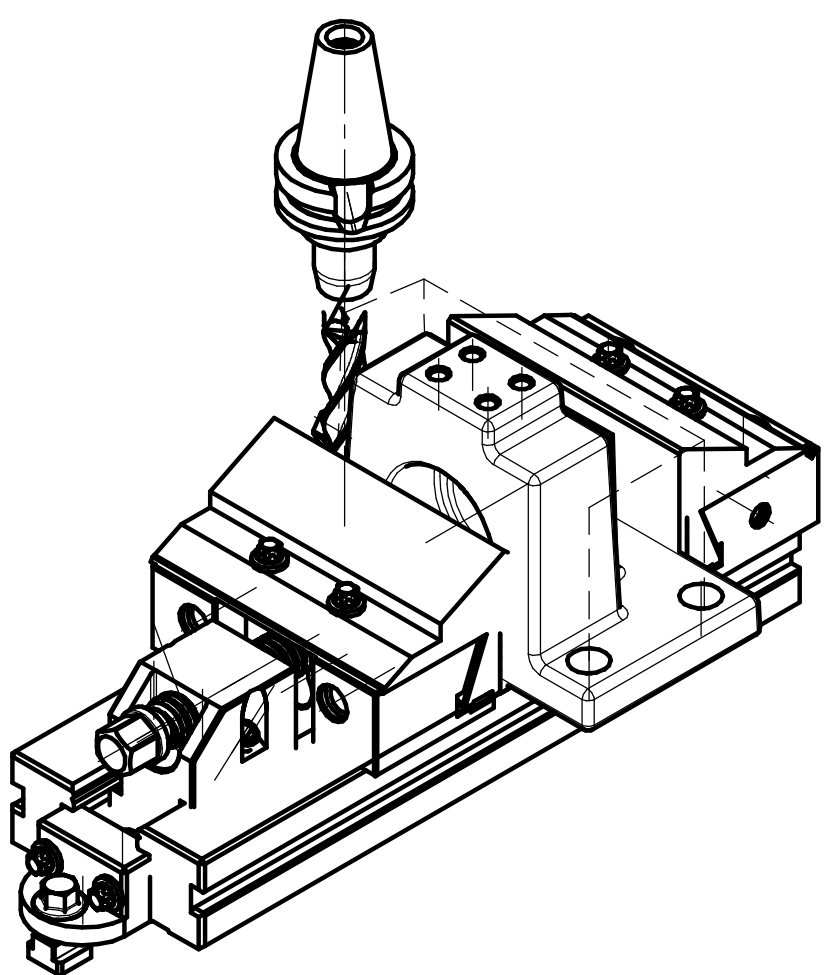
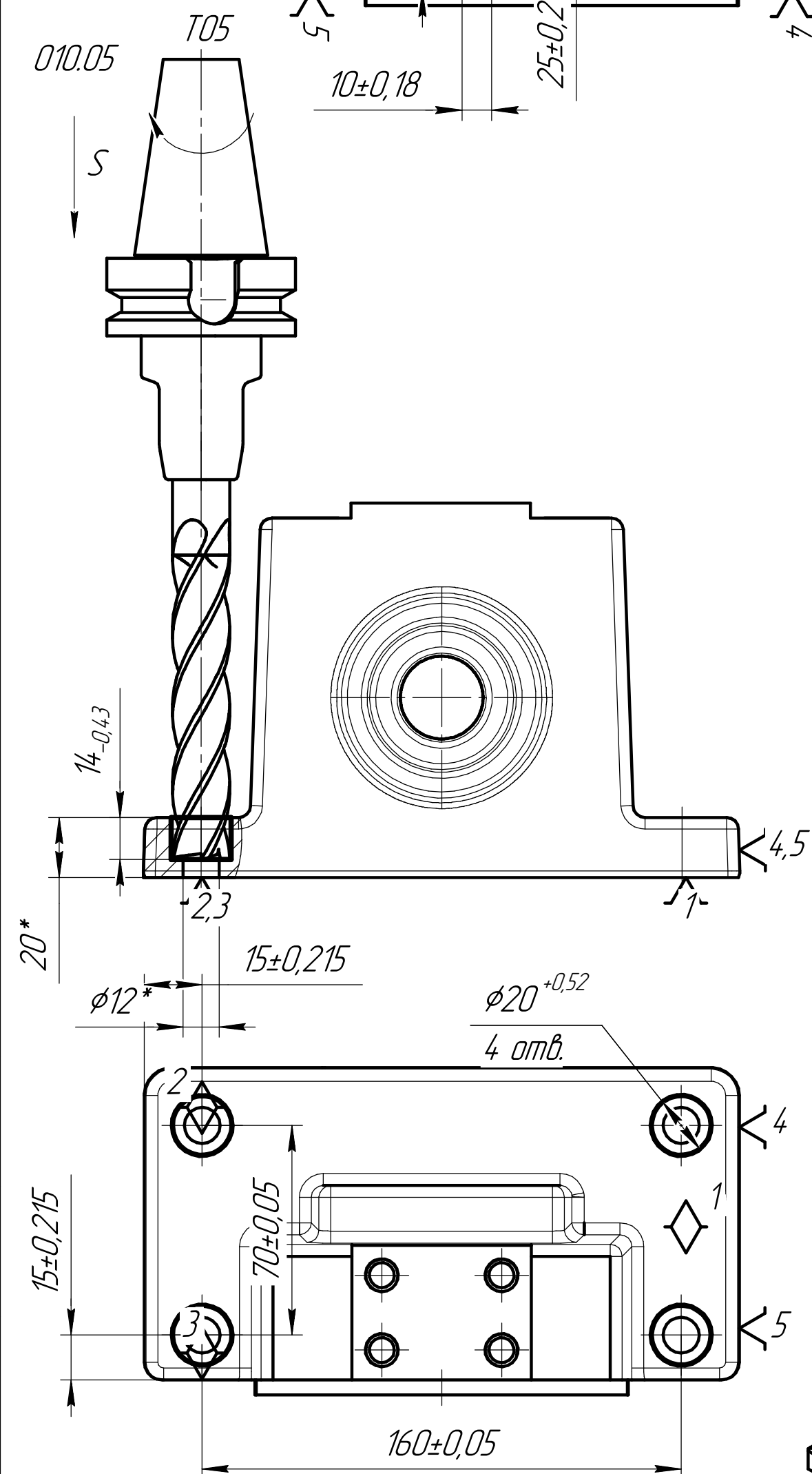
Операція 010. Фрезерна з ЧПК
Вертикально-фрезерний верстат HAAS VF-2

ДЛБ.МТ-02.215.003.ТК.



Елементи g-коду
%
000005
G53 G40 G49 G80 (Cancel everything)
G17 G21 G54 G90 G94 (New settings)
T01 M06 (Calling the first tool) (forcheva d63)
G43 H01 (tool length compensation)
S1200 F950 M3 (rezhim rezania)
Z20.
M8 (sash)
G00 X-40. Z1
G01 Z-1
X-15.75
X135.75 Y0.
Y15.
X-15.75 Y15.
Y30.
X135.75 Y30.

.....
T03 M06 (sverlo d'10)
G43 H3
S2100 F300 M3
Z20.
M8
X40. Z0.
G01 Z-11.
G00 Z20.
Y35.
Z0.
G01 Z-11.
G00 Z20.
X80. Z0.
G01 Z-11.
G00 Z20.
Y10.
Z0.
G01 Z-11.
G00 Z20.
M9 (sach off)
M5 (Spindle Stop)
M30
%



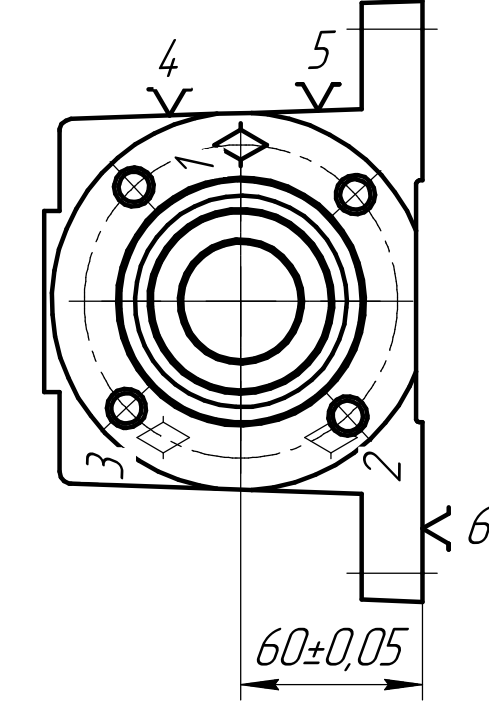
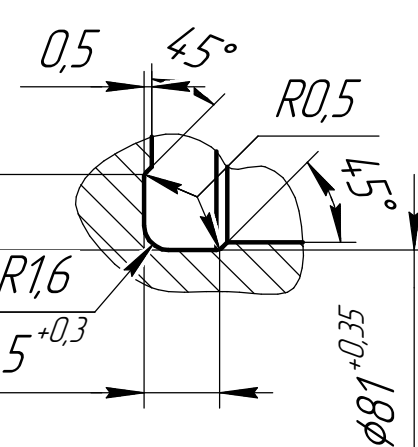
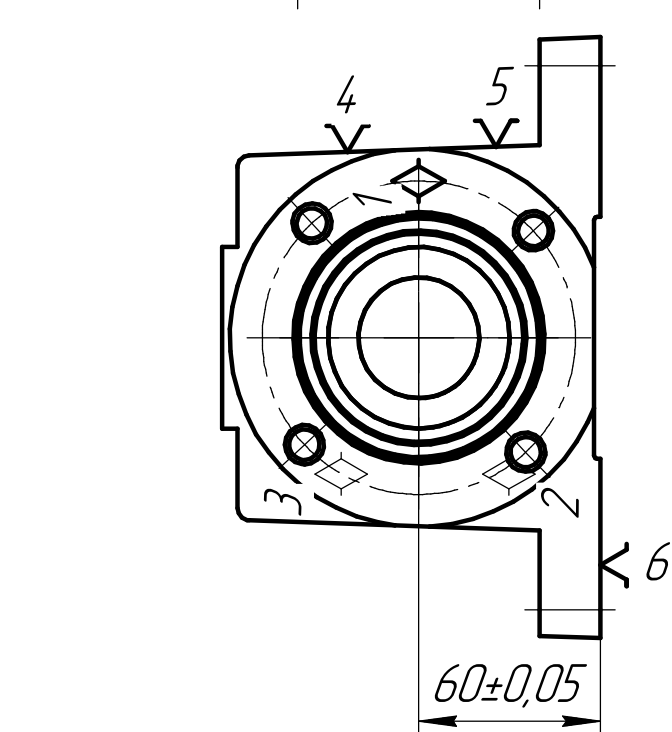
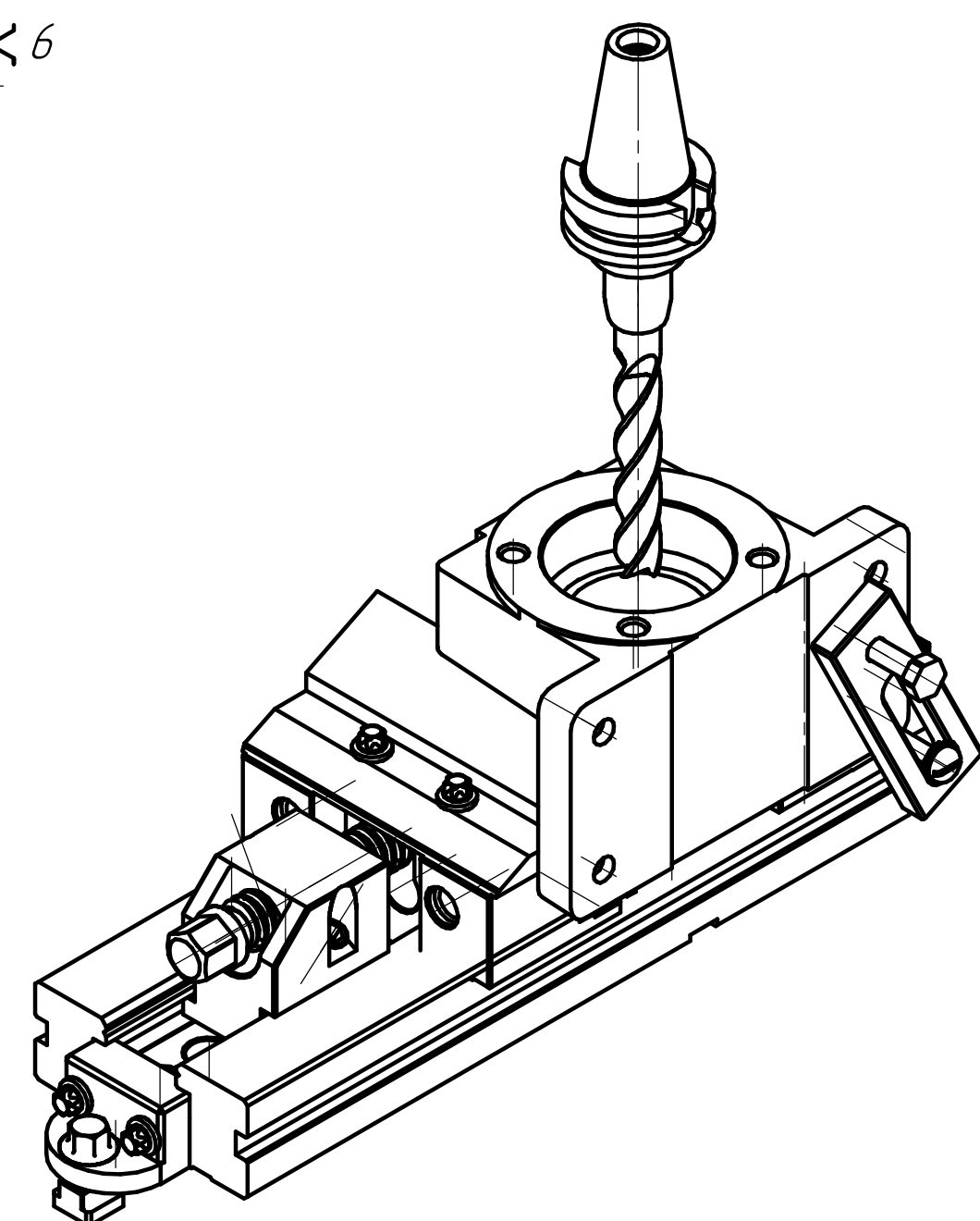
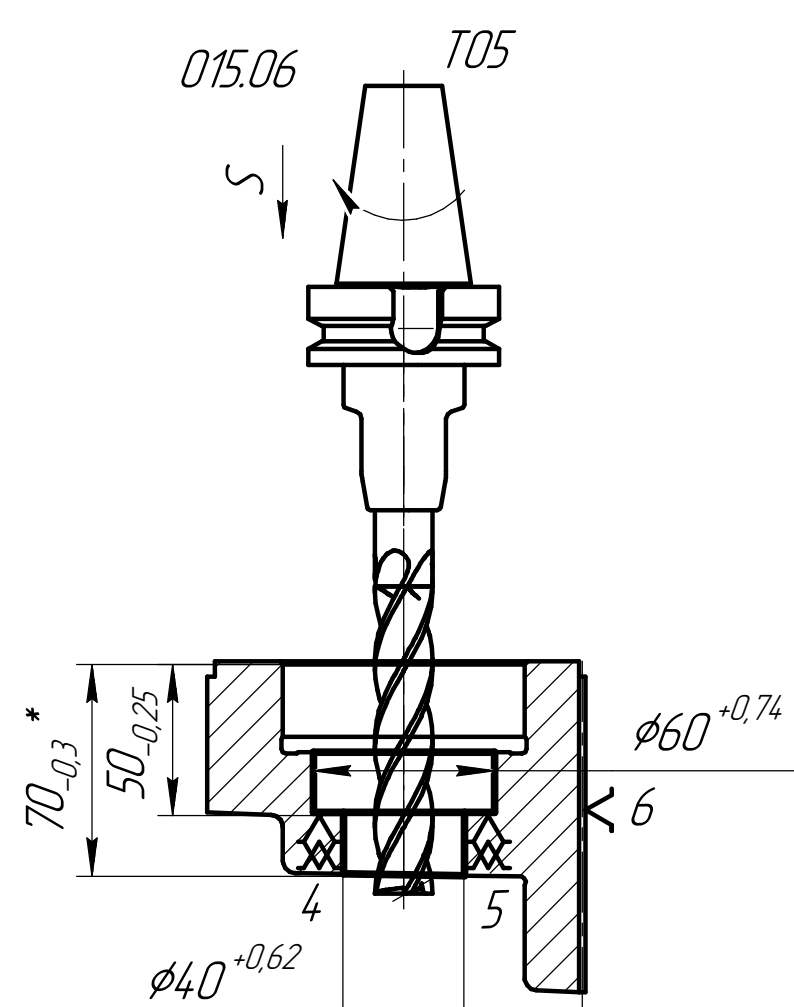
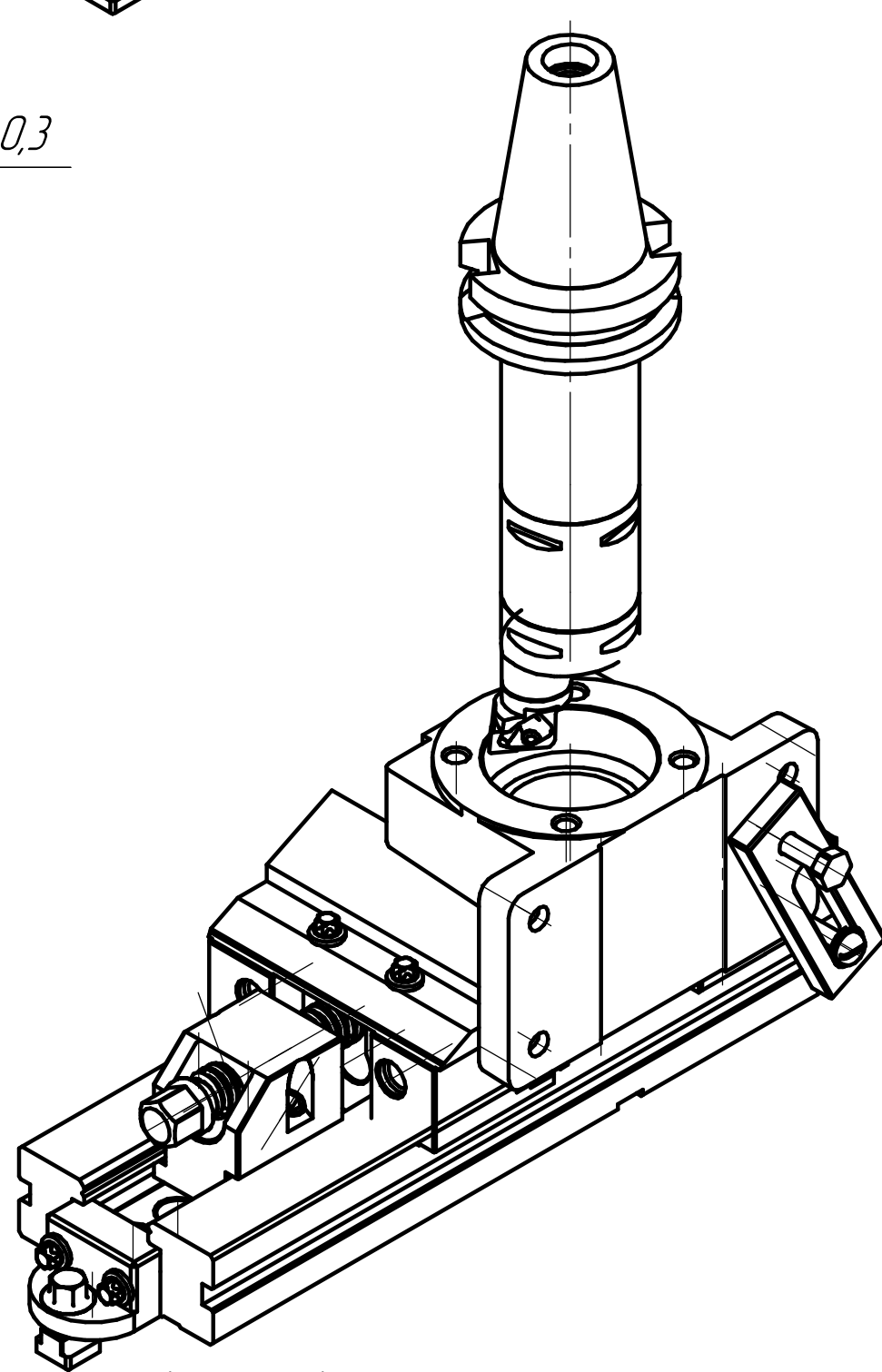
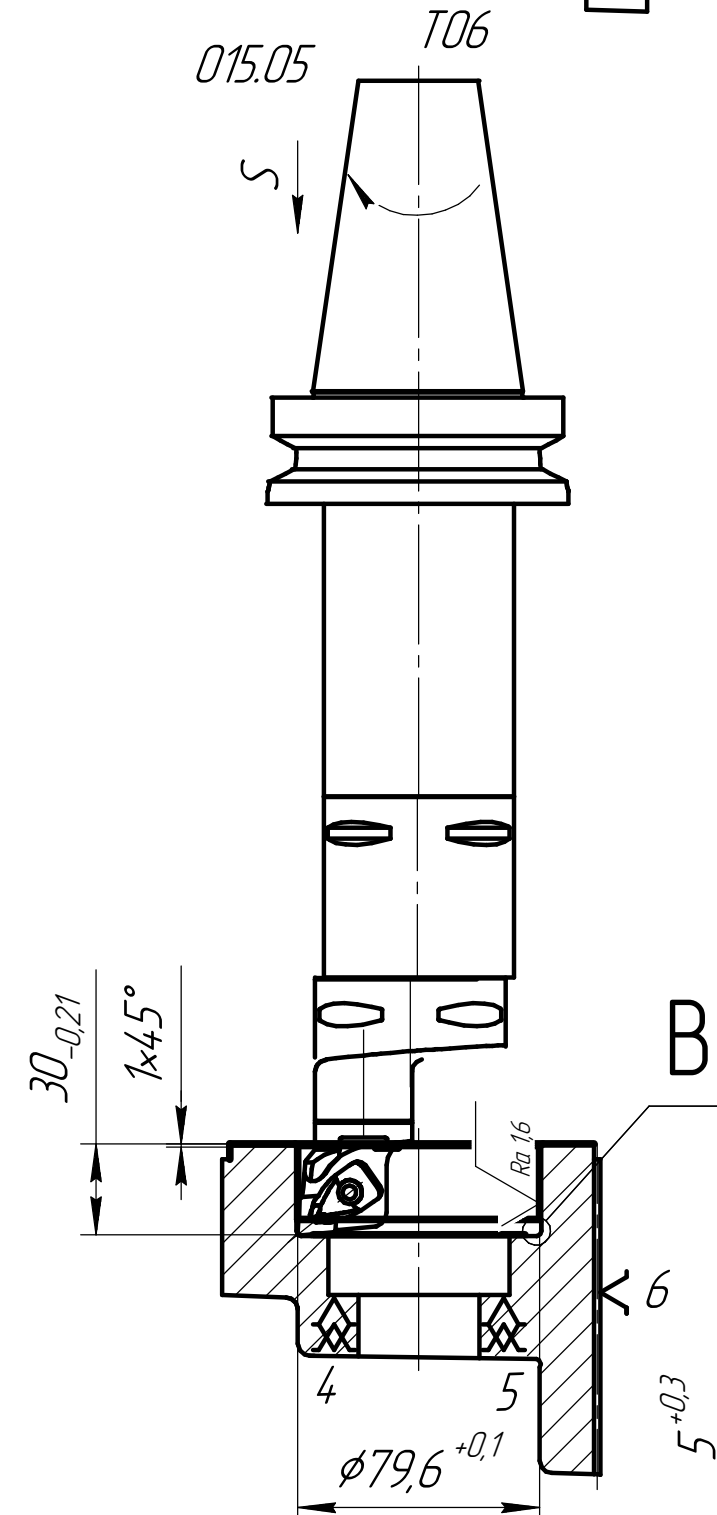
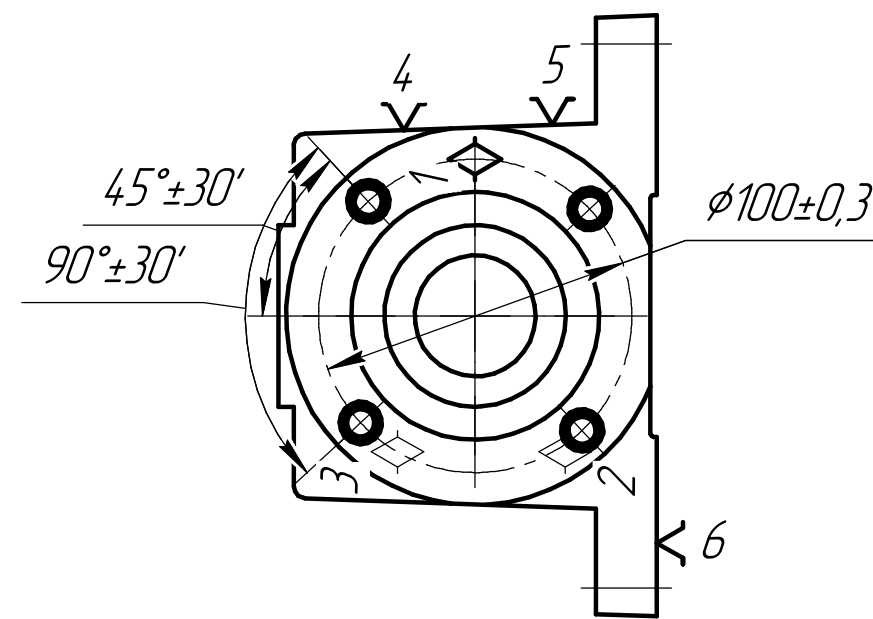
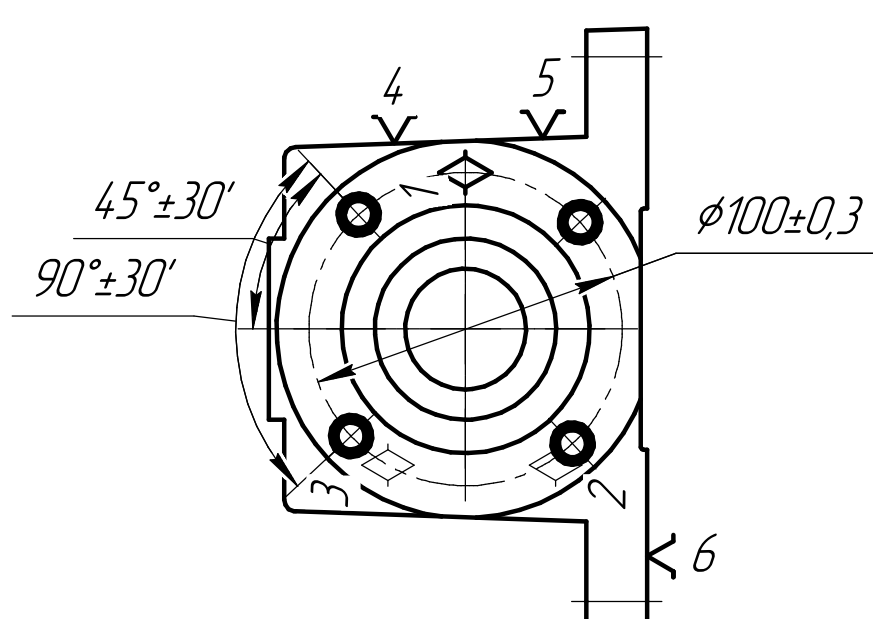
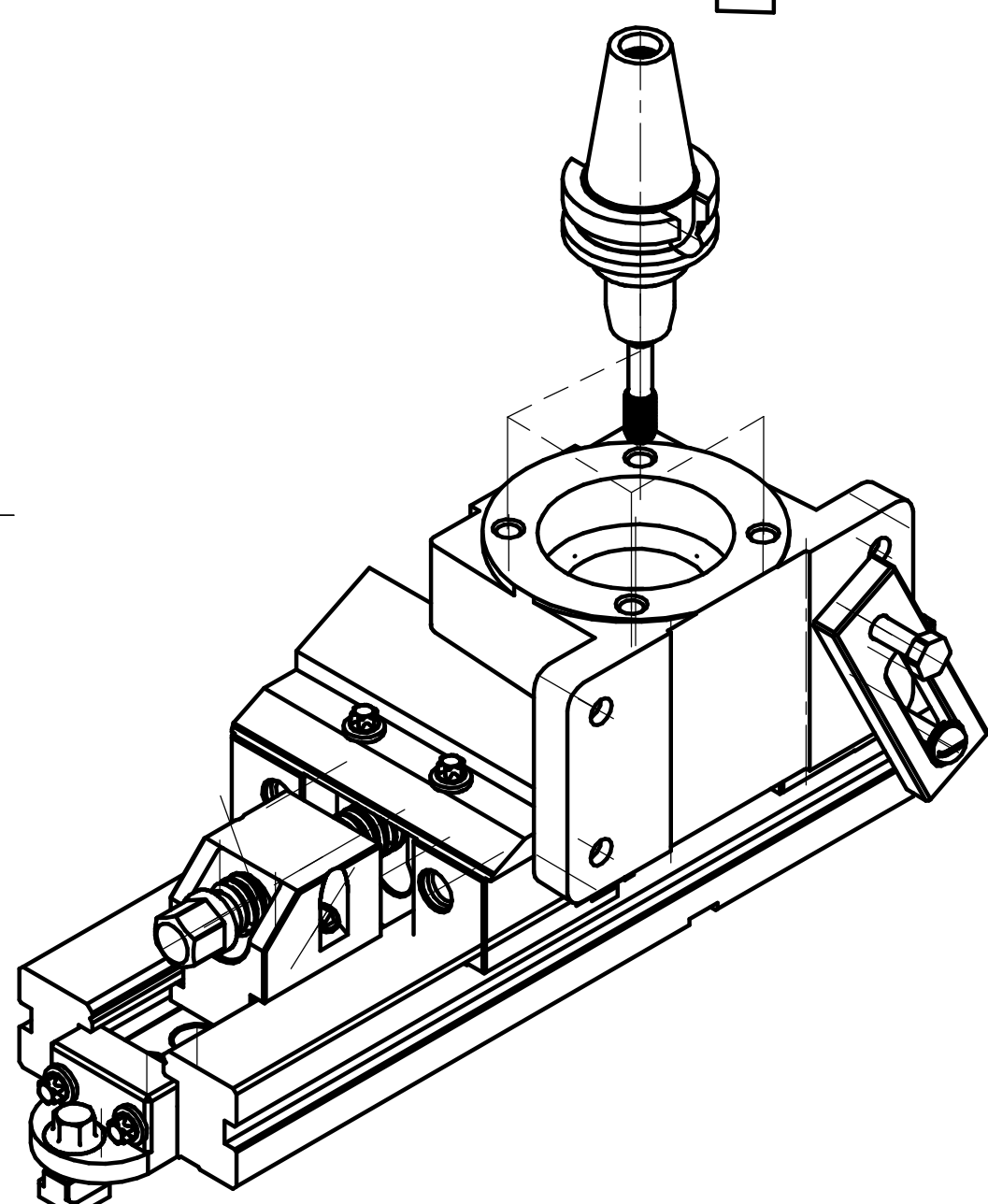
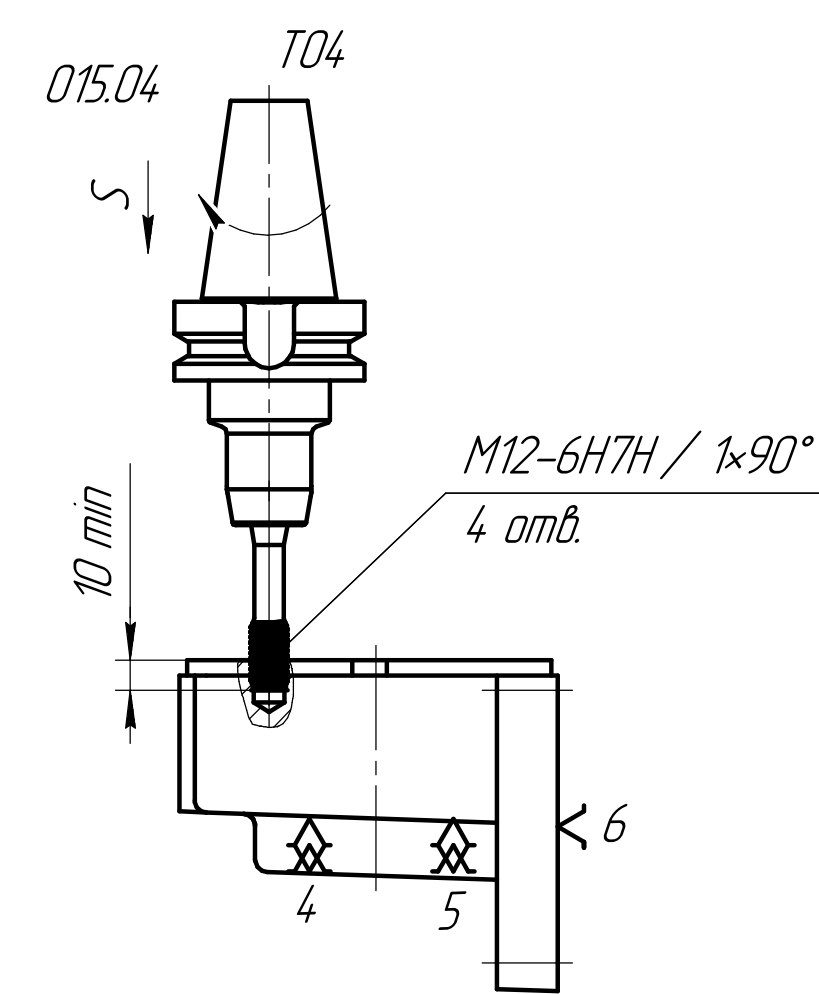
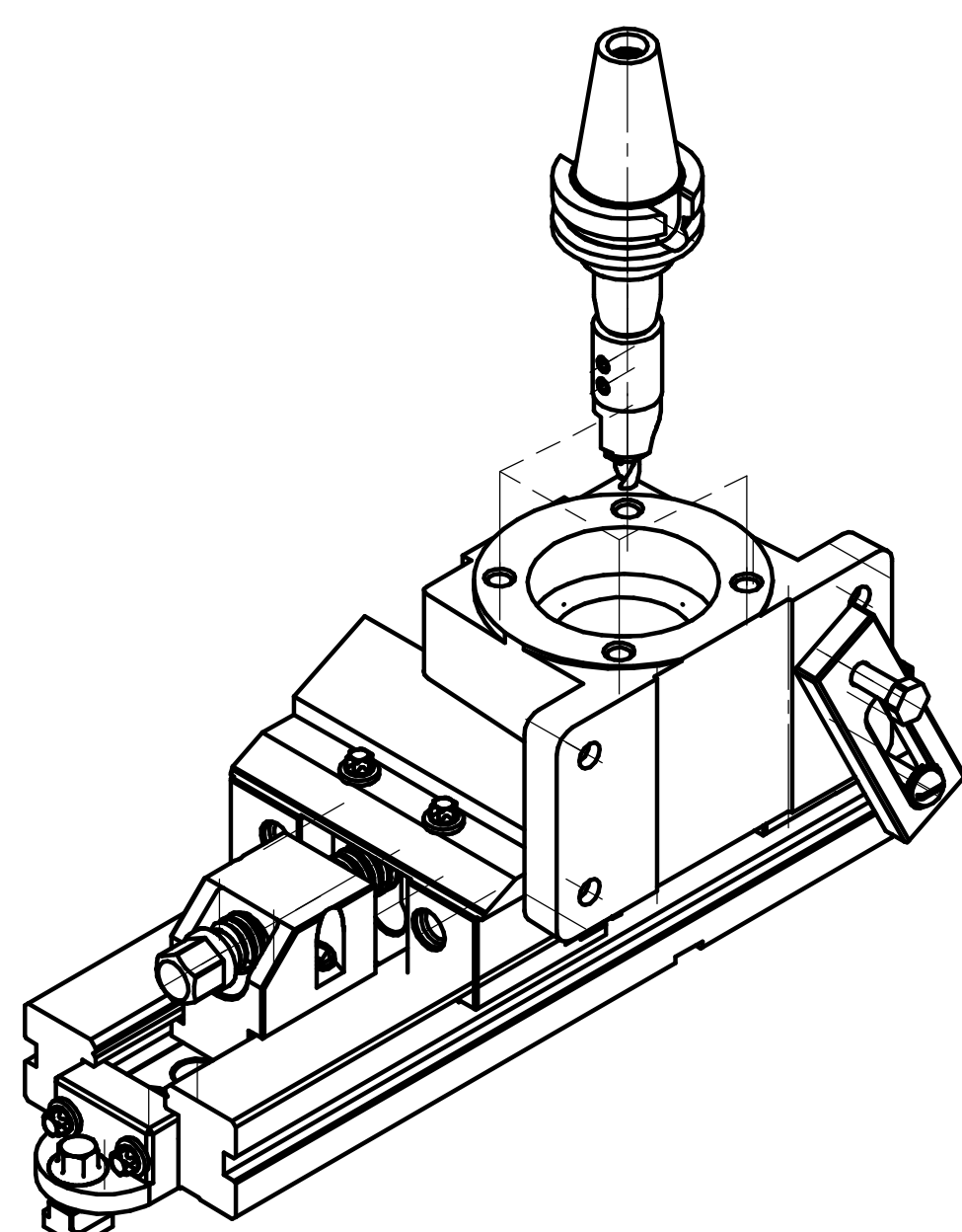
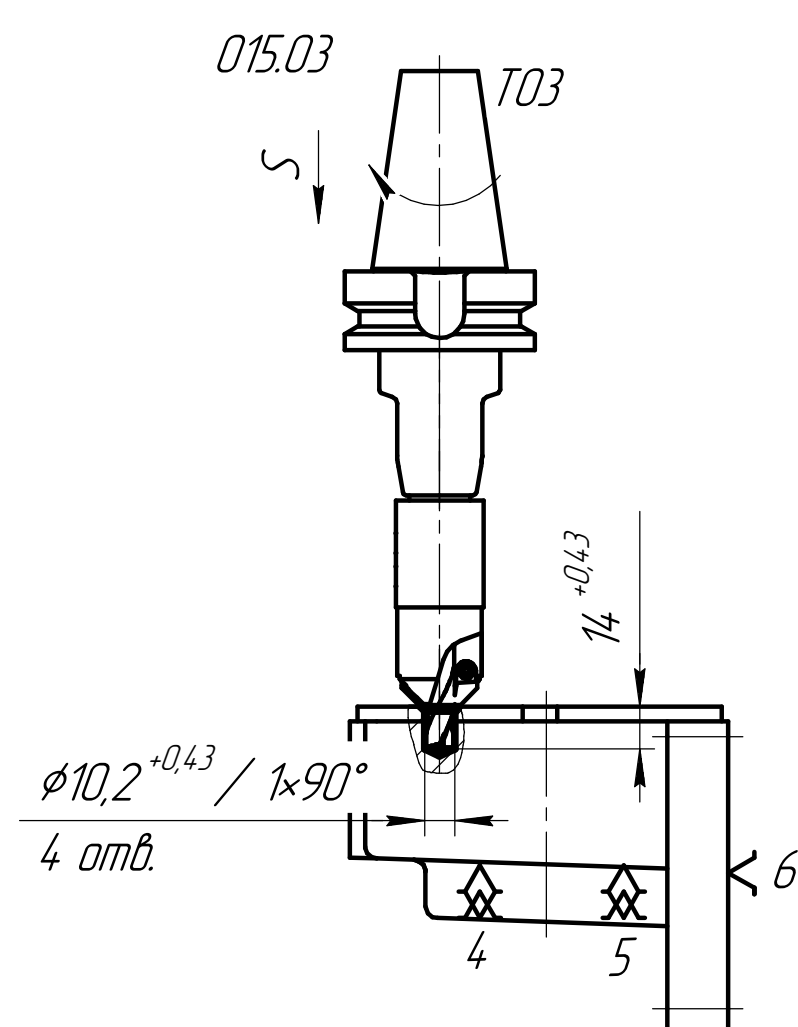
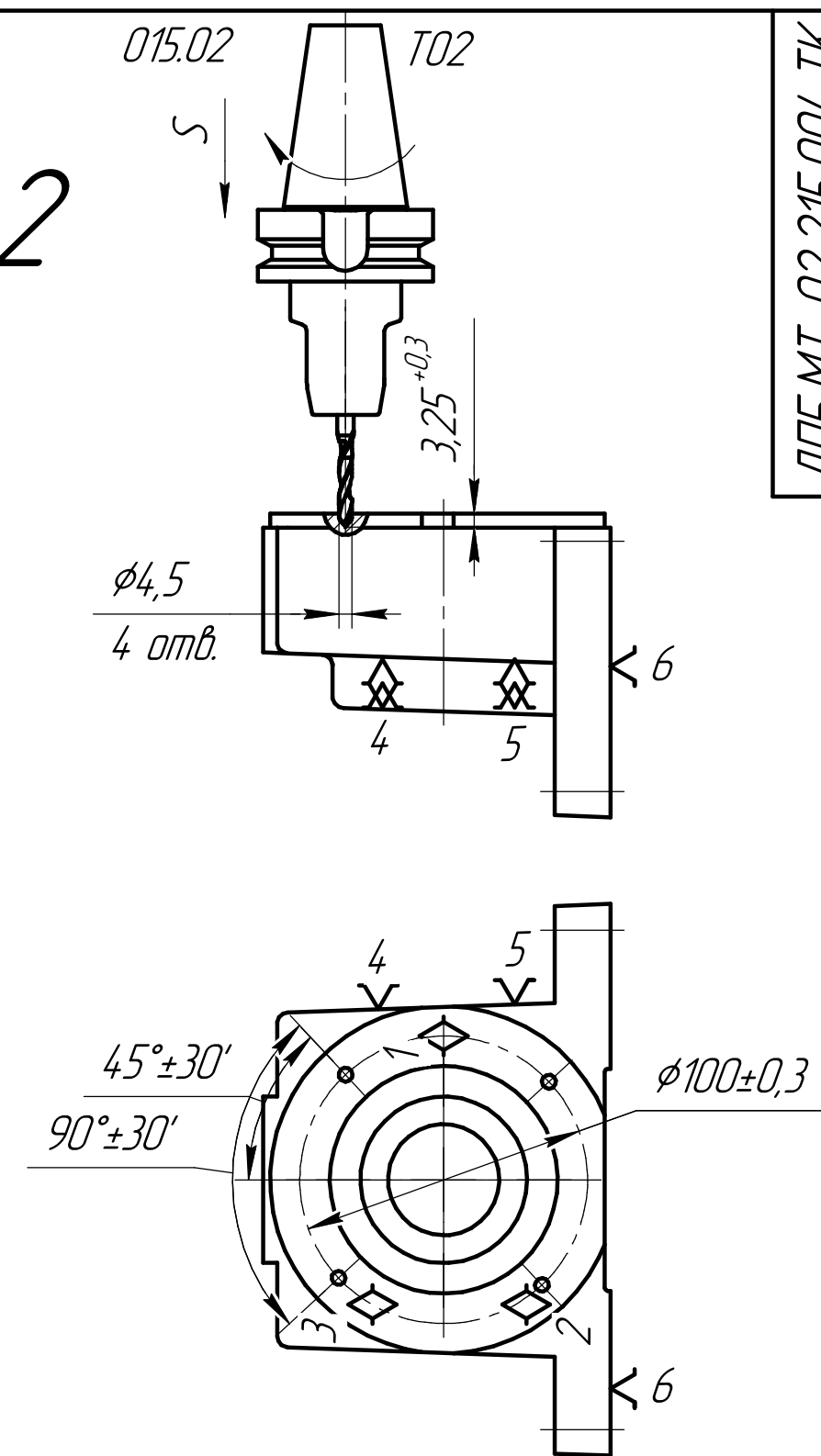
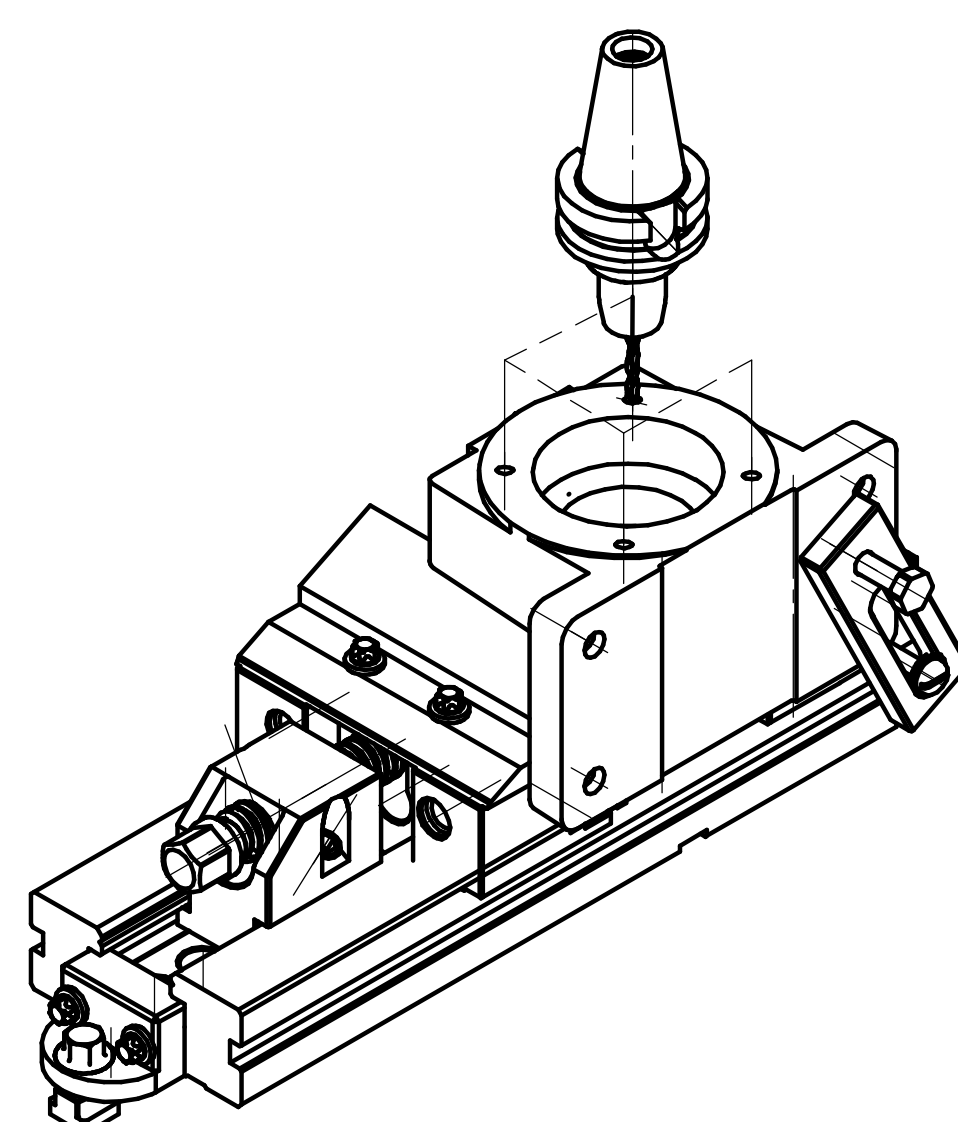
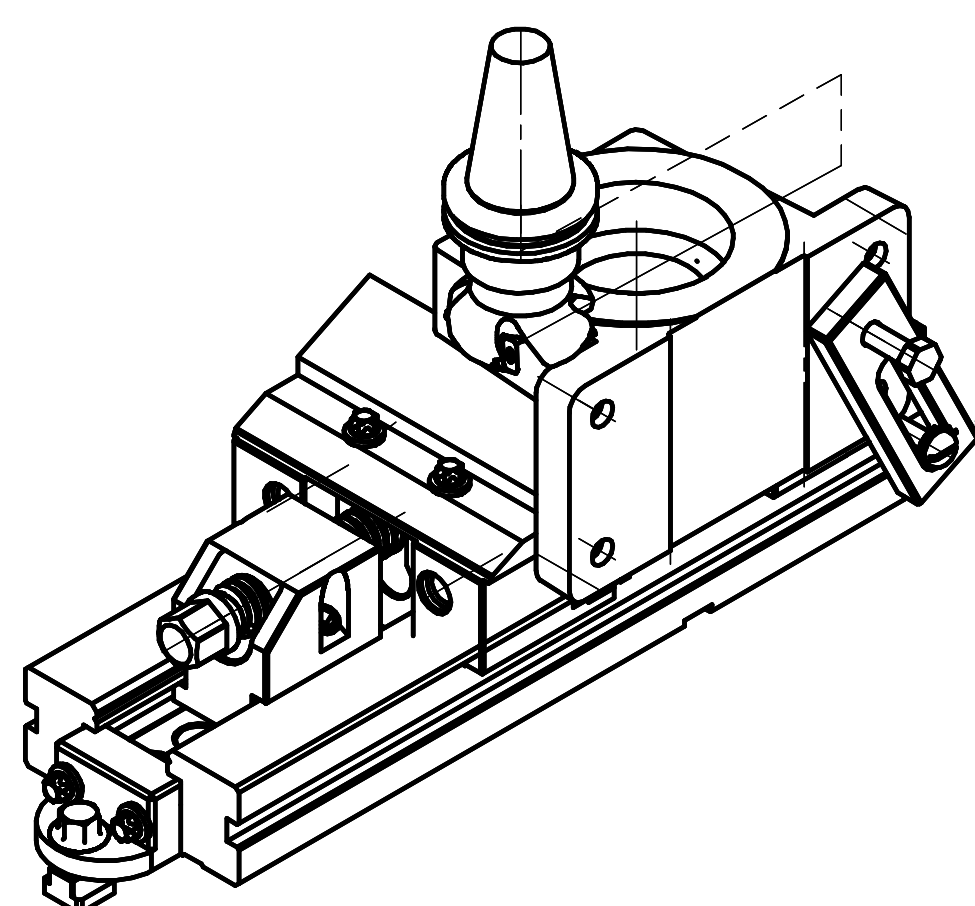
№ інструменту	Найменування інструменту	h	S	V	n	To
T01	Фреза торцева 63	5	1,2	224	1130	5,8
T02	Центрувальне свердло	3,5	0,1	25	2000	0,4
T03	Свердло спіральне з зенуванням 8,5	12	0,331	130	980	2,148
T04	Мітчик M10	10	1,5	66.4	1760	1.812
T05	Фреза кінцева	7	0,12	224	7900	9.060

Лист	Масштаб	Масштаб
0	0	0
Лист	Листов	1
КПІ ім.І.Сікорського, НН ММ, гр. МТ-02	Формат	A1

Копіював

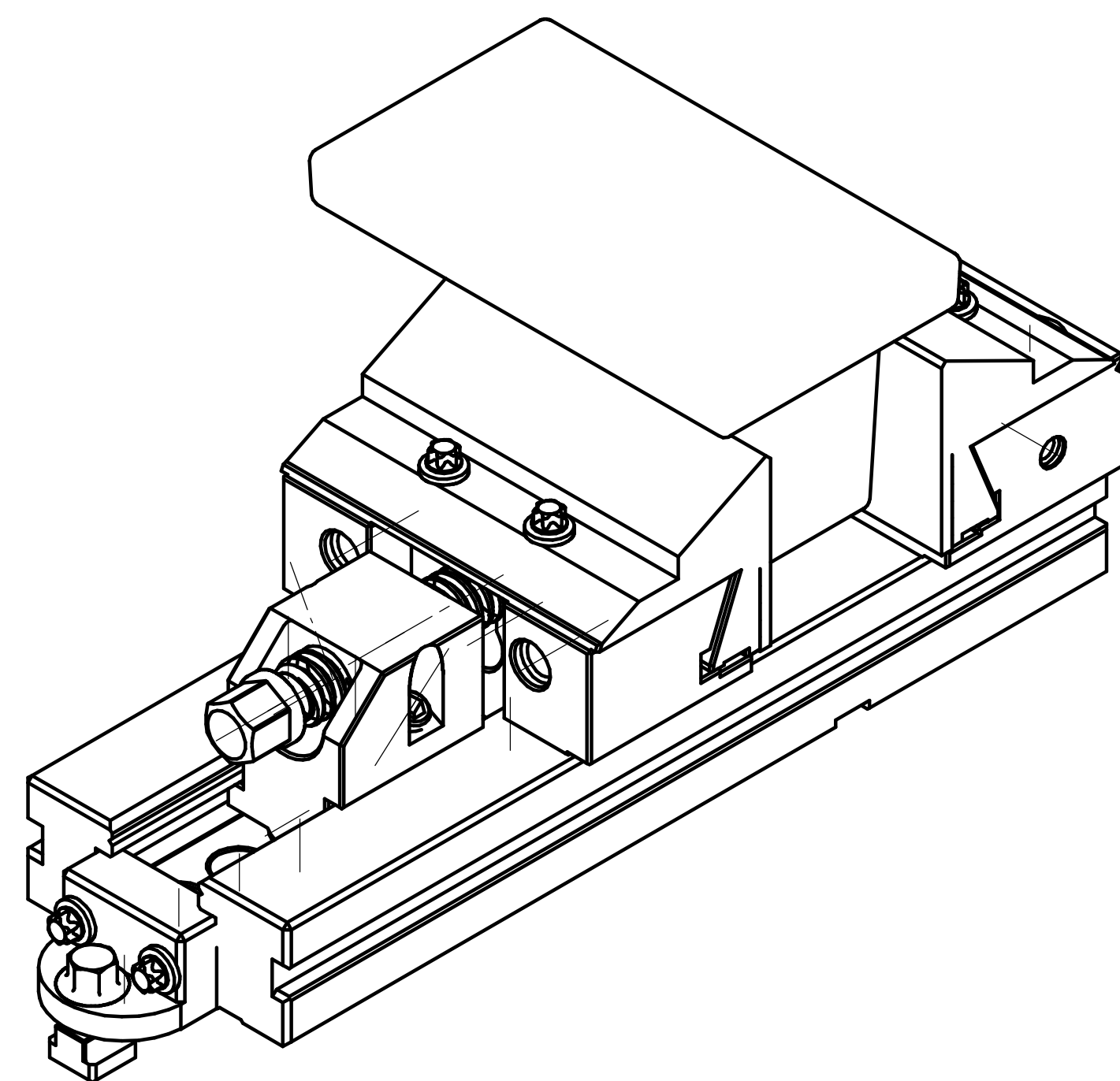
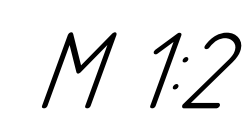
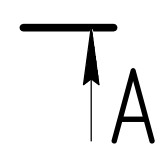
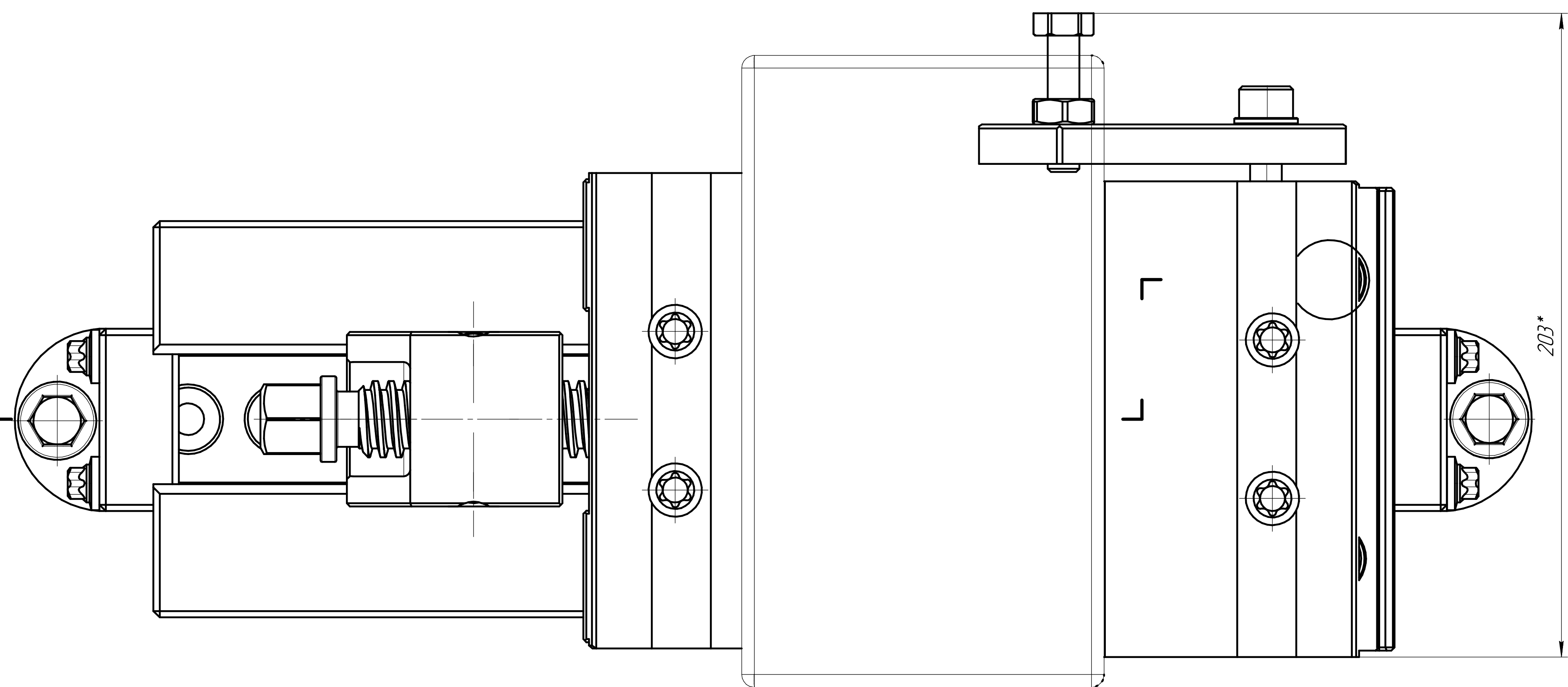
Формат

ДПБ.МТ-02.215.004 ТК



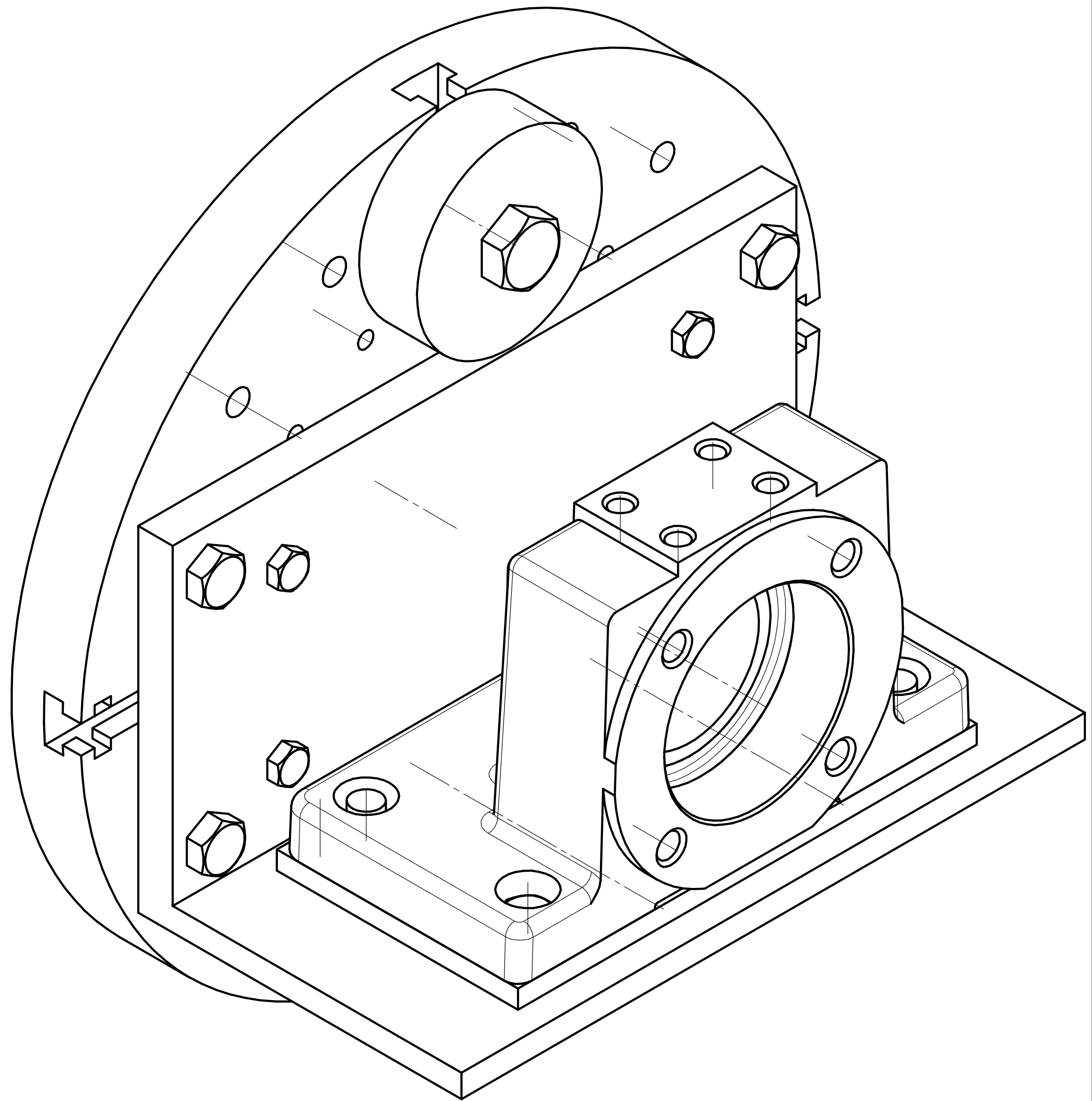
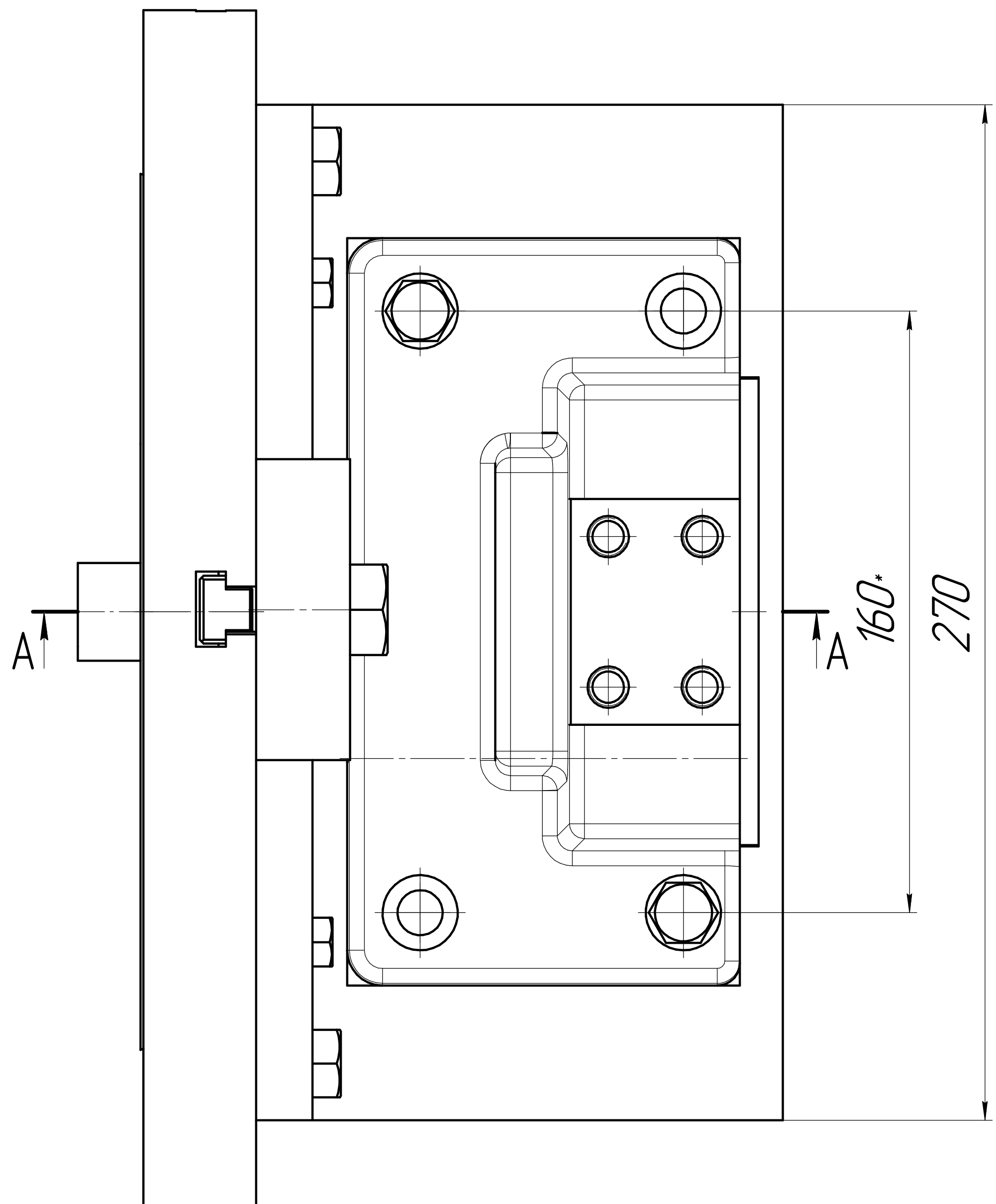
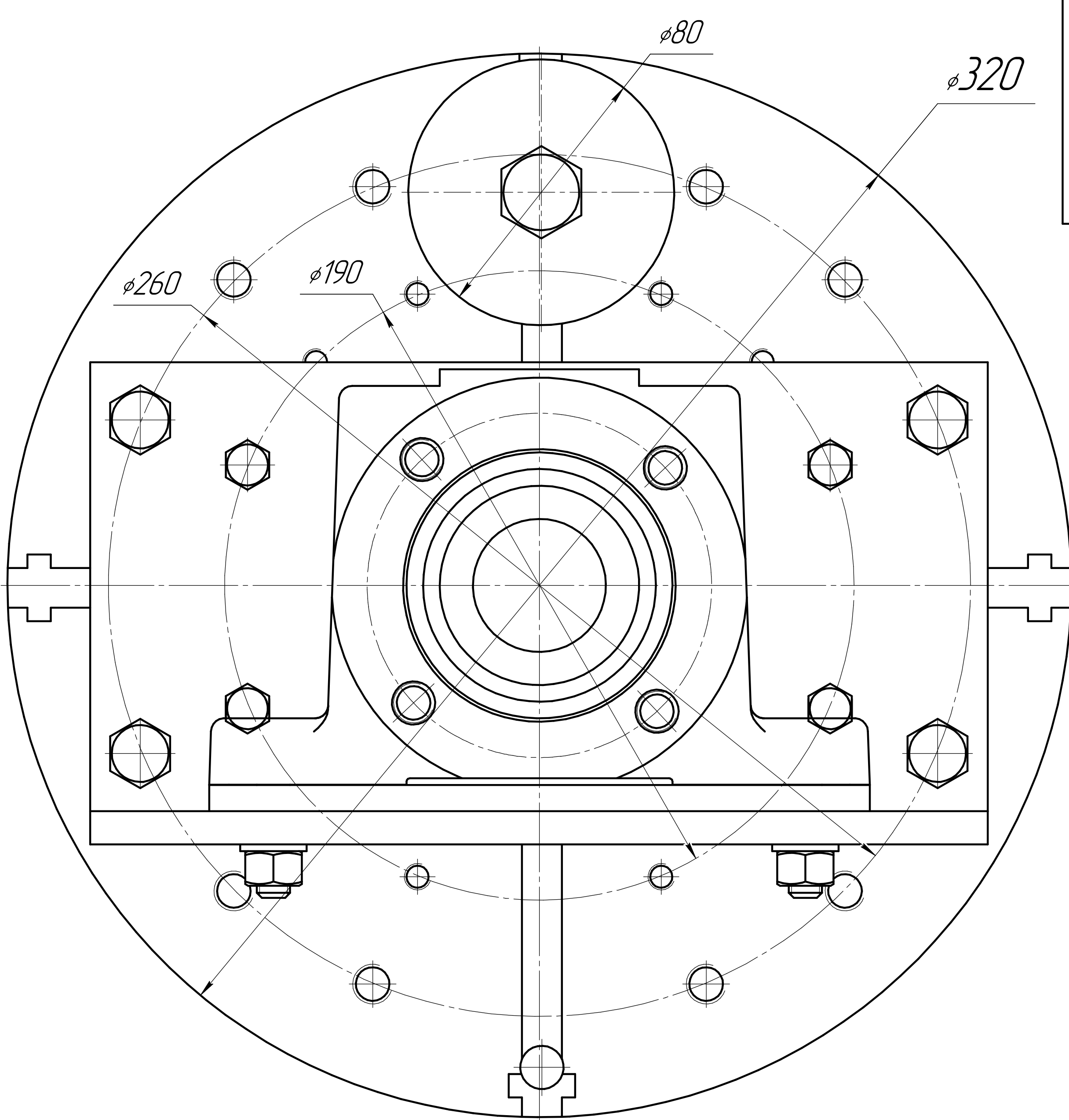
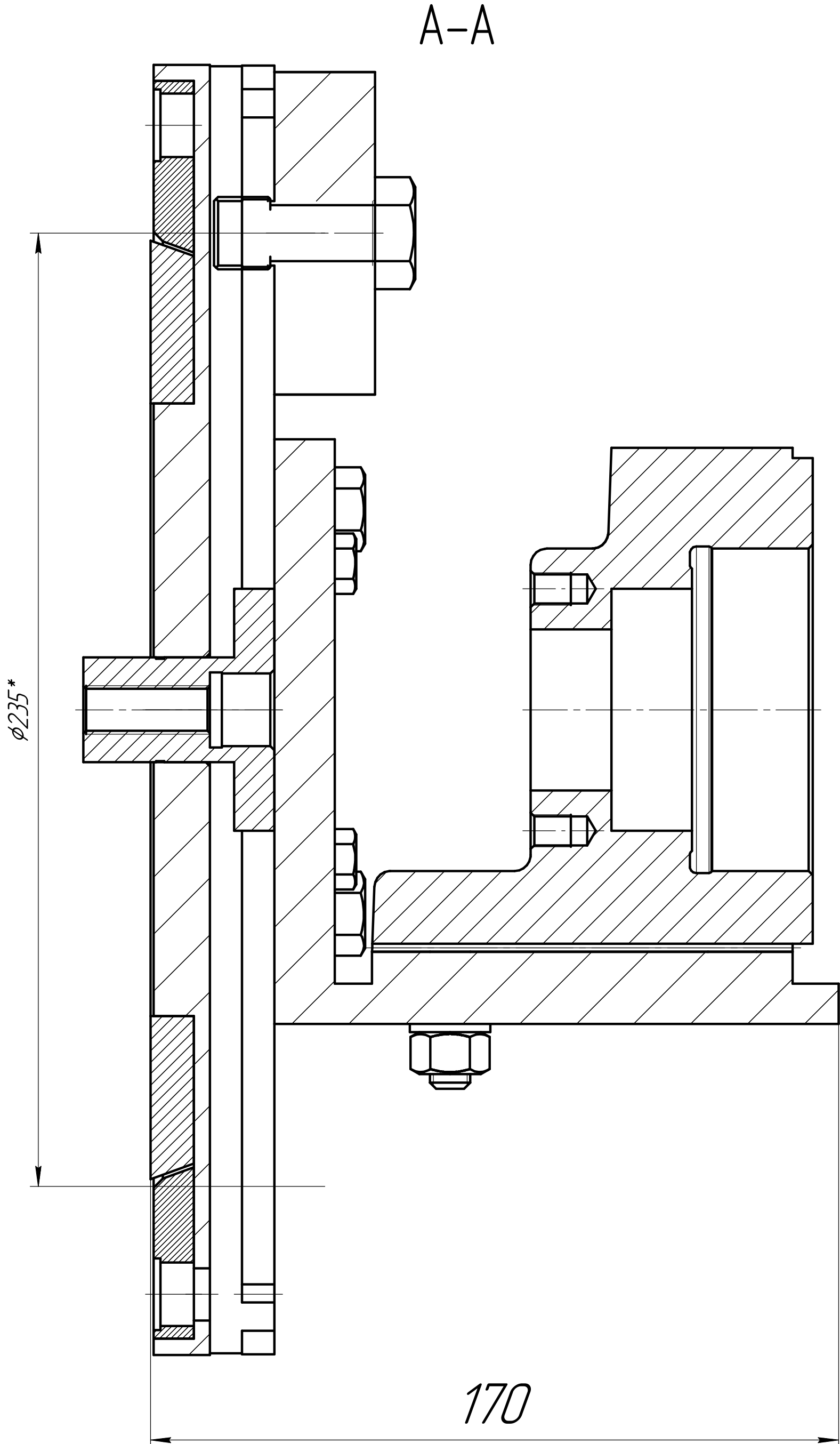
76

						ДПБ.МТ-02.215.004. ТК			
						Графічне зображення операції О15	Лит.	Маса	Максимум
Ім'я	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				12,5	
Разраб.		Роман О.С.							
Провд.		Гладський ММ							
Г.контр.									
Нхонтр.						Лист	Листов	1	
Утвд.						КПІ ім. Ігорського, НН ММі, гр. МТ-02			



1. *Розміри для довідок
2. Сила затиску 5 958Н

					ДПБ.МТ-02.215.005.ТК			
Изм/Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лещата	Лист.	Масса	Масштаб	
Разроб.	Роман О.С.					38,6	1:1	
Проб.	Гладський ММ				Лист	Листов 1		
Т.контр.					КПІ ім.Сікорського, НН ММІ, гр. МТ-02			
Н.контр.								
Утв.								

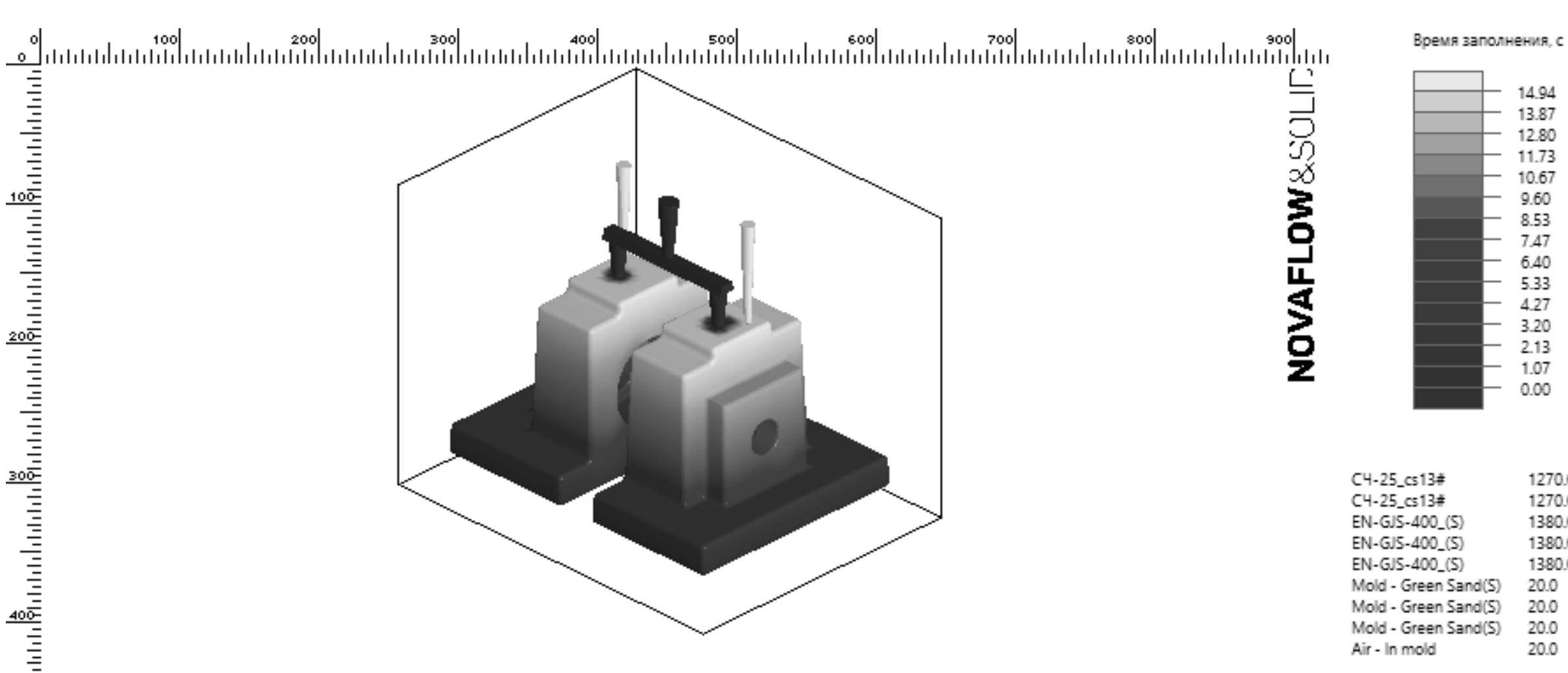


Лист № 1	Лист № 2	Лист № 3	Лист № 4	Лист № 5	Лист № 6	Лист № 7	Лист № 8	Лист № 9	Лист № 10	Лист № 11	Лист № 12	Лист № 13	Лист № 14	Лист № 15	Лист № 16	Лист № 17	Лист № 18	Лист № 19	Лист № 20	Лист № 21	Лист № 22	Лист № 23	Лист № 24	Лист № 25	Лист № 26	Лист № 27	Лист № 28	Лист № 29	Лист № 30	Лист № 31	Лист № 32	Лист № 33	Лист № 34	Лист № 35	Лист № 36	Лист № 37	Лист № 38	Лист № 39	Лист № 40	Лист № 41	Лист № 42	Лист № 43	Лист № 44	Лист № 45	Лист № 46	Лист № 47	Лист № 48	Лист № 49	Лист № 50	Лист № 51	Лист № 52	Лист № 53	Лист № 54	Лист № 55	Лист № 56	Лист № 57	Лист № 58	Лист № 59	Лист № 60	Лист № 61	Лист № 62	Лист № 63	Лист № 64	Лист № 65	Лист № 66	Лист № 67	Лист № 68	Лист № 69	Лист № 70	Лист № 71	Лист № 72	Лист № 73	Лист № 74	Лист № 75	Лист № 76	Лист № 77	Лист № 78	Лист № 79	Лист № 80	Лист № 81	Лист № 82	Лист № 83	Лист № 84	Лист № 85	Лист № 86	Лист № 87	Лист № 88	Лист № 89	Лист № 90	Лист № 91	Лист № 92	Лист № 93	Лист № 94	Лист № 95	Лист № 96	Лист № 97	Лист № 98	Лист № 99	Лист № 100
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------

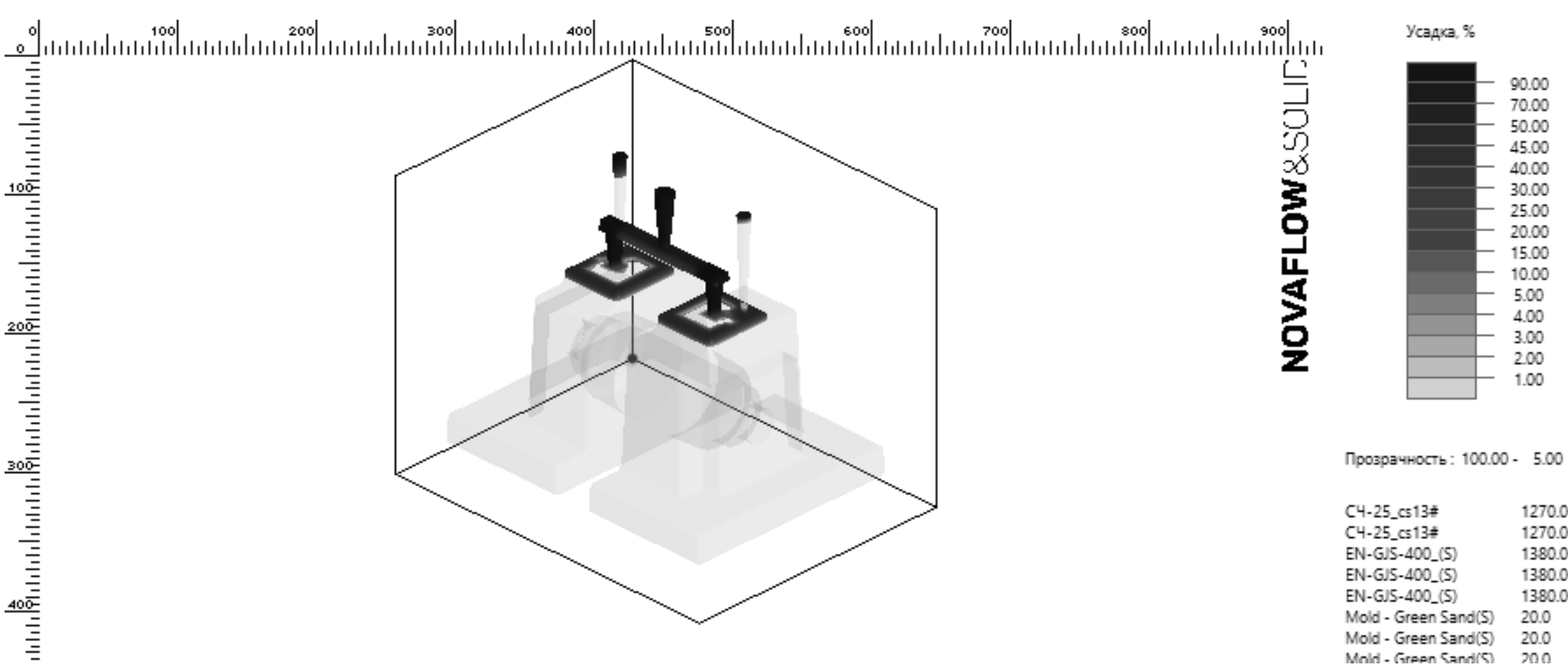
ДЛБ.МТ-02.215.006.ТК.										Лист			Масса			Масштаб		
Пристрій для оп. 025										33,49			1:1			Лист		
КПІ ім.І.Сікорського, НН ММІ, гр. МТ-02										1			Листів			1		
Копіював										Формат			А1					

Аналіз процесу лиття за допомогою комп'ютерного моделювання в САЕ системі "NovaFlow & Solid"

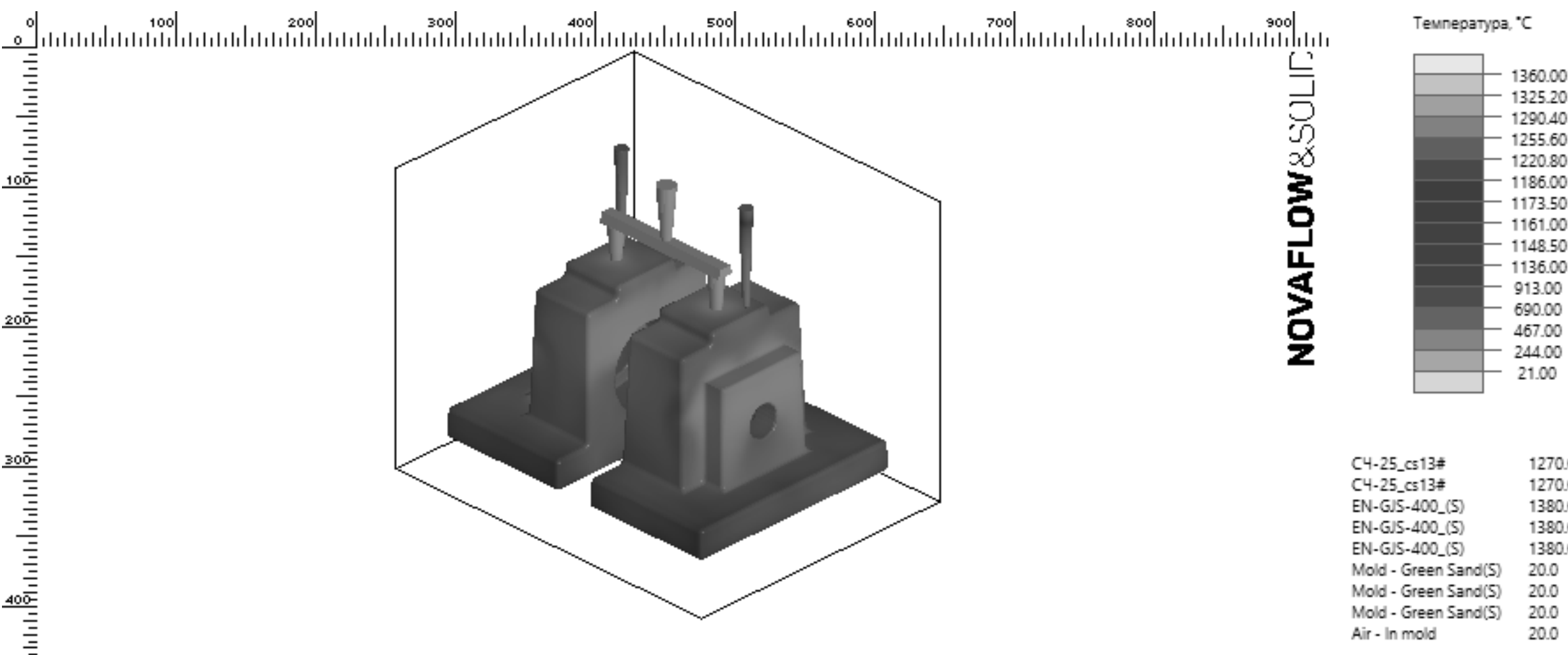
Час заповнення



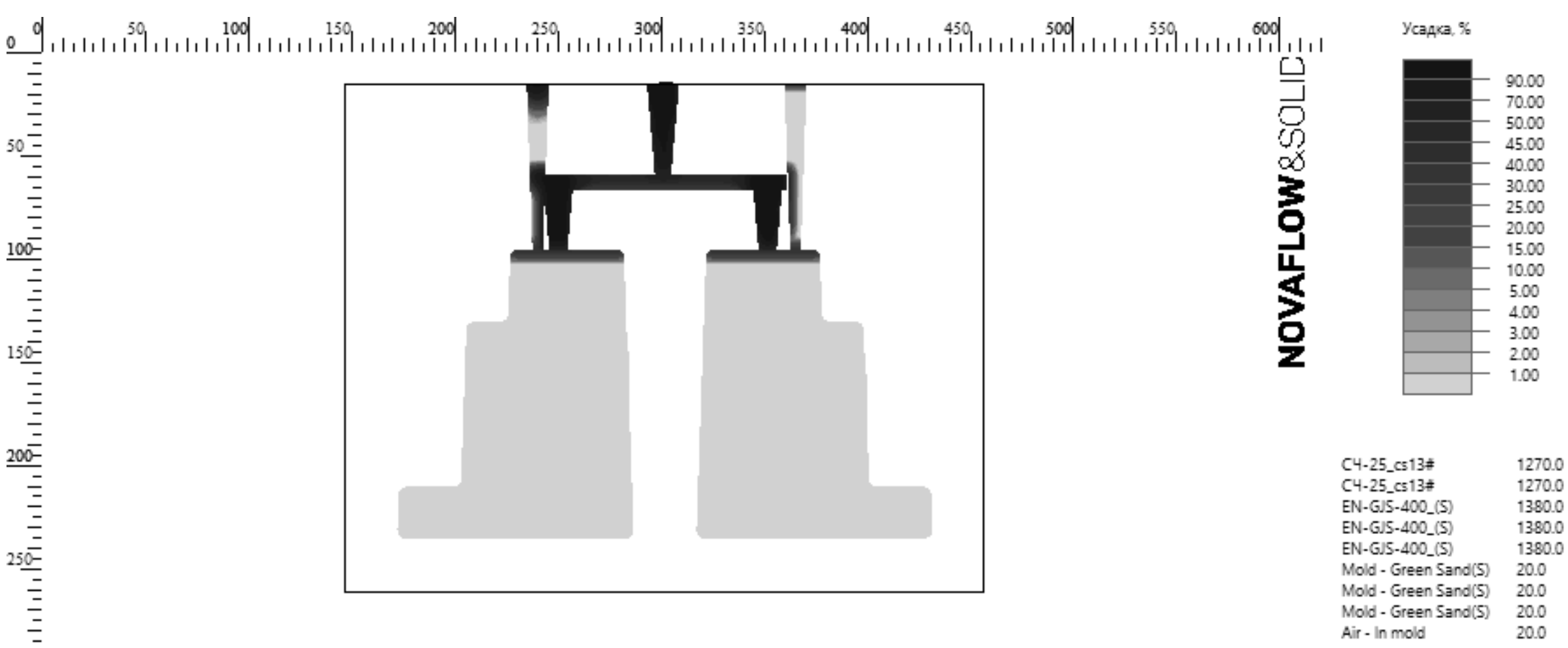
Прогноз усадки



Розподіл температур в процесі лиття



2D-Дефекти



Результати розрахунку

Усадка, %	0.825
Час заповнення,(год.хв.с)	000:00:14,936
Час затвердіння,(год.хв.с)	000:14:27,887
Температура, °C	1270.0
Висота деформованого шару,(мм)	9

У ході дослідження процесу лиття з використанням програми NovaFlow & Solid для матеріалу чавуну сірого СЧ20 було проведено моделювання процесу з метою визначення дефектів та пошуку оптимальних параметрів заготовки. Аналіз, здійснений на основі отриманих даних, спрямований на передбачення можливості утворення дефектів та розробку стратегії їх уникнення шляхом введення необхідних припусків. Результати дослідження були систематизовані та представлені у вигляді таблиці з основними даними, а також кресленням заготовки з доданими припусками для подальшого оброблення деталі. Результат аналізу дозволяє зробити висновок щодо можливості ефективного управління процесом лиття та мінімізації ризику виникнення дефектів в литті.

ДПБ.МТ-02.215.007.ТК.					Дослідження лиття		
Изм. Лист	№ док.	Подп.	Дато		Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Роман О.С.						1:1
Проб.	Гладський М.М.				Лист	Листов	1
Т.контр.					КПІ ім.І.Сікорського, НН ММ, гр. МТ-02		
Н.контр.					Копіював		
Утв.					Формат А1		

