

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Механіко-машинобудівний факультет
Кафедра технологій машинобудування та матеріалознавства

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Веселкіна Валентина Олександровича
академічної групи 131М-22Н-1 ММФ
спеціальності 131 Прикладна механіка
за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»

на тему: «Оптимальна технологія виробництва ланки ланцюга з
використанням CAD/CAM/CAI - систем»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від
_____ за № _____

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Дербаба В.А.			
розділів:				
Аналітичний	Дербаба В.А.			
Технологічний	Дербаба В.А.			
Спеціальний	Дербаба В.А.			
Науково- дослідницький	Дербаба В.А.			
Рецензент	Корсун В.І.			
Нормоконтролер	Дербаба В.А.			

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

технологій машинобудування та матеріалознавства

В.А. Дербаб

_____ (підпис)

(прізвище, ініціали)

«__» _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ступеню магістра

студенту Золотаренку Сергію Анатолійовичу

академічної групи 131М-22Н-1 ММФ

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва»

на тему: «Оптимальна технологія виробництва ланки ланцюга з використанням CAD/CAM/CAI - систем»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ за № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз і характеристики матеріалу, умови експлуатації та оцінка технологічності деталі «Ланка ланцюга»	29.01.2024- 25.02.2024
Технологічний	Проектування та опрацювання детальної технології механічної обробки. Розробка комплексу документації	26.02.2024- 24.03.2024
Спеціальний	Моделювання в CAD-системі SolidWorks 3D моделей деталі і заготівлі, та створення керуючої програми фрезерної обробки у PowerMill	25.03.2024- 21.04.2024
Науково-дослідницький	Дослідження вдосконалення якості вимірювання деталі САІ-системою PowerInspector	22.04.2024- 19.05.2024

Завдання видано _____

Дербаб В.А.

Дата видачі 15 січня 2024 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 06.05.2024

Прийнято до виконання _____

В.О. Веселкін

Реферат

Пояснювальна записка: 53 с., 37 рис., 11 табл., 4 додатки, 13 джерел.

Тема: Оптимальна автоматизована технологія виробництва корпусу циліндричної фрези з урахуванням інженерного аналізу конструкції

Ключові слова: деталь, виробнича технологія, фрезерування, ланка ланцюга, верстат з ЧПК.

Об'єктом розробки у випускній роботі є оптимальні технологічні процеси механічної обробки окремої деталі - "Ланка ланцюга".

Метою випускної роботи є розробка технологічного процесу обробки деталі

Результатом роботи є технологічний процес виготовлення деталі "Ланка ланцюга" з отриманням програмного коду для керування верстатом.

Новизна випускної роботи - вибір і обґрунтування варіанту технологічного процесу виробництва деталі з використанням сучасних CAD/CAM/CAI-систем.

Практична цінність - рекомендації щодо проєктування процесу обробки конкретної деталі в умовах серійного виробництва.

У випускній роботі було:

- Проведено аналіз технологічності деталі;
- Обґрунтовано вимоги до точності розмірів, форми та шорсткості поверхні;
- Обрано заготовлю;
- Здійснено вибір верстата з ЧПК та різального інструменту;
- Складено технологічну документацію;
- Змодельовано в CAD-системі SolidWorks деталь та заготовлю, створено креслення;
- Створено програму обробки деталі з кодом для фрезерних операцій в САМ-системі PowerMill.
- Створено програму контролю розмірів деталі з генерацією коду в САІ-системі PowerInspect

Зміст

Вступ.....	3
Аналітичний розділ.....	5
1.1 Технологічний контроль робочих креслень і технічних вимог.....	5
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі "Ланка ланцюга".....	8
Технологічний розділ.....	9
2.1 Установлення виробничої програми випуску деталей.....	9
2.2 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовлі деталі.....	10
2.3 Вибір верстата з ЧПК.....	14
2.4 Вибір металорізального інструменту та оснащення.....	18
2.5 Розроблення маршрутноі технології механічної обробки деталі.....	21
2.6.1 Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів механічної обробки.....	22
2.6.2 Розрахунок мінімальних припусків на обробку деталі	23
2.7 Детальна розробка операцій технологічного процесу механічної обробки...	24
Спеціальний розділ.....	26
3.1 Моделювання тривимірних деталей у SolidWorks.....	26
3.2 Створення керуючої програми у САМ системі PowerMill.....	28
Науково-дослідницький розділ.....	42
4.1 Обладнання для базування заготовлі.....	42
4.2 Вимірювальні системи для верстатів з ЧПК.....	44
4.3 Моделювання контролю розмірів у PowerInspect.....	46
Висновок.....	51
Перелік посилань.....	52
ДОДАТОК А.....	54
ДОДАТОК Б.....	67
ДОДАТОК В.....	70
ДОДАТОК Г.....	72

Вступ

При проектуванні технологічних процесів механічної обробки, основним завданням є знаходження оптимального балансу між різними, часто суперечливими факторами. Обсяг випуску продукції повинен чітко відповідати чинному попиту на ринку, адже виробництво надлишкової кількості виробів для складського зберігання є економічно недоцільним. Тому структура загального технологічного процесу, кожної окремої операції, а також організація виробництва в цілому мають бути спроектовані таким чином, щоб забезпечити максимальну продуктивність при високому рівні гнучкості та здатності швидко пристосовуватись до мінливих ринкових потреб. Ключовими вимогами стають оптимізація виробничих потужностей, скорочення циклу виготовлення продукції та можливість оперативної зміни номенклатури й обсягів виробництва. Враховуючи необхідність досягнення оптимального балансу між продуктивністю, гнучкістю та економічною ефективністю, при створенні технологічних операцій потрібно ретельно продумати співвідношення між застосуванням універсального обладнання, напівавтоматів та верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), які оснащені переналагоджуваним обладнанням. Вибір типу обладнання повинен ґрунтуватися на економічній складовій та забезпечуватися відповідною організацією виробничого процесу у цеху. Така організація має базуватися на прогнозуванні потреб і оперативному управлінні за допомогою обчислювальної техніки, що дозволить скоротити час на технологічну підготовку виробництва та простої верстатів під час переналагодження. Раціональне поєднання різних видів обладнання, ефективне планування та оперативне керування, дозволять досягти необхідної гнучкості та збалансованої завантаженості виробничих потужностей.

В сучасних умовах значну частку у вартості виготовлення виробів становлять витрати на матеріали та енергоресурси. Однак, зменшення обсягів

механічної обробки може суттєво знизити технологічну собівартість продукції за умови використання високоякісних заготівель з високим ступенем готовності та застосування багатофункціонального обладнання з широким спектром технологічних можливостей. Такий підхід дозволяє мінімізувати окремі виробничі операції та скоротити витрати на механічне оброблення, при цьому забезпечуючи необхідну якість кінцевих виробів та економію матеріальних і енергетичних ресурсів. Це дає змогу оптимізувати виробничі цикли, покращити показники ефективності виробництва та досягти зниження загальної собівартості продукції. Застосування сучасного універсального інструменту разом з високоякісними інструментальними матеріалами може призвести до значного покращення ефективності. Ці матеріали забезпечують велику швидкість різання і стійкість, що дозволяє скоротити машинний час на обробку і час простою верстата в налагодженні.

У цьому науковому звіті реалізовано підхід, який передбачає мінімізацію кількості металорізального обладнання та раціональну організаційну структуру виробництва. Це дозволяє організувати високопродуктивне та гнучке багатомоделне дрібносерійне виробництво типових деталей. Економічно обґрунтовано застосування заготівель високого ступеня готовності, що дало змогу винести заготівельне виробництво за межі основного виробничого процесу. Компактне технологічне планування уможливило організацію багатомоделного серійного виробництва в межах обмеженої виробничої площі. Запропонований підхід забезпечує раціональне використання обладнання, оптимізацію виробничих потоків та скорочення виробничого циклу, сприяючи підвищенню продуктивності праці та ефективності виробництва в цілому.

У кваліфікаційній роботі одним з ключових завдань було створення максимально ефективного технологічного процесу для виготовлення складної за формою деталі з економічно вигідної заготівлі та мінімальною кількістю металорізальних інструментів. Передбачалося програмування керуючої програми для обробки деталі за один установ.

В аналітичному розділі було проведено аналіз конструкційного значення деталі та вибір найбільш відповідного матеріалу.

Технологічний розділ присвячено аналізу створення заготівлі, встановленню виробничої програми для деталі, підбору верстата та інструменту для обробки.

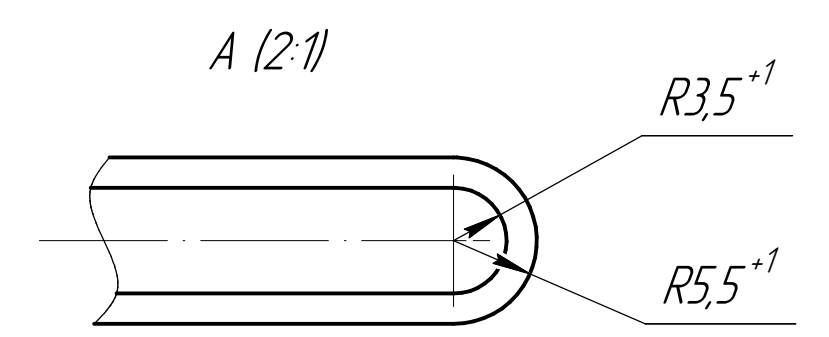
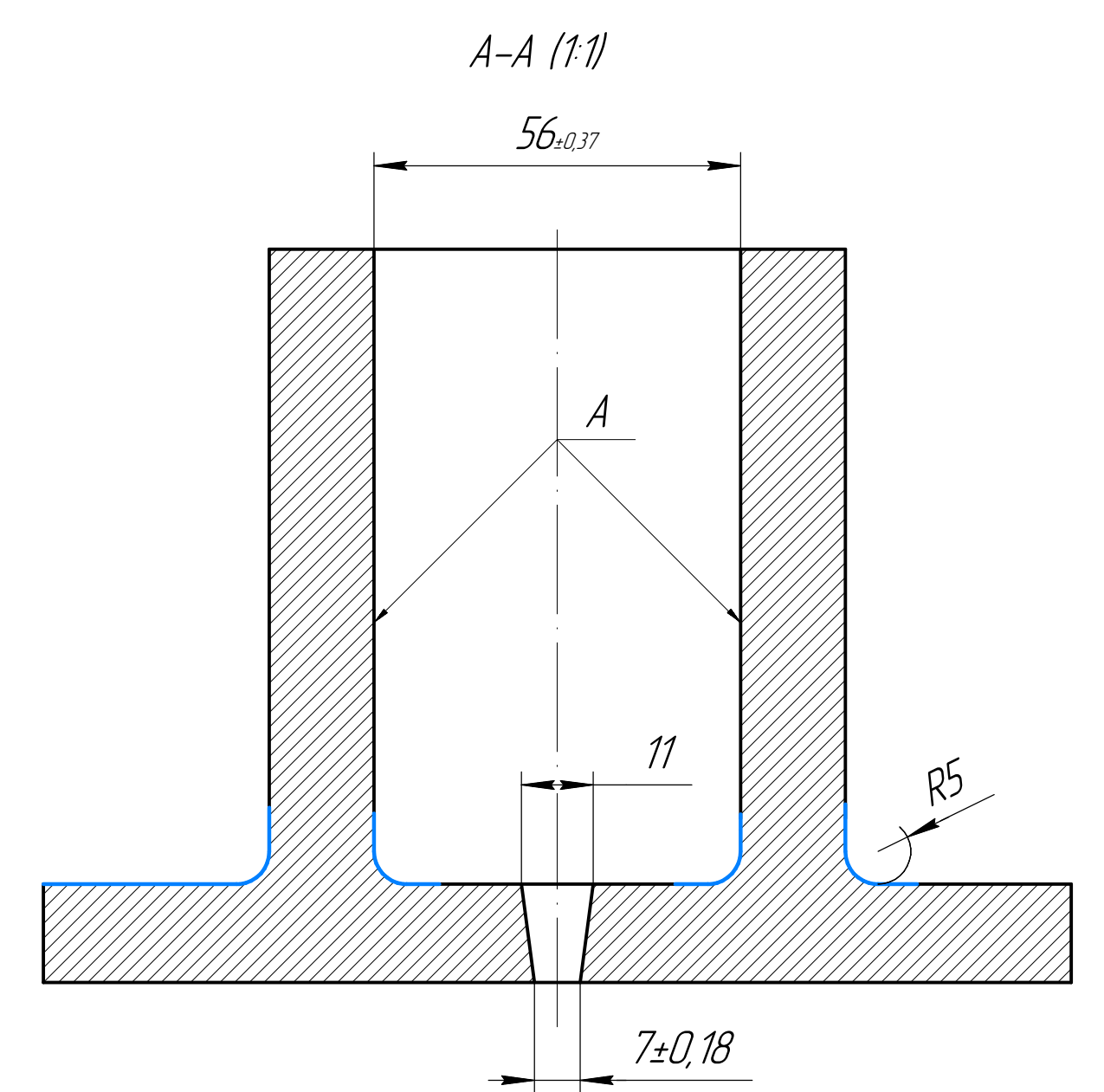
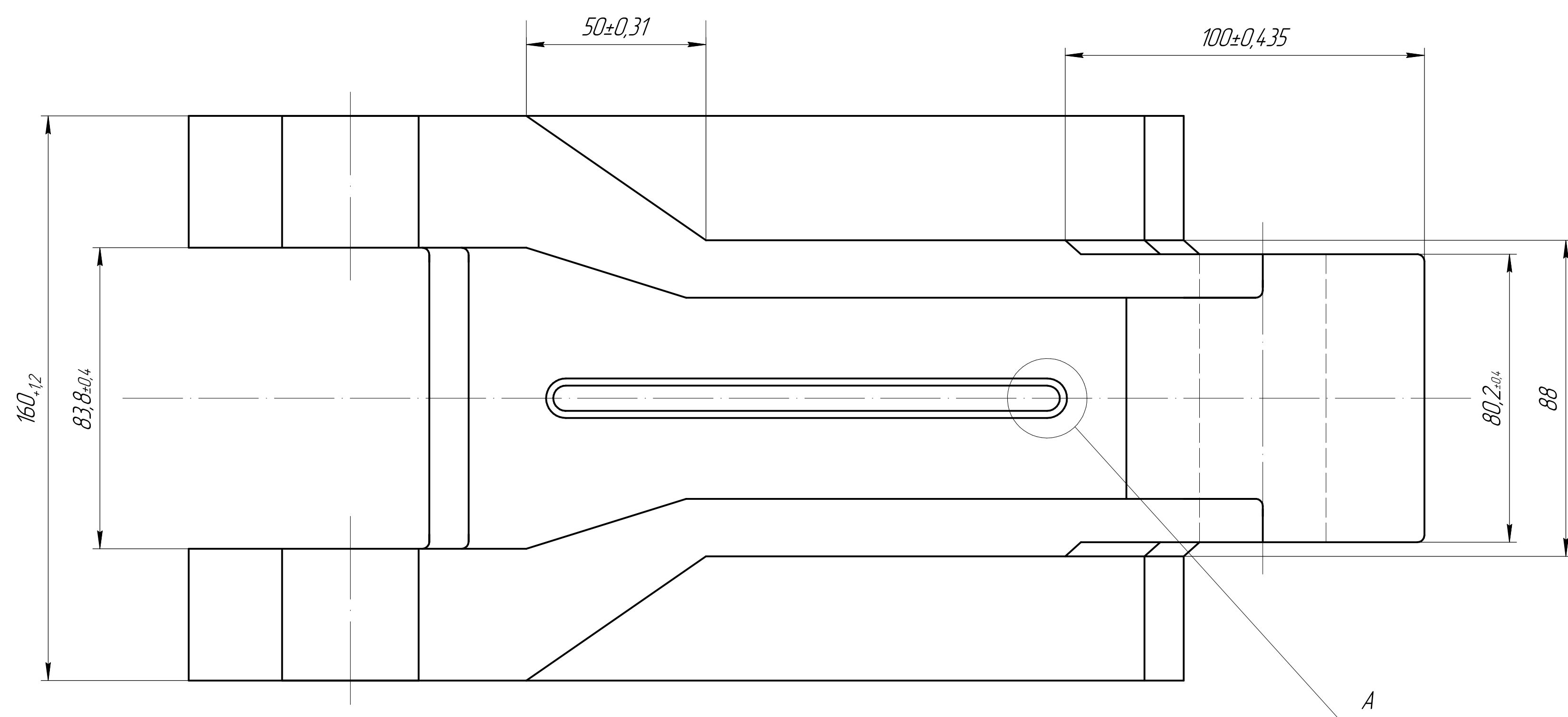
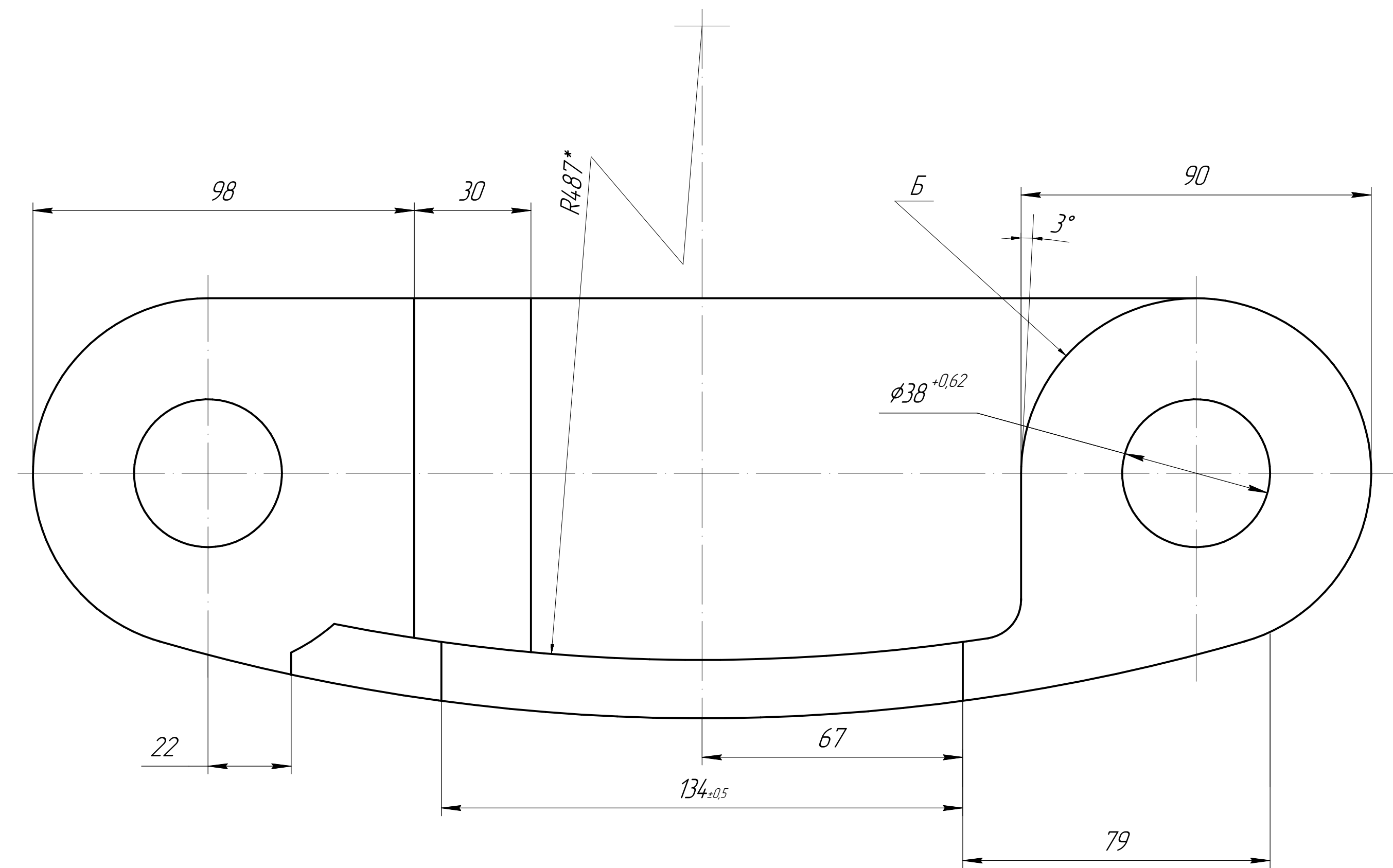
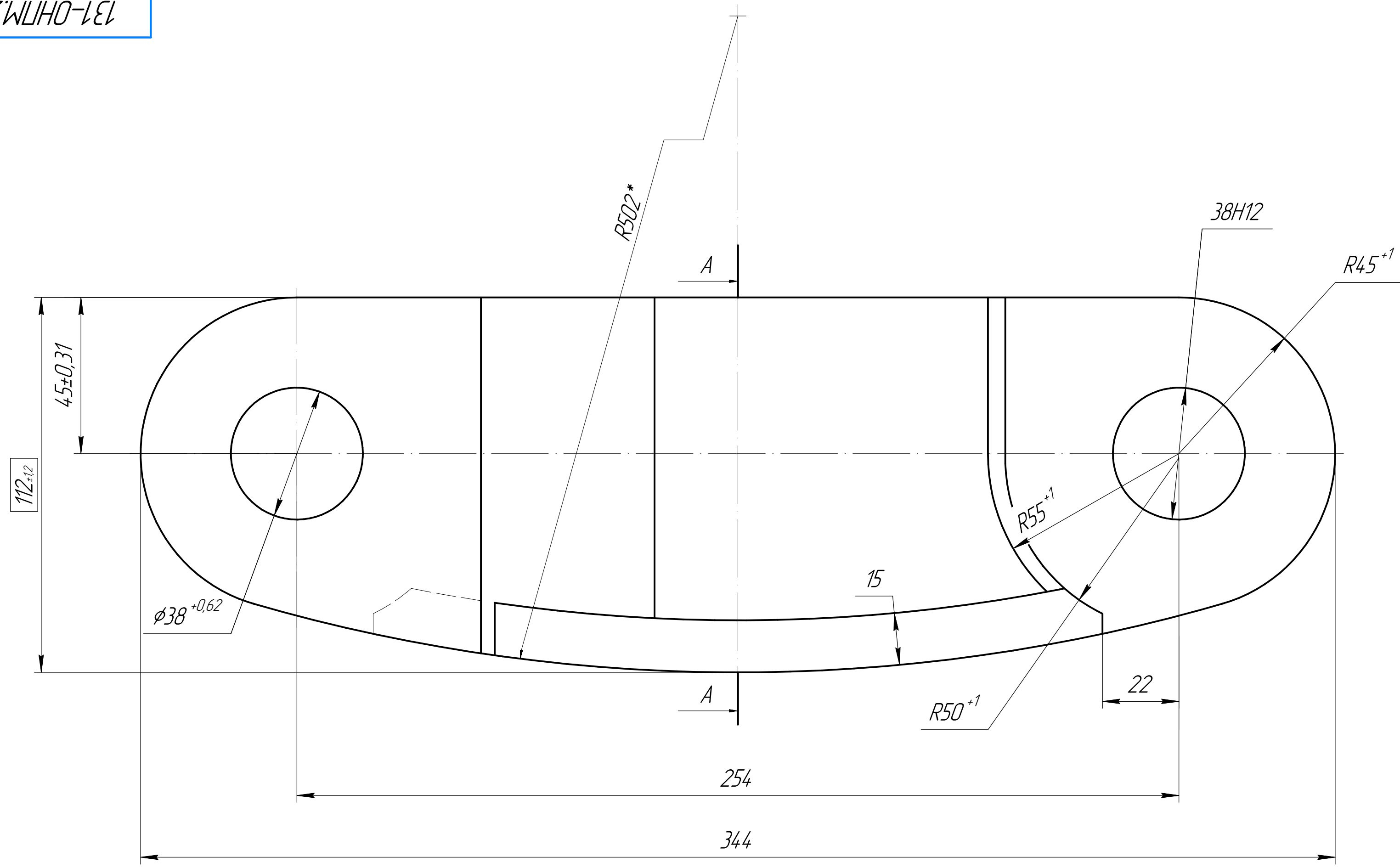
У спеціальній частині основна увага приділялася програмуванню та 3D-моделюванню. За допомогою CAD-системи SolidWorks була створена модель деталі та заготівлі, які потім імпортувалися в САМ-систему PowerMill. У цьому середовищі основним методом скорочення витрат часу на механічну обробку деталі стало написання та максимальна автоматизація керуючої програми. Це передбачало вдосконалення процесу обробки поверхонь шляхом детального коригування траєкторій руху інструменту, що значно зменшило витрати часу на процес різання.

У науково-дослідній частині основним напрямком діяльності було вдосконалення контролю розмірів деталі під час механічної обробки. Це, своєю чергою, сприяло позитивному скороченню витрат часу, надаючи можливість значно збільшити кількість виготовлених деталей.

Таким чином, робота охоплювала всі етапи технологічного процесу: від вибору матеріалу та створення заготовки до програмування та оптимізації обробки, а також вдосконалення контролю якості, що дозволило досягти максимальної ефективності виробництва складної деталі.

1. ДСТУ 3.1103:2014 Єдина система технологічної документації. Основні написи. Загальні положення.
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60886
2. Петраков Ю.В. Лабораторно-компютерний практикум з теорії різання // Рекомендовано МОН України як навчальний посібник для вищих навчальних закладів (Лист МОН України №1.4/18-Г-212), Київ, Політехніка, 2006, 190с.
3. Гейчук, В. М. Функціональне проектування верстатів, роботів та машин в Autodesk Inventor. Частина I [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю «Галузеве машинобудування» / В. М. Гейчук ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,39 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 394 с.
4. Найкращі рішення для обробки. Фрезерування. Свердління. Інструментальна оснастка. Метрична версія каталогу 2020-2021. 10/2020 3395081. Member IMC Group ISCAR <https://www.iscar.com.ua/>
5. Kravchenko, Yu., & Derbaba, V. (2020). Empirical definition of the shearing angle and chip-edge contact length when cutting. Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 63, 123-133.
<http://znp.nmu.org.ua/index.php/en/archives/33-63en/358-63en11>.
6. Щербина Є.Ю. Критерії стійкості ріжучого інструменту для висошвидкісної обробки / Є.Ю. Щербина, В.А. Дербабя, В.А. Козечко // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2022 – № 67 – С.77-95
<https://doi.org/10.33271/crpnmu/67.077> .

7. Найкращі рішення для обробки. Фрезерування. Свердління. Інструментальна оснастка. Метрична версія каталогу 2020-2021. 10/2020 3395081. Member IMC Group ISCAR / www.iscar.ua
8. Петраков Ю.В., Мацківський О.С. Моделювання фрезерування кінцевими фрезами. Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування №1 (73). 2015.
9. Петраков Ю.В. Розвиток САМ-систем автоматизованого програмування верстатів з ЧПК: Монографія. – Київ, Січка, 2011. – 220 с.
10. Сталь для виливків з особливими властивостями 40X24H12CЛ <https://evek.com.ua/materials/stal-40h24n12sl-30h24n12sl.html>
11. Інформація про верстат з чпк DMG DMU 50 V <https://www.mullermachines.ch/en/MachineTool/Details/21995/DMG-DMU-50-V>
12. Лещата OML Variclamp <https://www.omlspa.it/index.php/en/products/9-1-vari-clamp>
13. Інформація про Renishaw OMP40-2 <https://www.stuermer-machines.com/metalworking/metalworking-machines-accessories/renishaw-ots-probe-and-renishaw-omp40-2-probe-3582012/>



*Разміри для довідок

1. 146...190 НВ
2. Точність виливки 9-6-11-10 ДСТУ 8981:2020
3. Не циліндричність поверхні А не більше 1 мм.
4. Зсув центру поверхні А від його геометричного розташування не більше 0 мм розташування не більше 0,5 мм.
5. Незазначені граничні відхилення розмірів за ДСТУ 8981:2020
6. Невказані лінійні радіуси 2-6 мм.
7. На поверхні Б хили не допускаються
8. Тріщини на виливку не допускаються
9. Інші технічні вимоги за ДСТУ 8781:2018

				131-ОНПМ.24.05.			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
					Ланка панцюга заготовля	18,2	1:1
Разраб.	Веселкин				Лист	Листов	1
Проб.	Дердаба						
Т.контр.							
Исполн.	Дердаба						
Утв.							
				40X24H12C1			
				Копиробал			
				Формат А1			

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