

*Ф.о. замовити
Дербаба В.А.*






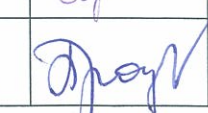

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Механіко-машинобудівний факультет
Кафедра технологій машинобудування та матеріалознавства

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Смагіна Дениса Вячеславовича
академічної групи 131М-19Н-1 ММФ
спеціальності 131 Прикладна механіка
за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»

на тему: «Ефективність використання інформаційних технологій на прикладі автоматизованої механічної обробки корпусних деталей»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Дербаба В.А.	98	вільно	
розділів				
Аналітичний	Дербаба В.А.	95	вільно	
Технологічний	Дербаба В.А.	98	вільно	
Спеціальний	Дербаба В.А.	96	вільно	
Науково-дослідницький	Дербаба В.А.	97	вільно	
Рецензент	Корсун В.І.	98	вільно	
Нормоконтролер	Проців В.В.	97	вільно	

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
технологій машинобудування та матеріалознавства


_____ В.В. Проців
«___» _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістра

студенту Смагіну Денису Вячеславовичу
академічної групи 131м-19н-1 ММФ
спеціальності 131 Прикладна механіка
спеціалізації _____
за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»

на тему: «Ефективність використання інформаційних технологій на прикладі автоматизованої механічної обробки корпусних деталей»
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 14.05.2021
за № 259-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз і характеристики матеріалу, умови експлуатації та технологічність деталі	12.02.2021
Технологічний	Проектування детальної технології механічної обробки. Розробка комплексу документації	12.03.2021
Спеціальний	Проектування спеціального верстатного пристосування	02.04.2021
Науково-дослідницький	Оптимізація автоматизованої технології та стратегії програмного фрезерування на верстатах з ЧПК	30.04.2021

Завдання видано

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання





В.А. Дербаба

01.02.2021

07.05.2021

Д.В. Смагін

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 58 с, 15 рис, 13 табл., 8 додатків, 22 посилання.

Тема: «Ефективність використання інформаційних технологій на прикладі автоматизованої механічної обробки корпусних деталей»

Механічна обробка в корпусних деталях на верстатах з ЧПК набула значного поширення в різних галузях машинобудування. Тому визначення оптимальної технології та траєкторії має актуальне значення.

Об'єкт дослідження (розробки) у кваліфікаційній роботі – процес механічної обробки деталі в середовищі САМ-програми Autodesk PowerMill.

Предмет дослідження – швидкість виконання поставлених завдань в середовищі САМ-програми Autodesk PowerMill, функціональні можливості системи, складність роботи програми і повнота інформації.

Метою кваліфікаційної роботи є оптимізація технологічного процесу механічної обробки деталі в середовищі САМ-програми Autodesk PowerMill з метою ефективності її використання для підвищення рівня автоматизації виробництва, зменшення часу на розробку проекту і зниження витрат на дослідження конструкції деталі.

Методика досліджень – використання теоретичних основ технологій машинобудування, а також методів системного аналізу при розробці структури технологічного процесу виготовлення деталі на основі Autodesk PowerMill.

Результат роботи – оптимізація стратегії обробки в САМ-програмі на прикладі корпусної деталі, скорочення (зменшення) часу на підготовку конструкторсько-технологічної документації, розрахунок оптимізованої керуючої програми для обладнання і скорочення часу механічної обробки на верстаті з ЧПК як наслідок.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи – методика залежності основного часу обробки від стратегії обробки в САМ-програмі.

Практична цінність – рекомендації щодо застосування альтернативних технологічних методів виготовлення корпусів засувки у трубопровідних виробках.

У кваліфікаційній роботі проведено комп'ютерний експеримент з моделювання тривимірної деталі з подальшою автоматизацією технологічного процесу її виготовлення із сталевого сплаву. Також проведено теоретичне дослідження впливу параметрів стратегії обробки САМ-програмою Autodesk PowerMill, режимів різання і геометрії ріжучого інструменту на показники ефективності процесу свердління і фрезерування.

За допомогою сучасної САМ-програми Autodesk PowerMill виконано серію комп'ютерних експериментів, результати яких оброблено з використанням інформаційних технологій.

Ключові слова: автоматизація виробництва, верстат з ЧПК, корпус, механічна обробка, технологічний процес, САМ-програма.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	6
1.1 Загальна характеристика деталі.....	6
1.2 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	9
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	13
2.1 Визначення типу виробництва.....	13
2.2 Аналіз базового технологічного процесу.....	15
2.3 Вибір заготовки.....	18
2.4 Розробка маршрутного технологічного процесу.....	20
2.5 Вибір технологічних баз і послідовності технологічних переходів.....	25
2.6 Вибір і проектування засобів технологічного оснащення.....	25
2.7 Розрахунок припусків і операційних розмірів.....	26
2.8 Розрахунок режимів різання.....	31
2.9 Технічне нормування операцій.....	35
2.10 Опис і розрахунок інструментальних наладок.....	38
3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	40
3.1 Проектування верстатного пристосування.....	40
4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	49
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	57
ДОДАТКИ.....	59

ВСТУП

Технічний прогрес в машинобудуванні характеризується безперервним вдосконаленням технології виробництва деталей. В даний час важливо якісно, при мінімальних витратах і в задані терміни, виготовити виріб, застосувавши сучасне високопродуктивне обладнання, технологічне оснащення, засоби механізації та автоматизації виробничих процесів. Від прийнятої технології виробництва багато в чому залежать довговічність і надійність виробів, що випускаються, а також витрати при їх експлуатації. Розробка технологічних процесів виготовлення деталей є одним з відповідальних етапів підготовки виробництва. Технологічні процеси повинні забезпечувати високу якість виробів відповідно до технічних умов експлуатації при мінімальних витратах часу і коштів.

Переважаючою тенденцією розвитку технології в автоматизованому виробництві є впровадження маловідходних і малоопераційних технологій, використання точних заготовок, близьких за формою і розмірами до готових виробів, що сприяє економії металу, зменшенню обсягів механічної обробки, скорочення виробничого циклу виготовлення деталей і зниження собівартості продукції в цілому.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна характеристика деталі

На машинобудівних підприємствах успішне впровадження нової техніки залежить від ступеня оснащення підприємства сучасним технологічним обладнанням. Для всіх видів технологічного обладнання характерна наявність значної кількості деталей, різноманітної і складної форми. Більшість деталей в процесі виготовлення піддається різним видам механічної обробки. Продуктивність процесу обробки залежить від режимів різання, від матеріалу ріжучої частини інструменту, його конструкції, геометричних параметрів. У дипломному проекті для розрахунку режимів різання застосовується аналітичний метод.

Корпусні деталі широко застосовуються в машинобудуванні. Конструктивною особливістю деталей цього типу є те, що вони мають складну форму і досить високі вимоги по точності розмірів, розташуванню поверхонь, міцності, жорсткості, зносостійкості, корозійної стійкості та іншими властивостями, які визначаються їх призначенням. Відносно точності обробки до корпусних деталей висувають такі основні вимоги:

- точність геометричної форми плоских поверхонь;
- точність відстані між двома паралельними площинами;
- точність відносного повороту плоских базуючих поверхонь;
- точність діаметральних розмірів і форми отворів;
- точність відносного положення осей отворів;
- паралельність або перпендикулярність осей отворів і площин;

Засувка – трубопровідна арматура, в якій замикаючий або регулюючий елемент переміщається перпендикулярно осі потоку робочого середовища [1].

Засувки – дуже поширений тип запірної арматури. Вони широко застосовуються практично на будь-яких технологічних і транспортних трубопроводах діаметрами від 15 до 2000 міліметрів в системах житлово-комунального господарства, газо- та водопостачання, нафтопроводах, об'єктах енергетики і багатьох інших при робочих тисках до 25 МПа і температурах до 565 ° С [2].

Широке поширення засувок пояснюється рядом переваг, серед яких:

- порівняльна простота конструкції;
- відносно невелика будівельна довжина;
- можливість застосування в різноманітних умовах експлуатації;
- малий гідравлічний опір.

Остання якість робить засувки особливо цінними для використання в магістральних трубопроводах, для яких характерний постійний високошвидкісний рух середовища.

В даному дипломному проекті розробляється корпус засувки КЗ13011-500.

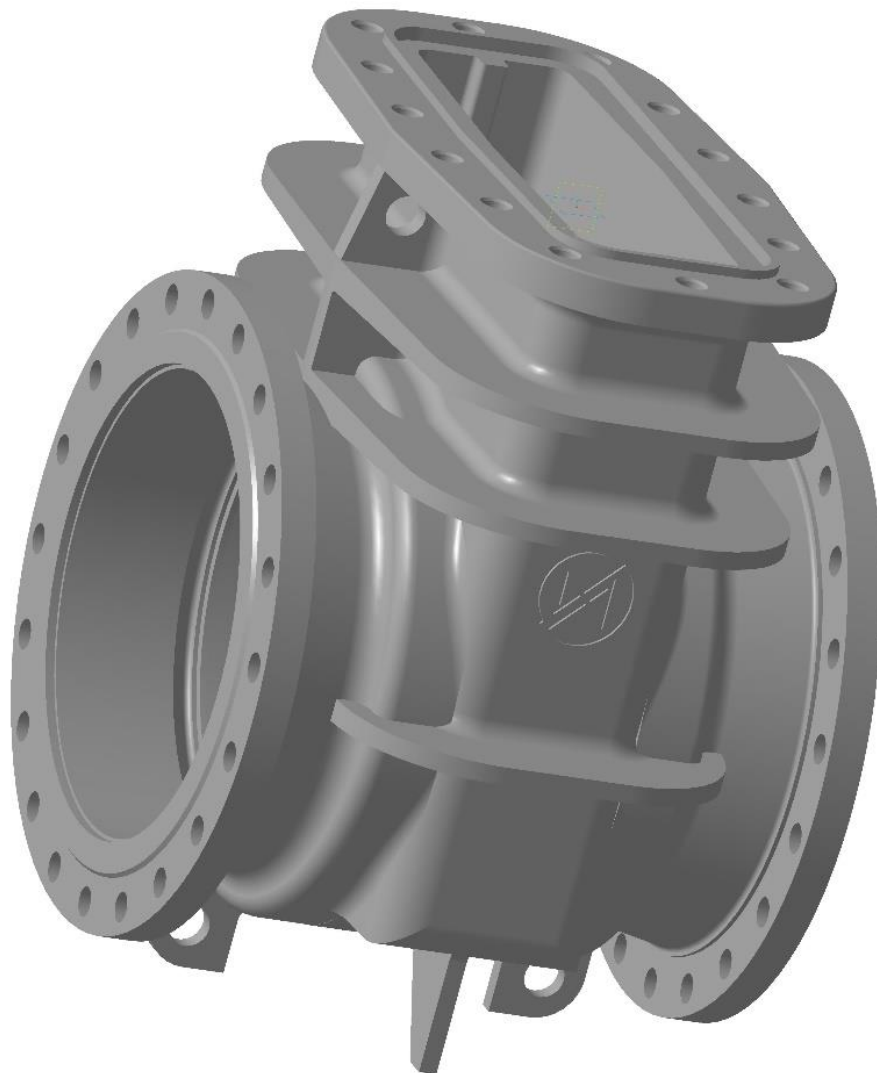


Рис. 1.1 – Корпус засувки КЗ13011-500

Дана деталь входить до складу складальної одиниці (засувка клинова). Засувки клинові з висувним шпинделем призначені для установки їх на трубопроводах як запірний пристрій для водо- газонефтяних сумішей, для ізоляції зовнішніх факторів довкілля, зокрема, попадання пилю, сміття і вологи, що сприяє порушенню нормального функціонування елементів механізму.

Засувки виготовляються з клином жорсткої конструкції. з ручним керуванням, під електропривод, з нормальним і вибухозахисним електроприводом, а також зі спеціальним типом і вимогами з управління. Приєднання до трубопроводу: фланцеве по ГОСТ 12818, з відповідними фланцями по ГОСТ12820 або ГОСТ 12821. Робочий тиск засувок: 1,6 МПа; 2,5 МПа; 4,0 МПа. Кліматичне виконання по ГОСТ 15150: У1; ХЛ1.

Корпус засувки, що розглядається в даному курсовому проєкті виготовлений зі сталі ХМ25Л. Засувка сталева відноситься до класу відновлюваних, ремонтваних виробів.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу ХМ25Л, %

Вуглець (С)	Марганець (Mn)	Кремній (Si)	Сірка (S)	Фосфор (P)	Титан (Ti)	Алюміній (Al)	Хром (Cr)	Нікель (Ni)	Мідь (Cu)
0,18-0,28	0,2-0,5	4,5-6,5	≤0,035	≤0,035	0,03-0,05	0,03-0,06	≤0,03	≤0,03	≤0,03

Таблиця 1.2 – Механічні властивості матеріалу ХМ25Л

Границя текучості	Границя міцності	Відносне видовження	Відносне звуження
$\sigma_T \geq 235$ МПа	$\sigma_B \geq 441$ МПа	$\delta \geq 19\%$	$\Psi \geq 30\%$

1.2 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Одним з важливих етапів проектування є відпрацювання конструкції деталі на технологічність. Оцінка технологічності може проводитися кількісно і якісно, з розрахунком показників технологічності по ГОСТ14.201-83. При цьому якісна оцінка передує кількісній і характеризує технологічність узагальнено.

Метою даного етапу є виявлення можливості зниження собівартості і трудомісткості виготовлення без шкоди для службового призначення деталі, за рахунок незначних змін в її конструкції.

В результаті якісної оцінки деталей на технологічність, можна зробити наступні висновки:

1. Матеріал деталі – модифікована лита сталь ХМ25Л ГОСТ 1583-93 повністю відповідає жорстким умовам експлуатації при низьких температурах і вимогам по міцності, зносостійкості, поверхневим деформаціям і т.д.

2. Конструкція деталі забезпечує достатню жорсткість при механічній обробці на металорізальному обладнанні.

3. Деталь має елементи, зручні для закріплення заготовки при обробці, але при базуванні заготовки по необробленим поверхням виникає велика похибка.

4. Є можливість використання стандартизованих ріжучих інструментів.

5. Низькі швидкості різання при обробці на токарних верстатах внаслідок великого дисбалансу деталі.

6. Наявність поверхонь, які неможливо обробити без застосування спеціальних ріжучих інструментів, таких як спеціальні відігнуті різці.

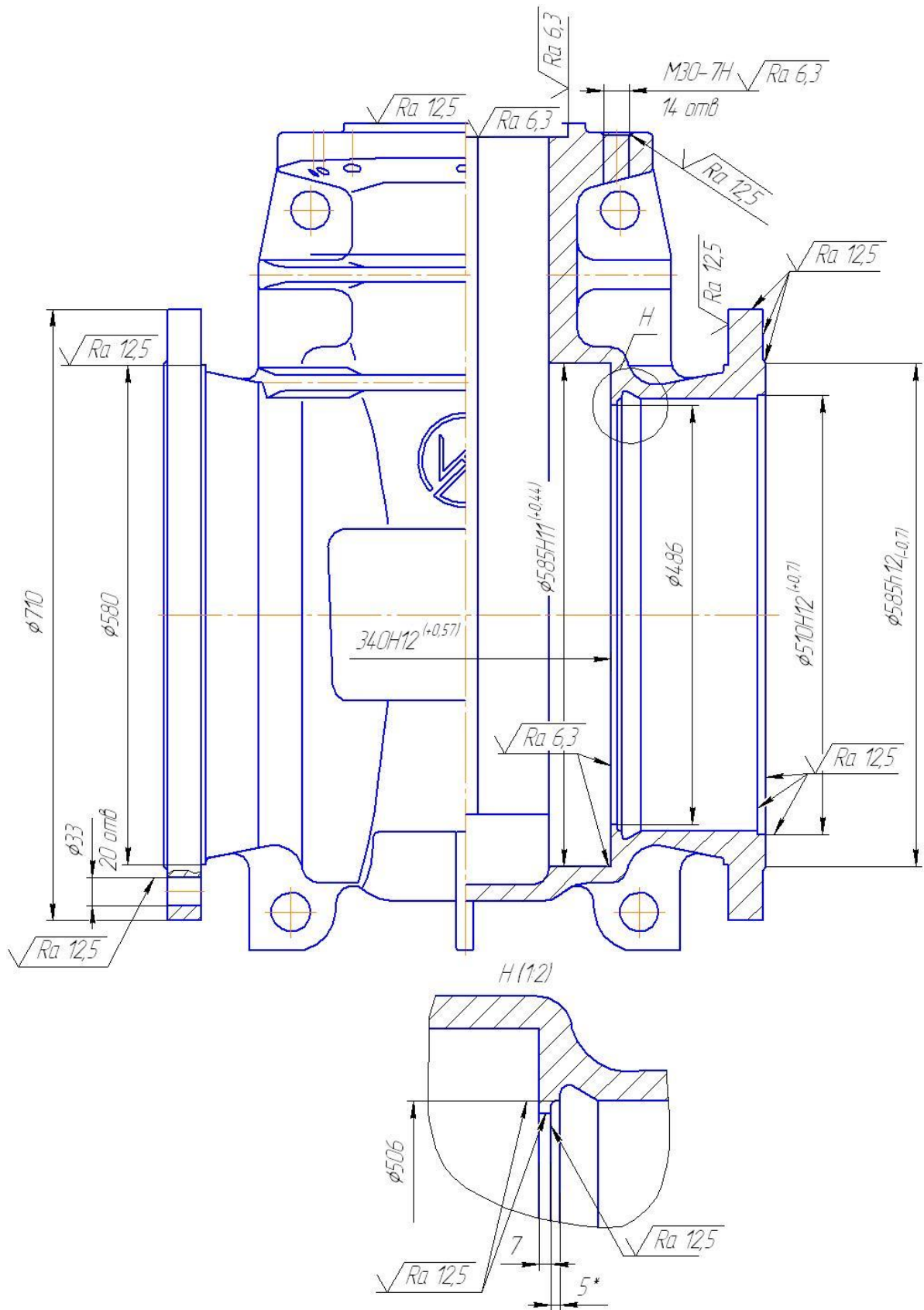


Рис.1.2 – Аналіз кресленика деталі

Таблиця 1.3 – Результати аналізу робочого кресленику деталі

Найменування поверхонь	Кількість поверхонь	Квалітет	Параметр шорсткості, Ra
Виточення Ø510H12	2	12	12,5
Центральний отвір Ø585H11	2	11	6,3
Торець магістрального фланцю Ø585h12	2	12	12,5
Торець виточення	2	14	12,5
Торець центрального отвору	2	12	6,3
Отвір Ø591	2	14	12,5
Виточення середнього фланцю	1	14	6,3
Тильна сторона фланцю	2	14	12,5
Отвір Ø506	2	14	12,5
Торець отвору Ø486	2	14	12,5
Отвір Ø33	40	14	12,5
Отвір M30	14	7	6,3
Фаска	14	14	12,5
Торець виточення фланцю	1	14	12,5
Торець виточення фланцю	1	14	6,3
Зовнішня циліндрична поверхня Ø580	2	14	12,5
Отвір Ø486	2	14	12,5
Фланець Ø710	2	14	12,5
Торець фланцю Ø710	2	14	12,5

Кількісну оцінку технологічності корпусу проведено за такими показниками: коефіцієнти використання матеріалу (K_{BM}), точності обробки (K_{TO}), шорсткості ($K_{Ш}$).

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{BM} = \frac{M_D}{M_3}, \quad K_{BM} = \frac{600}{710} = 0,84 \quad (1.1)$$

де M_D – маса деталі, кг;

M_3 – маса заготовки, кг.

Знайдений коефіцієнт використання матеріалу задовольняє вимогу технологічності деталі. Чим вище коефіцієнт використання матеріалу тим краще економія металу, ріжучого інструменту, машинного часу.

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{A_{CP}}, \quad (1.2)$$

де A_{CP} – середній квалітет точності обробки деталі по всі поверхніям.

$$A_{CP} = \frac{12 \cdot 2 + 11 \cdot 2 + 12 \cdot 2 + 12 \cdot 2 + 7 \cdot 14 + 14 \cdot 73}{97} = 12,5$$

Згідно кресленику деталі визначено, що $A_{CP} = 12,5$. Тоді $K_{TO} = 0,92$. Так як $K_{TO} > 0,8$, то деталь можна враховувати технологічною за цим параметром.

Коефіцієнт шорсткості поверхні:

$$K_{Ш} = \frac{1}{B_{CP}}, \quad (1.3)$$

де B_{CP} – середнє числове значення параметра шорсткості усіх поверхонь деталі.

$$B_{CP} = \frac{12,5 \cdot 77 + 6,3 \cdot 20}{97} = 11,22$$

Визначено, що $B_{CP} = 11,22$. Тоді $K_{Ш} = 0,09$ Так як $K_{Ш} < 0,32$, то деталь можна враховувати технологічною за цим параметром.

На підставі якісного та кількісного аналізу на технологічність можна зробити наступний висновок: деталь цілком технологічна, немає необхідності вносити в її конструкцію будь-які зміни.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва за ГОСТ 3.1121-84 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій ($K_{з.о.}$):

$1 < K_{з.о.} < 10$ – масове і багатосерійне виробництво;

$10 < K_{з.о.} < 20$ – середньосерійне виробництво;

$20 < K_{з.о.} < 40$ – малосерійне виробництво;

$40 < K_{з.о.}$ – одиничне виробництво.

Величину коефіцієнту закріплення операцій з достатньою для учбового проекту точністю, розраховано наступним чином:

а) Визначаємо розрахункову кількість верстатів:

$$C_{pi} = \frac{N \cdot t_{шт-к}}{60 \cdot F_o \cdot K_v \cdot K_p}, \quad (2.1)$$

де, N – об'єм річного випуску деталей; $N = 180$ шт.;

$t_{шт-к}$ – штучно-калькуляційний час і-ой операції, хв;

F_o – ефективний річний фонд часу роботи верстату;

K_v – середній коефіцієнт виконання норм часу:

При обробці на верстатах з ручним керуванням $K_v = 1,2$;

При обробці на верстатах з ЧПК, $K_v = 1,0$;

K_p – коефіцієнт, що враховує витрати з організаційно-технічних причин $K_p = 0,95$.

При розрахунку по цій формулі як $t_{шт-к}$ використовуємо штучно-калькуляційний час базового технологічного процесу, скориговане шляхом зменшення на 10-20%. Коригування проводиться з урахуванням подальшого удосконалення базового технологічного процесу і деякого скорочення трудомісткості виготовлення деталі. Результати розрахунку C_{pi} зведені в таблицю 2.1.

б) Визначаємо прийнятну кількість устаткування на кожній верстатній операції (S_i), розрахункову кількість верстатів (C_{pi}) округляємо до цілих значень.

в) Розраховуємо коефіцієнт завантаження робочого місця (η_{zi}):

$$\eta_{zi} = \frac{C_{pi}}{S_i}, \quad (2.2)$$

г) Визначаємо число операцій, за одним робочим місцем (O_{pmi}):

$$O_{pmi} = \frac{\eta_n}{\eta_{zi}}, \quad (2.3)$$

де η_n – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання. Приймаємо $\eta_n = 0,8$

д) Розраховуємо величину коефіцієнта закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_{pmi}}{\sum P_i}, \quad (2.4)$$

де $\sum P_i$ – загальна кількість робочих місць, на яких виконуються всі верстатні операції з виготовлення деталі, без урахування верстатів-дублерів. Результати розрахунку зводимо в таблицю 2.1. Маємо: $K_{з.о.} = 10,7$.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку коефіцієнта закріплення операцій

Номер і назва операції	Модель верстата	Тшт-к, хв.	F_o , год.	K_B	C_p	S	η_z	O_{pm}
010 Токарна	1541	138	3975	1,2	0,09	1	0,09	8,88
015 Токарна	1541	138	3975	1,2	0,09	1	0,09	8,88
020 Комбінована ЧПК	IP1250	64	3850	1	0,04	1	0,04	2
025 Токарна ЧПК	1516Ф3	176	3850	1	0,12	1	0,12	6,67
030 Свердлильна	2М57	119,5	3915	1,2	0,08	1	0,8	10
035 Свердлильна	2М57	46,2	3915	1,2	0,03	1	0,03	26,67
							$K_{зо} =$	10,7

В результаті розрахунків встановлюємо тип виробництва - середнє. Серійне виробництво характеризується виготовленням чи ремонтом виробів, які періодично повторюються партіями. Для середньосерійного виробництва коефіцієнт закріплення операцій приймають від 10 до 20. Серійний тип виробництва характеризується виготовленням обмеженої номенклатури деталей партіями, що повторюються через певний проміжок часу. Це дозволяє використовувати поряд з універсальним спеціальне обладнання. Для організації серійного виробництва характерні такі риси: цехи, як правило, мають у своєму складі предметно-замкнуті ділянки, обладнання на яких розставляються по ходу типового технологічного процесу.

2.2. Аналіз базового технологічного процесу

В результаті проведення аналізу базового технологічного процесу виготовлення засувки клинової були виявлені наступні моменти:

- спосіб отримання заготовки для заданого річного обсягу випуску і матеріалу деталі є цілком раціональним;
- загальна послідовність обробки деталі, включаючи всі операції технологічного процесу - механічна обробка, технічний контроль, встановлена обґрунтовано;
- одним з недоліків базового технологічного процесу є використання неавтоматизованих верстатних і контрольних пристосувань;
- сильна диференціація операцій призводить до низького завантаження обладнання і як наслідок зниження продуктивності;
- технологічні можливості верстатів відповідають параметрам виконуваних на них операцій;
- в технологічному процесі використовується обладнання, як з ручним так і програмним управлінням, що відповідає вимогам що ставляться до серійного виробництва, але певна обмеженість можливостей обладнання призводить до зайвих витрат часу і матеріалу на формування поверхні деталі;
- застосування токарних верстатів моделі 1541 для обробки магістральних фланців не дозволяє обробляти деталь на високих швидкостях через високий дисбаланс деталі;
- застосування застарілих ріжучих матеріалів, таких як Т5К10 або Т15К6 також не дозволяє обробляти деталь на більш високих режимах.

Таблиця 2.2 – Маршрутний технологічний процес (базовий варіант)

№ операції	Короткий зміст операції	Обладнання	Базування
000 Заготівельна	Заготовка – виливок.		
005 Фарбування			
010 Токарна	Обробка 1-го м. фланцю; Точити поверхню 1; Підрізати торці 2 і 3; Точити поверхню 4; Розточити поверхню 5.	Токарно карусельний верстат 1541	Циліндрична поверхня 6 і торець 7.
015Токарна	Обробка 2-го м. фланцю; Подальша обробка аналогічна операції 010.	Токарно карусельний верстат 1541	Аналогічно операції № 010
020 Комбінована з ЧПК	Фрезерувати фланець; Фрезерувати торець 8; Фрезерувати торець 9; Зацентрувати 14 отворів 10.	Оброб. центр ИР1250ПМФ4	Аналогічно операції № 010
025 Токарна з ЧПК	Розточити поверхні 11,12; Розточити начисто поверхні 11,12,13,14,15,16.	Токарний верстат 1516Ф3	Аналогічно операції № 010
030 Свердлильна	Свердлити 20 отворів 17 в першому і другому магістральних фланцях.	Свердлильний верстат 2М57	Аналогічно операції № 010
035 Свердлильна	Свердлити 14 отворів 18, зенкувати фаску в отворі 18, нарізати різьбу в отворі 18.	Свердлильний верстат 2М57	
040 Слюсарна	Зачистити задирки в 20 отворах в м. фланцях і в 14 отворах в середньому фланці.	Стіл слюсарний БМА 04-26	
045 Миюча	Промити деталь і обдати стиснутим повітрям.	Миюча машина НКА 98-83	
050 Іспит гідравлічний	Випробувати деталь на міцність, щільність.	Стенд НКА 98-15А	
055 Зварювальна	Виправлення дефектів лиття.		
060 Іспит гідравлічний	Аналогічно операції №050.	Стенд НКА 98-15А	
065 Миюча	Промити деталь і обдати стиснутим повітрям.	Миюча машина НКА 98-83	
070 Контрольна	Перевірити розміри, шорсткість поверхонь, технічні вимоги.		

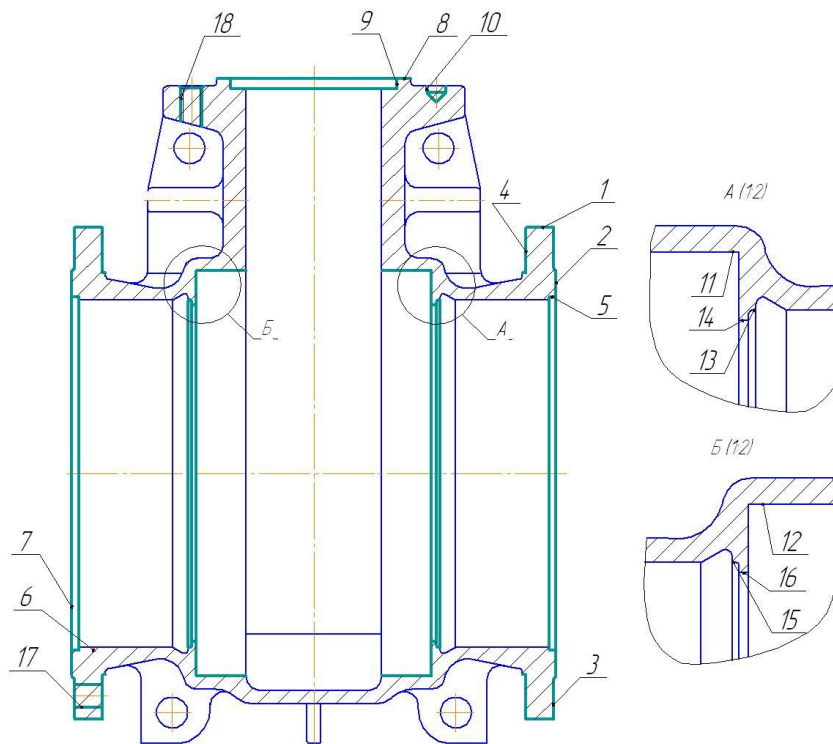


Рис. 2.1 – Оброблювальні поверхні деталі

На базі проведеного аналізу, орієнтуючись на автоматизоване виробництво, розроблені наступні пропозиції щодо зміни базового технологічного процесу:

- замінити обладнання з ручним керуванням (1541, 2M57) на обладнання з програмним управлінням;
- старе обладнання з програмним управлінням (IP-1250ПМФ4, 1516Ф3) замінити на нове високопродуктивне, більш економічне;
- підвищити концентрацію виконання операцій за рахунок застосування верстатів типу «оброблювальний центр»;
- проектуючи механічну обробку, врахувати можливість застосування так званого високошвидкісного різання, що дозволить різко підвищити продуктивність і зменшити знос ріжучого інструменту;
- замінити старий інструмент - новим, що дозволяє досягати більш високих швидкостей різання і кращу якість оброблюваної поверхні;
- з огляду на можливості нового обладнання і підвищення концентрації операцій перерозподілити припуски на механічну обробку, скоротивши витрати дорогого матеріалу деталі.

2.3. Вибір заготовки

Вибір виду вихідної заготовки є відповідальним етапом розробки технологічного процесу, так як докорінно впливає на технологію виготовлення деталі. Особливо важливо правильно вибрати заготовку для умов серійного автоматизованого виробництва.

Креслеником задається матеріал виготовленої деталі - модифікована лита сталь ХМ25Л. Даний сплав не придатний для пластичного деформування, але має гарні ливарні властивості, отже, метод виготовлення заготовки - лиття.

Спосіб виготовлення визначається виходячи з серійності виробництва, маси, об'єму випуску і деяких конструктивних і технологічних особливостей деталі. З огляду на досить великі габаритні розміри деталі, відповідно велику масу, відносно м'які вимоги креслення по шорсткості і точності поверхні, як спосіб виготовлення пропонується використовувати лиття в піщано-глинисті форми. Цей спосіб застосовується, як правило, при виготовленні великих виливків в умовах середньосерійного виробництва.

Технологічність конструкції литої заготовки

Застосування в якості матеріалу заготовки модифікованої литої сталі ХМ25Л забезпечує вільну усадку елементів виливки. Усунення усадочних дефектів досягається конструкцією з рівномірною товщиною стінок.

Зовнішні контури виливка є поєднанням простих геометричних тіл, з плавними переходами. Необроблювані поверхні виливки, перпендикулярні до площини роз'єму, мають конструктивні ухили, що вже передбачено кресленням деталі.

Деталь середніх розмірів, по масі ставиться до виливків II вагової групи.

Положення виливки у формі

Приймаємо горизонтальне положення найбільших габаритних розмірів виливки. У цьому випадку зменшується неоднорідність сплаву при литті, спрощується забезпечення затвердіння заготовки.

Визначення параметрів заготовки

Визначимо шорсткість поверхні заготовки за ступенем точності поверхні виливки. Найбільший габаритний розмір для вибору – 960 мм;

ступінь точності поверхні виливки - 16, шорсткість поверхні Ra = 63 мкм.
 Клас точності розмірів і мас – 12, ряд припусків – 5. Складемо зведену
 розрахункову таблицю 2.3 розмірів заготовки.

Таблиця 2.3 – Розміри заготовки

Розмір деталі, мм	Припуск, мм	Допуск, мкм	Розмір заготовки
Ø710	12	10,0	Ø 722 ± 5,0
700	12	10,0	712 ± 5,0
Ø585	12	9,0	Ø 573 ± 4,5
Ø486	10	9,0	Ø 476 ± 4,5
570	10	9,0	580 ± 4,5
340	10	8,0	330±4,0
40	6	4,4	46±2,2

Примітка:
 1. Ливарні радіуси 5 мм.
 2. Ливарні уклони 2° в сторону збільшення тіла деталі.

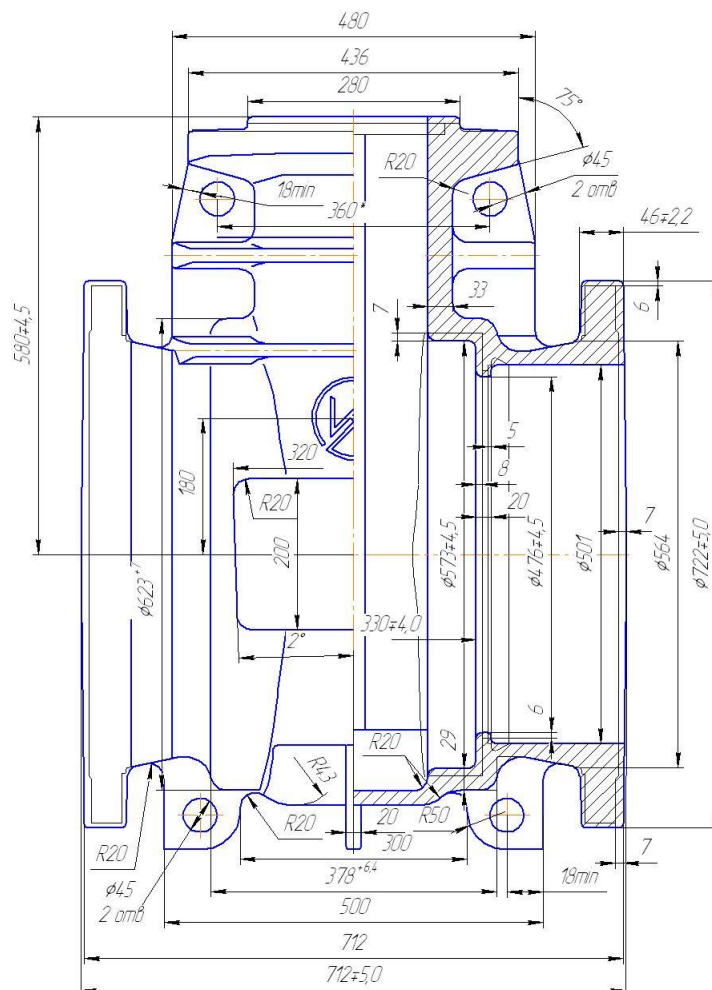


Рис. 2.2 – Заготовка

Вибираємо спосіб виготовлення заготовки: лиття в піщано-глинясту форму.

2.4. Розробка маршрутного технологічного процесу

На підставі аналізу базового технологічного процесу виготовлення деталі і вибору методу отримання заготовки розробимо проектний варіант маршрутного технологічного процесу, що забезпечує вимоги робочого креслення деталі при одночасному зниженні витрат на її виготовлення. В якості основного технологічного обладнання для проектного варіанту маршрутного технологічного процесу вибираємо горизонтальний двошпindelний обробний центр Trevisan DS 900 / 300C. Даний обробний центр призначається для обробки складних, важких корпусних деталей. Всі характеристики даного верстата повністю задовольняють умовам обробки проектного варіанту технологічного процесу.

Основною відмінною рисою горизонтально-розточувальних центрів фірми Trevisan є наявність двох незалежних шпindelів, розташованих в шпindelю вузла.

Базовий шпindel призначений для виконання основних операцій з використанням інструменту, що обертається: фрезерування площин і уступів, нарізання різьби, свердління і розгортання отворів.

Токарний план-супорт призначений для виконання будь-яких операцій, в основі яких покладено токарна обробка: підрізування торців, зовнішнє і внутрішнє точіння, обробка зовнішніх і внутрішніх канавок, нарізання різьби різцем (в тому числі конічної), задня підрізування фланців, точіння фасок. Основним рухом є обертання інструмента з одночасним програмованим переміщенням уздовж осі «U», перпендикулярно до осі обертання план-супорта. Переміщення вздовж осі «U» відбувається за рахунок шариковинтової пари по напрямних від незалежного приводу.

Перевагою даного методу обробки в порівнянні з використанням стандартного шпинделя є фіксоване положення заготовки в процесі обробки (і таким чином точність обробки не залежить від маси деталі).

Дана система обробки забезпечує стабільність процесу різання, відсутність інерційних сил, що виникають при обертанні заготовки, і підвищену точність обробки в межах $\pm 0,010\text{мм}$.

Вузол шпинделя має головний двигун, який забезпечує обертання базового шпинделя і план-супорта.

Важливою перевагою даної конфігурації верстатів є мінімізація використання спеціального інструменту (для обробки складних внутрішніх поверхонь) за рахунок програмування план-супорта під різні види обробки.

Застосування цього верстата з використанням прогресивних ріжучих інструментів, таких як різці, фрези зі змінними пластинами, свердла зі змінними пластинами фірми Seco, Walter дозволить значно скоротити основний час обробки деталі.



Рис 2.3 – Горизонтальний, двошпиндельний оброблювальний центр Trevisan модель DS 900/300C

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики верстату

<i>Програмуємий план-супорт</i>	
Переміщення по осі «U»	300 мм
Потужність	37 КВт
Частота обертів	450 об/хв
<i>Стандартний розточний шпиндель</i>	
Потужність	37 КВт
Частота обертів	1500 об/хв
<i>Переміщення по осям</i>	
Ось X	2700 мм
Ось Y	1440 мм
Ось Z	1650 мм

Палетна система з гідравлічним приводом

Кількість палет	2 шт
Габаритні розміри палети	1250 × 1250 мм
Максимальне навантаження на палету	6000 кг

Точність верстату

Точність позиціювання по осям	± 0.015 мм
Точність повтору по осям	± 0.005 мм

Інструмент

Максимальна довжина інструменту	800 мм
Максимальна маса інструменту	60 кг
Час зміни інструменту	20 сек.
Інструментальний магазин	40 поз.

Система ЧПК

Стойка ЧПК	Fanuc 31i
------------	-----------

Енергетичні вимоги верстату

Напруга	380 В ±10%
Частота	50 Гц
Тиск повітря	6 бар
Потужність верстату	107 КВт

Габаритні розміри	8900 × 7400 × 4500
Маса	60 000 кг

Розроблений маршрут можливо представити в наступному вигляді:

1. Отримання заготовки (виливка).
2. Механічна обробка.
3. Контроль.

Даний маршрутний технологічний процес був складений на основі аналізу існуючих типових маршрутних технологічних процесів. Відповідно до креслення деталі розробимо технологічний маршрут і оформлений у вигляді таблиці 2.6.

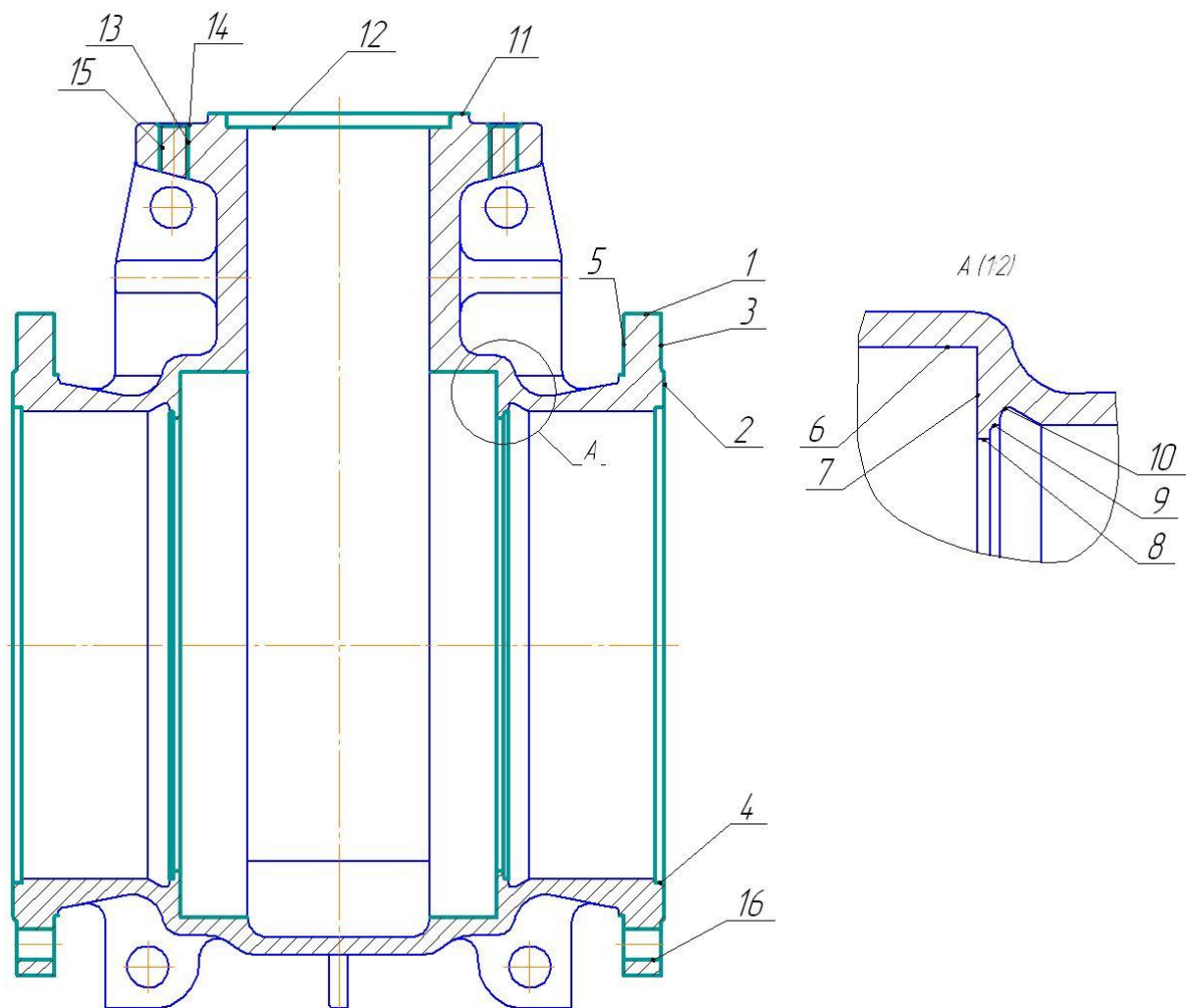


Рис. 2.4 – Оброблювальні поверхні деталі

Таблиця 2.5 – Технологічний маршрут

№ операції	Короткий зміст операції	Обладнання	Базування
000 Заготівельна	Лиття в піщану форму		
005 Фарбування			
010 Комбінована	Точити поверхню 1; Підрізати торець 2; Підрізати торець 3; Точити поверхню 4; Точити поверхню 5; Розточити поверхні 6,7; Точити поверхні 8,9,10; Поворот палети на 180°; Аналогічно обробити другий фланець Поворот палети на 90°; Фрезерування поверхні 11; Фрезерування торця 12; Свердлити 14 отворів 13; Зенкувати фаску 14 в 14 отворах; Нарізати різьбу 15 в 14 отворах; Поворот палети на 90°; Свердлити 20 отворів 16; Поворот палети на 180°; Аналогічно обробити другий фланець	Trevisan DS900\300C	За трьома горловинам и в призми
015 Слюсарна	Зачистити задирки в 20 отворах в магістральних фланцях і в 14 отворах в середньому фланці.	Стіл слюсарний БМА 04-26	
020 Миюча	Промити деталь и обдути стиснутим повітряним.	Миюча машина НКА 98-83	
025 Іспит гідравлічний	Випробувати деталь на міцність, щільність	Стенд НКА98-15А	
030 Миюча	Промити деталь и обдути стиснутим повітряним.	Миюча машина НКА 98-83	
035 Контрольна	Перевірити розміри, шорсткість поверхонь, технічні вимоги.		

2.5 Вибір технологічних баз і послідовності технологічних переходів

Вибір технологічних баз і послідовності технологічних переходів є відповідальним етапом проектування технологічних процесів, від якого залежать якість, продуктивність і ефективність процесу виготовлення машин.

На операції 010 заготовка базується на три призми по необробленим поверхням і затискачем зверху. На початку обробки відбувається обмір всієї деталі вимірною голівкою ReniShaw, тобто верстат визначає нулі деталі. Потім на першій позиції відбувається обробка першого магістрального фланця, а саме: зовнішні, внутрішні і торцеві поверхні фланця. На другій позиції відбувається аналогічна обробка другого магістрального фланця. На третій позиції обробляється середній фланець: свердлиться 14 отворів і нарізується різьба, а також відбувається обробка поверхонь, що знаходяться в сполученні з кришкою. На четвертій і п'ятій позиції відбувається обробка кріпильних отворів першого і другого магістрального фланця.

2.6 Вибір і проектування засобів технологічного оснащення

Ріжучий інструмент вибираємо з літератури [3,4] відповідно до переходів. Для точіння зовнішніх циліндричних поверхонь, підрізування торців вибираємо державку типу S.

Для чорнового розточування внутрішніх циліндричних поверхонь приймаємо державку типу M. Для чистового розточування внутрішніх циліндричних поверхонь приймаємо державку типу D.

Тип і розмір пластини визначаються вибором державки. Для вибору стружколому і сплаву пластини скористаємося системою Secolor. За цією системою вибираємо для чорнової обробки стружколосом R5, а для чистової обробки стружколосом MF2.

При фрезеруванні використовуємо інструмент фірми Walter. Застосовуємо фрезу F 4042.B27.080.Z06.16 з зовнішнім діаметром 80 мм і числом ріжучих пластин рівним 6. При свердлінні отворів використовуємо свердла perfoMAX

2.7. Розрахунок припусків і операційних розмірів

Розрахунок припусків аналітичним методом ведемо згідно методики [5] для поверхонь $\text{Ø}585\text{H}11(+0,44)$ и $340\text{H}12(+0,57)$

Технологічний маршрут обробки поверхні $\text{Ø}585\text{H}11$ складається з чистового і чернового точіння.

Використовуючи складений маршрутний технологічний процес, записуємо технологічні переходи для оброблювальних поверхонь в порядку їх виконання.

Мінімальний припуск при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь:

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot ((R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i}) \quad (2.5)$$

де $R_{z i-1}$ – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

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

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарне відхилення розташування поверхні;

ε_i – похибка установки заготовки при виконуваному переході.

Значення $R_{z i-1}$, h_{i-1} визначаємо для кожного технологічного переходу:

Відливка $R_z = 300$ мкм, $h = 300$ мкм.

Чорнове точіння $R_z = 100$ мкм, $h = 100$ мкм,

Чистове точіння $R_z = 25$ мкм, $h = 25$ мкм,

Сумарне значення похибок (відхилів від площини) визначається:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2} \quad (2.6)$$

де $\Delta_{\text{оп}}$ – відхилення від паралельності площини в мкм на 1 мм (0,8 мкм);

$\Delta_{\text{кор}} = \Delta_K * L$ – викривлення корпусних деталей в мкм на 1 мм

L – довжина площини (700мм).

$$\Delta_{\text{кор}} = 0,8 \cdot 700 = 560 \text{ мкм}$$

$\Delta_{\text{см}} = 1,5$ мкм – зміщення стержнів.

Тоді маємо:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{560^2 + 1500^2} = 1600 \text{ мкм}$$

Похибка установки:

$$E_y = \sqrt{E_6^2 + E_3^2} \quad (2.7)$$

де E_6 – похибка базування

$$E_6 = 0,5TD \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1\right) \quad (2.8)$$

$$E_6 = 0,5 \cdot 2400 \cdot \left(\frac{1}{\sin 120^\circ} + 1\right) = 2239 \text{мкм}$$

Розрахункові значення Δ занесені в табл. 2.6;

Похибка установки на подальших переходах визначається аналогічно.

Мінімальний припуск:

- під чорнове точіння $\text{Ø}585\text{H}11$:

$$2z_{\text{mini}} = 2 \cdot (300 + 300 + \sqrt{1600^2 + 2239^2}) = 6704 \text{мкм},$$

- під чистове точіння $\text{Ø}585\text{H}11$:

$$2z_{\text{mini}} = 2 \cdot (100 + 100 + \sqrt{96^2}) = 592 \text{мкм},$$

Максимальний розрахунковий розмір для кожного технологічного переходу:

- під чистове точіння $\text{Ø}585\text{H}11$:

$$d_p = 585 + 0,44 = 585,44 \text{мм},$$

- під чорнове точіння $\text{Ø}585\text{H}11$:

$$d_p = 585,44 - 0,592 = 584,848 \text{мм},$$

- під заготовку:

$$d_p = 584,848 - 6,704 = 578,144 \text{мм}.$$

Найменші граничні розміри наступним чином:

- для чистового точіння $\text{Ø}585\text{H}11$:

$$d_{\text{min}} = 585,44 - 0,44 = 585 \text{мм}$$

- для чорнового точіння $\text{Ø}585\text{H}11$:

$$d_{\text{min}} = 584,848 - 1,550 = 583,298 \text{мм},$$

- для заготовки:

$$d_{\text{min}} = 578,144 - 9,0 = 569,144 \text{мм},$$

Граничні значення припусків $Z_{\text{ПР}}^{\text{MAX}}$ визначаємо як різницю граничних розмірів і $Z_{\text{ПР}}^{\text{MIN}}$ – як різницю найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2z_{\text{MIN}2} = 585,44 - 584,848 = 0,592\text{мм} = 592\text{мкм},$$

$$2z_{\text{MIN}1} = 584,848 - 578,144 = 6,701\text{мм} = 6704\text{мкм},$$

$$2z_{\text{MAX}2} = 585 - 583,298 = 1,702\text{мм} = 1702\text{мкм},$$

$$2z_{\text{MAX}1} = 583,298 - 569,144 = 14,154\text{мм} = 14154\text{мкм},$$

Перевірка:

$$(T_{\text{дз}} - T_{\text{дд}}) - (Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}}) = (9000 - 440) - (15856 - 7296) = 0.$$

Аналогічно визначаються припуски на розмір $340\text{H}12\left(\begin{smallmatrix} +0,57 \\ \end{smallmatrix}\right)$.

Результати розрахунків припусків наведені в таблиці 2.6 і таблиці 2.7.

Таблиця 2.6 – Розрахунок припусків на обробку Ø585H11

Розрахунок припусків на обробку і граничних розмірів за технологічними переходами Ø585H11 ^(+0,44)											
Ra=6,3 мкм											
Маршрут обробки	Елементи припуску				Розрахунковий припуск	Розрахунковий розмір	Допуск	Розмір по переходам		Граничні припуски	
	Rz, мкм	h, мкм	$\Delta\Sigma$ мкм	ϵ , мкм				2Zmin, мкм	D, мм	Td, мкм	Dmax, мм
Виливка	300	300	1600	-		578,144	9000	578,14	569,14		
Розточування чорнове	100	100	96	2239	6704	584,48	1550	584,84	583,29	14154	6704
Розточування чистове	25	25	5,76	0	592	585,44	440	585,44	585	1702	592
										15856	7296

Таблиця 2.7 – Розрахунок припусків на обробку 340Н12

Розрахунок припусків на обробку і граничних розмірів за технологічними переходами 340Н12 ^(+0,57)											
Ra=6,3 мкм											
Маршрут обробки	Елементи припуску				Розрахунковий припуск	Розрахунковий розмір	Допуск	Розмір по переходам		Граничні припуски	
	Rz, мкм	h, мкм	$\Delta\Sigma$, мкм	ε , мкм	Zmin, мкм	D, мм	Td, мкм	Dmax, мм	Dmin, мм	Zmax, мкм	Zmin, мкм
Виливка	300	300	1600	-	-	333,34	8000	333,34	325,34	-	-
Підрізання чорнове торець 1	100	100	96	2239	4439	337,78	5500	337,78	332,28	6939	4439
Підрізання чистове торець 1	25	25	5,76	0	296	338,07	5000	338,07	333,07	796	296
Виливка	300	300	1600	-	-	338,07	5000	338,07	333,07	-	-
Підрізання чорнове торець 2	100	100	96	0	2200	340,27	1000	340,27	339,27	6200	2200
Підрізання чистове торець 2	25	25	5,76	0	296	340,57	570	340,57	340	726	296
										14661	7231

2.8. Розрахунок режимів різання

Вибір інструментального оснащення для токарного переходу

Розрахунок режимів різання проведемо за методикою викладеною у каталозі Seco [3]. Розробимо технологічну операцію із застосуванням прогресивного режимно-інструментального оснащення. Обробка внутрішньої циліндричної поверхні Ø585H11 з шорсткістю Ra = 6,3 мкм і торця 340H11 з шорсткістю Ra = 6,3 мкм. Процедура покрокового вибору оптимальної змінної пластини:

Крок 1 Визначити матеріал заготовки, що підлягає обробці:

- Матеріал заготовки: сталь XM25Л ТУ 41112-017-00218147-99
- Група матеріалу заготовки - 3. Стр.523 [3]

Крок 2 Вибрати різцетримач для обробки внутрішніх поверхонь заготовки:

- при чорновому розточуванні MCLNL 3232R19
- при чистовому розточування DCLNL 3232R12

Крок 3 Визначити тип змінної багатогранної пластини:

- при чорновому розточуванні CNMM 190616-R5
- при чистовому розточування CNMG1204-MF2 Стр.183,185 [3]

Крок 4 Вибрати режими різання з технічної інформації:

- при чорновому розточуванні $f = 0,4$ мм / об - за технічними даними, їй відповідає швидкість різання $V_c = 235$ м / хв.
- при чистовому розточування $f = 0,1$ мм / об - за технічними даними, їй відповідає швидкість різання $V_c = 320$ м / хв. стор. 36 [3]

Чорнове внутрішнє точіння

Початкові дані: Ø585; $t=7,05$ мм; $f=0,4$ мм; $V_c = 235$ м/хв

Частота обертання:

$$n = \frac{235 \cdot 1000}{585 \cdot 3,14} = 127,9 \text{ об/хв}$$

Приймаємо частоту обертання $n=128$ об/хв.

Уточнюємо швидкість різання у зв'язку з прийнятою частотою обертання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 585 \cdot 128}{1000} = 235,1 \text{ м/хв}$$

Чистове внутрішнє точіння

Початкові дані: $\varnothing 585$; $t=0,85\text{мм}$; $f=0,1\text{мм}$; $V_C=320\text{ м/хв}$

Частота обертання:

$$n = \frac{320 \cdot 1000}{585 \cdot 3,14} = 174,2 \text{ об/хв}$$

Приймаємо частоту обертання $n=175\text{ об/хв}$

Уточнюємо швидкість різання у зв'язку з прийнятою частотою обертання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 585 \cdot 175}{1000} = 321,4 \text{ м/хв}$$

Вибір режимно-інструментального оснащення для фрезерного переходу

Розрахунок режимів різання проведемо за методикою викладеної в каталозі Walter select [4]. Розробимо технологічну операцію на фрезерування із застосуванням прогресивного режимно-інструментального оснащення. Обробка уступу глибиною 15мм з шорсткістю $R_a = 6,3\text{ мкм}$. Процедура покрокового вибору інструментального оснащення:

Крок 1 Визначити матеріал заготовки, що підлягає обробці:

- Матеріал заготовки: сталь ХМ25Л ТУ 41112-017-00218147-99
- Група матеріалу заготовки - Р.

Крок 2 Вибрати умови обробки:

- Для чорнового фрезерування вибираємо WKP35;
- Для чистового фрезерування вибираємо WKP25.
- Виступаюча частина інструменту - коротка.
- Жорсткість верстата і системи затиску заготовки - хороша.

Крок 3 Вибираємо відповідний інструмент відповідно до даної операцією:

- Тип обробки - обробка уступів.
- Ріжучий інструмент - Фреза F 4042.B27.080.Z06.16

Крок 4 Визначаємо оптимальну марку і геометрію змінною пластини

- Для чорнового фрезерування вибираємо ADGT1204PER-D51 WKP35.
- Для чистового фрезерування вибираємо ADGT1204PER-D51 WKP25.

Крок 5 Вибираємо з технічної інформації режими різання.

Крок 5.1 По групі матеріалу заготовки і обраної для кожного типу пластини умови обробки вибираємо швидкості різання.

- Група матеріалу заготовки - P.
- Для чорнового фрезерування з умовою обробки WKP35, $V_c = 220$ м/хв.
- Для чистового фрезерування з умовою обробки WKP25, $V_c = 260$ м/хв.

Крок 5.2. По групі матеріалу заготовки, типу обробки, обраному інструменту і максимальній глибині різання, визначаємо швидкості подачі.

Для чорнового фрезерування:

- Максимальна глибина різання $t = 7,40$ мм.
- Вибираємо швидкість подачі - $fz = 0,20$ мм / зуб.

Для чистового фрезерування:

- Максимальна глибина різання $t = 0,20$ мм.
- Вибираємо швидкість подачі - $fz = 0,15$ мм / зуб.

Чорнове фрезерування

Початкові дані: $t=7,40$ мм, $V_c=220$ м/хв, $D_c=80$ мм.

Частота обертання:

$$n = \frac{220 \cdot 1000}{80 \cdot 3,14} = 875,79 \text{ об/хв}$$

Приймаємо частоту обертання $n=876$ об/хв

Уточнюємо швидкість різання у зв'язку з прийнятою частотою обертання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 876}{1000} = 220,05 \text{ м/хв}$$

Чистове фрезерування

Початкові дані: $t=0,2$ мм, $V_c=260$ м/хв, $D_c=80$ мм.

Частота обертання:

$$n = \frac{260 \cdot 1000}{80 \cdot 3,14} = 1035 \text{ об/хв}$$

Уточнюємо швидкість різання у зв'язку з прийнятою частотою обертання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 1035}{1000} = 259,9 \text{ м/хв}$$

Вибір інструментального оснащення для свердлильного переходу

Розрахунок режимів різання проведемо за методикою викладеної в каталозі Seco [3]. Розробимо технологічну операцію із застосуванням прогресивного режимно-інструментального оснащення. Обробка 40 отворів Ø33мм і глибиною 40мм.

Крок 1 Визначити матеріал заготовки, що підлягає обробці:

- Група матеріалу заготовки - 3.

Крок 2 По діаметру і глибині отвору вибираємо тип свердла:

- Свердло SD502-33-66-32R7 зі змінними пластинами:
- Центральна пластина SPGX 11T3-C1 сплав T3000D
- Периферійна пластина SCGX 09T308-P1 сплав T3000D

Крок 3 Вибираємо з технічної інформації режими різання:

- $V_c = 155 \text{ м / хв}$, $f = 0,18 \text{ мм / об}$.

Вибір режимів різання для свердлильного переходу:

- Початкові дані:
- Свердло SD502-33-66-32R7
- Центральна пластина SPGX 11T3-C1
- Периферійна пластина SCGX 09T308-P1
- Діаметр свердління 33мм;
- Глибина свердління 66мм;
- Швидкість різання $V_c=125 \text{ м/хв}$;
- Подача $f=0,18 \text{ мм/об}$.

Частота обертання:

$$n = \frac{155 \cdot 1000}{33 \cdot 3,14} = 1495 \text{ об/хв}$$

Приймаємо частоту обертання $n=1500 \text{ об/хв}$

Уточнюємо швидкість різання у зв'язку з прийнятою частотою обертання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 33 \cdot 1500}{1000} = 155,43 \text{ м/хв}$$

2.9. Технічне нормування операцій

В серійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу $T_{Ш-К}$:

$$T_{Ш-К} = T_{ШТ} + \frac{T_{П-З}}{n}, \quad (2.9)$$

де $T_{ШТ}$ – норма штучного часу;

$T_{П-З}$ – норма підготовчо-заключного часу;

n – розмір партії.

Штучний час визначається за формулою:

$$T_{ШТ} = t_0 + t_B + t_{ОБС} + t_{ЛП}, \quad (2.10)$$

де t_0 – основний час;

t_B – допоміжний час;

$t_{ОБС}$ – час на обслуговування робочого місця;

$t_{ЛП}$ – час перерви на відпочинок та інші потреби.

Основний час визначається за формулою:

$$t_0 = \frac{(L+l) \cdot i}{V_f}, \quad (2.11)$$

де L – довжина оброблювальної поверхні;

l – сума довжин врізання і перебігу;

i – кількість робочих ходів;

V_f – хвилинна подача;

1. Визначимо основний час на токарні переходи.

Основний час переходу з обробки $\varnothing 710$:

$$t_0 = \frac{44}{106 \cdot 0,4} = 1,03 \cdot 2 = 2,07 \text{хв}$$

Основний час переходу з обробки торця магістрального фланцю:

$$t_0 = \frac{112}{106 \cdot 0,4} = 2,64 \cdot 2 = 5,28 \text{хв}$$

Основний час переходу з обробки зовнішньої сторони фланцю:

$$t_0 = \frac{62 \cdot 2}{88 \cdot 0,2} = 7,04 \cdot 2 = 14,09 \text{хв}$$

Основний час чорнового і чистового переходу з обробки $\varnothing 585H11$:

$$t_0 = \frac{130}{128 \cdot 0,4} = 2,54 \cdot 2 = 5,08 \text{хв} \quad t_0 = \frac{130}{175 \cdot 0,1} = 7,43 \cdot 2 = 14,86 \text{хв}$$

Основний час переходу з обробки $\varnothing 486$:

$$t_0 = \frac{16}{154 \cdot 0,4} = 0,26 \cdot 2 = 0,52 \text{хв}$$

Основний час переходу з обробки $\varnothing 506$:

$$t_0 = \frac{35}{148 \cdot 0,4} = 0,45 \cdot 2 = 0,9 \text{хв}$$

Основний час переходу з обробки Ø510H12:

$$t_0 = \frac{17}{147 \cdot 0,4} = 0,29 \cdot 2 = 0,58 \text{ хв}$$

Основний час переходу з обробки канавки Ø520:

$$t_0 = \frac{47 \cdot 2}{0,3 \cdot 144} = 2,17 \cdot 2 = 4,35 \text{ хв}$$

2. Визначимо основний час фрезерних переходів.

Основний час з обробки площини середнього фланцю:

$$t_0 = \frac{1686 \cdot 2}{0,2 \cdot 876 \cdot 6} = 3,25 \text{ хв}$$

Основний час чорнового переходу з обробки виступу середнього фланцю:

$$t_0 = \frac{2900}{0,2 \cdot 876 \cdot 6} = 2,76 \text{ хв}$$

Основний час чистового переходу з обробки виступу середнього фланцю:

$$t_0 = \frac{1533}{0,15 \cdot 1035 \cdot 6} = 1,65 \text{ хв}$$

3. Визначимо основний час на свердлильні переходи.

Основний час з обробки отвору Ø33:

$$t_0 = \frac{61}{1500 \cdot 0,18} \cdot 20 = 4,51 \cdot 2 = 9,03 \text{ хв}$$

Основний час з обробки отвору Ø26,5:

$$t_0 = \frac{60}{1500 \cdot 0,18} \cdot 14 = 3,11 \text{ хв}$$

Основний час з обробки різьби М30:

$$t_0 = \frac{80 \cdot 2}{1500 \cdot 0,15} \cdot 14 = 9,9 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

$$t_B = t_{\text{ВУ}} + t_{\text{МВ}} + t_K + t_{\text{ИН}} + t_{\text{ПОВ}}, \quad (2.12)$$

де $t_{\text{ВУ}}$ – час на установку і зняття заготовки; $t_{\text{ВУ}} = 0$ хв;

$t_{\text{ор}}$ – час на орієнтацію заготовки в системі верстату; $t_{\text{ор}} = 3,5$ хв;

$t_{\text{МВ}}$ – час на допоміжні ходи ; $t_{\text{МВ}} = 3,46$ хв;

t_K – час на контроль; $t_K = 5,24$ хв;

$t_{\text{ИН}}$ – час на зміну інструменту; $t_{\text{ИН}} = 0,33$ хв;

$t_{\text{пов}}$ – час повороту стола на 360° . $t_{\text{пов}} = 0,16$ хв;

Час на допоміжні ходи:

$$t_{\text{МВ}} = \frac{L_{\text{х.х.}}}{V_f}, \quad (2.13)$$

де L – довжина холостого ходу;

$t_{\text{МВ1}}$ – час на допоміжні ходи токарних переходів, $t_{\text{МВ1}} = 2,2$ хв;

$t_{\text{МВ2}}$ – час на допоміжні ходи фрезерних переходів, $t_{\text{МВ2}} = 0,18$ хв;

$t_{\text{МВ3}}$ – час на допоміжні ходи свердлильних переходів, $t_{\text{МВ3}} = 1,02$ хв;

Тоді: $t_B = 3,46 + 12 \cdot 0,33 + 7 \cdot 0,16 + 2 \cdot 0,08 + 5,24 + 1,5; \quad t_B = 17,2$ хв.

Операційний час:

$$t_{OP} = t_O + t_B = 77,4 + 17,2 = 94,6\text{хв} \quad (2.14)$$

Час обслуговування робочого місця і час на особисті потреби становить 12 % від операційного часу. Тоді:

$$T_{ШТ} = t_O + t_B + t_{OBC} + t_{ЛП} = 105,9\text{ хв} \quad (2.15)$$

Норма підготовчо-заключного часу при обробці на верстаті Trevisan DS900:

$$T_{П-3} = T_{П-31} + T_{П-32} + T_{П-33}, \text{ хв}, \quad (2.16)$$

де $T_{П-31}$ – час на ознайомлення з документами, огляд заготовки, інструктаж майстра, встановлення робочих органів верстату, хв; $T_{П-31} = 12$ хв;

$T_{П-32}$ – час на отримання інструменту, необхідного для наладки, хв; $T_{П-32} = 16$ хв;

$T_{П-33}$ – час на пробну обробку деталі; $T_{П-33} = 0$ хв.

Партія запуску:

$$n = \frac{N}{S_n} \quad (2.17)$$

де N – річний випуск деталей, $N = 180$;

S_n – число запусків на рік (приймаємо $S_n = 12$).

Маємо:

$$n = \frac{180}{12} = 15$$

Тоді штучно-калькуляційний час:

$$T_{ШТ-К} = 105,9 + \frac{28}{15} = 107,7\text{хв}$$

Результати нормування операції зведені в таблицю 2.9.

Таблиця 2. 8 – Результати нормування операції 010

№ Назва операції	t_O	t_B	$T_{ШТ}$	$T_{П-3}$	n , шт.	$T_{Ш-К}$
010 Комбінована	77,4	17,2	105,9	28	15	107,7

2.10 Опис і розрахунок інструментальних наладок

В даному розділі наладка виконана на комбіновану операцію (010). Наладка представлена на чотирьох аркушах графічної частини: на першому аркуші показана обробка магістрального фланця: точіння зовнішньої циліндричної поверхні, торця і тильного боку фланця, на другому аркуші обробка внутрішніх циліндричних поверхонь магістрального фланця, на третьому показана обробка центрального фланця: фрезерування площини, уступу. На четвертому аркуші показано свердління отворів.

Таблиця 2.9 – Координати опорних точок наладки (лист 2)

Операція					010 Комбінована з ЧПК					
Обладнання					ОЦ Trevisan DS900/300C					
№ точки	Координати за осями				t, мм	S, мм/об	v, м/хв	n, об/хв	t _o , хв	t _{um-k} , хв
	x	y	z	u						
T05 Seco Різець S32T-PDUNL15 Ріжуча пластина DNMG150608-M5										
0	0	0	800	0					0,71	
30	0	0	184	243		8000				
31	0	0	168	243	4,0	0,4	235	154		
32	0	0	168	241		8000				
33	0	0	206,5	241		8000	130	122		
34	0	0	206,5	249,34		8000				
35	0	0	200,2	253	8,0	0,4	235,1	147		
36	0	0	179	253	8,0	0,4	235,1	147		
37	0	0	177	248,5	8,0	0,4	235,1	147		
38	0	0	177	241	8,0	0,4	235,1	147		
0	0	0	800	0		8000				
T06 Seco Різець MVJNR 2020K16 Ріжуча пластина VNMG 160404-M3										
0	0	0	800	0					2,17	107,7
39	0	0	206,5	249,34		8000				
40	0	0	187,6	256,5	3,5	0,3	235	144		
41	0	0	185,5	258,5	3,5	0,3	235	144		
42	0	0	182	249,34	3,5	0,3	235	144		
39	0	0	206,5	249,34		8000				
43	0	0	206,5	249,34		8000				
44	0	0	187,6	260	3,5	0,3	235	144		
45	0	0	182	255	3,5	0,3	235	144		
46	0	0	182	249,34	3,5	0,3	235	144		
39	0	0	206,5	249,34		8000				
0	0	0	800	0		8000				
Поворот столу на 180° обробка другого фланцю аналогічно										

Таблиця 2.10 – Координати опорних точок наладки (лист 3)

Операція				010 Комбінована з ЧПК					
Обладнання				ОЦ Trevisan DS900/300C					
№ точки	Координати за осями			t, мм	S, мм/об	v, м/хв	n, об/хв	t _o , хв	t _{ум-к} , хв
	x	y	z						
T07: Фреза F 4042.B27.080.Z06.16 Ріж. пластина ADGT1204PER-D51 WKP35									
0	0	0	800						
69	-79,8	0	573		8000				
70	-79,8	30	562,6	7,4	0,2	220	876	2,76	107,7
71	-79,8	275	562,6						
72	-70	284,8	562,6						
73	70	284,8	562,6						
74	79,8	275	562,6						
75	79,8	-275	562,6						
76	70	-284,8	562,6						
77	-70	-284,8	562,6						
78	-79,8	-275	562,6						
79	-79,8	0	562,6						
80	-79,8	30	555,2						
81	-79,8	275	555,2						
82	-70	284,8	555,2						
83	70	284,8	555,2						
84	79,8	275	555,2						
85	79,8	-275	555,2						
86	70	-284,8	555,2						
87	-70	-284,8	555,2						
88	-79,8	-275	555,2						
89	-79,8	0	555,2						
0	0	0	800		8000				
T08: Фреза F 4042.B27.080.Z06.16 Ріж. пластина ADGT1204PER-D51 WKP25									
0	0	0	800						
90	-55	0	555		8000				
91	-80	0	555	0,2	0,15	260	1035	1,65	107,7
92	-80	275	555						
93	-70	285	555						
94	70	285	555						
95	80	275	555						
96	80	-275	555						
97	70	-285	555						
98	-70	-285	555						
99	-80	-275	555						
100	-80	16	555						
0	0	0	800						

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристосування

Пристосування для комбінованої операції №010 базується по двом отворам і площині на палеті верстата DS900/300С. Зібране пристосування, що включає палету, базуючі елементи і елементи затискних пристроїв, встановлюється на поворотний стіл верстата.

Верстатне пристосування для закріплення оброблюваної заготовки має дозволяти вести обробку з одного установка, тому, з огляду на складну просторову форму заготовки і схему базування на даній операції, пристосування повинно бути спроектовано спеціально для даної заготовки. З огляду на розташування основних баз заготовки, приймемо схему базування за трьома горловинами на установчі опори. Для закріплення деталі використовуємо гвинтовий затиск.

Методика розрахунку верстатного пристосування на силу закріплення і довідкові дані наведені в [7,8]. Розрахуємо силу закріплення в трьох найбільш навантажених переходах: точіння циліндричної поверхні $\varnothing 710$, фрезерування торця уступу, свердління отворів $\varnothing 33$ в магістральному фланці.

1. Токарний перехід.

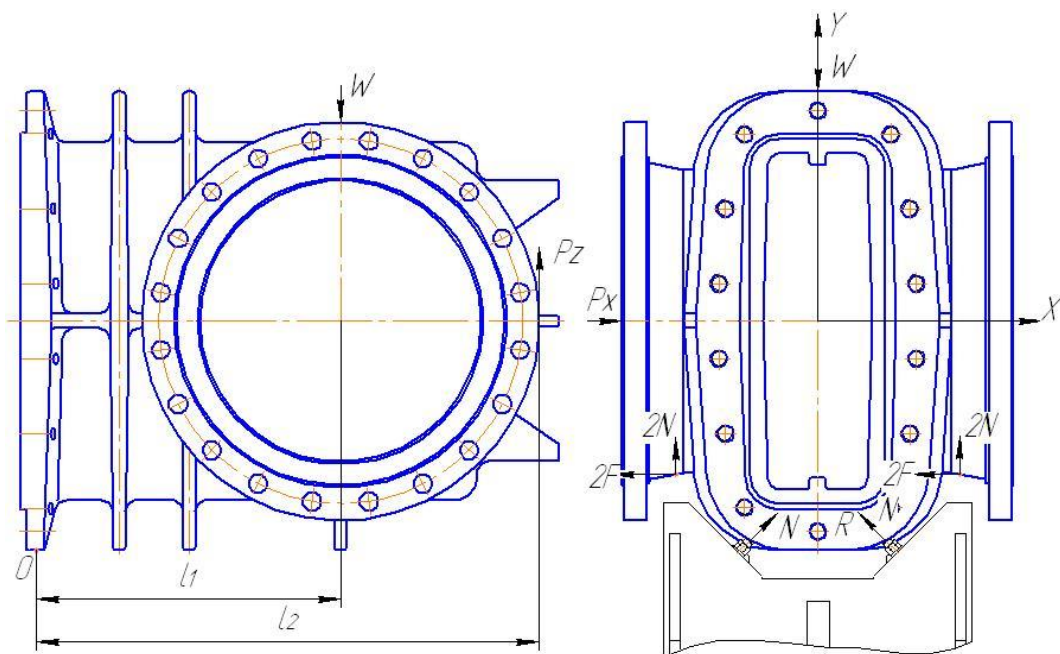


Рис. 3.1 – Схема закріплення деталі

Сила закріплення повинна забезпечити надійне закріплення заготовки в пристосуванні і не допускати зсуву, повороту або вібрації заготовки при обробці. Визначимо дві розрахункові формули сили закріплення:

1) від тангенціальної складової сили різання, що прагне повернути заготовку навколо точки О:

$$\Sigma M_0 = P_Z \cdot l_2 - W \cdot l_1$$

Тоді розрахункова формула приймає вид:

$$W = \frac{K \cdot P_Z \cdot l_2}{l_1}, \quad (3.1)$$

де $P_Z = 4131$ Н – сила різання;

W – сила закріплення, Н;

K – коефіцієнт запасу, який вводять у формулу при розрахунку сили закріплення для надійного закріплення заготовки;

f_1 – коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки з опорами;

f_2 – коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки з затискувачем механізмом.

Коефіцієнт запасу розраховується за формулою:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (3.2)$$

де $K_0 = 1,5$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через нерівності при чорновій обробці;

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення різального інструменту;

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні;

$K_4 = 1,3$ – коефіцієнт, що характеризує сталість сил закріплення для немеханізованих пристосувань;

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що характеризує зручність затиску;

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 2,81$$

Сила закріплення:

$$W = \frac{2,81 \cdot 4131 \cdot 896}{548} = 18979,6 \text{ Н}$$

2) від осьової складової сили різання, яка прагне зрушити заготовку.

$$\sum X = 0; \quad P_X - 4 \cdot F - R \cdot \cos 45^\circ = 0;$$

$$\sum Y = 0; \quad 4 \cdot N \cdot \cos 45^\circ + 2 \cdot N \cdot \cos 45^\circ + R \cdot \cos 45^\circ - W = 0;$$

$$6 \cdot N \cdot 0,7 + R \cdot 0,7 - W = 0;$$

$$N = \frac{W - 0,7 \cdot R}{4,2};$$

$$\sum X_1 = 0; \quad P_X - R \cdot \cos 45^\circ = 0;$$

$$R = \frac{P_X}{0,7};$$

$$N = \frac{W - 0,7 \cdot R}{4,2} = \frac{W - P_X}{4,2};$$

$$P_X - 4 \cdot f \cdot N - R \cdot \cos 45^\circ = P_X - 4 \cdot f \cdot \frac{W - P_X}{4,2} - P_X = 0;$$

$$-4 \cdot f \cdot \frac{W}{4,2} + \frac{4 \cdot f \cdot P_X}{4,2} = 0;$$

де $P_X = 2065,5 \text{ Н}$ – осьова сила різання;

F – сила тертя, Н;

N – нормальна сила реакції опори Н;

R – сила реакції опори від діючої осьової сили Н;

$f=0,22$ – коефіцієнт тертя.

Тоді розрахункова формула приймає вид:

$$W = K \cdot P_X;$$

$$W = 2,81 \cdot 2065,5 = 5804,1 \text{ Н};$$

2. Фрезерний перехід.

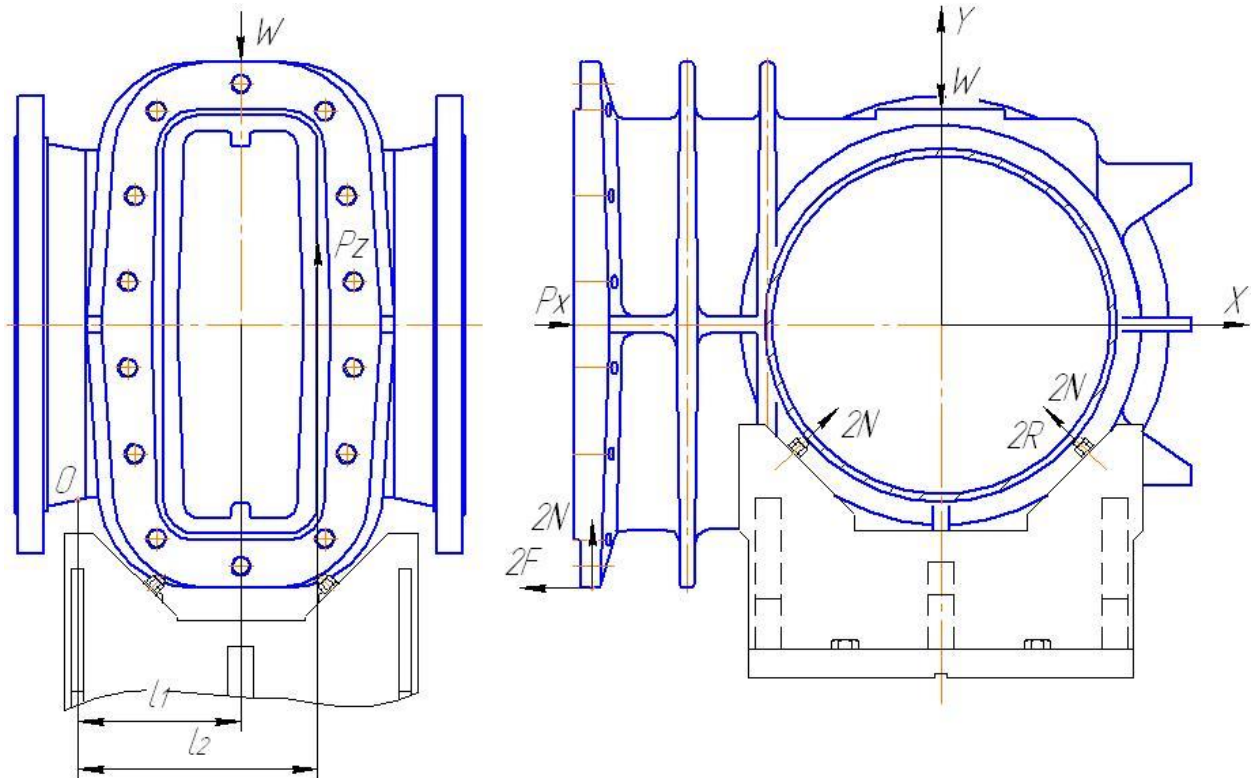


Рис. 3.2 – Схема закріплення деталі

Визначимо дві розрахункові формули сили закріплення:

1) від тангенціальної складової сили різання, що прагне повернути заготовку навколо точки O:

$$\Sigma M_O = P_Z \cdot l_2 - W \cdot l_1$$

Тоді розрахункова формула приймає вид:

$$W = \frac{K \cdot P_Z \cdot l_2}{l_1}, \quad (3.3)$$

де $P_Z = 4868\text{Н}$ – сила різання;

Сила закріплення:

$$W = \frac{2,81 \cdot 4868 \cdot 380}{260} = 19992,5\text{Н};$$

2) від осьової складової сили різання, яка прагне зрушити заготовку.

$$\Sigma X = 0; \quad P_X - 2 \cdot F - 2 \cdot R \cdot \cos 45^\circ = 0;$$

$$\Sigma Y = 0; \quad 2 \cdot N \cdot \cos 45^\circ + 4 \cdot N \cdot \cos 45^\circ + 2R \cdot \cos 45^\circ - W = 0;$$

$$6 \cdot N \cdot 0,7 + 2 \cdot R \cdot 0,7 - W = 0;$$

$$N = \frac{W - 1,4 \cdot R}{4,2};$$

$$\sum X_1 = 0; P_X - 2 \cdot R \cdot \cos 45^\circ = 0;$$

$$R = \frac{P_X}{1,4};$$

$$N = \frac{W - 1,4 \cdot R}{4,2} = \frac{W - P_X}{4,2};$$

$$P_X - 2 \cdot f \cdot N - 2 \cdot R \cdot \cos 45^\circ = P_X - 2 \cdot f \cdot \frac{W - P_X}{4,2} - P_X = 0;$$

$$-2 \cdot f \cdot \frac{W}{4,2} + \frac{2 \cdot f \cdot P_X}{4,2} = 0;$$

де $P_X = 2434\text{Н}$ – осьова сила різання;

$f = 0,22$ – коефіцієнт тертя;

Тоді розрахункова формула приймає вид:

$$W = K \cdot P_X \tag{3.4}$$

Сила закріплення:

$$W = 2,81 \cdot 2434 = 6840\text{Н};$$

3. Свердлильний перехід.

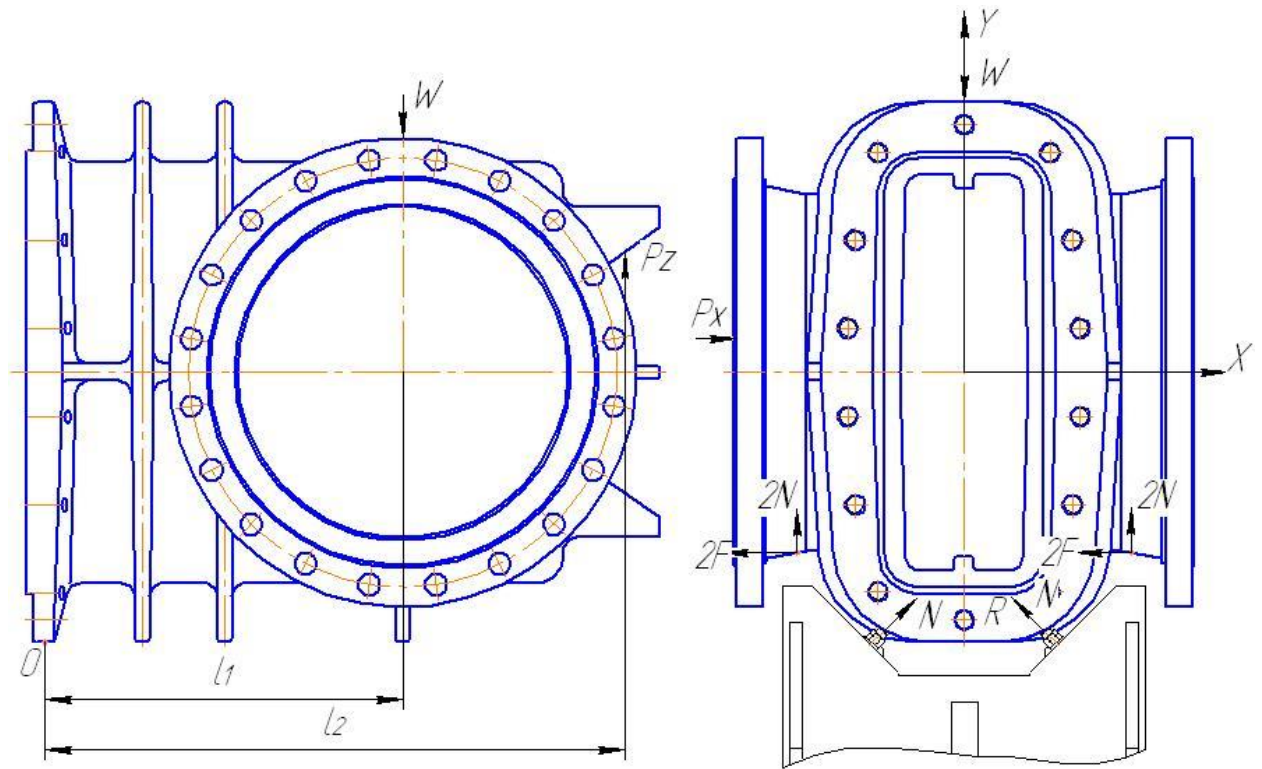


Рис. 3.3 – Схема закріплення деталі

Визначимо дві розрахункові формули сили закріплення:

1) від тангенціальної складової сили різання, що прагне повернути заготовку навколо точки O :

$$\Sigma M_O = P_Z \cdot l_2 - W \cdot l_1$$

Тоді розрахункова формула приймає вид:

$$W = \frac{K \cdot P_Z \cdot l_2}{l_1} \quad (3.5)$$

де $P_Z = 1879\text{Н}$ – сила різання;

Сила закріплення:

$$W = \frac{2,81 \cdot 1879 \cdot 880}{548} = 8479\text{Н};$$

2) від осової складової сили різання, яка прагне зрушити заготовку.

$$\Sigma X = 0; \quad P_X - 4 \cdot F - R \cdot \cos 45^\circ = 0;$$

$$\Sigma Y = 0; \quad 4 \cdot N \cdot \cos 45^\circ + 2 \cdot N \cdot \cos 45^\circ + R \cdot \cos 45^\circ - W = 0;$$

$$6 \cdot N \cdot 0,7 + R \cdot 0,7 - W = 0;$$

$$N = \frac{W - 0,7 \cdot R}{4,2};$$

$$\sum X_1 = 0; P_X - R \cdot \cos 45^\circ = 0;$$

$$R = \frac{P_X}{0,7};$$

$$N = \frac{W - 0,7 \cdot R}{4,2} = \frac{W - P_X}{4,2};$$

$$P_X - 4 \cdot f \cdot N - R \cdot \cos 45^\circ = P_X - 4 \cdot f \cdot \frac{W - P_X}{4,2} - P_X = 0;$$

$$-4 \cdot f \cdot \frac{W}{4,2} + \frac{2 \cdot f \cdot P_X}{4,2} = 0;$$

де $P_X = 2434\text{Н}$ – осьова сила різання;

$f = 0,22$ – коефіцієнт тертя;

Тоді розрахункова формула приймає вид:

$$W = K \cdot P_X; \tag{3.6}$$

Сила закріплення:

$$W = 2,81 \cdot 4443 = 12485\text{Н};$$

Роздивимося другу схему свердління отвору Ø33.

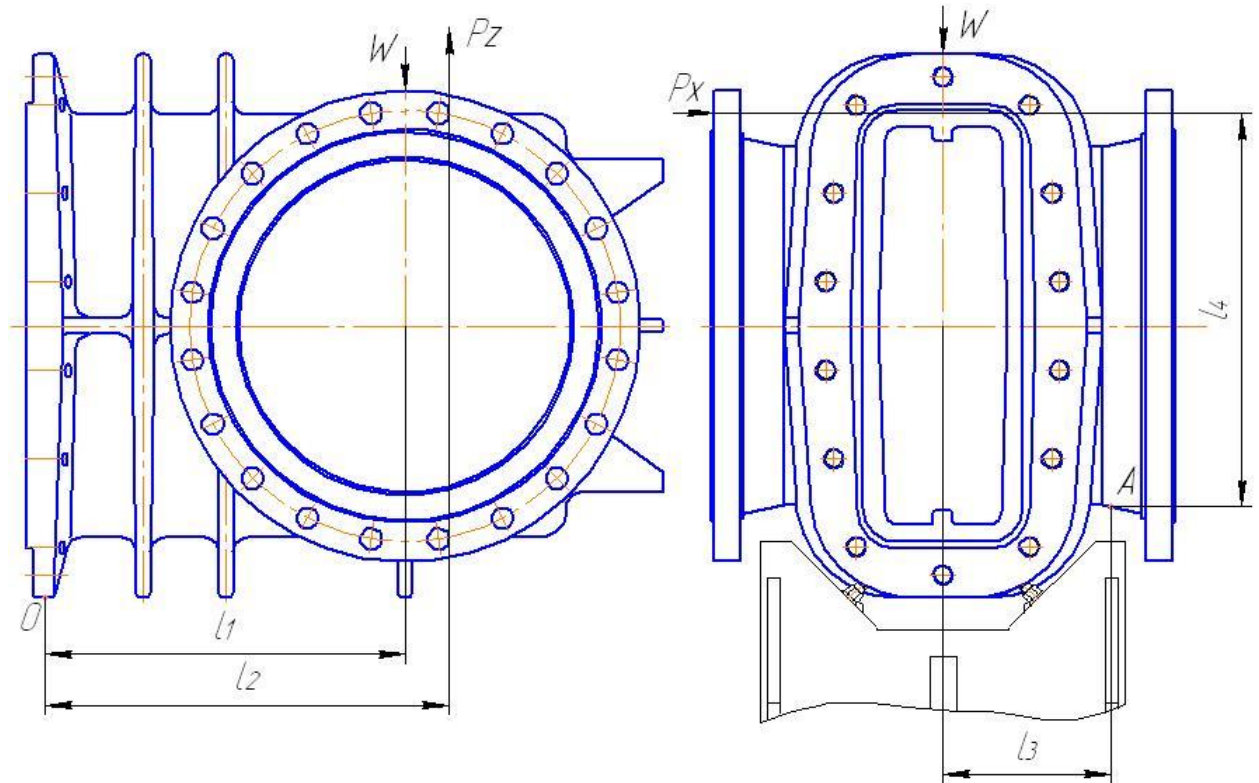


Рис. 3.4 – Схема закріплення деталі

Визначимо дві розрахункові формули сили закріплення:

1) від тангенціальної складової сили різання, що прагне повернути заготовку навколо точки О:

$$\Sigma M_O = P_Z \cdot l_2 - W \cdot l_1$$

Тоді розрахункова формула приймає вид:

$$W = \frac{K \cdot P_Z \cdot l_2}{l_1} \quad (3.7)$$

де $P_Z = 1879\text{Н}$ – сила різання;

Сила закріплення:

$$W = \frac{2,81 \cdot 1879 \cdot 610}{548} = 5877\text{Н};$$

2) від осьової складової сили різання, яка прагне повернути заготовку навколо т. А.

$$\Sigma M_A = P_X \cdot l_4 - W \cdot l_3$$

Тоді розрахункова формула приймає вид:

$$W = \frac{K \cdot P_X \cdot l_4}{l_3} \quad (3.8)$$

де $P_X = 2434\text{Н}$ – осьова сила різання;

Сила закріплення:

$$W = \frac{2,81 \cdot 4443 \cdot 592}{260} = 28427 \text{Н};$$

Для подальшого розрахунку приймаємо найбільшу силу закріплення.

Розрахунок гвинтового затиску.

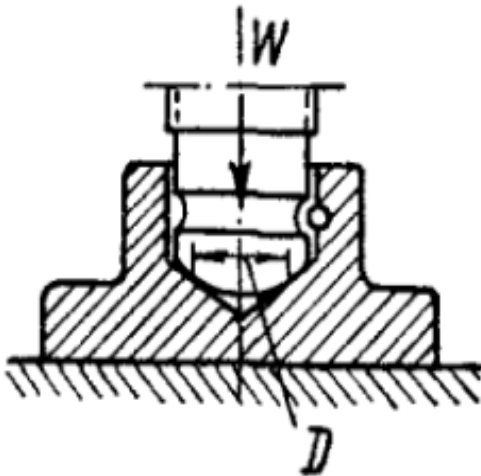
Номінальний діаметр гвинта розраховується за формулою:

$$d = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{P_3}{\sigma_P}}, \quad (3.9)$$

де σ_P – напруження розтягу (стиску), МПа.

$$d = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{28427}{78}} = 26,7 \text{ мм}$$

Обираємо різьбу М27 мм; Р = 3 мм,



По відомому діаметру і шагу різьби приймаємо половину кута при вершині різьби $\beta=30^\circ$ і приведений кут тертя в різьбі $\varphi_{пр}=6^\circ 40'$.

Розрахуємо кут підйому різьби

$$\alpha = \arctg P / (\pi \cdot d)$$

$$\alpha = \arctg 3 / (\pi \cdot 25,051) = 0,91^\circ$$

За умови відсутності вм'ятин

Рис.3.5 – Кругова п'ята за табл. 5 [7] обираємо кінець гвинта під п'яту.

Визначаємо момент, необхідний для закріплення заготовки.

$$M = W \cdot [0,5 \cdot d_2 \cdot \tg(\alpha + \varphi_{пр}) + f_1 \cdot R \cdot \ctg(\gamma/2)]$$

$$M = 28427 \cdot \left[0,5 \cdot 25,051 \cdot \tg(0,91 + 6,40) + 0,15 \cdot 20 \cdot \ctg\left(\frac{118}{2}\right) \right] = 96652 \text{ [Нмм]}$$

Приймаємо довжину рукоятки 550 мм, тоді необхідне зусилля дорівнюватиме:

$$Q = \frac{M}{l} = \frac{96652}{400} = 175,7 \text{ Н.}$$

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

У науково-дослідницькому розділі проведено комп'ютерний експеримент з моделювання тривимірної деталі з подальшою автоматизацією технологічного процесу її виготовлення із сталевого сплаву. За допомогою сучасної САМ-програми Autodesk PowerMill виконано серію комп'ютерних експериментів, результати яких оброблено з використанням інформаційних технологій.

Також проведено теоретичне дослідження впливу параметрів стратегії обробки САМ-програмою Autodesk PowerMill, режимів різання і геометрії ріжучого інструменту на показники ефективності процесу фрезерування.

PowerMILL - є основним пакетом в програмній лінійці Autodesk. PowerMILL призначений для розробки керуючих програм для 3-осьових і багатоосьових фрезерних верстатів з ЧПК.

Обробка формотворним оснащенням - ливарні форми для металу і пластмас, модельна оснастка, штампи та інше - як і раніше найсильніша сторона PowerMILL. Тут важлива якість поверхні і відсутність врізів. Оптимізація програм і сучасні стратегії обробки, де не витрачається час на холості ходи, дозволяють скоротити час обробки в порівнянні з традиційними підходами до програмування в інших системах.

Сучасний високошвидкісний верстат з ЧПК вимагає іншого підходу до програмування обробки. Перехід від традиційного силового різання до високошвидкісного не тільки збільшує продуктивність і якість обробки, але і продовжує термін служби верстата і інструменту. PowerMILL була однією з перших систем, яка запропонувала новий підхід до програмування обробки. В даний час функціонал в даній області значно покращився і розширився, на додаток до наявних функцій високошвидкісного фрезерування додалося так зване вихриве фрезерування (Vortex технологія), а також запатентована технологія DNA, яка дозволяє на основі мікротестів визначити оптимальні технічні можливості верстата з обробки.

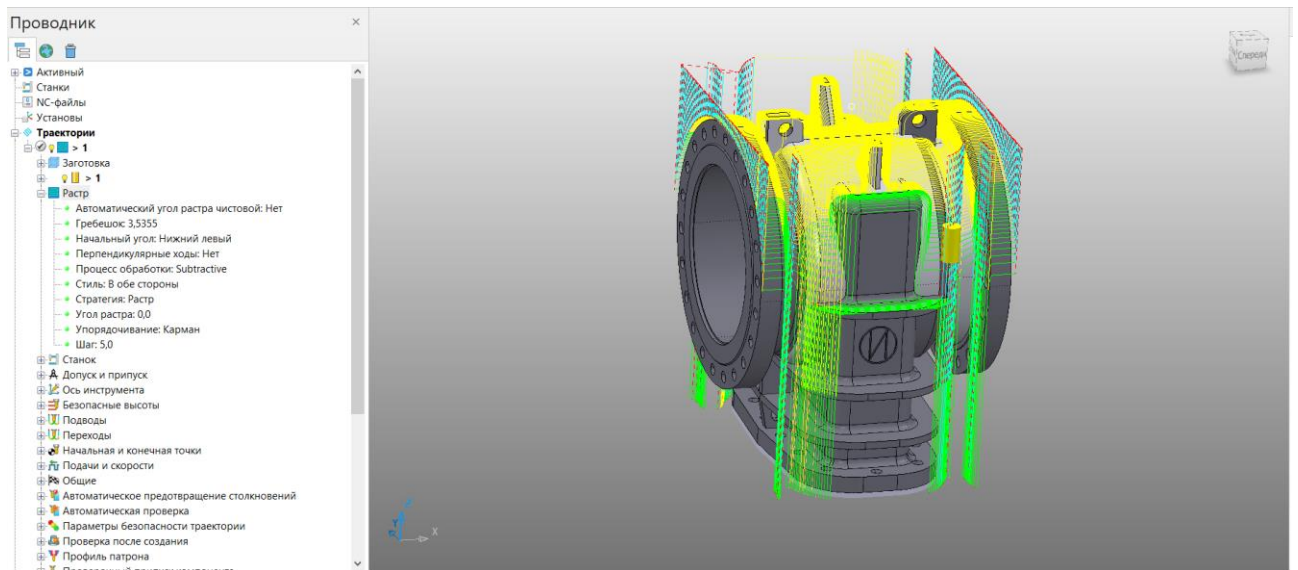
Довгі роки багатоосьова обробка застосовувалася в аерокосмічній промисловості внаслідок обробки специфічних форм деталей і дорожчого верстатного устаткування, проте останнім часом цей вид обробки став застосовуватися і в інших областях, наприклад в інструментальному виробництві, що дозволило виключити створення додаткових пристосувань, а також ерозійну обробку при великих вертикальних стінках. Багатоосьова обробка передбачає одночасний рух верстата по більш ніж 3 осям, що висуває додаткові вимоги до безпеки траєкторії. PowerMILL володіє численними функціями для створення багатоосьових траєкторій, відмітними з них є:

- автопредотвращення зіткнень;
- згладжування нахилу фрези;
- ручне редагування осі нахилу фрези і т.д.

Останні розробки Delcam, виконані спільно з виробниками авіаційних двигунів і закладені в новий модуль з обробки лопаток, вивели PowerMILL в лідери в цій галузі. До появи даного модуля користувачеві доводилося програмувати вироби в ручному режимі: підбирати потрібну стратегію, будувати допоміжні поверхні, що займало кілька годин роботи. Новий модуль забезпечує простоту і зручність в роботі, тому що створені спеціальні стратегії, де користувачеві досить зробити вибір даних по CAD моделі і призначити необхідні параметри обробки [9].

Далі наведено порівняльні статистики чотирьох стратегій механічної обробки фрезеруванням у програмі PowerMill.

1. Чистова растр.
2. Оптимізована Z.
3. Постійна Z.
4. Фрезерування фасок.



Статистика траектории

Объект: 1

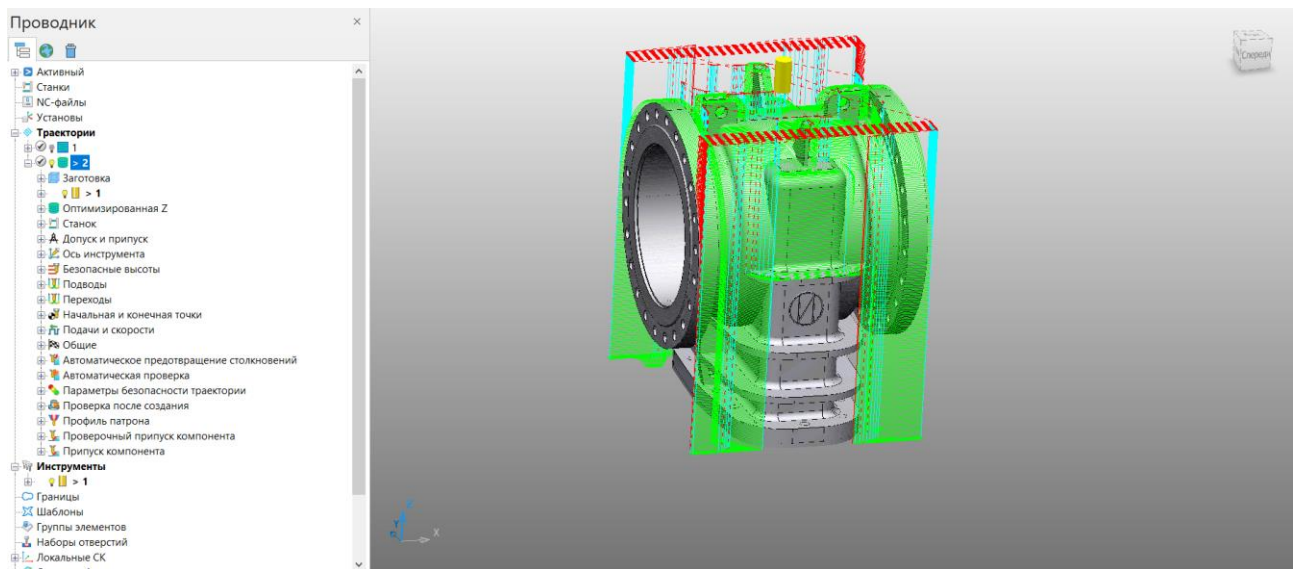
Подводы и переходы		Длина	Время
Ускоренные		100328,541502	0:33:26
Врезание в пр		94301,23571	3:08:36
Наклонно		0,0	0:00:00
Другие		0,0	0:00:00
Всего		194629,777212	3:42:02

Рабочие ходы		Длина	Время
Линия		264243,966884	4:24:14
Дуги		0,0	0:00:00
Всего		264243,966884	4:24:14


Задержки		Время
Всего		0:00:00
Всего	458873,744096	8:06:17
	сло подъемов	236

Закреть

Рис. 4.1 – Статистика траекторії «Чистова растр»



Статистика траектории

Объект:  2

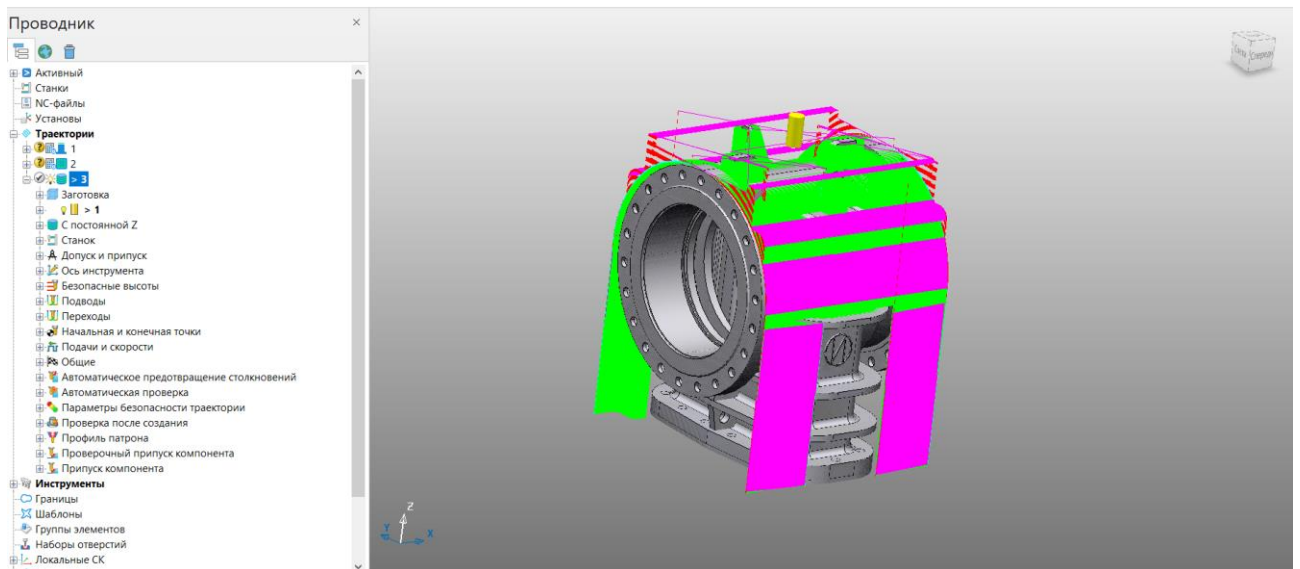
Подводы и переходы		Длина	Время
Ускоренные		570478,667945	3:10:09
Врезание в пр		387052,03924	12:54:06
Наклонно		0,0	0:00:00
Другие		0,0	0:00:00
Всего		957530,707185	16:04:15

Рабочие ходы		Длина	Время
Линия		400829,071573	6:40:49
Дуги		0,0	0:00:00
Всего		400829,071573	6:40:49

Задержки		Время
Всего		0:00:00
Всего	1358359,77875	22:45:05
	сло подъемов	788

Закреть

Рис. 4.2 – Статистика траектории «Оптимизована Z»



Статистика траектории

Объект: 3

Подводы и переходы		Длина	Время
Ускоренные		1062346,23646	5:54:06
Врезание в пр		15796,029999	0:31:35
Наклонно		0,0	0:00:00
Другие		0,0	0:00:00
Всего		1078142,26646	6:25:42

Рабочие ходы		Длина	Время
Линия		1630178,80085	27:10:10
Дуги		0,0	0:00:00
Всего		1630178,80085	27:10:10

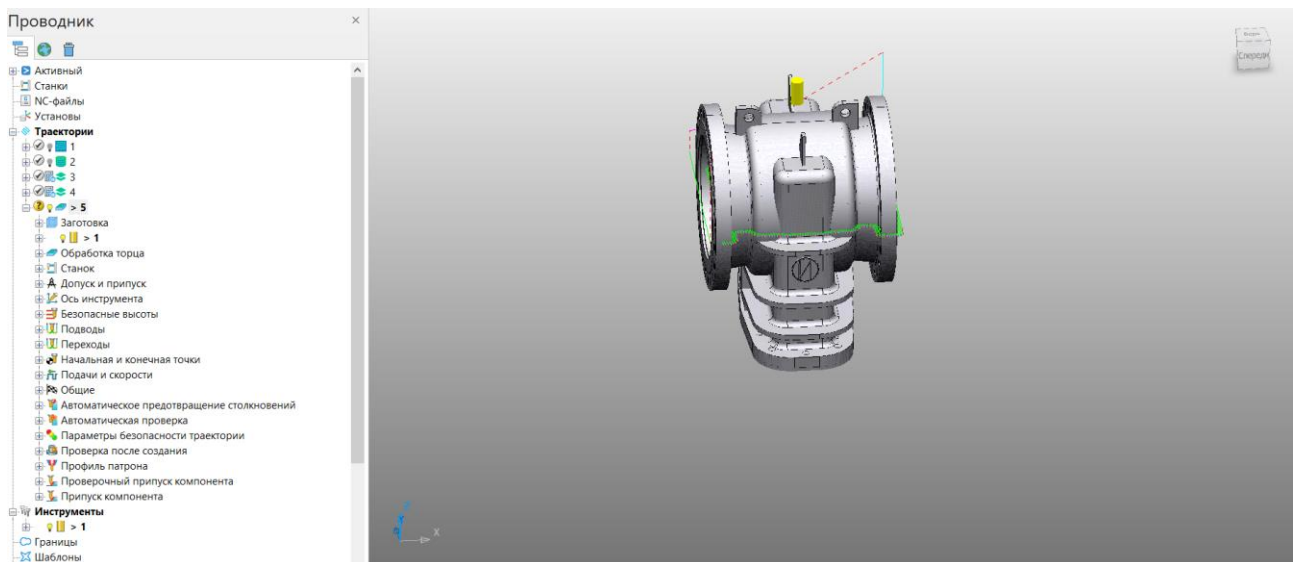
Задержки		Время
Всего		0:00:00

Всего 2708321,06731 33:35:53

сло подъемов 3307

Закреть

Рис. 4.3 – Статистика траектории «Постійна Z»



Статистика траектории

Объект: 5

Подводы и переходы		
	Длина	Время
Ускоренные	3051,831384	0:01:01
Врезание в пр	1119,0	0:02:14
Наклонно	0,0	0:00:00
Другие	0,0	0:00:00
Всего	4170,831384	0:03:15

Рабочие ходы		
	Длина	Время
Линия	101202,21875	1:41:12
Дуги	0,0	0:00:00
Всего	101202,21875	1:41:12

Задержки	
	Время
Всего	0:00:00

Всего 105373,050134 1:44:27

сло подъемов 145

Заккрыть

Рис. 4.4 – Статистика траектории «Фрезерования фасок»

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті на основі базового технологічного процесу із застосуванням отриманих знань з технології машинобудування, стандартизації, автоматизації, і проєктування пристосувань, був розроблений вдосконалений технологічний процес, що відповідає вимогам гнучкого автоматизованого виробництва та економічної ефективності.

В аналітичному розділі була виконана характеристика деталі, а також якісна і кількісна оцінка технологічності деталі. Завдяки цьому відбулося зниження собівартості і трудомісткості виготовлення без шкоди для службового призначення деталі, за рахунок незначних змін в її конструкції.

В технологічному розділі обрано і обґрунтовано тип заготовки, розраховано припуски. Також був розроблений новий технологічний маршрут для механічної обробки, для кожної операції здійснювався вибір технологічних баз, послідовність технологічних переходів, режимів різання. Застосовувалось прогресивне режимно-інструментальне оснащення. На одну з операцій технологічного процесу розроблена інструментальна наладка, проведено вибір інструментального оснащення, проведено нормування. Всі листи графічної частини розроблені з застосуванням графічного пакета "Компас 3D".

В спеціальному розділі було спроектоване верстатне пристосування для закріплення оброблюваної заготовки, яке дозволяє вести обробку з одного установа. При проєктуванні було розраховано необхідну силу закріплення для кожного переходу.

Дослідницький розділ присвячений порівнянню впливу параметрів стратегії обробки САМ-програмою Autodesk PowerMill, режимів різання і геометрії ріжучого інструменту на показники ефективності процесу свердління і фрезерування. За умови врахування закладених початкових даних, обмежень та допущень Autodesk PowerMill є найбільш продуктивною САМ-системою для розрахунку автоматизованої технології механічної

обробки даної деталі. У програмі PowerMill мається значна кількість стратегій для чорнової і чистової обробки поверхонь, а також спеціальних траєкторій для зачистки радіусів та заокруглень профілю. Значна кількість варіантів траєкторій чистової обробки деталі і варіативність програмування підводів, відводів і переходів ріжучого інструменту, у програмі PowerMill призводить до значного скорочення часу на розрахунок траєкторії на ПК та машинного часу на обробку деталі.

В результаті оптимізованої траєкторії обробки значно скорочено об'єм GМ-коду для верстата з ЧПК, а як наслідок, і кількість переміщень та підйомів робочих вузлів верстата, що відображається на ресурсі самого верстата та стійкості ріжучого інструменту в цілому.

При розробці даного дипломного проекту широко використані можливості сучасної комп'ютерної техніки і застосовані різні технічні та графічні програмні пакети.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ГОСТ 52720-2007. Арматура трубопроводная. Термины и понятия
2. ГОСТ 9698-86. Задвижки. Основные параметры.
3. SecoTools. «Каталог и техническое руководство по токарной обработке» [Электронный ресурс] <https://www.secotools.com/article/84565?language=ru>
4. WALTER-Tools. «Каталог по инструменту» [Электронный ресурс] https://www.walter-tools.com/ru-ru/tools/search_and_shop/Pages/default.aspx
5. Справочник технолога–машиностроителя В 2–х т. Т1/ Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, – М: Машиностроение, 1986.–496 с.
6. Справочник технолога–машиностроителя В 2–х т. Т2/ Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, – М: Машиностроение, 1986.–496 с.
7. Станочные приспособления: Справочник. В 2–х т. Т.1 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. – М: Машиностроение, 1984. – 592 с.
8. Станочные приспособления: Справочник. В 2–х т. Т.2 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского. – М: Машиностроение, 1984. – 656 с.
9. PlanetCAM «PowerMill» [Электронный ресурс] <http://planetacam.ru/choice/powermill/>.
- 10.ДСТУ ГОСТ 3.1105-2011. Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення (ГОСТ 3.1105-2011, IDT).
- 11.ДСТУ ГОСТ 2.104-2006 Єдина система конструкторської документації. Основні написи (ГОСТ 2.104-2006, IDT).
- 12.ДСТУ ГОСТ 3.1103:2014 Єдина система технологічної документації. Основні написи. Загальні положення (ГОСТ 3.1103-2011, IDT).
- 13.ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення (ГОСТ 3.1102-2011, IDT).
- 14.Жовтобрюх В.А. Проектирование и автоматизированное программирование современных технологий для станков с ЧПУ : монография / В.А. Жовтобрюх, Ф.В. Новиков. – Д: ЛИРА, 2019. – 480 с. ISBN 978-966-981-173-8

- 15.Новиков В.Ф. Оптимальные решения в металлообработке : монография / Ф.В. Новиков, В.А. Жовтобрюх, Г.В. Новиков. – Д. : ЛИРА, 2017.– 476 с.
- 16.Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.:ДМК Пресс, 2012. – 279с.:ил.ISBN 978-5-94074-560-0.
- 17.Korloy Inc. «Металлорежущий инструмент» 2020.07. Онлайн каталог. [Электронный ресурс] [http://www.korloy.com/en/ebook/2020-2021%20KORLOY%20CUTTING%20TOOLS\(RU\)](http://www.korloy.com/en/ebook/2020-2021%20KORLOY%20CUTTING%20TOOLS(RU))
- 18.TaeguTec LTD. «Металлорежущие инструмент 2020» [Электронный ресурс] <https://taegutec.com.ua/katalog/instrument-2020/>
- 19.Hoffman Group. Интерактивный каталог 2020-2021. [Электронный ресурс] https://ecatalog.hoffmannngroup.com/index_ru.html?country=rus_RU_RUE/catalogs
- 20.Металооброблювальний інструмент ISCAR 2020. Інтерактивний довідник [Електронний ресурс] <https://www.iscar.com/eCatalog/Index.aspx>
- 21.GARANT ToolScout. Справочник по обработке резанием. 1105-00169-Dm-КТ. Арт. №. 11 0950 DE. ISBN 3-00-016882-6
- 22.Кравченко Ю. Г. Визначення і взаємозв'язок кутів зсуву і тертя при стружкоутворенні / Ю.Г. Кравченко, В.А. Дербаба, Д.В. Смагін // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: НТУ «ДП», 2020 – № 61. – С. 193-201.

	17	1
--	----	---

НТУ ДП	ТММ.131-ОНПМ.21.08.ТД		02070743.01101.00001
Корпус засувки			ДП

«Затверджую»


Головний інженер ()
« » _____ 2021 р.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

ПОГОДЖЕНО:

Метрол. контроль _____ ()
Вед. технолог _____ ()
Н. контроль _____ ()

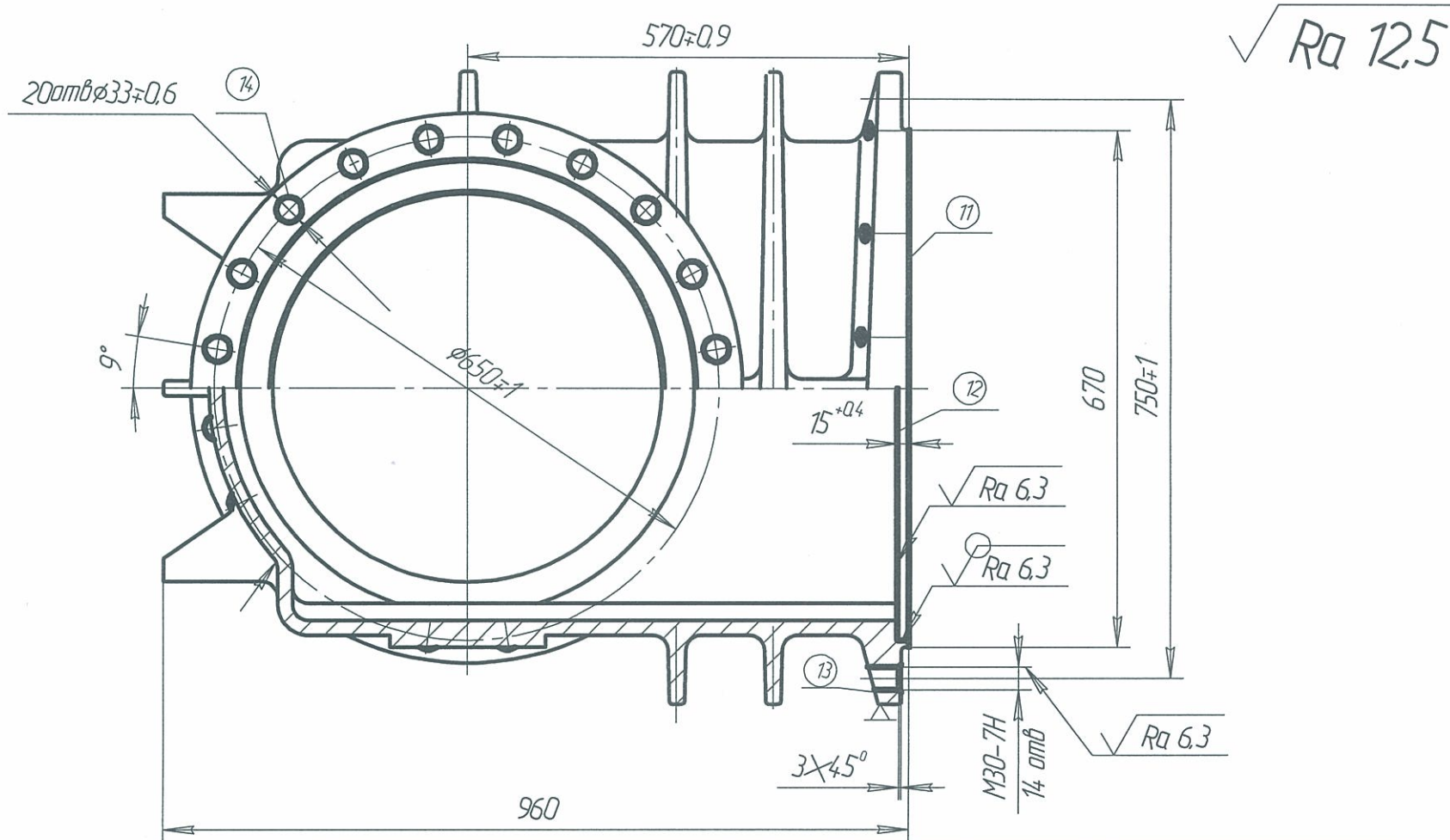
Гол. спеціаліст _____ ()
Нач. техбюро _____ ()
Розробник Смагін ()

Акт № ____ від « ____ » _____ 2021 р.
Підпис _____

										02070743.01101.00001	17	2					
Студент	Смагін Д.В.			НТУ «ДП»		ТММ.131-ОНПМ.21.08.ТД			02070743.10141.00001								
Руковод.	Дербаба В.А.																
Консулт.																	
Н.контр.	Проців В.В.					Корпус КЗ 13011-500			ДП								
Зав.каф.	Проців В.В.																
M01	Сталь ХМ25Л																
M02	Код	ЕВ	МЛ	ЕН	Н.расх	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры		КЛ	МЗ						
		кг	600	кг	840	0,84	Лиття	700x818x960		1	710						
A	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименов. операции			Обозначение документа									
B	Код наименования оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Клт	Тц.з.	Тшт
A 01	01	01	05	000	0168, Заготівельна			без ОК, 02070743.20110.00001 02070743.20110.00002									
02																	
A 03	02	02	10	005	0108, Слюсарна			без ОК, КЭ ИОТ №84.									
B 04	041700, Верстат						Слюс. 2		1	1	1	8	28	1,5			
05																	
A 06	03	03	15	010	4237, Комбінована з ЧПК			02070743.60141.00001; 02070743.20141.00003; 02070743.20141.00004; ИОТ №67.									
B 07	041120, Оброблювальний центр						15292	5	1	1	1	8	28	105,9			
08	Trevisan DS 900/300C																
09																	
A 10	02	02	10	015	0108, Слюсарна			без ОК, КЕ ИОТ №84									
B 11	041700, Верстат						Слюс. 2		1	1	1	8					
12																	
A 13	04	04	20	020	0125, Миюча			без ОК, КЕ ИОТ №84									
B 14	Миюча машина НКА 98-83						Мийщ.2		1	1	1	8					
МК	Маршрутна карта																

										02070743.01101.00001				17	3		
														02070743.10141.00001			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа							
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тп.з	Тшт	
Наименование детали, ед. единицы или материала					Обозначение кол.					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх			
А 01	05	05	25	025	Испит					без ОК, КЭ ИОТ №84					28	6,5	
Б 02	Стенд НКА 98-15А					Слюс. 2					1	1	1	8			
03																	
А 04	04	04	20	030	0125, Миюча					без ОК, КЭ ИОТ №84					28	3,5	
Б 05	Машина миюча НКА 98-83					Миюч.2					1	1	1	8			
06																	
А 07	06	06	30	035	0390, Контрольна					02070743.60102.00002; 02070743.20102.00005; 02070743.20102.00006 ИОТ №91.							
Б 08	Стіл контрольний					Контр. 4					1	1	1	8	28	5,24	
09																	
А 10																	
Б 11																	
12																	
А 13																	
Б 14																	
15																	
А 16																	
Б 17																	
МК		Маршрутна карта															

						02070743.01101.00001	17	7			
Студент	Смагін Д.В.			НТУ «ДП»	ТММ.131-ОНПМ.21.08.ТД	02070743.20141.00001					
Руковод.	Дербаба В.А.										
Консульт.											
Н.контр.	Проців В.В.			Корпус К313011-500				03	03	15	010
Утв.	Проців В.В.										



KE

								02070743.01101.00001	17	8	
Студент	Смагін Л.В.			НТУ «ДП»	ТММ.131-ОНПМ.21.08.ТД					02070743.60141.00001	
Руковод.	Лербаба В.А.										
Консульт.											
Н.контр.	Проців В.В.			Корпус К313011-500				03	03	15	010
Утв.	Проців В.В.										
Наименование операции		Материал		Твердость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Комбінована з ЧПК		ХМ25Л		НВ 235	кг	600	700×818×960		710	1	
Оборудование,устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тп.з.	Тшт	СОЖ			
Trevisan DS 900/300C Fanuc-3li				77,4	17,2	28	105,9	Shell Macron 201 F-.32			
Р		ПИ	Д или В	Лр.х.	t	i	s	n	v		
01	ИОТ №67										
О 02	1. Встановити та зняти деталь									0	
Т 03	293110, Пристосування спеціальне										
04											
О 05	2.Завантаження заготовки в зону обробки									0,25	
06											
О 07	3. Орієнтувати заготовку в системі верстату									3,5	
Т 08	Головка ReniShow										
09											
О 10	4. Точити однократно поверхню 1 за програмою									0,39	1,03
Т 11	Різець S50V-MCLNRR19.Ріжуча пластина CNMG190608-M5;(Seco).										
12	291220, Оправка: борштанга спеціальна. 411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1 ГОСТ 166-80										
Р 13			710	44	6,0	1	0,4	106	236,3		
OK	Операційна карта										

										02070743.01101.00001	17	9				
										02070743.60141.00001						
Р									ШИ	Д или В	Лр.х.	t	i	S	n	v
О01	Точити однократно поверхі 2,3 за програмою														0,01	2,64
Т02	Різець S50V-MCLNRR19.Ріжуча пластина CNMG190608-M5;(Seco).															
03	291220, Оправка: борштанга спеціальна. 411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1 ГОСТ 166-80															
Р 04									710	112	5,0	1	0,4	106	236,3	
05																
О06	Точити однократно поверхню 4 за програмою														0,12	0,29
Т07	Різець S50V-MCLNRR19.Ріжуча пластина CNMG190608-M5;(Seco).															
08	291220, Оправка: борштанга спеціальна. 411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1 ГОСТ 166-80															
Р 09									510	17	4,5	1	0,4	147	235,4	
10																
О11	5. Точити поверхню 5 за програмою														0,49	7,04
Т12	Різець SCACL1212M09. Ріжуча пластина SCACL1212M09;(Seco).															
13	291210, Оправка: борштанга спеціальна. 411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1 ГОСТ 166-80															
Р 14									580	124	2,5	2	0,2	88	196	
15																
О16	6. Точити поверхню 6 начерно за програмою														0,4	1,6
Т 17	Різець MCLNL 3232P19. Ріжуча пластина CNMM 190608-R5;(Seco). 291210, Оправка: борштанга спеціальна.															
18	411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1 ГОСТ 166-80, Штанген глибиномір ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-80															
ОК	Операційна карта															

										02070743.01101.00001			17	10		
													02070743.60141.00001			
P									ШИ	Д или В	Лр.х.	t	i	S	n	v
P 01										585	93	7,05	1	0,4	129	235,1
02																
O03	Точити поверхню 7 начорно за програмою													0,04	0,94	
T 04	Різець MCLNL 3232P19. Ріжуча пластина CNMM 190608-R5 (Seco) Оправка: борштанга спеціальна.															
05	411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1 ГОСТ 166-80, Штанген глибиномір ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-80															
P 06										340	50	7,0	1	0,4	129	235,1
07																
O08	7. Точити поверхню 6 начисто за програмою													0,39	4,5	
T 09	Різець DCLNL 3232P12. Ріжуча пластина CNMG120408-MF2 (Seco) Оправка: борштанга спеціальна.															
10	411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1 ГОСТ 166-80, Штанген глибиномір ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-80															
P 11										585	96	0,85	1	0,1	175	321,4
12																
O13	Точити поверхню 7 начисто за програмою													0,04	2,9	
T 14	Різець DCLNL 3232P12. Ріжуча пластина CNMG120408-MF2 (Seco); Оправка: борштанга спеціальна.															
15	411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1 ГОСТ 166-80, Штанген глибиномір ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-80															
P 16										340	52	0,8	1	0,1	175	321,4
17																
18																
OK	Операційна карта															

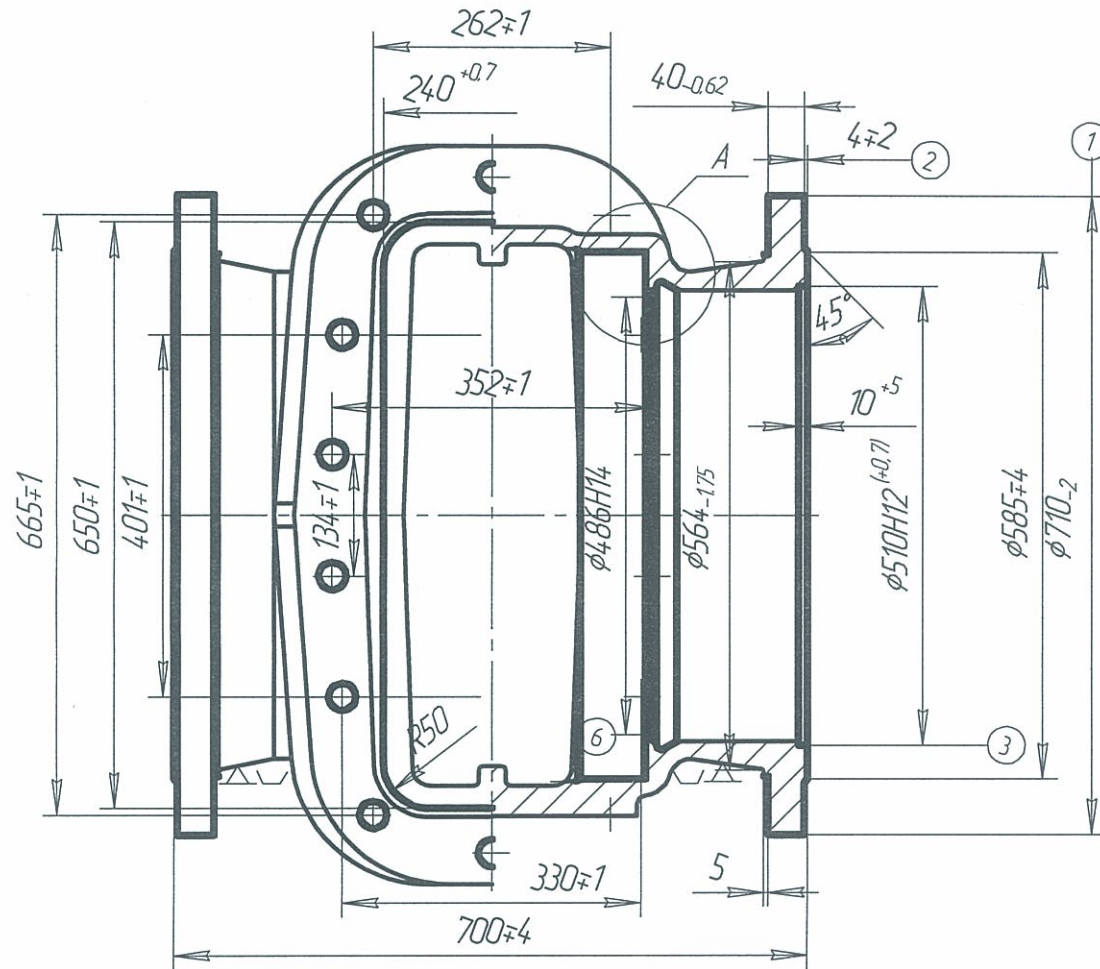
										02070743.01101.00001			17	11		
										02070743.60141.00001						
Р									П	Д или В	Лр.х.	t	i	S	n	v
О01	8. Точити однократно поверхню 8 за програмою														0,38	0,26
Т02	Різець S32T-PDUNL15. Ріжуча пластина DNMG150608-M5 (Seco) Оправка: борштанга спеціальна.															
03	411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1 ГОСТ 166-80															
Р04									486	16	4,0	1	0,4	154	235	
05																
О06	Точити однократно поверхню 9 за програмою														0,04	0,45
Т07	Різець S32T-PDUNL15. Ріжуча пластина DNMG150608-M5 (Seco). Оправка: борштанга спеціальна.															
08	411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1 ГОСТ 166-80															
Р09									506	35	8,0	1	0,4	148	235,1	
10																
О11	9. Точити однократно поверхню 10 за програмою														0,45	2,17
Т12	Різець MVJNR 2020K16. Ріжуча пластина VNMG 160404-M3 (Seco). Оправка: борштанга спеціальна.															
13	411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1 ГОСТ 166-80															
Р14									520	94	3,5	2	0,3	144	235	
15																
О16	Поворот столу на 180°														0,08	
17	10. Аналогічно обробити другий фланець														2,75	23,28
18																
ОК	Операційна карта															

										02070743.01101.00001			17	12		
													02070743.60141.00001			
Р									ШИ	Д или В	Лр.х.	t	i	S	n	v
01	Поворот столу на 90°														0,04	
О02	11. Фрезерувати поверхню 11 за програмою														0,35	3,25
Т 03	Фреза F4042.B27.080.Z06.16 Ріжуча пластина ADGT1204PER-D51WKP35 (Walter);Оправка спеціальна.															
04	411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1 ГОСТ 166-80															
Р 05									570	1610	5,0	2	0,2	876	220	
06																
О07	Фрезерувати поверхню 12 начорно за програмою														0,27	2,76
Т 08	Фреза F4042.B27.080.Z06.16 Ріжуча пластина ADGT1204PER-D51WKP35(Walter) Оправка спеціальна.															
09	411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1 ГОСТ 166-80, Штанген глибиномір ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-80															
Р 10									240	1440	7,4	1	0,2	876	220	
11																
О12	12. Фрезерувати поверхню 12 начисто за програмою														0,53	1,65
Т 13	Фреза F4042.B27.080.Z06.16 Ріжуча пластина ADGT1204PER-D51WKP25(Walter) Оправка спеціальна.															
14	411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1 ГОСТ 166-80, Штанген глибиномір ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-80															
Р 15									240	1445	0,2	1	0,15	1035	260	
16																
О17	13. Свердлити 14 отв. 13 за програмою															
Т 18	Свердло SD-26,5-50-40R7(Seco) Оправка спеціальна.														0,73	3,11
ОК	Операційна карта															

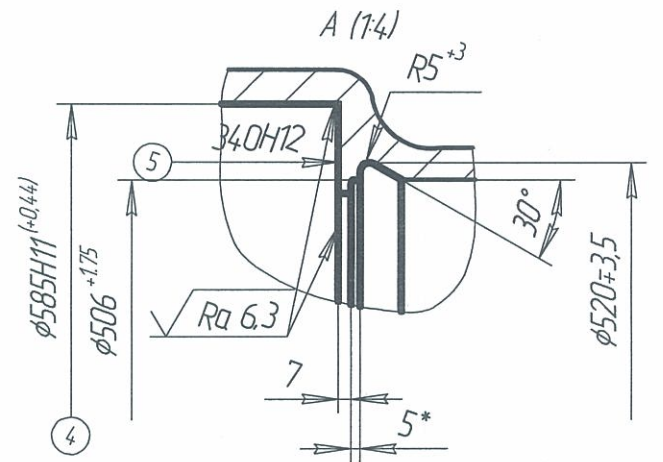
										02070743.01101.00001			17	13		
													02070743.60141.00001			
Р									ШИ	Д или В	Лр.х.	t	i	S	п	v
01	411000, Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80															
Р 02									30	58	-	1	0,18	1500	125	
03																
О 04	14. Нарізати різьбу М30-7Н, 14 отв начорно за програмою													0,58	3,7	
Т 05	Фреза R396.19 -2522.3S-4003-3-065А Пластина 396.19 -4003.ON1.0ISO (Seco) Оправка спеціальна;															
Р 06									30	80	1,7	1	0,15	1500	103,6	
07																
О 08	Нарізати різьбу М30-7Н, 14 отв начисто за програмою													0,25	6,2	
Т 09	Фреза R396.19 -2522.3S-4003-3-065А Пластина 396.19 -4003.ON1.0ISO (Seco) Оправка спеціальна;															
10	Калібр пробка М30*1,5-7Н 8221-1109 ГОСТ 17756-72															
Р 11									30	80	0,19	1	0,15	1500	103,6	
12																
13	Поворот столу на 90°													0,04		
О 14	15. Свердлити 20 отв. 14 за програмою													0,6	4,51	
Т 15	Свердло SD502-33-66-40R7 (Seco) Оправка спеціальна;															
16	411000, Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80															
Р 17									33	61	-	1	0,18	1500	155,5	
18																
ОК	Операційна карта															

										02070743.01101.00001			17	14				
													02070743.60141.00001					
Р										ПШ	Д или В	Лр.х.	t	i	S	n	v	
01	Поворот столу на 180°																0,08	
О02	16. Аналогічно обробити другий фланець																0,27	4,51
03																		
О04	КР-РМ-100%; ОТК-10%; КМ-РМ-5%																	
05																		
06																		
07																		
08																		
09																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
ОК	Операційна карта																	

				02070743.01101.00001	17	15	
Студент	Смагін Д.В.		НТУ «ДП»	ТММ.131-ОНПМ.21.08.ТД	02070743.20102.00001		
Руковод.	Дербаба В.А.						
Консульт.							
Н.контр.	Проців В.В.		Корпус К313011-500			06 06 30	035
У.тв.	Проців В.В.						

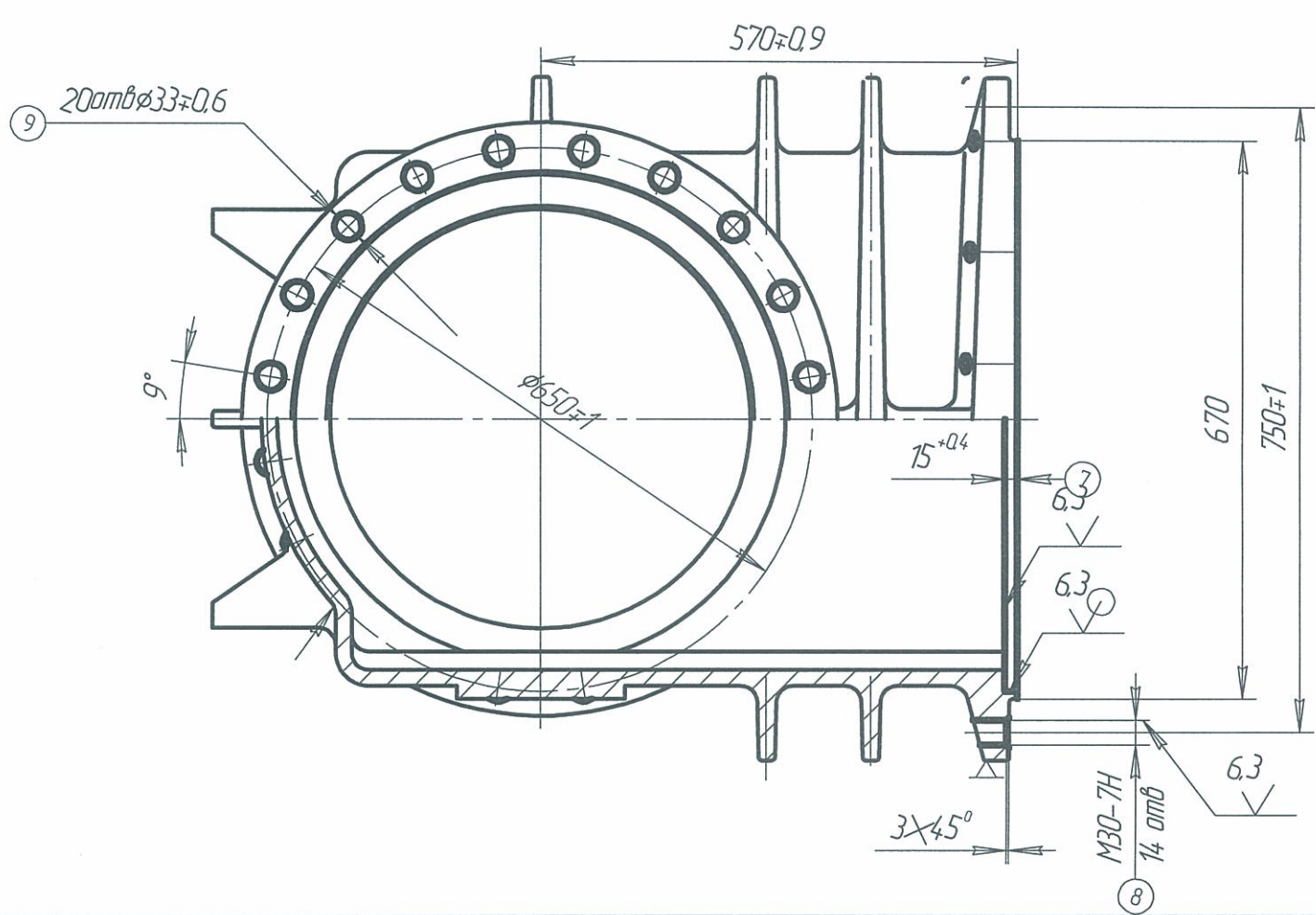


√ Ra 12.5






KE

				02070743.01101.00001		17	16	
Студент	Смагін Д.В.			НТУ «ДП»	ТММ.131-ОНПМ.21.08.ТД	02070743.20102.00001		
Руковод.	Дербаба В.А.							
Консульт.								
Н.контр.	Проців В.В.			Корпус К313011-500			06'06'30	035
Утв.	Проців В.В.							



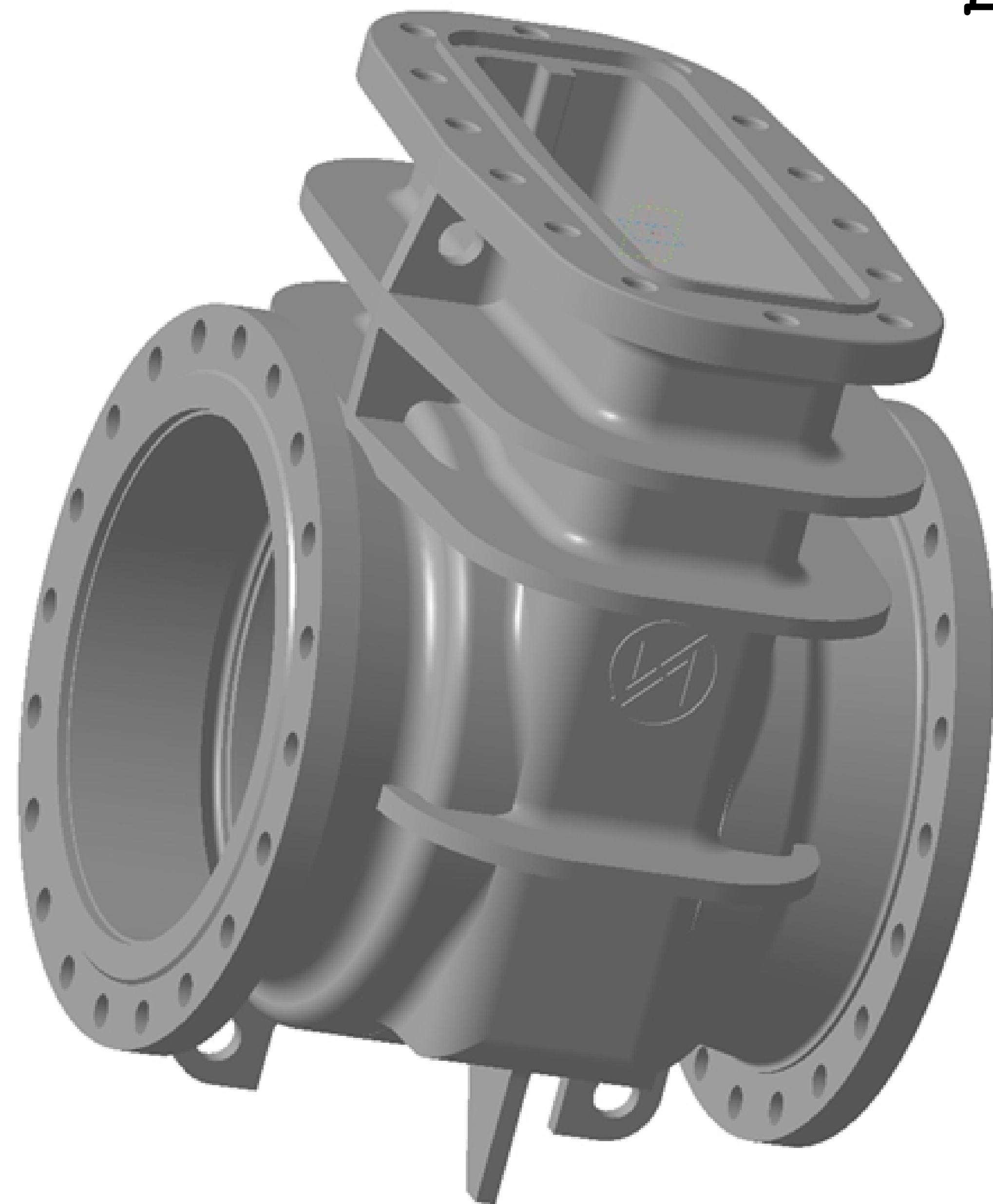
KE

						02070743.01101.00001	17	17		
Студент	Смагін Д.В.			НТУ «ДП»	ТММ.131-ОНПМ.21.08.ТД		02070743.60102.00001			
Руковод.	Дербаба В.А.									
Консульт.										
Н.контр.	Проців В.В.			КЗ 13011-500			06	06	30	035
Утв.	Проців В.В.									
Наименование операции				Наименование материала				МД		
Контрольна				ХМ25Л				600		
Наименование оборудования			Тв	То				Обозначение ИОТ		
Стіл контрольний			0,15	5,1				ИОТ N91		
Р	Контролируемые параметры	Код средств ТО		Наименование средств ТО			Объем и ПК	То/Тв		
001	1. Перевірити наявність радіусів,			Зразки шорсткості ГОСТ 9378-75			8	0,45/0,05		
02	відсутність задирок і гострих кромок,			Візуальний контроль						
03	шорсткість оброблених поверхонь.									
04										
005	2. Перевірити розміри:			411000, Штангенциркуль ШЦ-III-320-1000-0,1			8	2,04/0,05		
06	1,2,3,4,5,6,7			ГОСТ 166-80,						
07				Штанген глибиномір ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-80						
08										
09	3. Перевірити розміри:			414000, Калібр 8141-4047				1,04/0,05		
10	8,9			411000, Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80,						
11				Калібр пробка М30*1,5-7 Н8221-1109 ГОСТ 17756-72						
12										
13										
OK		Технічний контроль								

Формат	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл. листів	Примітки
			<u>Документація</u>		
A1		TMM.131-ОНМП.21.08.03.СК	Сборний кресленик	1	
			<u>Сборні одиниці</u>		
	1		Призма	2	
	2		Призма	1	
	3		Стійка	1	
			<u>Деталі</u>		
	4		Винт	1	
	5		Втулка	1	
	6		Втулка	1	
	7		Планка	1	
	8		Плита	1	
	9		П'ята	1	
	10		Сухар	18	
	11		Хобіт	1	
	12		Шпонка	8	
TMM.131-ОНПМ.21.08.03.СП					
Из	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата	
Розраб.		Смагін Д. В.			
Керівн.		Дербаба В. А.			
Н.контр		Проців В.В.			
Затв.		Проців В.В.			
Специфікація до сборного кресленика				Лит	Лист
					1
					2
				НТУ «ДП» ММФ	

Формат	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл. листів	Примітки
			<u>Документація</u>		
A1		TMM.131-ОНМП.21.08.03.СК	Сборний кресленик	1	
			<u>Стандартні вироби</u>		
	13		Болт М24 х 80 ГОСТ 7798-70	18	
	14		Болт М12 х 30 ГОСТ 7798-70	2	
	15		Болт М36 х 280 ГОСТ 7798-70	1	
	16		Винт М20 х 65 ГОСТ 11738-84	1	
	17		Винт М8 х 16 ГОСТ 1491-80	8	
	18		Гайка М72 х 2 ГОСТ 11871-88	1	
	19		Опора 7035-0537 ГОСТ 4740-68	6	
	20		Палець 7030-0909 ГОСТ 7798-70	1	
	21		Рим-болт М24.19 ГОСТ 4751-73	1	
	22		Шайба 24 Н ГОСТ 6402-70	18	
	23		Шайба 20 Н ГОСТ 6402-70	1	
	24		Шайба 65 ГОСТ 9649-78	1	
Изм	Лист	№ документа	Подп.	Дата	TMM.131-ОНПМ.21.08.03.СП

Додаток А



Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу ХМ25Л, %

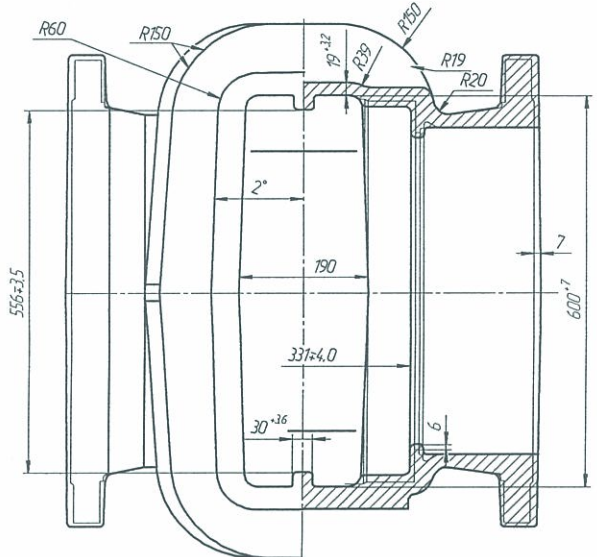
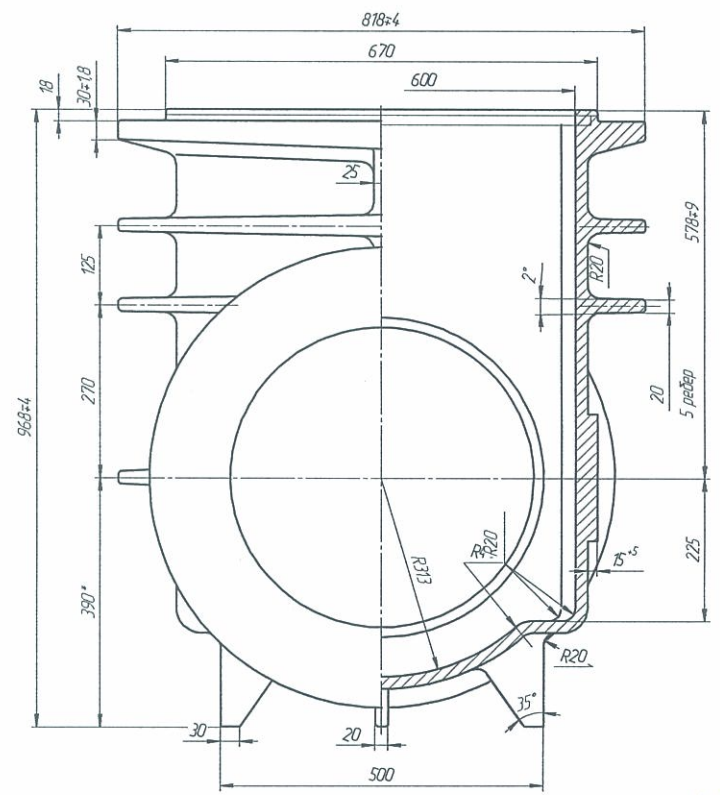
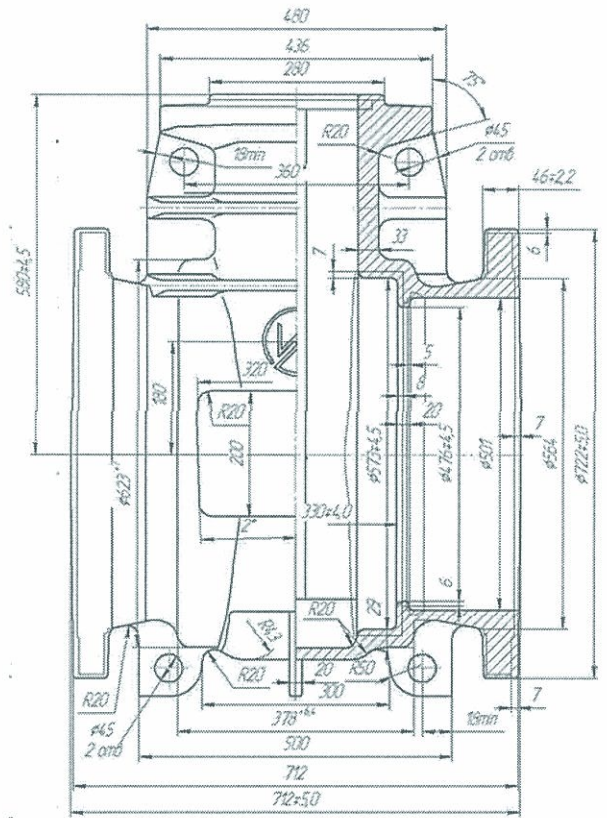
Вуглець (С)	Марганець (Mn)	Кремній (Si)	Сірка (S)	Фосфор (P)	Титан (Ti)	Алюміній (Al)	Хром (Cr)	Нікель (Ni)	Мідь (Cu)
0,18-0,28	0,2-0,5	4,5-6,5	≤0,035	≤0,035	0,03-0,05	0,03-0,06	≤0,03	≤0,03	≤0,03

Таблиця 1.2 – Механічні властивості матеріалу ХМ25Л

Границя текучості	Границя міцності	Відносне видовження	Відносне звуження
$\sigma_T \geq 235$ МПа	$\sigma_B \geq 441$ МПа	$\delta \geq 19\%$	$\Psi \geq 30\%$

Таблиця 1.3 – Результати аналізу робочого кресленку деталі

Найменування поверхонь	Кількість поверхонь	Квалітет	Параметр шорсткості, Ra
Виточення Ø510H12	2	12	12,5
Центральний отвір Ø585H11	2	11	6,3
Торець магістрального фланцю Ø585h12	2	12	12,5
Торець виточення	2	14	12,5
Торець центрального отвору	2	12	6,3
Отвір Ø591	2	14	12,5
Виточення середнього фланцю	1	14	6,3
Тильна сторона фланцю	2	14	12,5
Отвір Ø506	2	14	12,5
Торець отвору Ø486	2	14	12,5
Отвір Ø33	40	14	12,5
Отвір M30	14	7	6,3
Фаска	14	14	12,5
Торець виточення фланцю	1	14	12,5
Торець виточення фланцю	1	14	6,3
Зовнішня циліндрична поверхня Ø580	2	14	12,5
Отвір Ø486	2	14	12,5
Фланець Ø710	2	14	12,5
Торець фланцю Ø710	2	14	12,5



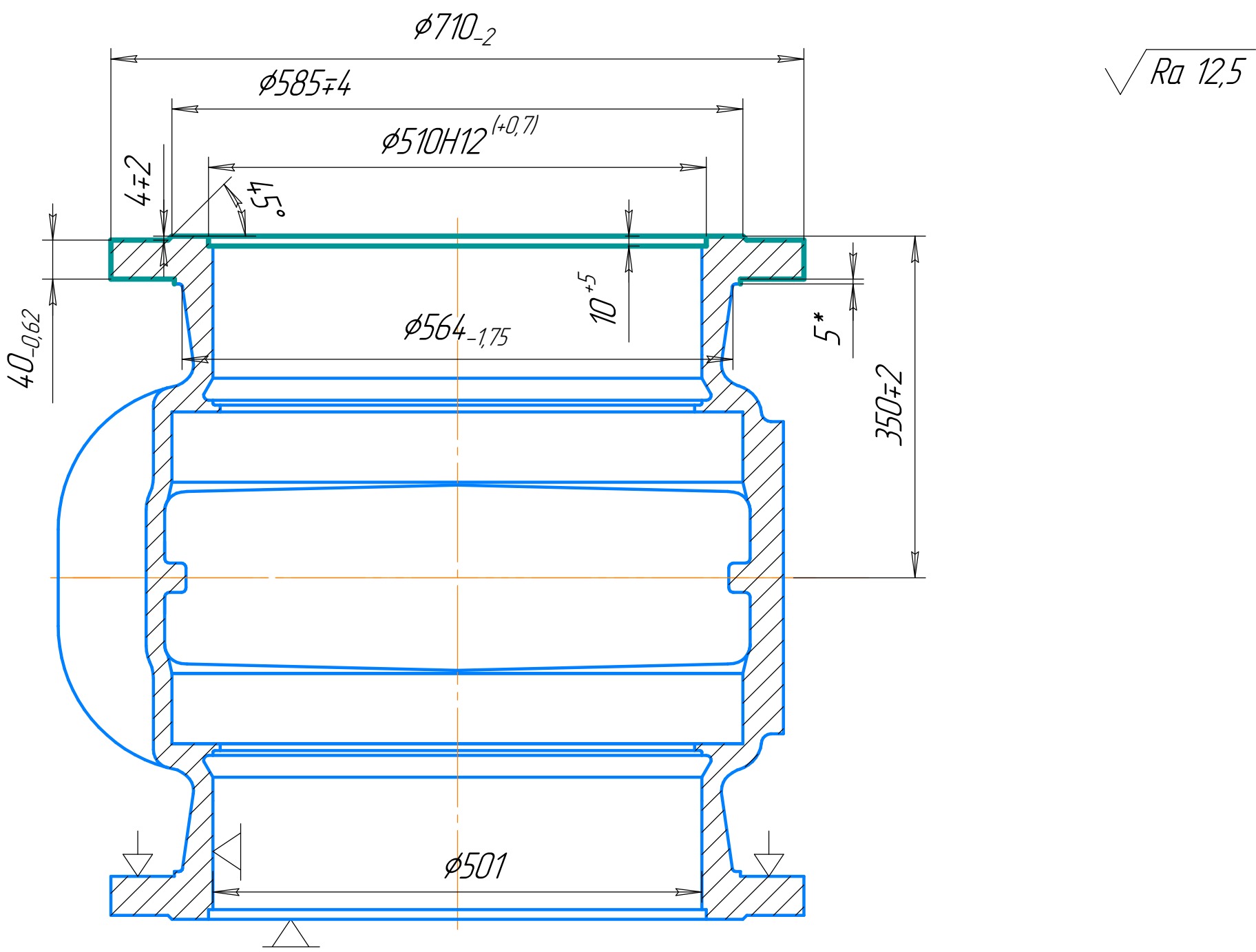
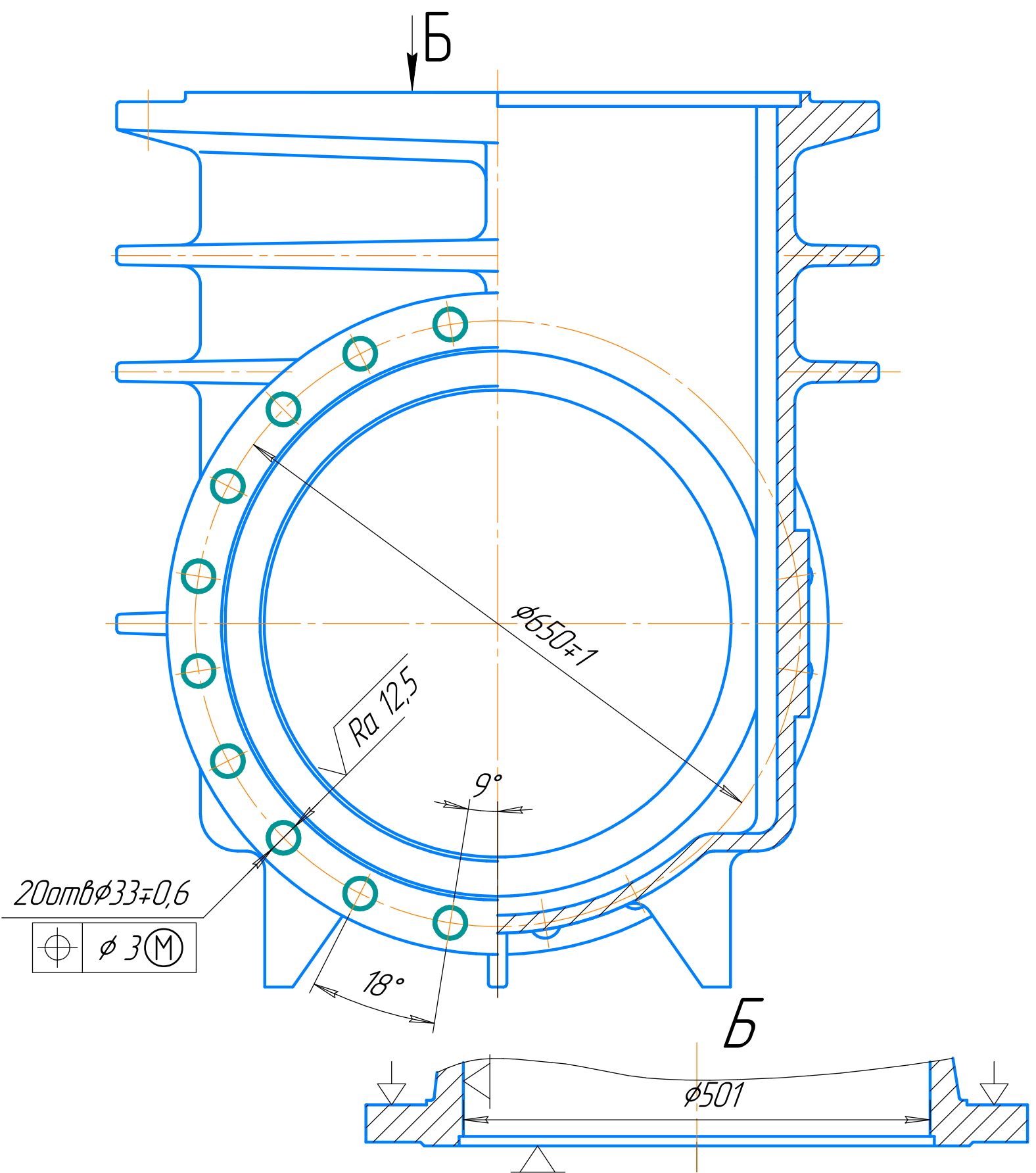
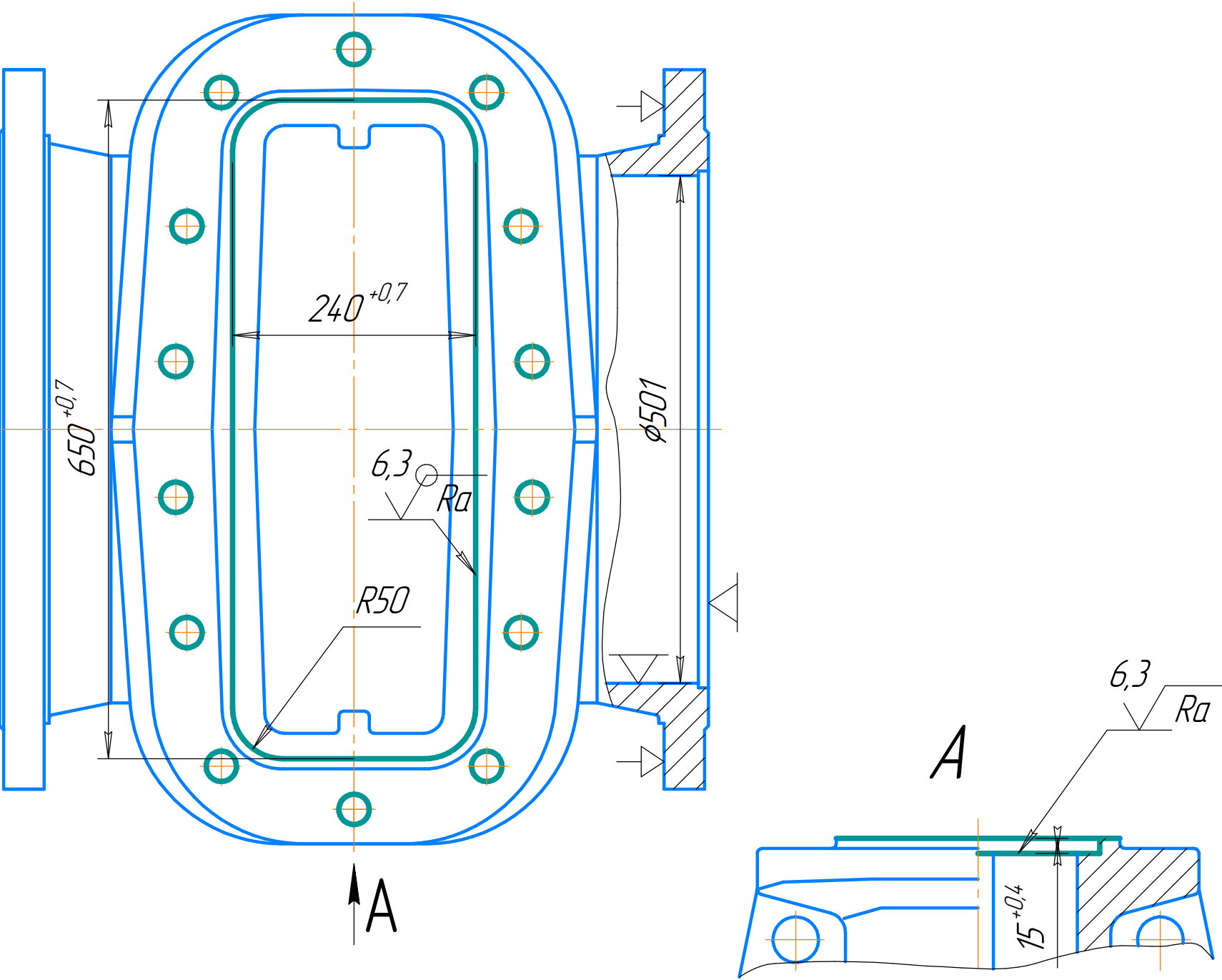
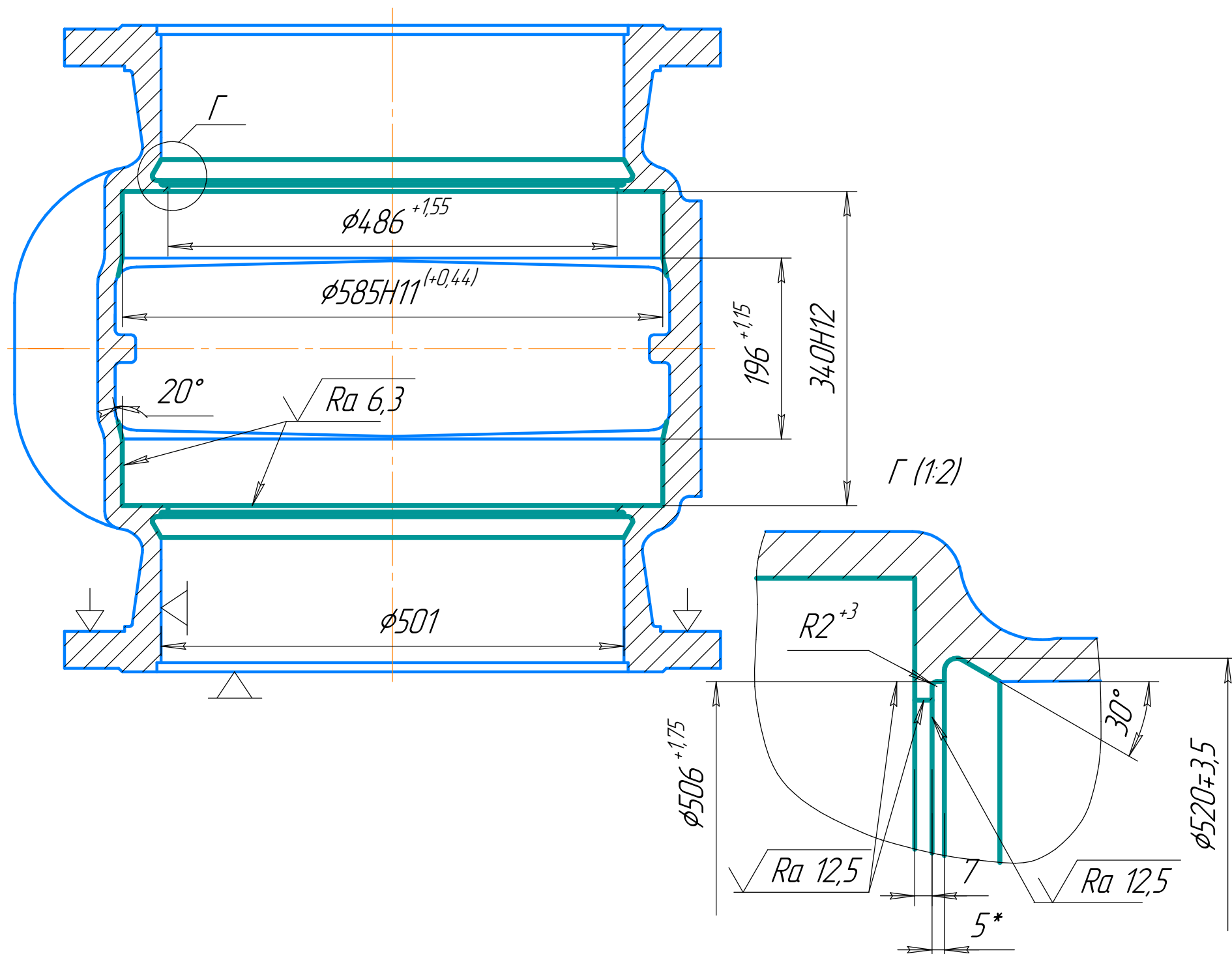
Do zakonu

- 1 Твердість 163..192 НВ
- 2 Невказані граничні відхилення розмірів Н14, h14 ± IT7/6
- 3 Невказані ухили 2° в сторону збільшення деталі тіла.
- 4 Невказані радіуси закруглень 5 мм
- 5 Невказані вимоги за ГОСТ 84-79-70

Кафедра ТММ				ТММ.131-ОНПМ.21.08.02			
Допан.	Фамилия	Ім'я	Піп	Лист	Маса	Масштаб	
Студент	Козак В.В.	В.В.	В.В.	1	710	1:1	14
Читач	Шербак В.А.	В.А.	В.А.				
І.контр.				Лист	11	Листов	1
Канцля							
І.контр.	Іраців В.В.	В.В.	В.В.				
І.контр.	Іраців В.В.	В.В.	В.В.				
				Сталь Х12С1 ТУ 4112-017-002В%7-99		НТУ "ДП" ММФ	

Додаток Б

Порівняльна технологія виготовлення корпусу засувки

Базовий варіант	Тшт		Тшт
<p>010 Токарна. Токарно-карусельний 1541</p> 	138 хв	<p>030 Свердлильна (обробка з двох сторін з переустановом заготовки) Радіально-свердлильний 2М57</p> 	119 хв
<p>015 Токарна. Токарно-карусельний 1541 Ескіз аналогічний до ескізу операції 010</p>	138 хв	<p>035 Свердлильна Радіально-свердлильний 2М57</p> 	46 хв
<p>020 Фрезерна з ЧПК Оброблювальний центр IP1250ПМФ4</p>	64 хв	<p>025 Карусельна, Токарно-карусельний 1516Ф3</p> 	176 хв
		<p>Порівняльна технологія виконана на двох листах. Лист 1</p> <p>Тшт=681 хв</p>	

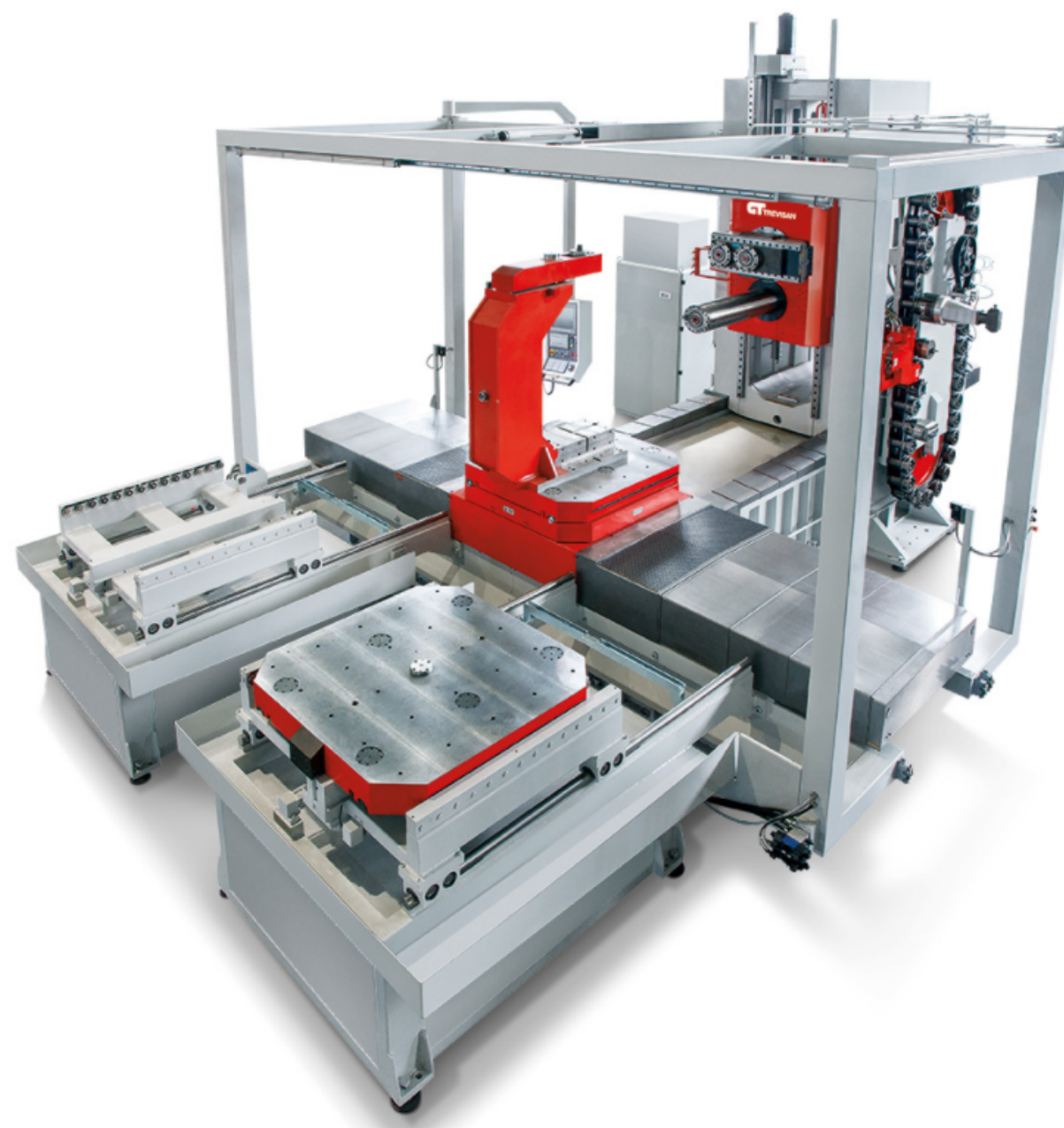
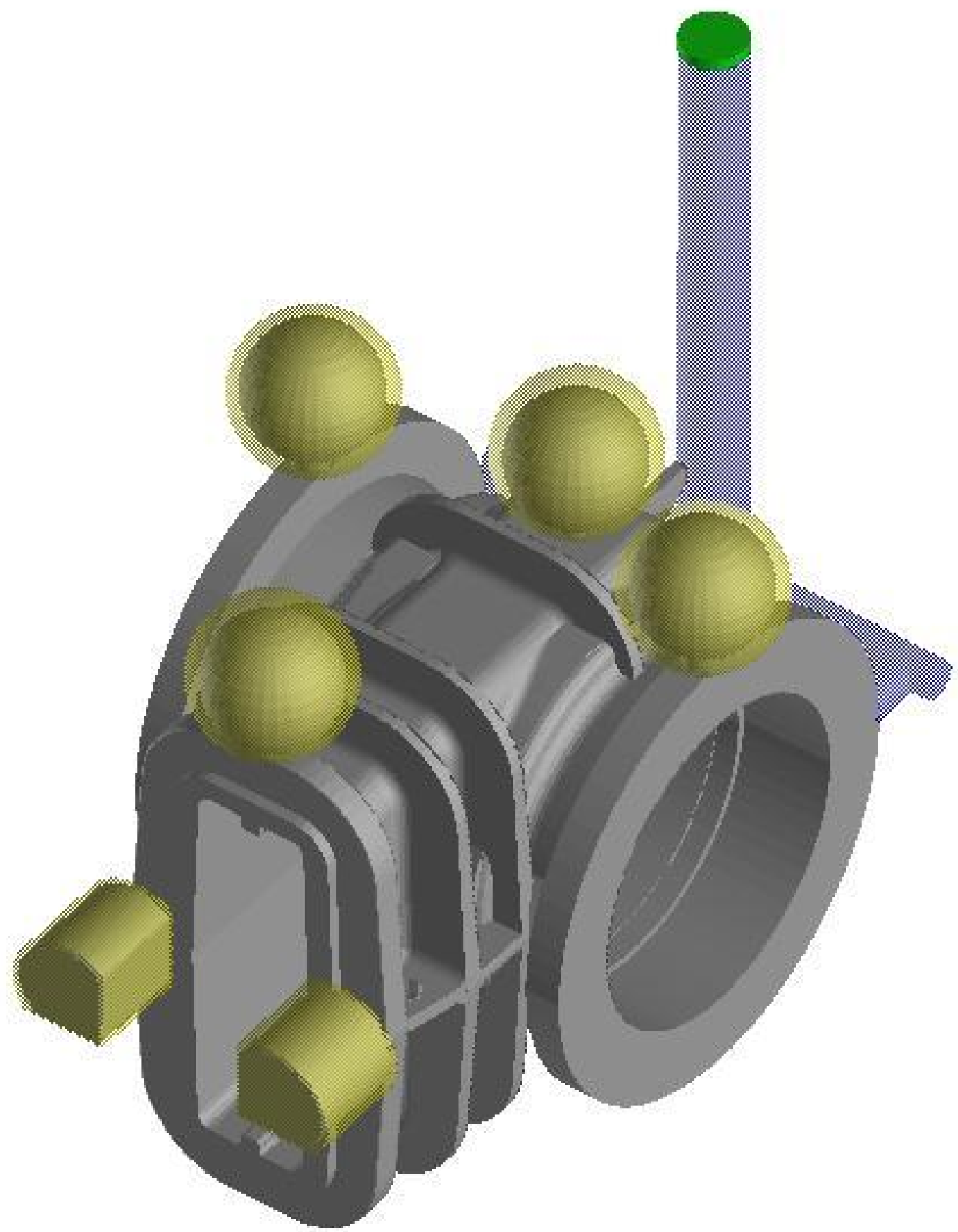
Додаток В

Порівняльна технологія виготовлення корпусу засувки

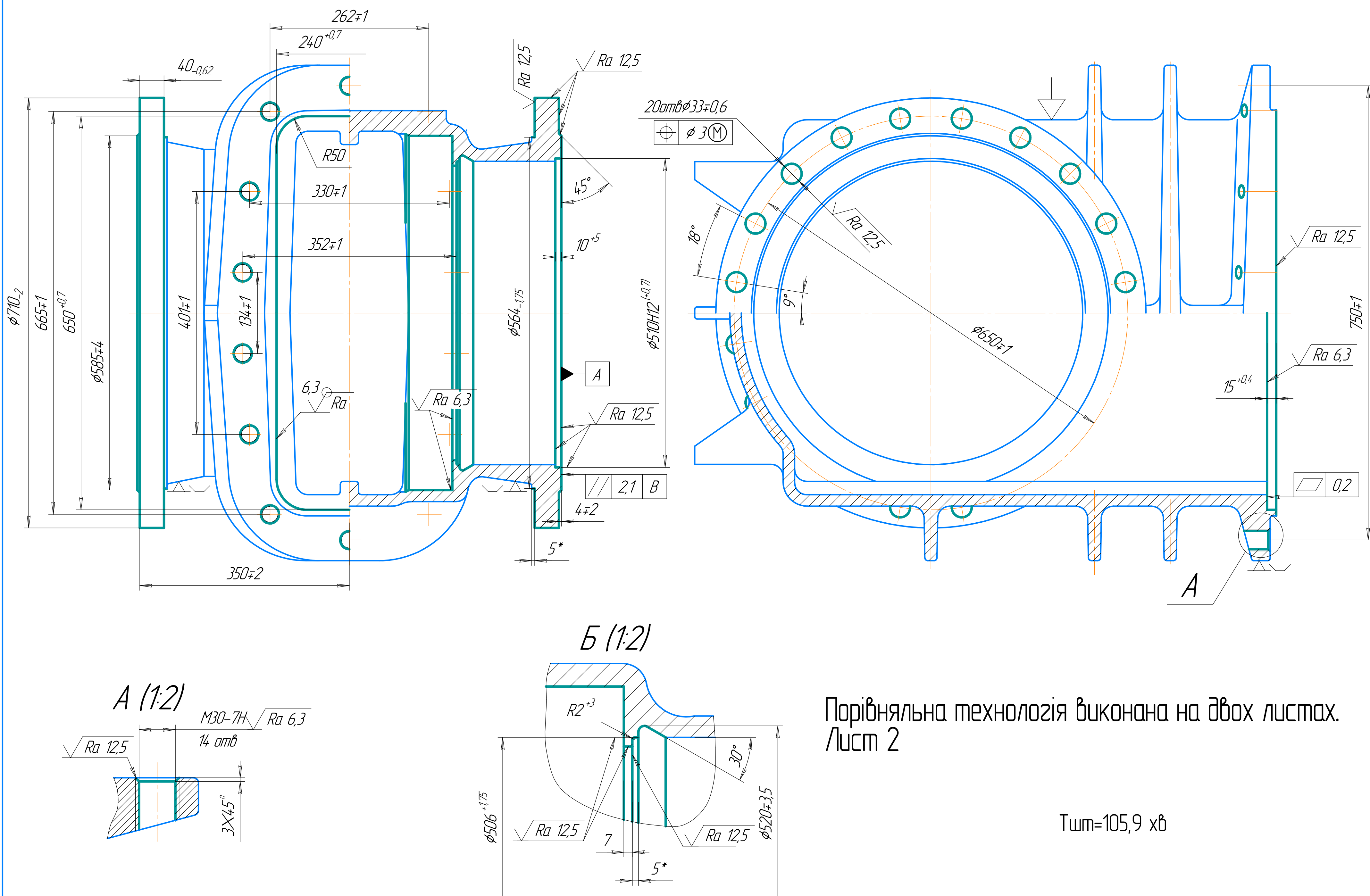
Проектний варіант

005 Заготівельна

1. Лиття в піщано-глинясту форму
2. Формувальні цухи до 2° в сторону збільшення тіла деталі
3. Невказані радіуси 5 мм
4. Маса заготовки 710 кг
5. Всього залитого металу 840,1 кг
6. Маса живил. елементів литникової системи 125 кг
7. Маса термоізоляційних вставок 5,106 кг
8. Вихід якісного складає 80,3 %

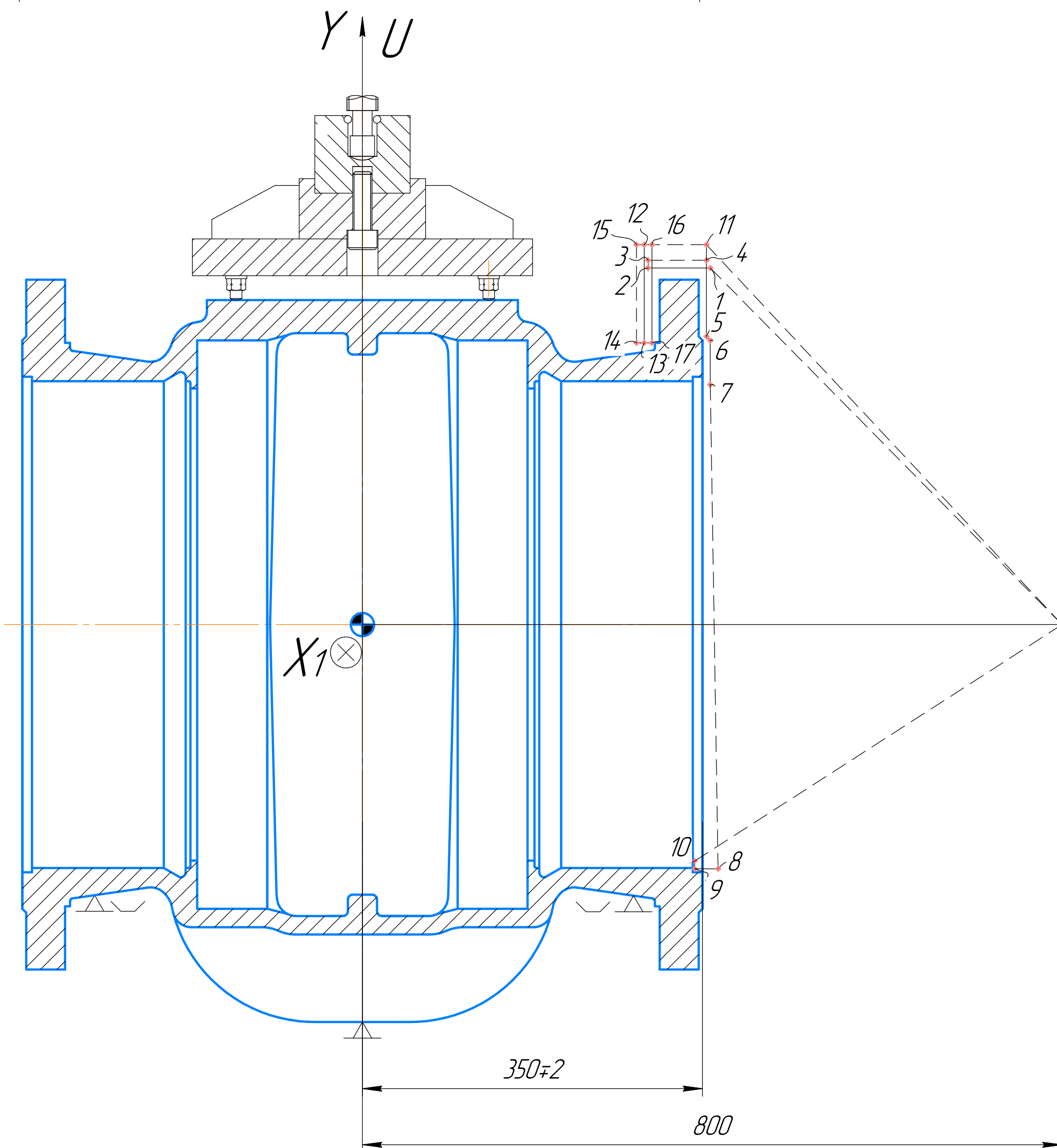
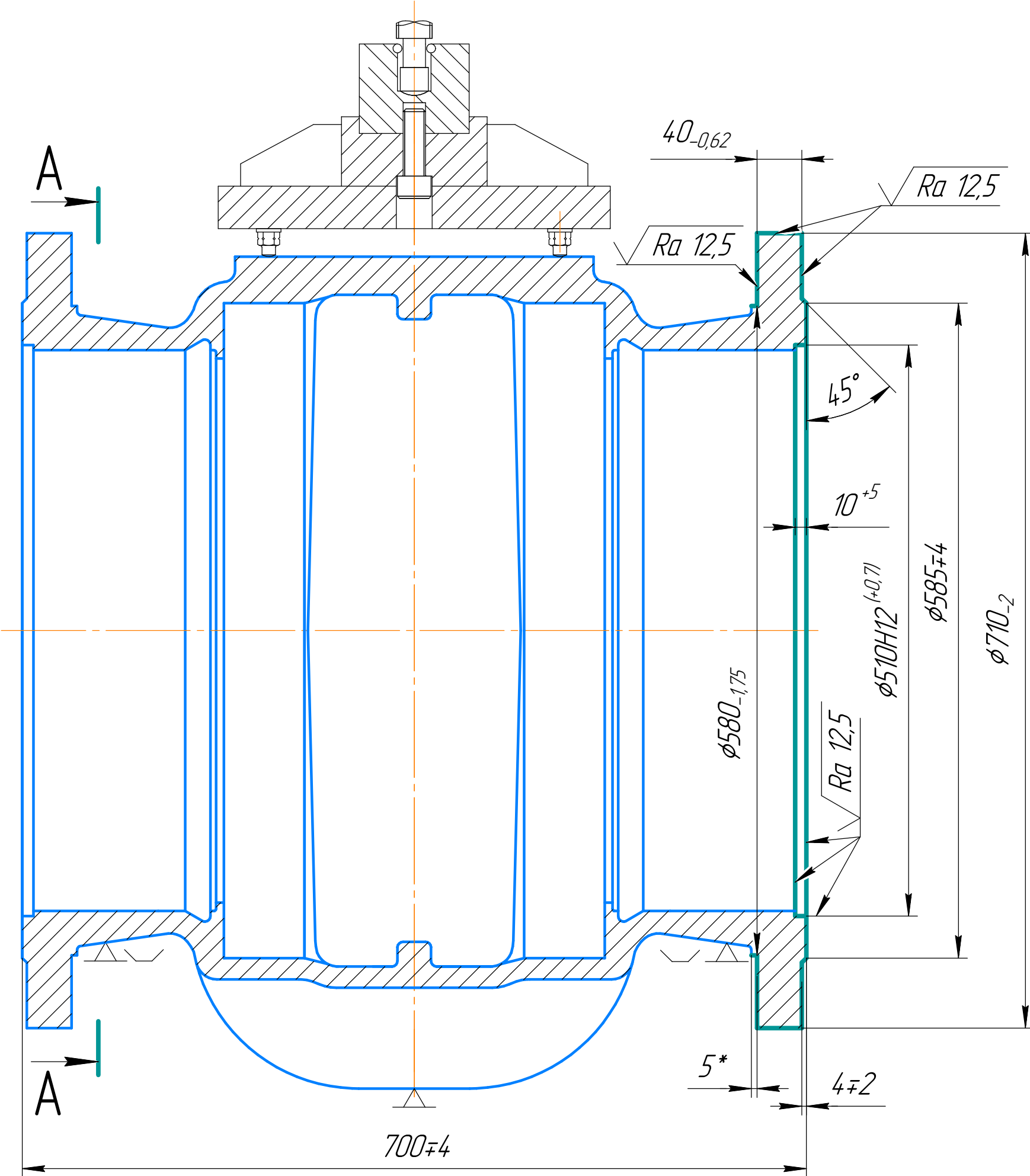


010 Комбінована з ЧПК Горизонтальний, двохшпindelний оброблювальний центр Trevisan модель DS 900/300C

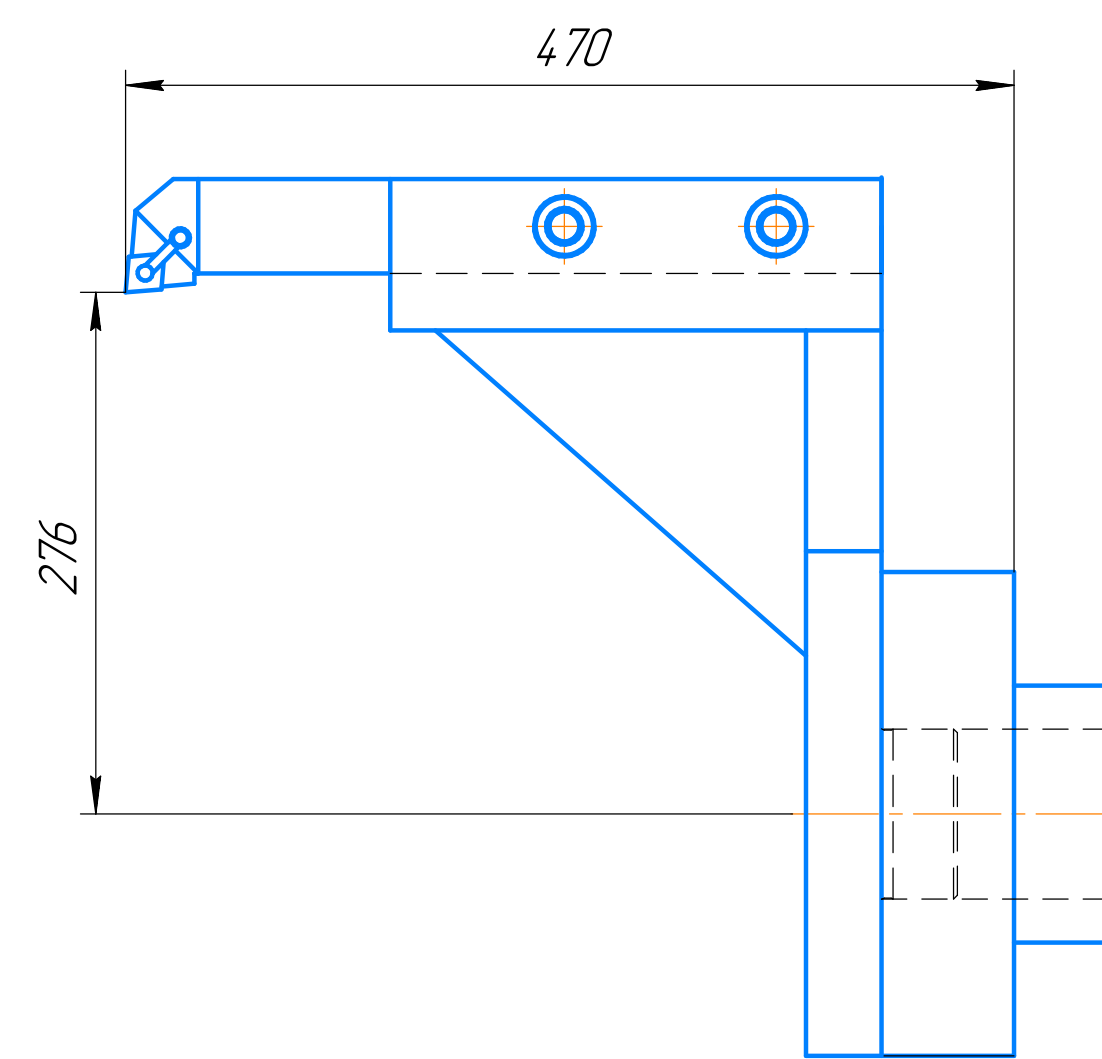
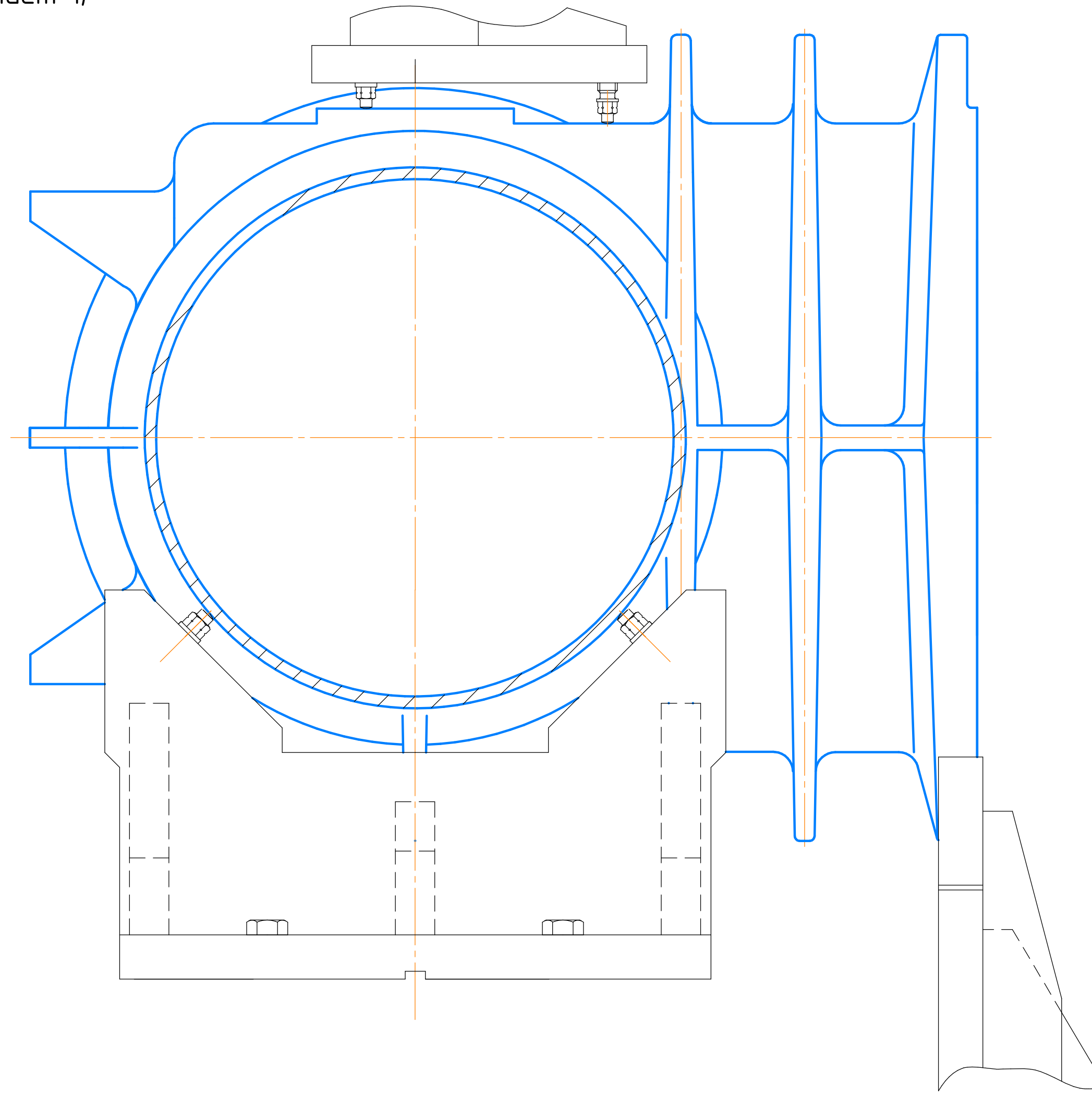


Додаток Г

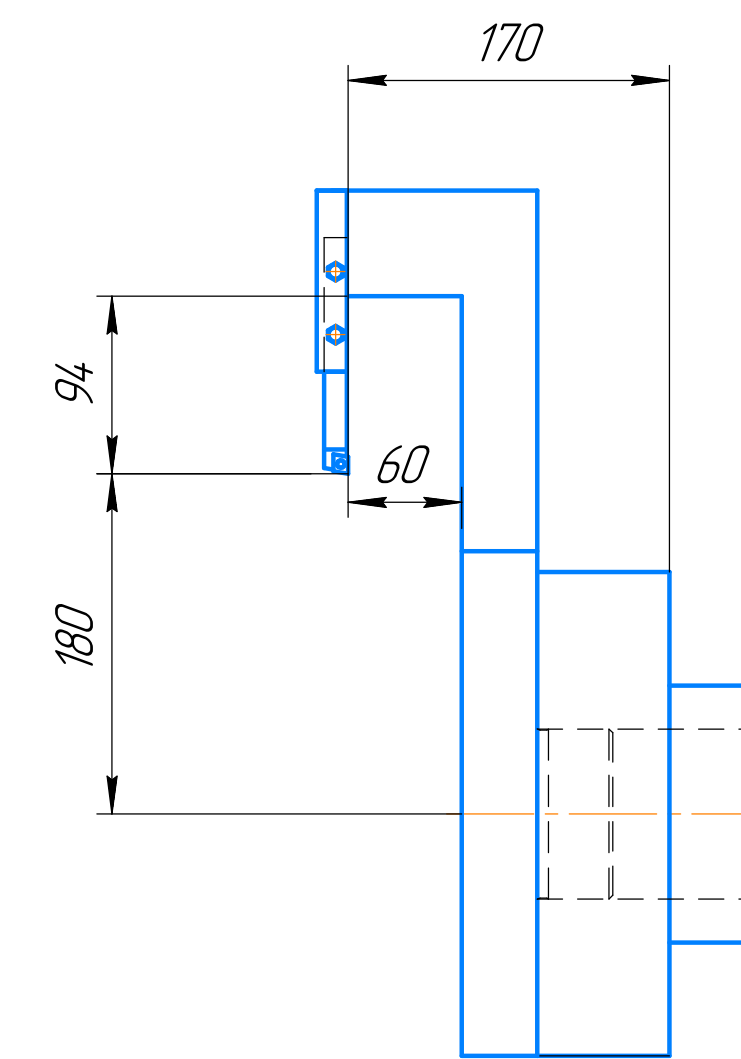
Інструментальна наладка на операцію 010 виконана на 4 листах. (Лист 1)



A-A



T01: Seco
Різець: S50V-MCLNRR19
Ріжуча пластина: CNMG190608-M5
Оправка: борштанга спеціальна
Циклограмма роботи інструменту:
0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-0

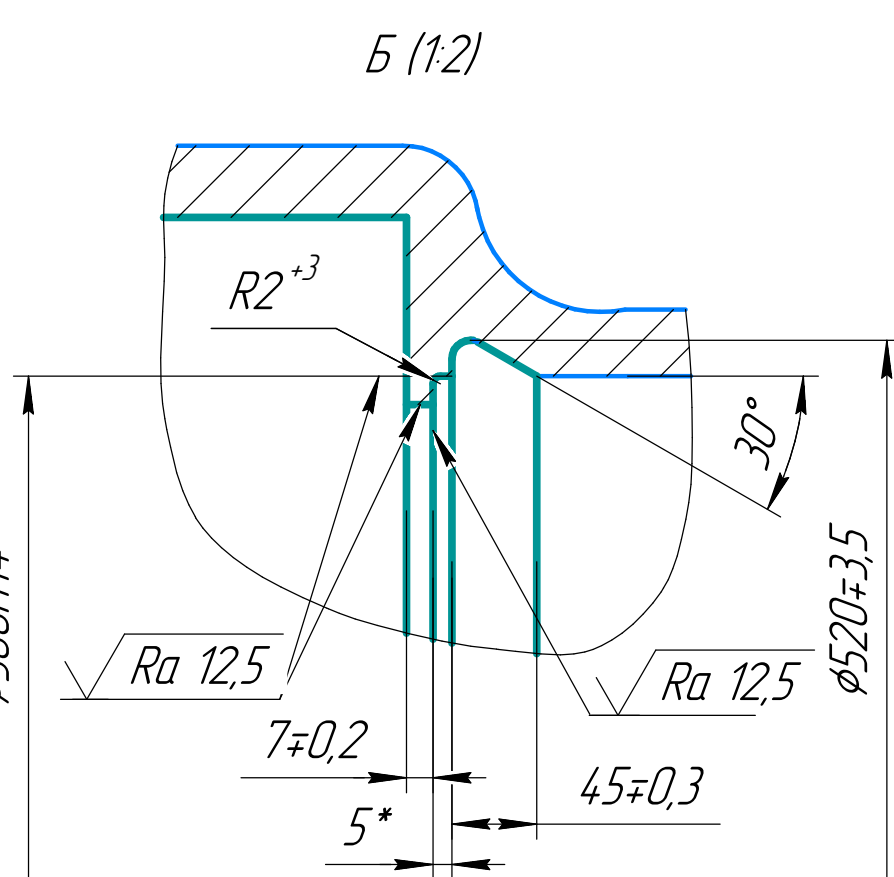
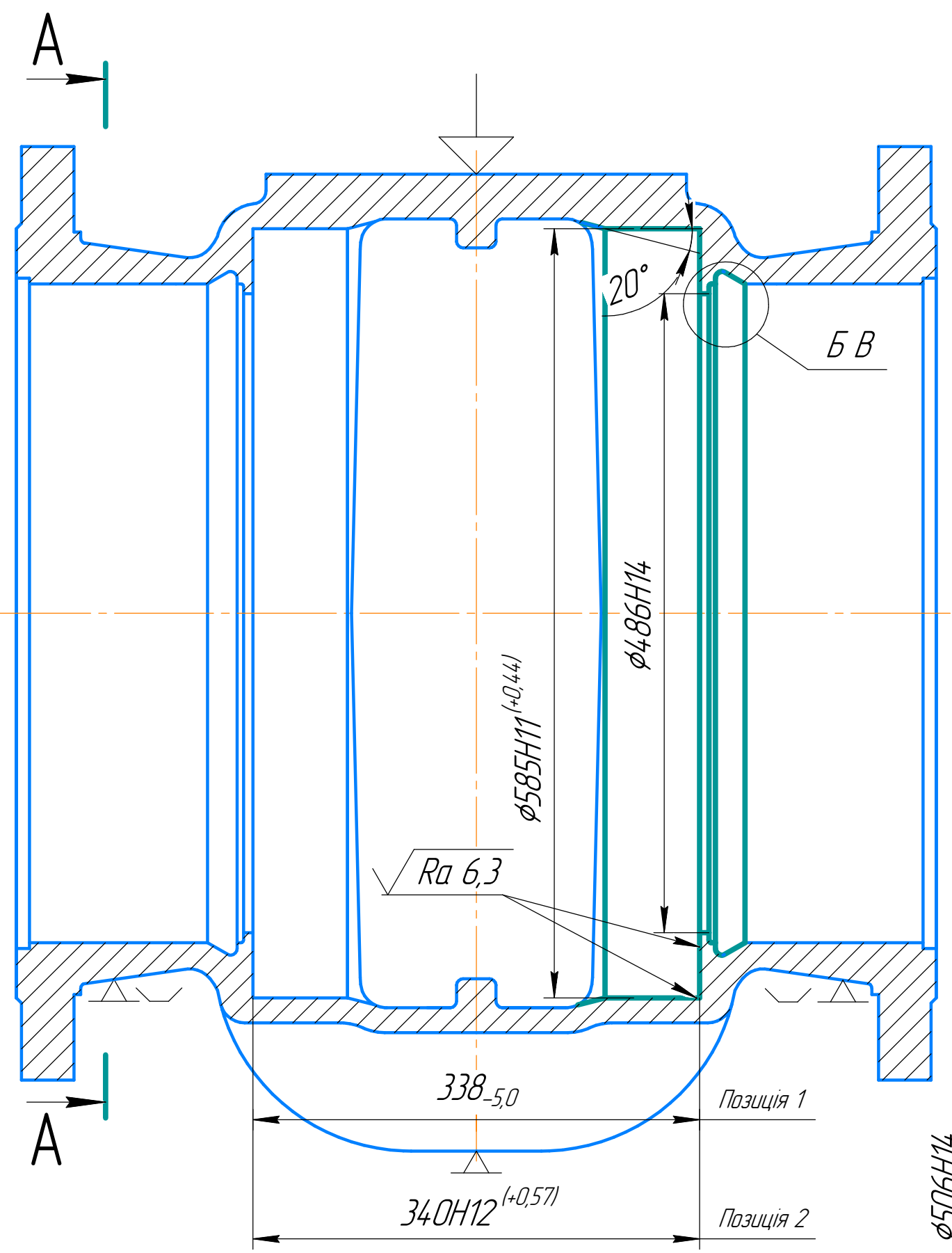


T02: Seco
Різець: SCACL1212M09
Ріжуча пластина: CCMT 09T308-F1
Оправка: борштанга спеціальна
Циклограмма роботи інструменту:
0-11-12-13-14-15-16-17-14-15-11-0

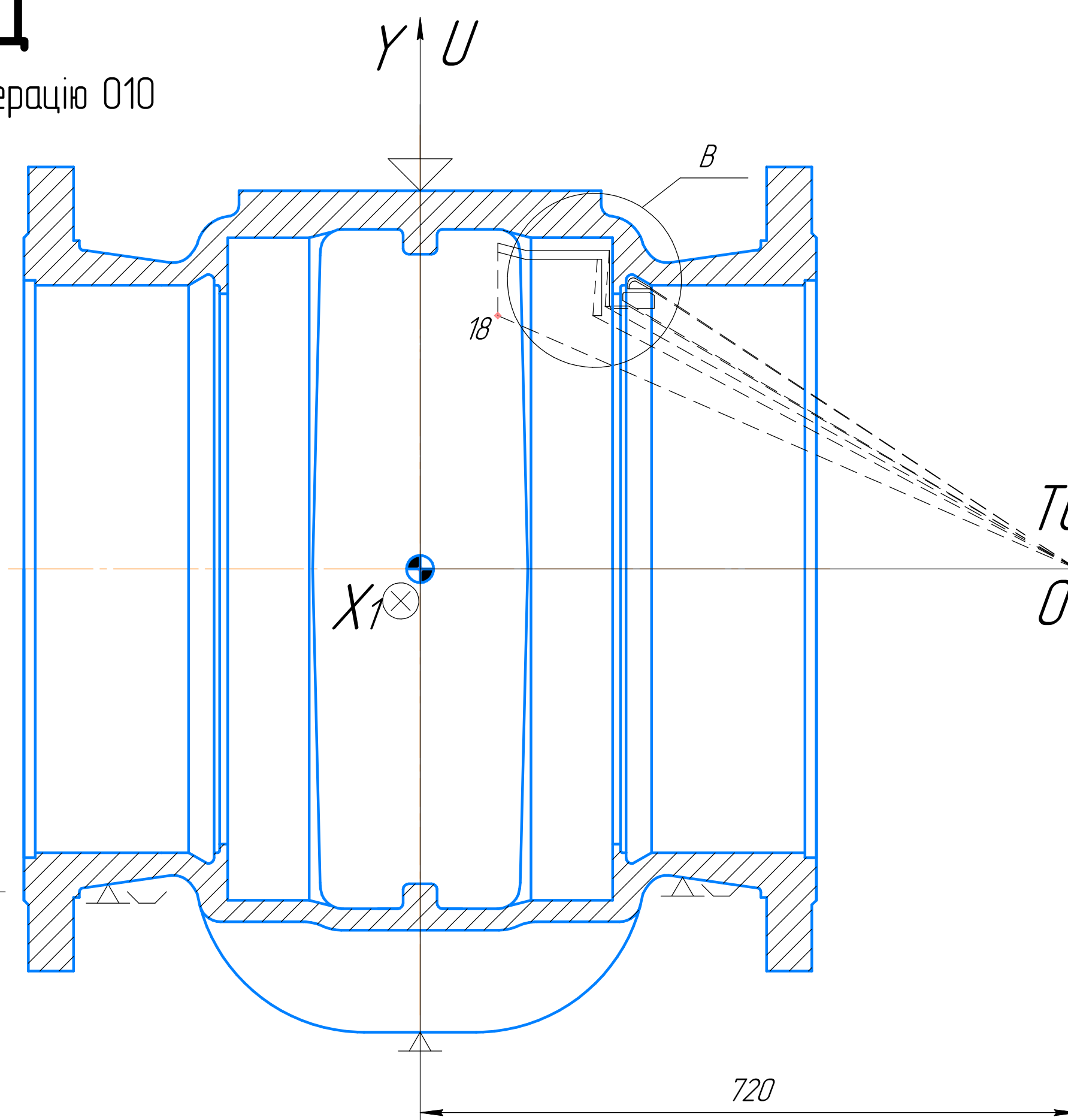
Операція	010 Комбінована									
Обладнання	Оброблювальний центр Trevisan DS900/300C									
№ точки	Координати за осями				t_i	S_i	V_i	n_i	f_{z_i}	$f_{шп-к}$
	X1	Y	Z1	U	мм	мм/об	м/хв	об/хв	хв	хв
T01: Різець: S50V-MCLNRR19; Ріжуча пластина: CNMG190608-M5; Оправка: борштанга спеціальна.										
0	0	0	800	0						
1	0	0	349	355	8000					
2	0	0	303	355	6,0	0,4	236,3	106		
3	0	0	303	357	8000					
4	0	0	346	357	8000					
5	0	0	346	296,5	5,0	0,4	236,3	106		
6	0	0	350	292,5	5,0	0,4	236,3	106		
7	0	0	350	252	5,0	0,4	236,3	106		
8	0	0	352	-255	8000					
9	0	0	340	-255	4,5	0,4	235,4	147		
10	0	0	340	-249	4,5	0,4	235,4	147		
0	0	0	800	0	8000				3,96	107,7
Зміна інструменту										
T02: Різець: SCACL1212M09; Ріжуча пластина: CCMT 09T308-F1; Оправка: борштанга спеціальна.										
0	0	0	800	0						
11	0	0	346	360	8000					
12	0	0	303,5	360	8000					
13	0	0	303,5	290	2,5	0,2	196	88		
14	0	0	302	290	2,5	0,2	196	88		
15	0	0	302	360	8000				7,04	107,7
16	0	0	306	360	8000					
17	0	0	306	290	2,5	0,2	196	88		
14	0	0	302	290	2,5	0,2	196	88		
15	0	0	302	360	8000					
11	0	0	346	360	8000					
0	0	0	800	0	8000					
Поворот столу на 180° обробка другого фланцю аналогічно.										

Додаток Д

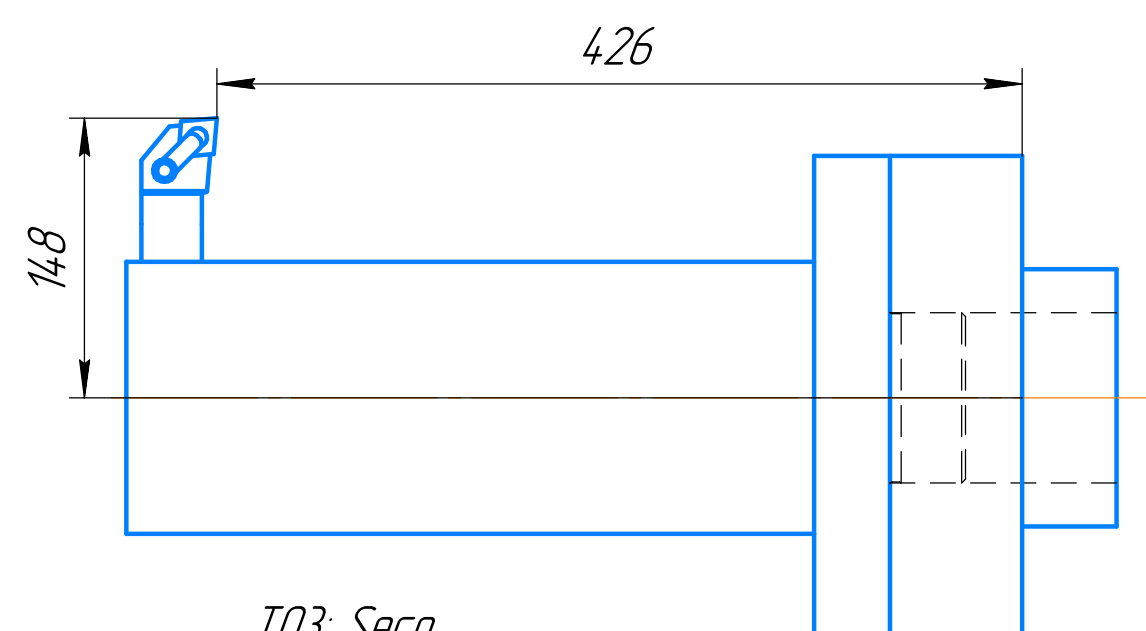
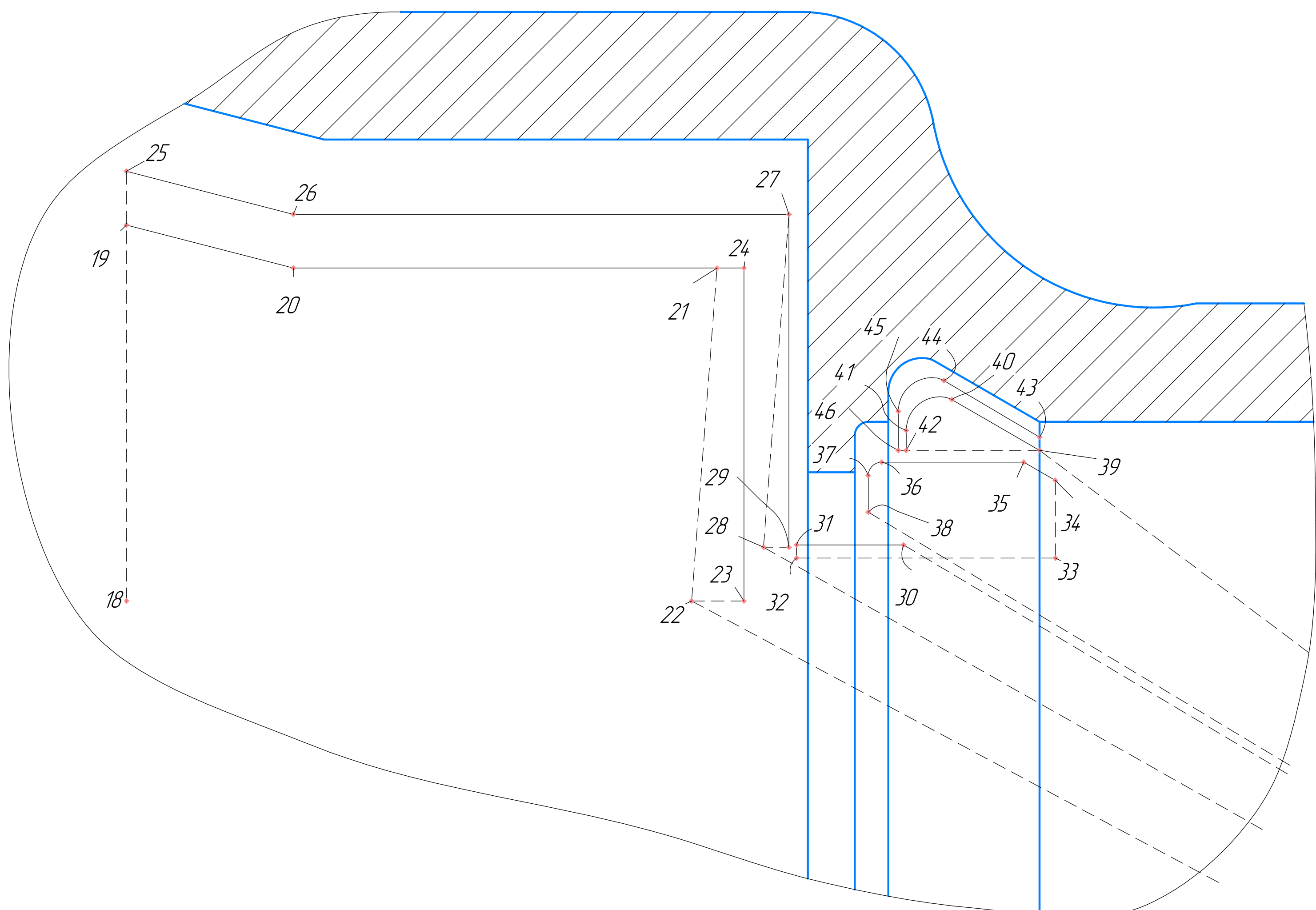
Інструментальна наладка на операцію 010 виконана на 4 листах. (Лист 2)



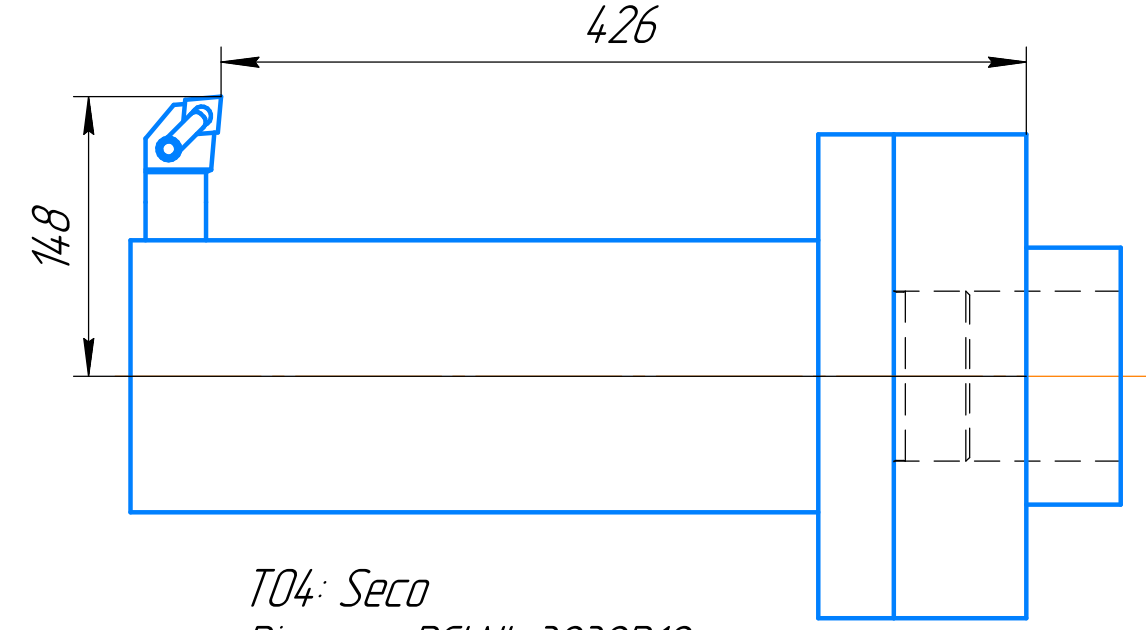
B (2:1)



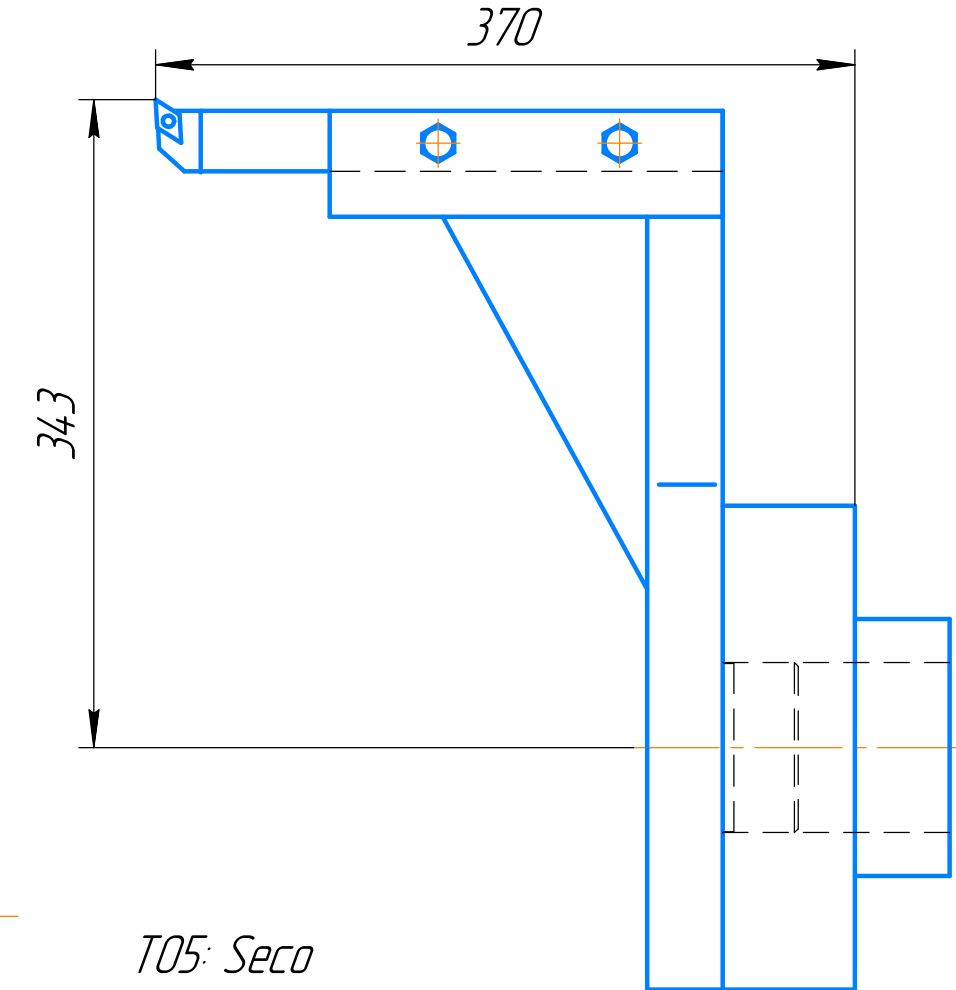
T03, T04, T05, T06



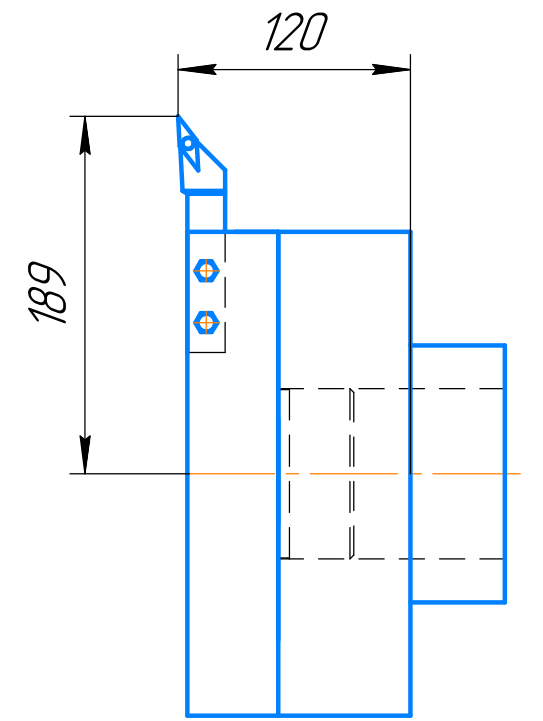
T03: Seco
Різець MCLNL 3232P19
Ріжуча пластина CNMM 190608-R5
Оправка: борштанга спеціальна
Циклограма роботи інструменту:
0-18-19-20-21-22-23-24-21-22-0



T04: Seco
Різець DCLNL 3232P12
Ріжуча пластина CNMG120408-MF2
Оправка: борштанга спеціальна
Циклограма роботи інструменту:
0-18-25-26-27-28-29-27-28-0



T05: Seco
Різець S32T-PDUNL 15
Ріжуча пластина DNMG150608-M5
Оправка: борштанга спеціальна
Циклограма роботи інструменту:
0-30-31-32-33-34-35-36-37-38-0



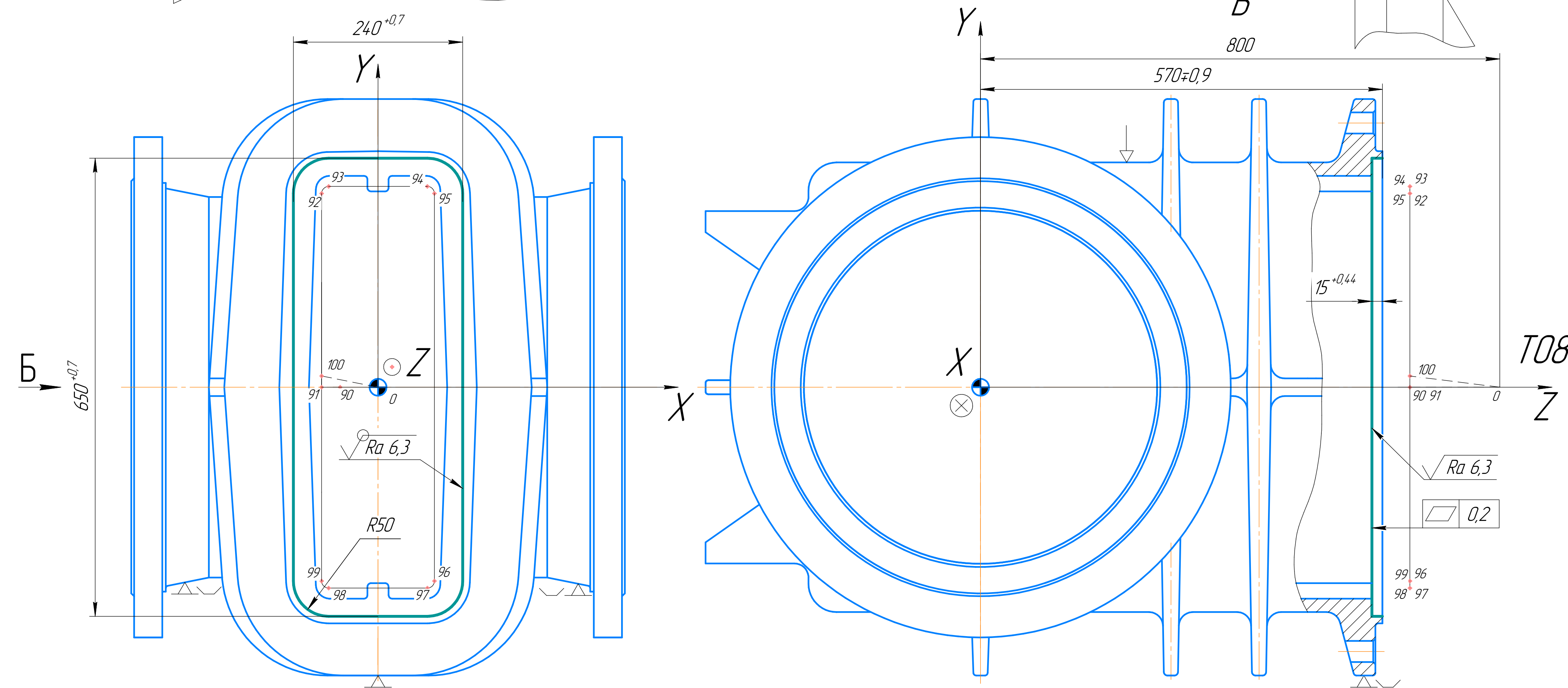
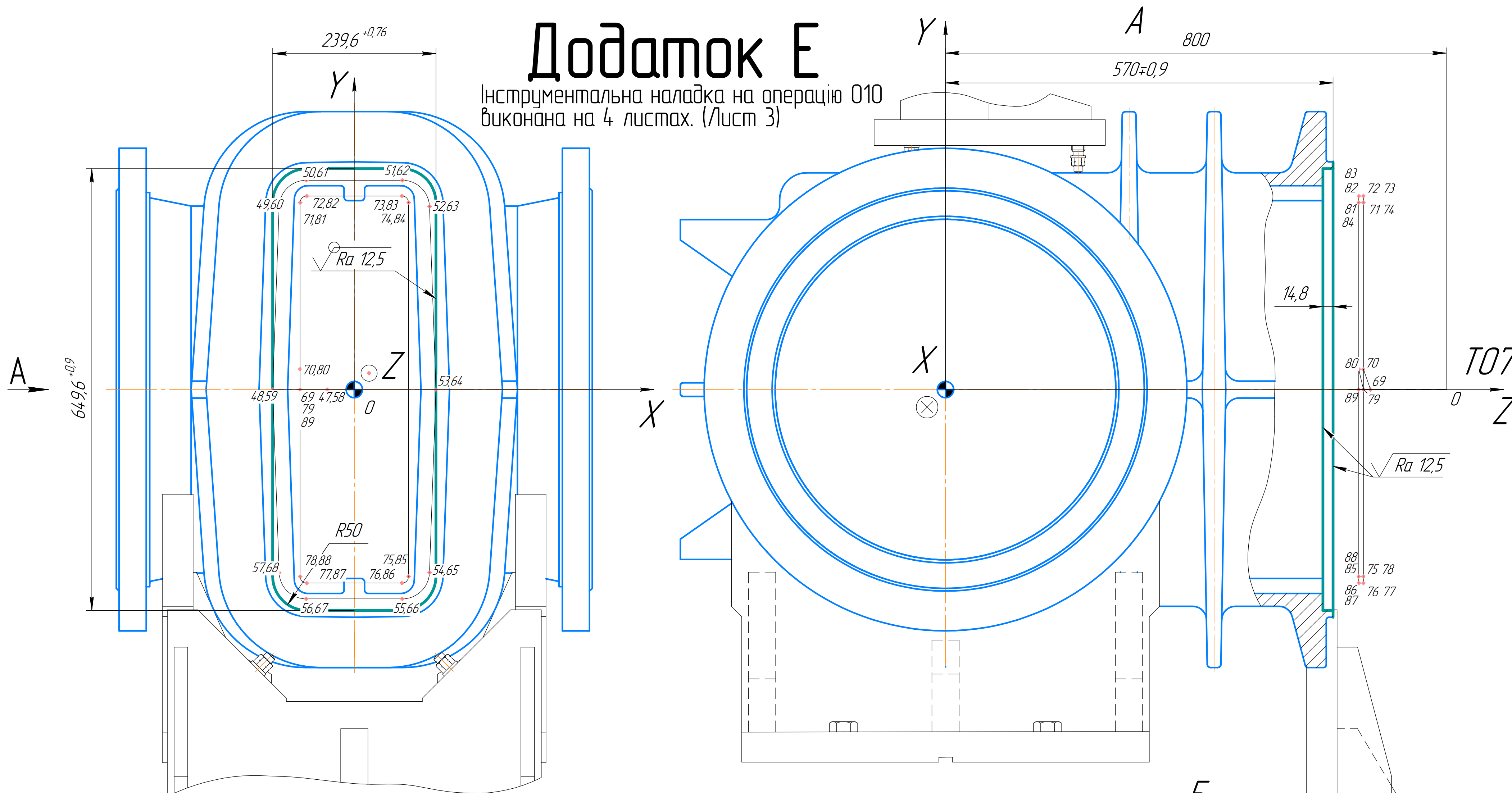
T06: Seco
Різець MVJNR 2020K16
Ріжуча пластина VNMG 160404-M3
Оправка: борштанга спеціальна
Циклограма роботи інструменту:
0-39-40-41-42-39-43-44-45-46-39-0

Операція		010		Комбінована								
Обладнання		Оброблювальний центр Trevisan DS900/300C										
№ точки	Координати за осями				f, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	t _о , хв	t _{шт-к} , хв		
	X1	Y	Z1	U								
T03: Різець: MCLNL 3232P19; Ріжуча пластина: CNMM 190608-R5; Оправка: борштанга спеціальна												
0	0	0	800	0								
18	0	0	73,4	224	8000							
19	0	0	73,4	297	8000							
20	0	0	98,2	291,65	7,05	0,4	235,1	129				
21	0	0	165,7	291,65	7,05	0,4	235,1	129				
22	0	0	164	240	8000							
23	0	0	169,29	240	8000							
24	0	0	169,29	291,65	7,0	0,4	235,1	129				
21	0	0	165,7	291,65	8000							
22	0	0	164	240	8000							
0	0	0	800	0	8000						2,54	107,7
Зміна інструменту												
T04: Різець: DCLNL 3232P12; Ріжуча пластина: CNMG120408-MF2; Оправка: борштанга спеціальна												
0	0	0	800	0								
18	0	0	73,4	224	8000							
25	0	0	73,4	297,85	8000							
26	0	0	98	292,5	0,85	0,1	321,4	175				
27	0	0	170	292,5	0,85	0,1	321,4	175				
28	0	0	168	240	8000							
29	0	0	170	240	8000							
27	0	0	170	292,5	0,8	0,1	321,4	175				
28	0	0	168	240	8000							
0	0	0	800	0	8000						7,43	107,7
Поворот столу на 180° обробка другого фланцю аналогічно.												

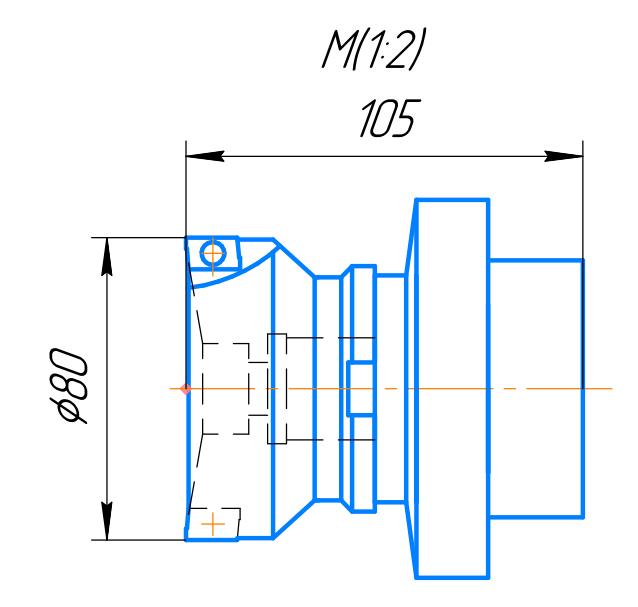
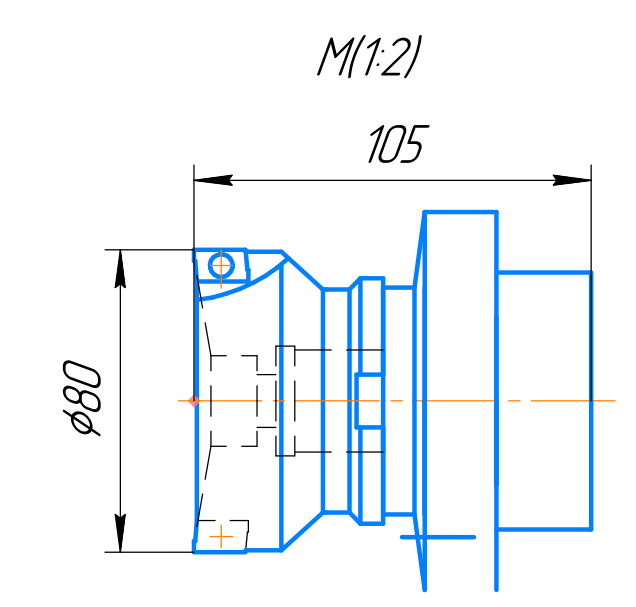
Координати опорних точок траєкторії представлені в пояснювальній записці в табл 2.9.

Додаток Е

Інструментальна наладка на операцію 010 виконана на 4 листах. (Лист 3)



Операція		010		Комбінована						
Обладнання		Оброблювальний центр Trevisan DS900/300C								
№ точки	Координати за осями				t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об/хв	fz, хв	fшп-к, хв
	X1	Y	Z1	U						
T07: Фреза F404.2.B27.080.Z06.16; Ріжуча пластина ADGT1204PER-D51 WKP35;										
0	0	0	800							
47	-40	0	575			8000				
48	-120	0	575							
49	-110,6	269,4	575							
50	-70,6	308	575							
51	70,6	308	575							
52	110,6	269,4	575							
53	120	0	575							
54	110,6	-269,4	575							
55	70,6	-308	575							
56	-70,6	-308	575							
57	-110,6	-269,4	575	5,0	0,2	220	876			
48	-120	0	575							
47	-40	0	575							
58	-40	0	570							
59	-120	0	570							
60	-110,6	269,4	570							
61	-70,6	308	570							
62	70,6	308	570							
63	110,6	269,4	570							
64	120	0	570							
65	110,6	-269,4	570							
66	70,6	-308	570							
67	-70,6	-308	575							
68	-110,6	-269,4	575							
59	-120	0	570							
0	0	0	800			8000			3,25	107,7



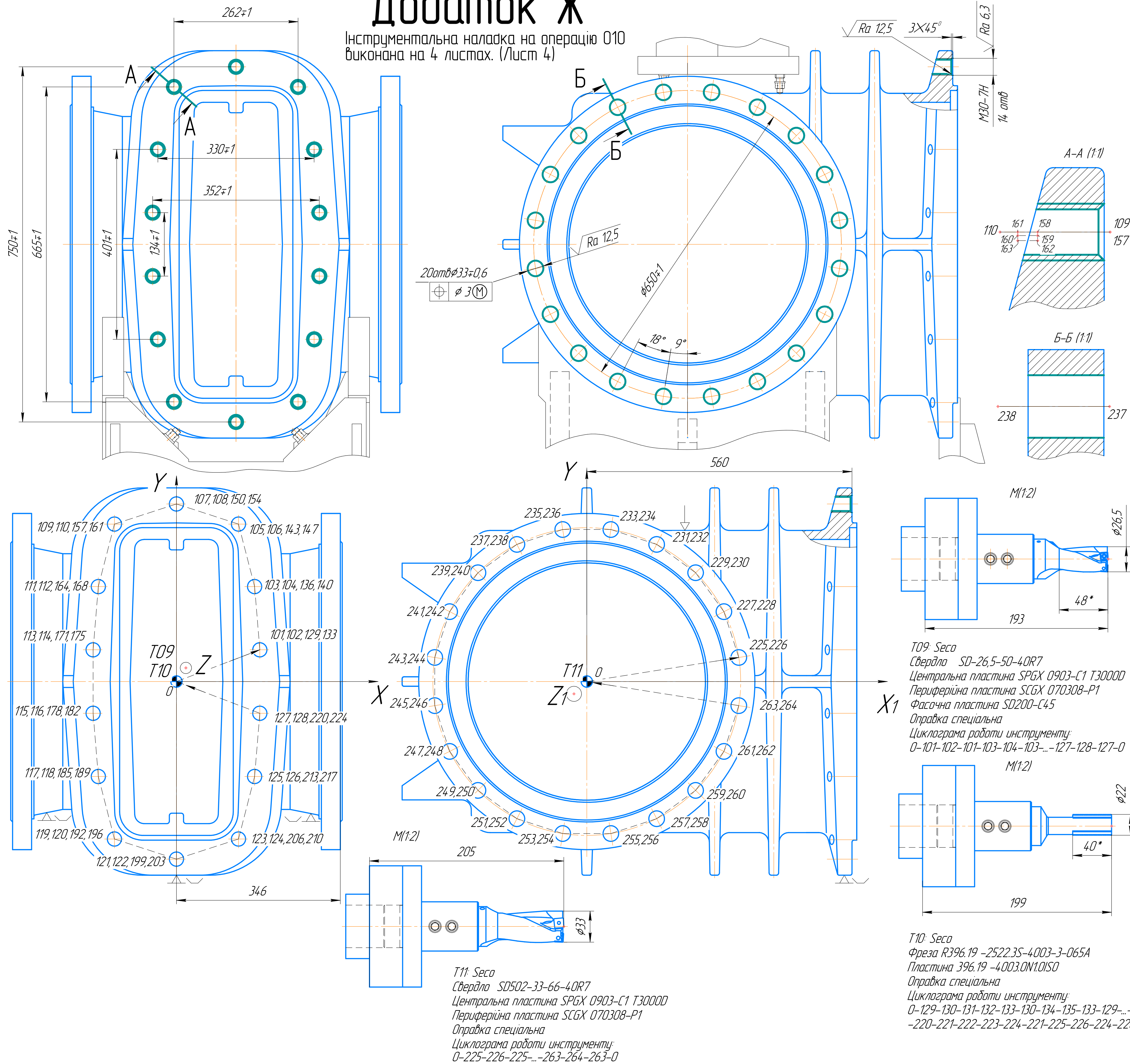
T07: Walter
Фреза F 404.2.B27.080.Z06.16
Ріжуча пластина ADGT1204PER-D51 WKP35
Оправка: борштанга спеціальна
Циклограма роботи інструменту:
0-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-48-47
-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-59-0-
-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81
-82-83-84-85-86-87-88-89-0

T08: Walter
Фреза F 404.2.B27.080.Z06.16
Ріжуча пластина ADGT1204PER-D51 WKP25
Оправка: борштанга спеціальна
Циклограма роботи інструменту:
0-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-0

Координати опорних точок траєкторії представлені в пояснювальній записці в табл. 2.10.

Додаток Ж

Інструментальна налазка на операцію 010 виконана на 4 листах. (Лист 4)



Операція		010 Камбінована з ЧПК							
Обладнання		Trevisan DS900\300C							
Номер точки	Координати за осями			f мм	S мм/об	V м/хв	n об/хв	t _о хв	T _{шт} хв
	X	Y	Z						
Свердло SD-26,5-50-32R7 (Ф 26,5)									
0	0	0	800						
101	176	67	565		8000				
102	176	67	505	-	0,08	124,8	1500		
101	176	67	565		8000				

109	-131	332,5	565		8000				
110	-131	332,5	505	-	0,08	124,8	1500	3,11	
109	-131	332,5	565		8000				

127	176	-67	565		8000				
128	176	-67	505	-	0,08	124,8	1500		
127	176	-67	565		8000				
0	0	0	800		8000				
Фреза R396.19 -2522.3S-4003-3-065A									
0	0	0	800						107,7

157	-131	332,5	565		8000				
158	-131	332,5	525		8000				
159	-131	328,69	525	1,7	0,15	103,6	1500		
160	-131	328,69	513	1,7	0,15	103,6	1500		
161	-131	332,5	513	1,7	0,15	103,6	1500	9,9	
158	-131	332,5	525		8000				
162	-131	328,5	525	0,19	0,15	103,6	1500		
163	-131	328,5	513	0,19	0,15	103,6	1500		
161	-131	332,5	513	0,19	0,15	103,6	1500		
157	-131	332,5	565		8000				

0	0	0	800						
Свердло SD502-33-66-40R7									
0	0	0	800						
225	321	50,84	351						
226	321	50,84	290		0,18	155,5	1500		
225	321	50,84	351						

237	-14,75	289,58	351						
238	-14,75	289,58	290		0,18	155,5	1500	4,51	
237	-14,75	289,58	351						

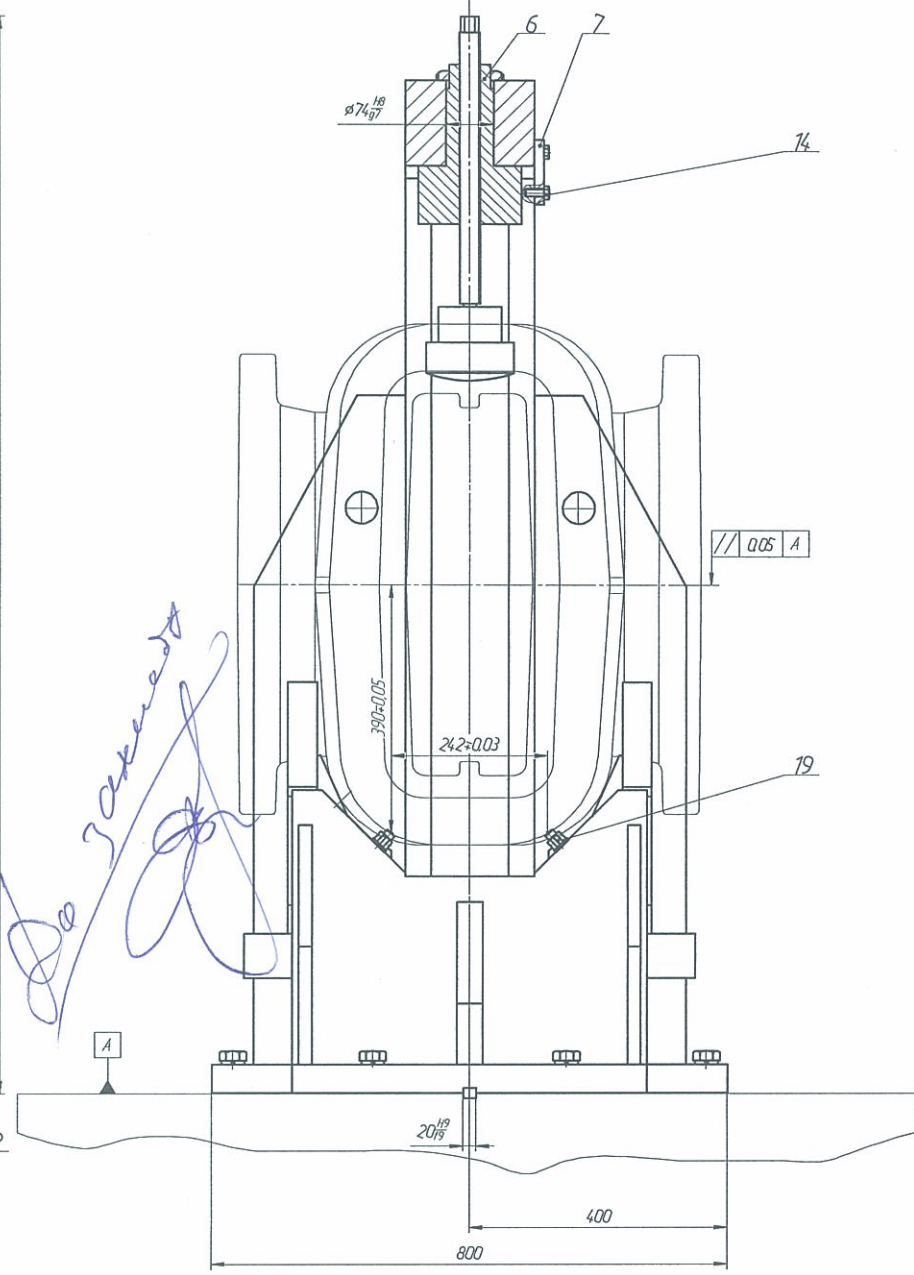
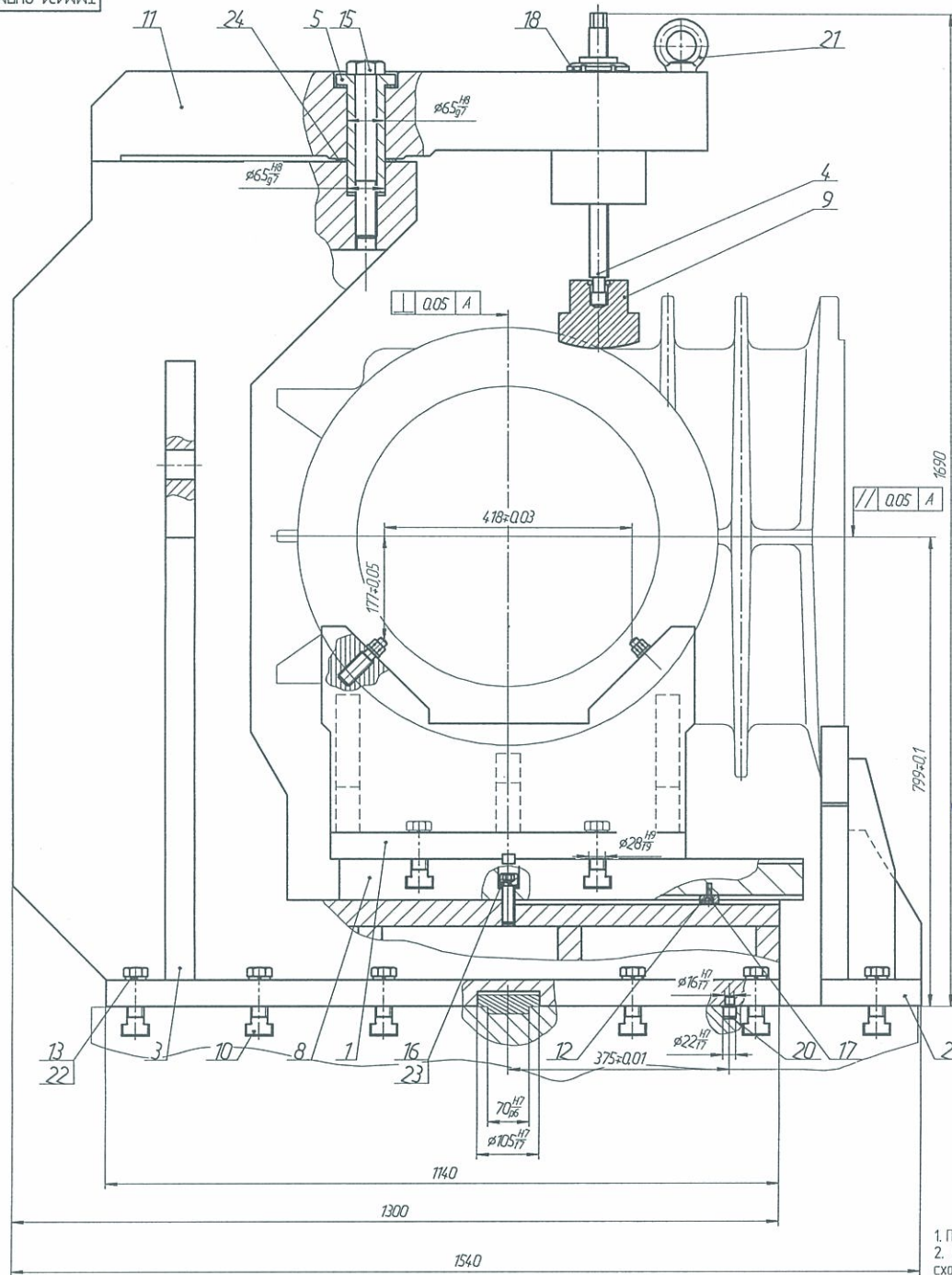
263	321	-50,84	351						
264	321	-50,84	290		0,18	155,5	1500		
263	321	-50,84	351						
0	0	0	800						

Поворот палети на 180° обробити другий фланець аналогічно.

T09: Seco
Свердло SD-26,5-50-40R7
Центральна пластина SPGX 0903-C1 T30000
Периферійна пластина SCGX 070308-P1
Фасочна пластина SD200-C45
Опрадка спеціальна
Циклограма роботи інструменту:
0-101-102-101-103-104-103...-127-128-127-0

T10: Seco
Фреза R396.19 -2522.3S-4003-3-065A
Пластина 396.19 -4003.0N1.0ISO
Опрадка спеціальна
Циклограма роботи інструменту:
0-129-130-131-132-133-130-134-135-133-129...-
-220-221-222-223-224-221-225-226-224-220-0

T11: Seco
Свердло SD502-33-66-40R7
Центральна пластина SPGX 0903-C1 T30000
Периферійна пластина SCGX 070308-P1
Опрадка спеціальна
Циклограма роботи інструменту:
0-225-226-225...-263-264-263-0

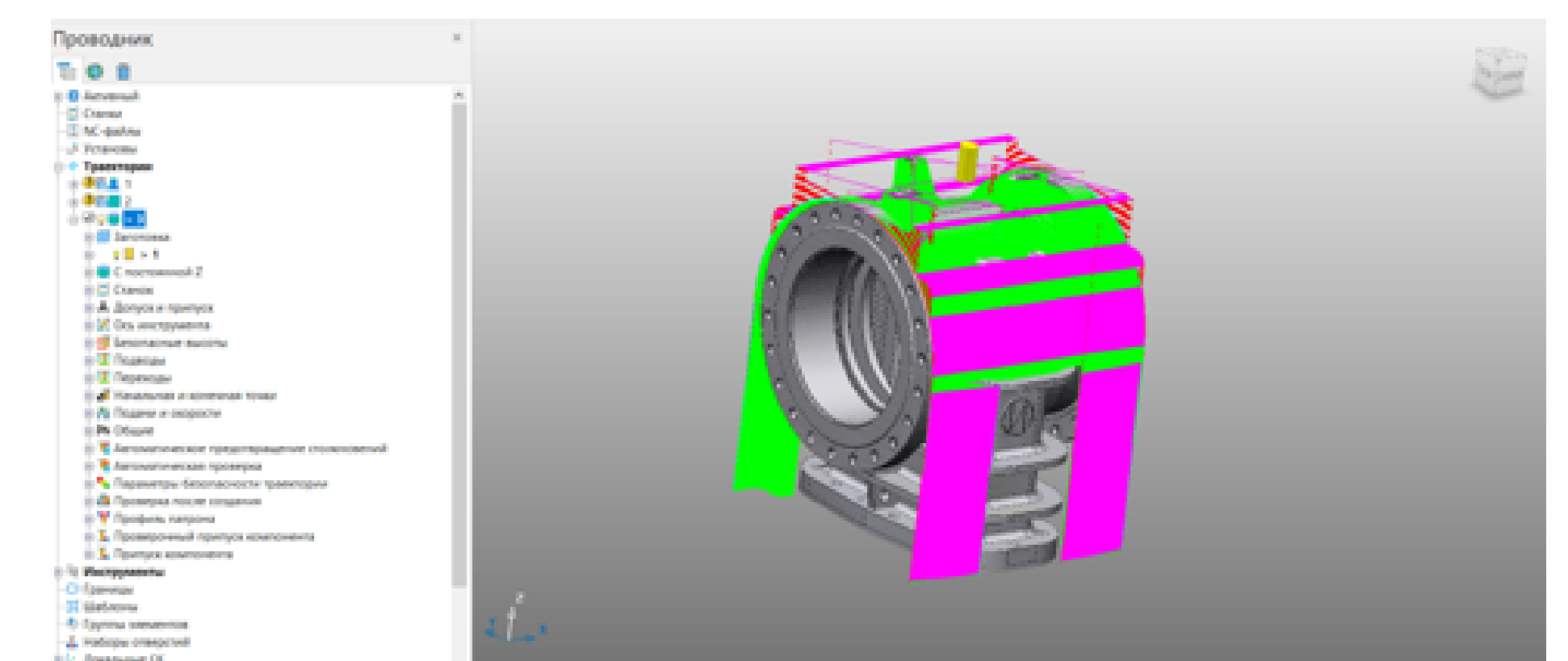
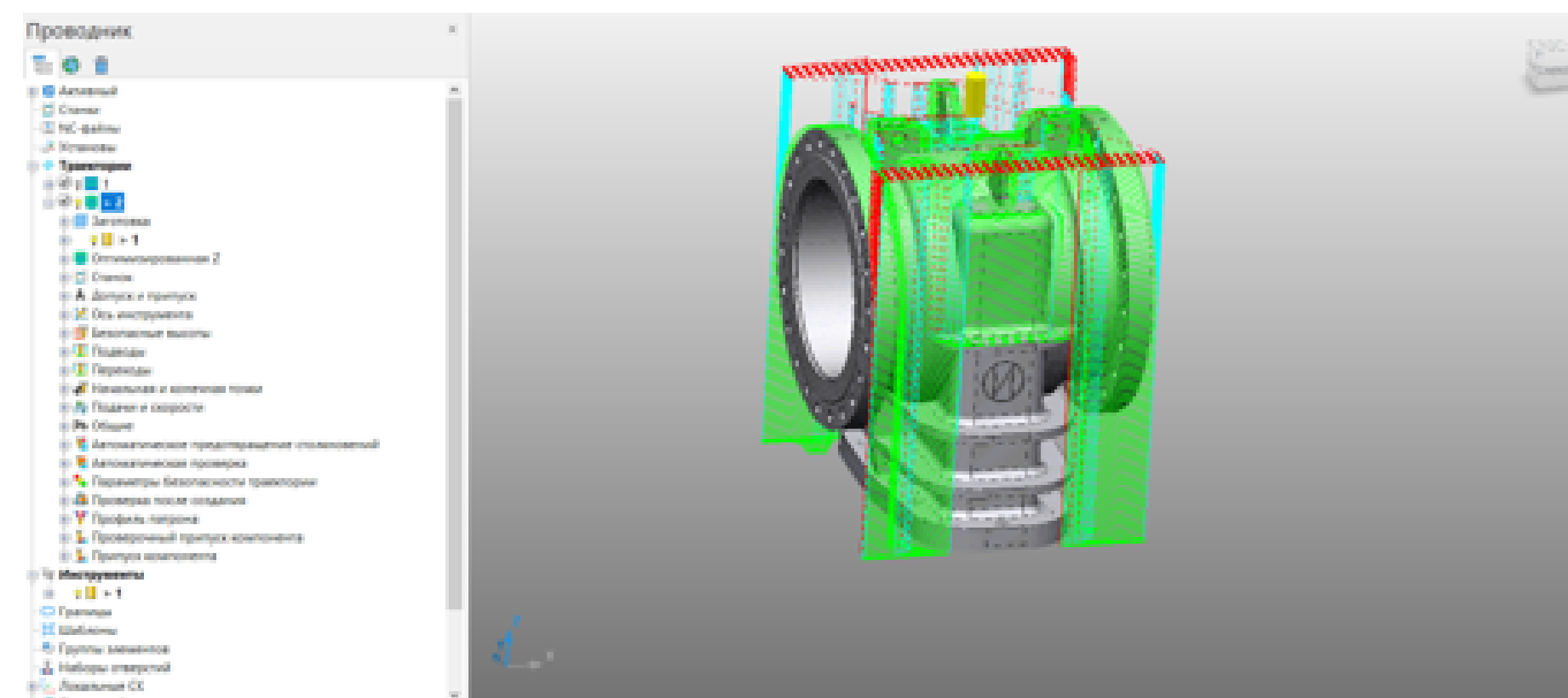
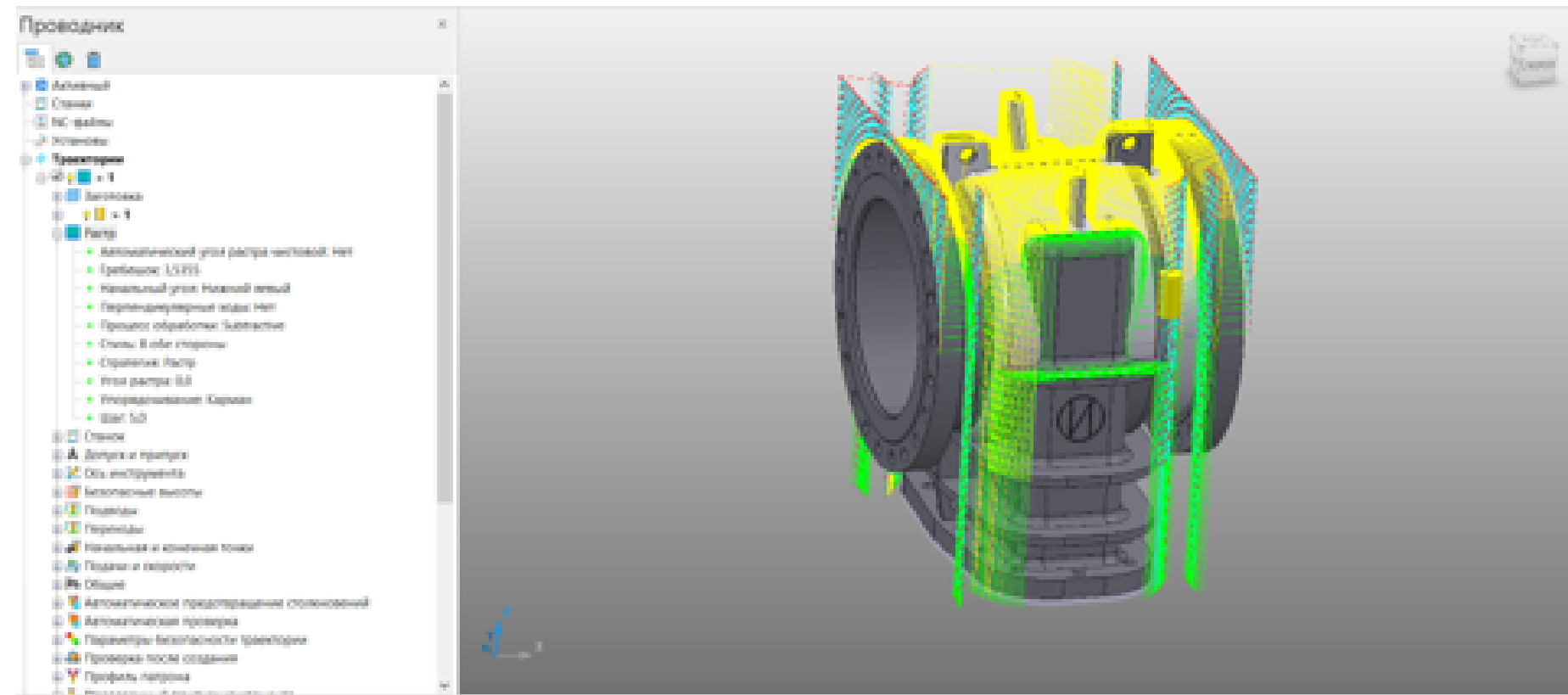


До Завантаження

1. Пофарбувати поверхні 12,3,11 емаллю АК-194 ТУ 6-10-901-75.
2. Дане пристосування може використовуватися для більш крупних деталей схожого типу з максимальним діаметром фланців до Ø830мм.
3. Неказані граничні відхилення розмірів отворів Н14, валів h14, інших $\pm IT16/2$.
4. Зварні шви по ГОСТ 5264-80.

Кафедра ТММ				ТММ.131-ОНПМ.21.08.03.СК			
Должен	Фамилия	Инициалы	Дата	Механізоване пристосування	Лист	Масштаб	Розшифровка
Сидоренко	Сергей Д.В.	С.Д.	14.08.2014	призматического типа	14	-	14
Проверено	Инициалы	Дата					
И.контр.	Процуров В.В.				Лист 11	Деталь 1	
Консил.							
И.контр.	Процуров В.В.			Trevisan DS900/300С			НТУ "ДП
Вед.кар.	Процуров В.В.						ММФ

Додаток І



Статистика траектории

Объект: 1

Подводы и переходы		
	Длина	Время
Ускоренные	100328,541502	0:33:26
Врезание в пр	94301,23571	3:08:36
Наклонно	0,0	0:00:00
Другие	0,0	0:00:00
Всего	194629,777212	3:42:02

Рабочие ходы		
	Длина	Время
Линия	264243,966884	4:24:14
Дуги	0,0	0:00:00
Всего	264243,966884	4:24:14

Задержки		
	Время	
Всего	0:00:00	

Всего 458873,744096 8:06:17
сло подъемов 236

Закреть

Рис. 4.1 – Статистика траекторії «Чистова растр»

Статистика траектории

Объект: 2

Подводы и переходы		
	Длина	Время
Ускоренные	570478,667945	3:10:09
Врезание в пр	387052,03924	12:54:06
Наклонно	0,0	0:00:00
Другие	0,0	0:00:00
Всего	957530,707185	16:04:15

Рабочие ходы		
	Длина	Время
Линия	400829,071573	6:40:49
Дуги	0,0	0:00:00
Всего	400829,071573	6:40:49

Задержки		
	Время	
Всего	0:00:00	

Всего 1358359,77875 22:45:05
сло подъемов 788

Закреть

Рис. 4.2 – Статистика траекторії «Оптимізована Z»

Статистика траектории

Объект: 3

Подводы и переходы		
	Длина	Время
Ускоренные	1062346,23646	5:54:06
Врезание в пр	15796,029999	0:31:35
Наклонно	0,0	0:00:00
Другие	0,0	0:00:00
Всего	1078142,26646	6:25:42

Рабочие ходы		
	Длина	Время
Линия	1630178,80085	27:10:10
Дуги	0,0	0:00:00
Всего	1630178,80085	27:10:10

Задержки		
	Время	
Всего	0:00:00	

Всего 2708321,06731 33:35:53
сло подъемов 3307

Закреть

Рис. 4.3 – Статистика траекторії «Постійна Z»

РЕЦЕНЗІЯ
на кваліфікаційну роботу магістра
студента гр. 131М-19Н-1
Смагін Денис Вячеславович
НТУ «Дніпровська політехніка»
на тему:

«Ефективність використання інформаційних технологій на прикладі
автоматизованої механічної обробки корпусних деталей»

Випускна робота магістра виконана відповідно до завдання керівника. Кваліфікаційна робота виконувалася як комп'ютерний експеримент у вигляді рекомендацій для автоматизації технологічного процесу механічної обробки деталі на машинобудівному виробництві. Вихідні дані для проведення роботи – робочий кресленик деталі «Корпус засувки».

Денис Смагін чітко сформулював об'єкт розроблення кваліфікаційної роботи як технологічний процес механічної обробки деталі з застосуванням сучасних комп'ютерних систем і обладнання з програмним керуванням.

Метою кваліфікаційної роботи автор вказав оптимізацію технологічного процесу механічної обробки деталі в середовищі САМ-програми Autodesk PowerMill з метою ефективності її використання для підвищення рівня автоматизації виробництва, зменшення часу на розробку проекту.

Наукова складова кваліфікаційної роботи полягає у методиці визначені оптимальної стратегії обробки в САМ-програмі на прикладі корпусної деталі, розрахунок оптимізованої керуючої програми для обладнання і скорочення часу механічної обробки на верстаті з ЧПК, як наслідок.

Практична цінність полягає у складених рекомендаціях щодо застосування альтернативних технологічних методів з використанням сучасних інженерних систем та прийомів при виготовленні деталей у трубопровідних виробках.

Роботі можна висловити декілька зауважень. Авторіві варто було б приділити більше уваги при складанні робочих креслеників, технологічних наладок та ескізів при оформленні науково-дослідницького розділу.

Зауваження не знижують цінності здійснених автором новацій. Робота варта оцінки «відмінно» (96-98 балів), а Смагін Д.В. заслуговує на здобуття кваліфікації магістра зі спеціальності 131 Прикладна механіка за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва».

Рецензент, д.т.н професор
кафедри комп'ютерно-інтегрованих
технологій та автоматизації
ДВНЗ «Український державний
хіміко-технологічний університет»



В.І. Корсун

19 травня 2021 р.