

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

- 1.1 Аналіз службового призначення та умов роботи деталі в вузлі
 - 1.1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація
 - 1.1.2 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі
 - 1.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу
- 1.2 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі
- 1.3 Проектування конструкції заготовки
 - 1.3.1 Визначення виду та способу виготовлення заготовки
 - 1.3.2 Проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів
- 1.4 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі
 - 1.4.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз
 - 1.4.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій
- 1.5 Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки
- 1.6 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі
- 1.7 Короткий опис вибору верстатного обладнання
- 1.8 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки
 - 1.8.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом
 - 1.8.2 Визначення припусків аналоговими методами
- 1.9 Визначення режимів різання
 - 1.9.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом
 - 1.9.2 Визначення режимів різання аналоговими методами
- 1.10 Нормування технологічних операцій
 - 1.10.1 Нормування аналоговими методами

2 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

- 2.1 Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв
 - 2.1.2 Послідовність розроблення конструкції пристрою
- 2.2 Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв
 - 2.2.2 Розрахунок похибок базування
- 2.3. Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв
 - 2.3.1 Розрахунок необхідної сили затиску заготовки Q
 - 2.3.2 Розрахунок силових механізмів пристроїв

3. МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ТА ПНЕВМАТИЧНИХ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

- 3.1. Класифікація пристосувань.
- 3.2. CAD/CAM Системи
- 3.3 Методологія проектування верстатної оснащення.
- 3.4. Традиційне проектування
- 3.5 Автоматизоване проектування

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Технологічний розділ

1.1.1 Аналіз службового призначення деталі

Деталь “траверса” є частиною механізму закрилку літака Ан-148. Є дуже відповідальною деталлю тому що з її допомогою здійснюється керування літаком. В процесі роботи зазнає дії знакозмінних напружень, згинаючих моментів та температурних деформацій.

Так як траверса є частиною літака, висуваються жорсткі вимоги до маси деталі. Для максимального зниження маси деталі при збереженні її міцності та жорсткості, у траверсі широко використовуються такі елементи як ребра жорсткості, мінімізовані концентратори напружень, такі як, некруглі отвори, усі можливі тупі кути — округлені.

У деталі присутні три точні отвори у котрі при складанні будуть встановлені підшипники та вали. За допомогою трьох кріпильних отворів на кінці траверси до неї приєднується корпус сферичного підшипника.

1.1.2 Аналіз умов роботи деталі у вузлі.

Так як, за допомогою механізму закрилку відбувається керування літаком, то траверса, яка є частиною цього механізму, постійно перебуває у роботі, під дією зовнішніх сил. Як і всі деталі крила траверса спроектована з урахуванням того що вона буде пружно деформуватися у процесі роботи.

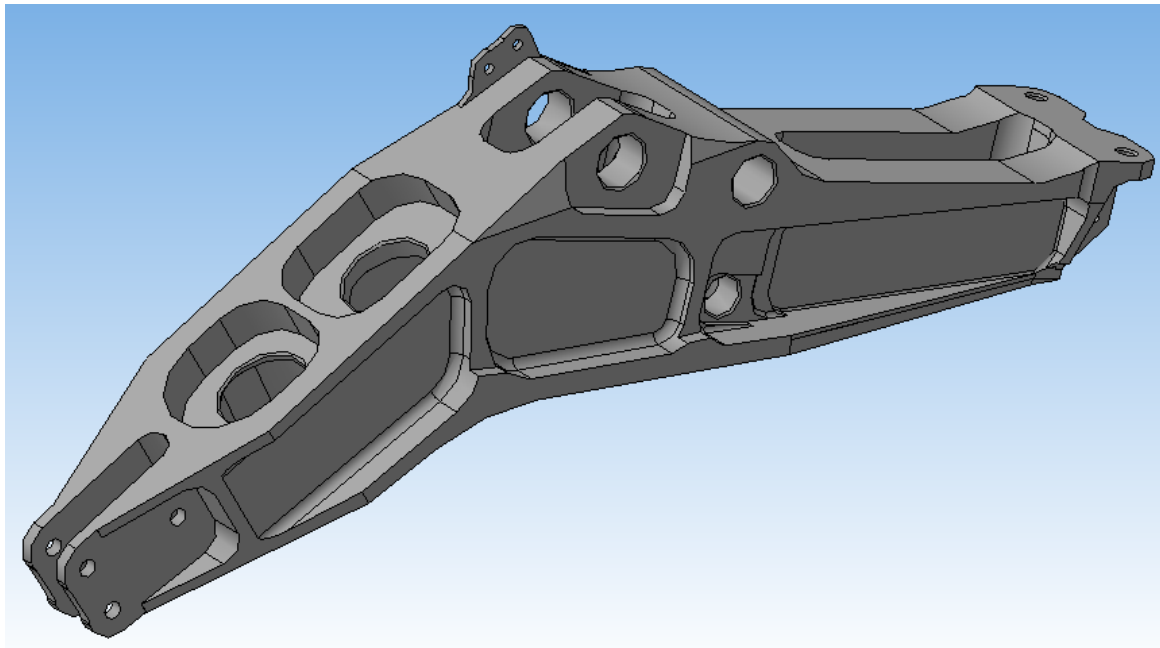


Рисунок 1.1 3Д модель деталі “Траверса”.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Завдяки низькій питомій масі та високим механічним властивостям алюмінієвий сплав Д16Т дуже розповсюджений у літакобудуванні. Заготовки з Д16Т отримують як литтям так і штамповкою чи куванням.

Таблиця 1.1 Механічні властивості алюмінієвого сплаву Д16Т

Модуль пружності, E	6900 кг/мм ²
Тимчасовий опір розриву, σ_b	400 МПа
Напруження при відносному розтягуванні 0,2%	28 кг/мм ²
Напруження при відносному розтягуванні 0,2% при температурі 100°С	26 кг/мм ²
Напруження при відносному деформуванні 0,2%	35 кг/мм ²
Коефіцієнт температурного розширення	$23,8 \cdot 10^{-6}$ 1/град
Густина	2,78 г/см ³
Умовна границя втоми 10^8 циклів	10 кг/мм ²

Таблиця 1.2 Хімічний склад алюмінієвого сплаву Д16Т

Fe	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Cu	Mg	Zn	Домішки
до 0.5	до 0.5	0.3 - 0.9	до 0.1	до 0.15	90.9 - 94.7	3.8 - 4.9	1.2 - 1.8	до 0.25	Інші, кожна 0.05; усього

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

У відповідності до стандартів визначаємо коефіцієнт закріплення операцій.

Коефіцієнт закріплення операцій — це відношення числа всіх різних технологічних операцій, які виконано чи належить виконати протягом місяця, до числа робочих місць. (ДСТУ 2974-95).

Операція - це закінчена частина технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці, над однією деталлю, одним або кількома інструментами, одним або групою робітників (ДСТУ 2391-94).

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Робоче місце — це елементарна одиниця виробничої структури, що містить частину простору виробничого підрозділу, яка потрібна для здійснення трудової операції та оснащена матеріально-технічними засобами, використовуваними в процесі праці (ДСТУ 2960-94).

Тип виробництва розраховується за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{\sum_{i=1}^n ОП_i}{\sum_{j=1}^n РМ_j} \quad (1.1)$$

Кз.о. - коефіцієнт закріплення операції, розрахований на місяць;

ОП - операція; РМ - робоче місце;

Визначити серійність виробництва користуючись коефіцієнтом закріплення операцій можна лише маючи готовий технологічний процес та інформацію про конкретні умови виробництва. Серійність виробництва можна визначити користуючись аналоговим методом, для цього необхідно знати масу деталі та обсяг випуску за рік.

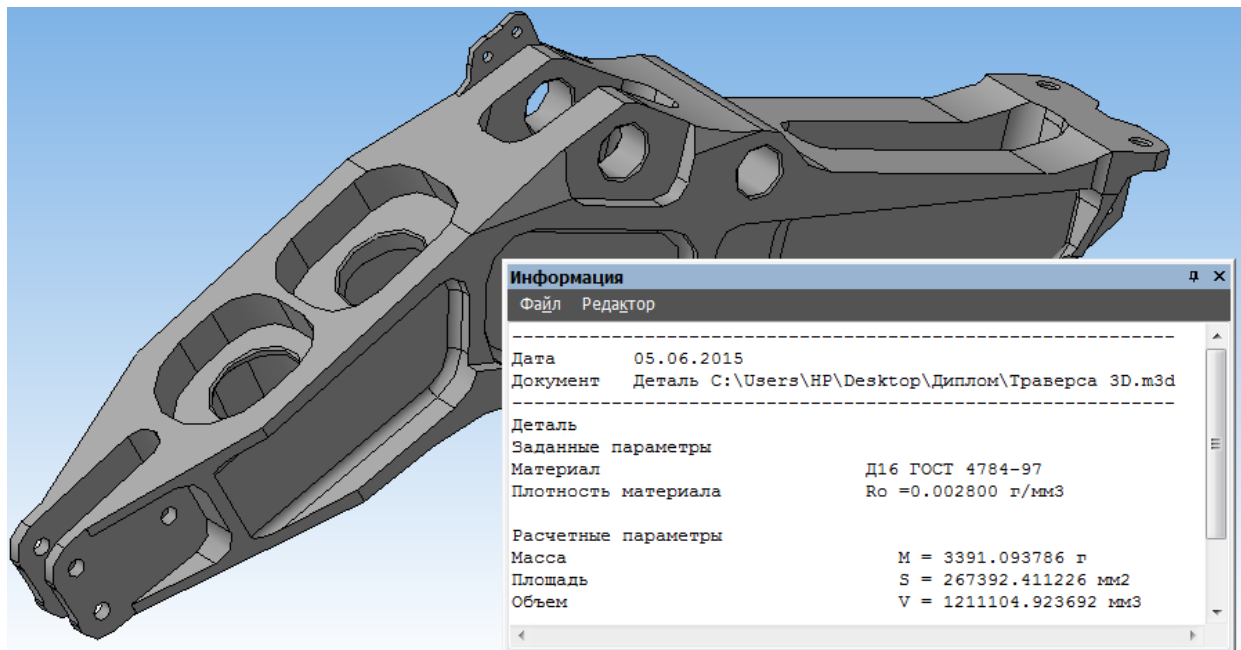


Рисунок 1.2 Маса деталі визначена через Компас 3Д.

Обсяг випуску-300 шт./рік

Маса однієї деталі-3,4 кг.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 1.4-Серійність виробництва в залежності від маси та обсягу випуску деталей

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей, шт.		
	Масою до 20кг	Масою від 20 до 30кг	Масою більше 30кг
Одиничне	До 100	До 10	1-5
Малосерійне	101-500	11-200	6-100
Середньо-серійне	501-500	201-1000	101-300
Велико серійне	5001-50000	1001-5000	301-1000
Масове	Більше 50000	Більше 5000	Більше 1000

Звідси робимо висновок, що тип виробництва-малосерійне.

1.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі

Відповідно до ГОСТ 14.205-83, технологічність— відповідність продукції вимогам економічної технології її використання. Технологічність забезпечується при розробці конструкції виробу. Технологічною називається така конструкція виробу або його складових елементів (деталей, вузлів, механізмів), яка забезпечує задані експлуатаційні якості продукції і дозволяє при даній серійності виготовляти її з найменшими затратами праці та матеріалів. Визначення технологічності деталі здійснюється складними розрахунковими методами, але враховуючи технологічні можливості сучасного металообробного обладнання можна пропустити даний пункт.

1.4 Проектування конструкції заготовки

1.4.4 Визначення виду та способу виготовлення заготовки

Враховуючи матеріал та обсяг випуску деталі обираємо для виготовлення заготовки метод пластичного деформування, а саме гаряче штампування на горизонтально-кувальних машинах. Припуск на сторону перпендикулярну площині рознімання складає 5 мм. Штампувальна форма має ухил 7°.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

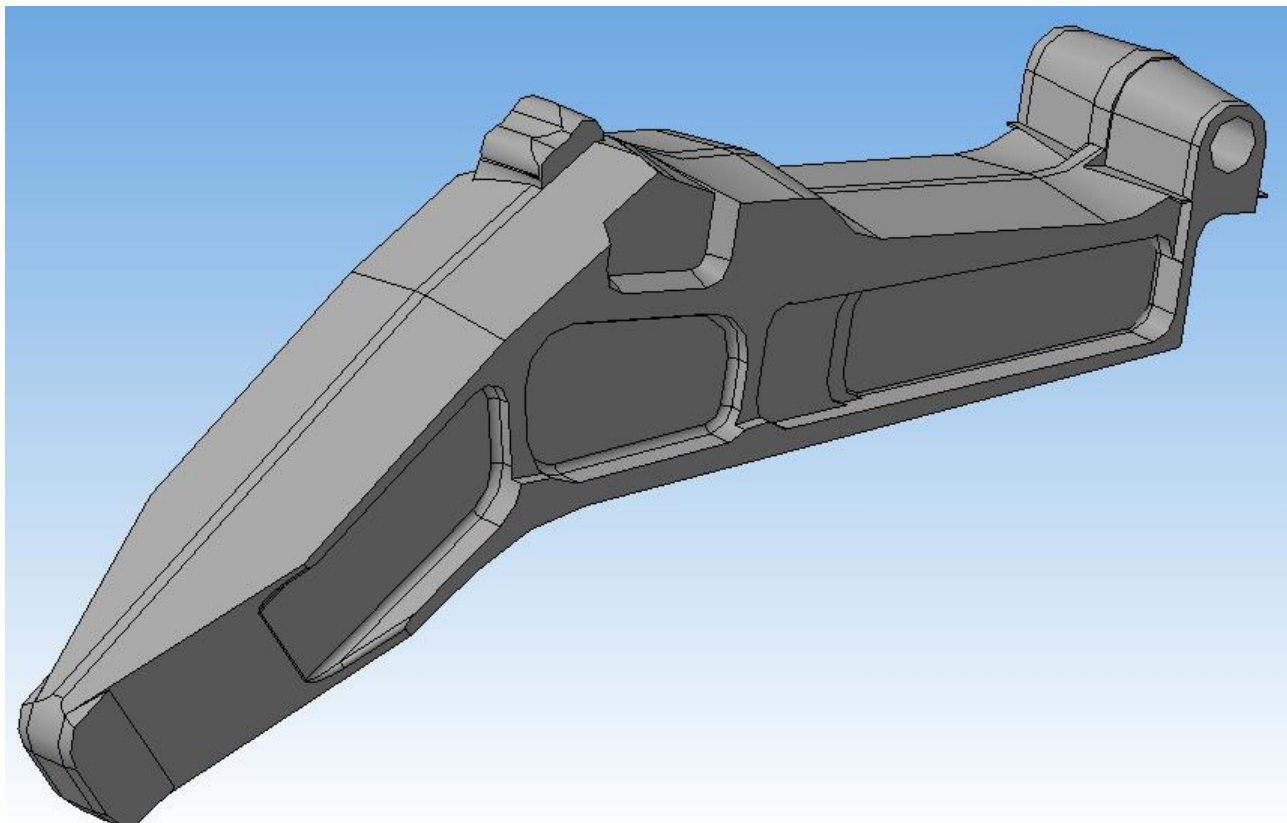


Рисунок 3Д зображення заготовки

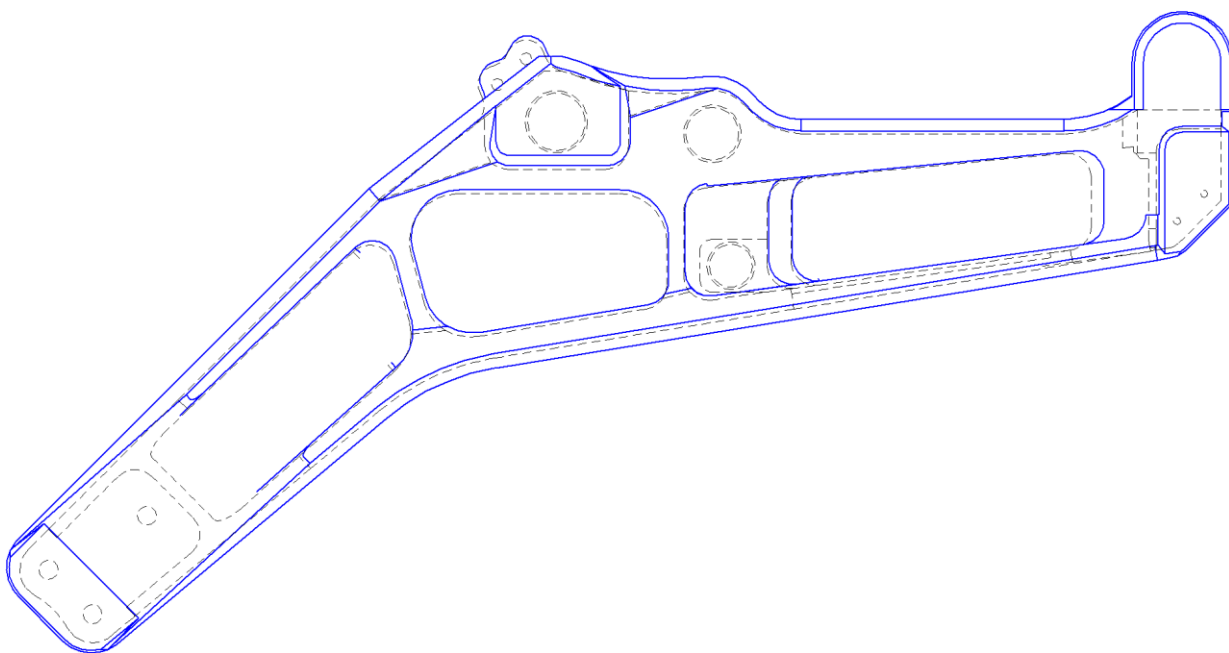


Рисунок Ескіз заготовки

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.5 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі

Відповідно до ГОСТ 14.205-83, технологічність— відповідність продукції вимогам економічної технології її використання. Технологічність забезпечується при розробці конструкції виробу. Технологічною називається така конструкція виробу або його складових елементів (деталей, вузлів, механізмів), яка забезпечує задані експлуатаційні якості продукції і дозволяє при даній серійності виготовляти її з найменшими затратами праці та матеріалів. Визначення технологічності деталі здійснюється складними розрахунковими методами, але враховуючи технологічні можливості сучасного металообробного обладнання можна пропустити даний пункт.

1.6 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз та баз для першої технологічної операції

1.6.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз

Для вибору загальних технологічних баз необхідно провести класифікацію поверхонь деталі за службовим призначенням.

О— основні конструкторські бази,поверхні, які визначають положення даної деталі в складальній одиниці.

Д – допоміжні конструкторські бази, визначають положення приєднувальних до неї деталей.

К – кріпильні поверхні, забезпечують фіксацію положення деталей, що приєднуються.

В – вільні поверхні, які створюють єдиний геометричний образ деталі.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Після класифікації поверхонь необхідно перевірити можливість використання ОКБ як загальних технологічних баз для цього розробимо теоретичну схему базування.

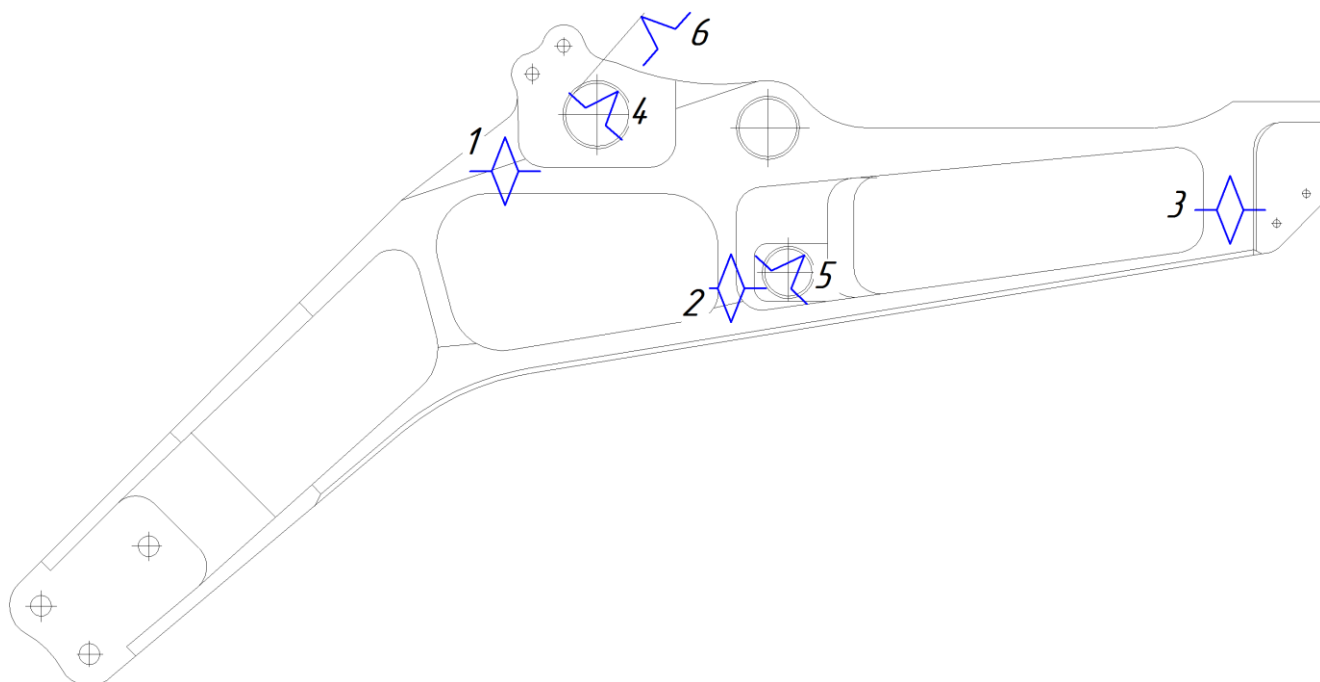


Рисунок 1.6-Теоретична схема базування по загальній технологічній базі

$СБ_{ЗТБ} \Rightarrow У(3)+ПО(2)+О(1)$ – структурна формула схеми базування.

Конструктивна реалізація схеми базування:

У(3) – упори сферичні

ПО(2) – циліндричний палець

О(1) – ромбічний палець

Дана схема базування відкриває для обробки більшість оброблюваних поверхонь та використовує основні конструкторські бази у якості загальних технологічних. Конструктивно реалізується установкою на зрізаний та циліндричний пальці. Вагомим недоліком цієї схеми базування є те що, відстань між установочними пальцями дуже мала у порівнянні з габаритами деталі, що негативно впливає на точність установки.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

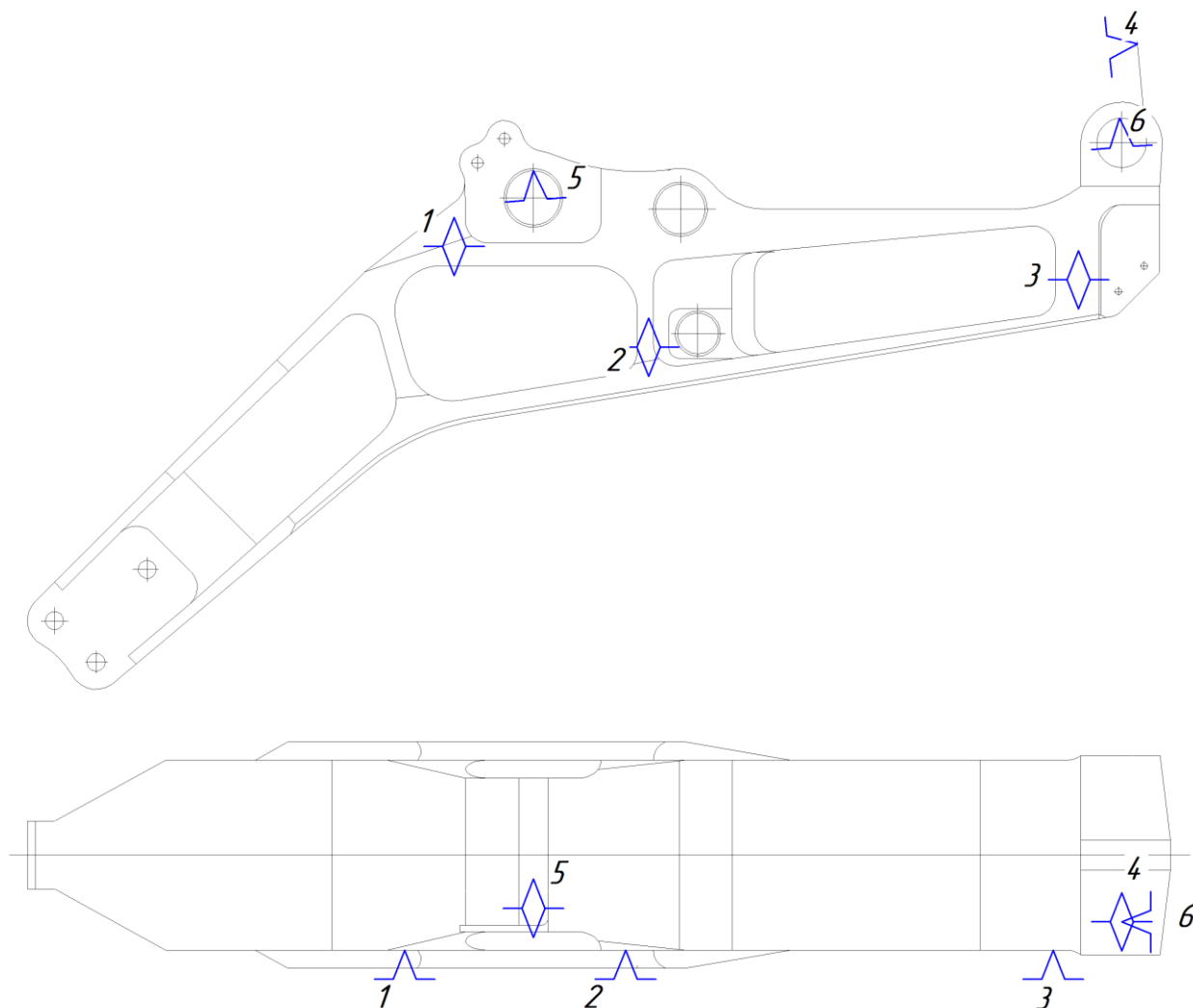


Рисунок 1.7-Теоретична схема базування по загальній технологічній базі

$СБ_{ЗТБ} \Rightarrow Y(3)+ПО(2)+О(1)$ – структурна формула схеми базування.

Конструктивна реалізація схеми базування:

$Y(3)$ – упори сферичні

$ПО(2)$ – циліндричний палець

$О(1)$ – ромбічний палець

Дана схема базування можлива при наявності технологічного напуску, а зарахунок відносно великої відстані між установочними пальцями мінімізує похибку установки. Запропонований комплект баз забезпечує обробку усіх оброблюваних поверхонь.

Висновок: у якості схеми базування по загальним технологічним базам приймаємо другий варіант СБ.

1.6.2 Вибір схеми базування для першої технологічної операції

Для вибору ТБ використовуємо загальний алгоритм:

- Технологічні бази повинні забезпечувати оброблення всього комплексу ЗТБ за одну першу операцію, що забезпечить максимально високу точність просторового положення всіх поверхонь, що входять в комплект ЗТБ.
- Якщо технічні можливості верстату не забезпечують оброблення всього комплексу ЗТБ, то на першій операції необхідно обробити поверхню ЗТБ, яка полишає заготовку найбільшої кількості ступенів вільності – У (3) або ПН (4).
- При наступному обробленні схема базування повинна обов'язково включати оброблену поверхню ЗТБ.
- В якості ТБ необхідно використовувати поверхні оброблення яких за кресленням деталі не передбачається.
- Якщо всі поверхні оброблюються, то в якості ТБ необхідно приймати поверхні, які мають найменший припуск, що попереджає можливість виникнення браку на даній поверхні або такі поверхні на яких брак недопустимий.
- Вибір в якості ТБ ті поверхні, для яких необхідно забезпечити рівномірний припуск для наступних етапів оброблення.

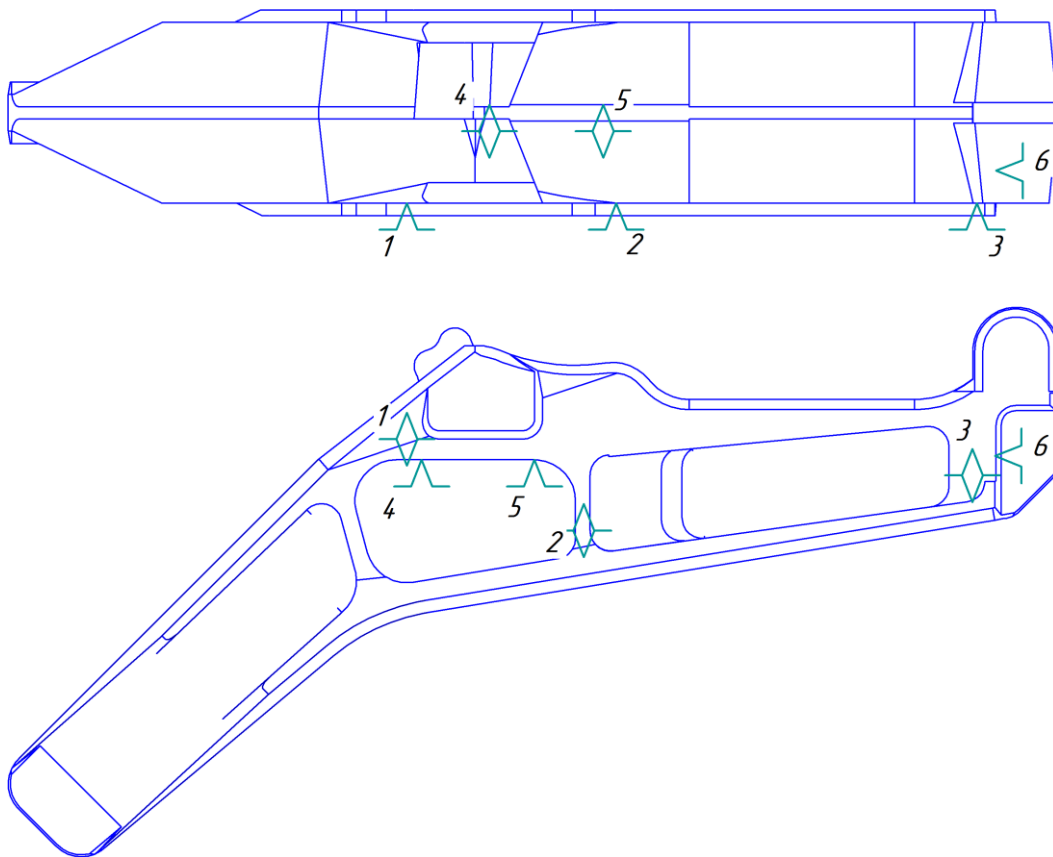


Рисунок 1.8-Теоретична схема базування на першій операції

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$CB_{TB} \Rightarrow Y(3) + \text{ПО}(2) + O(1)$ – структурна формула схеми базування.

Конструктивна реалізація:

$Y(3)$ – упори сферичні

$H(2)$ – упори

$O(1)$ – упор

Дана схема базування забезпечує перпендикулярність головних отворів відносно площини, яка слугує установчою базою. Проста в реалізації. Формує нерівномірний припуск на точні отвори.

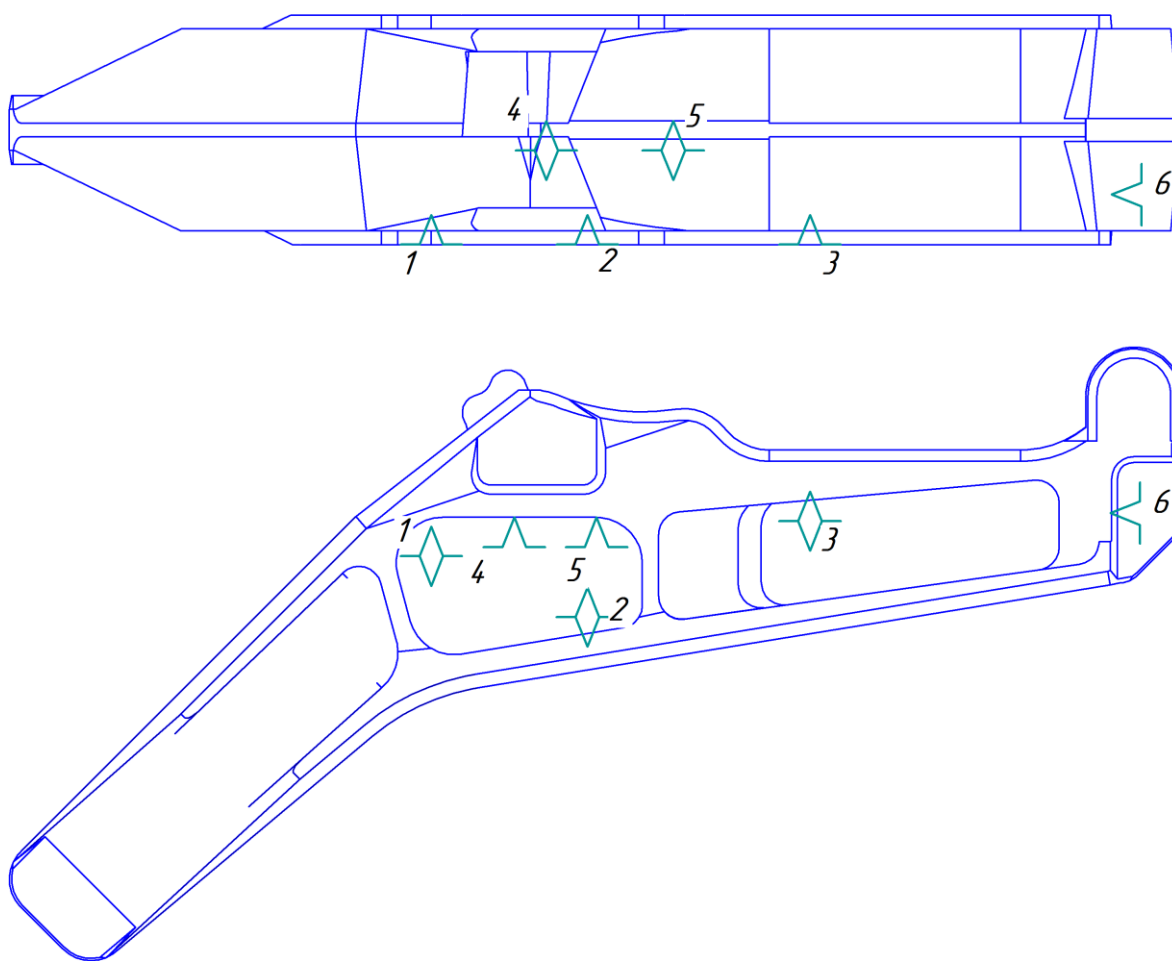


Рисунок 1.9- Теоретична схема базування на першій операції

$CB_{TB} \Rightarrow Y(3) + \text{ПО}(2) + O(1)$ – структурна формула схеми базування.

Конструктивна реалізація:

$Y(3)$ – упори сферичні

$H(2)$ – упори

$O(1)$ – упор

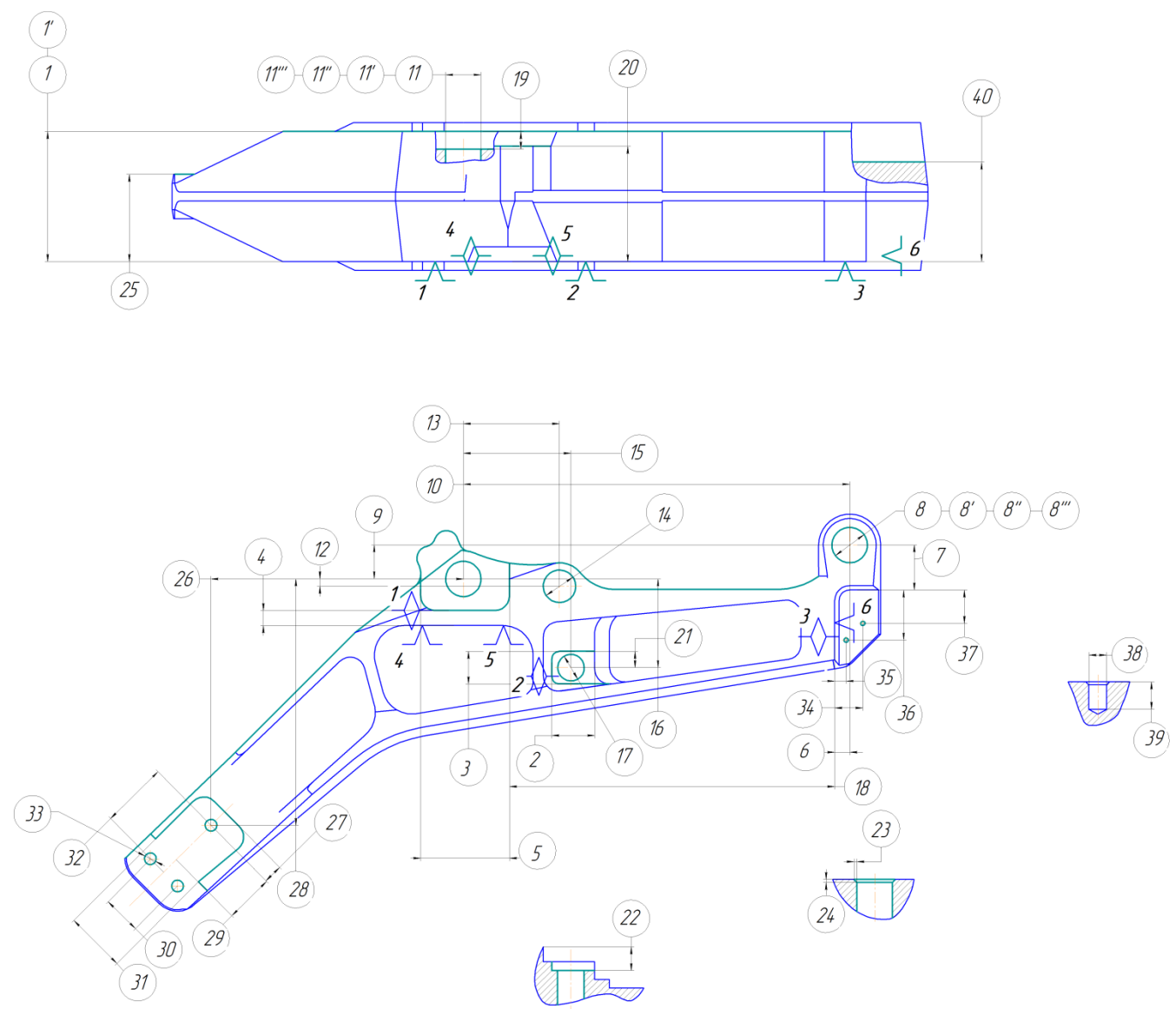
У даному випадку базування відбувається по необроблюваним поверхням, це забезпечує рівномірний припуск та правильне просторове положення оброблених поверхонь відносно необроблених. Недоліком даної схеми базування є те що площа трикутника установчої бази є занадто малою, що може стати причиною відносно великої похибки установки. Також недоліком є близькість розташування установчих елементів що суттєво ускладнює конструктивну реалізацію технологічної оснастки.

Висновок: для першої технологічної операції обираємо перший варіант схеми базування.

1.7 Проектування послідовностей обробки деталі

Операція 005 Багатоцільова

Верстат вертикально-фрезерний HAAS VF-1

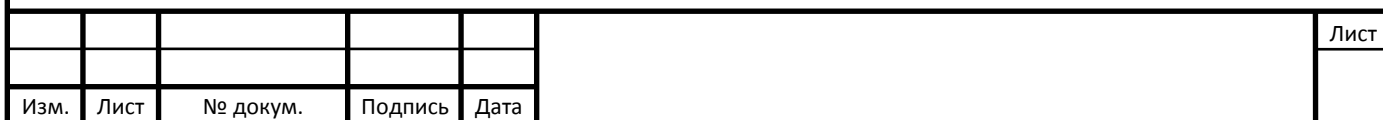


						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 005.01 Фрезерувати площину попередньо, витримуючи розмір 1.
- 005.02 Фрезерувати площину остаточно, витримуючи розмір 1'
- 005.03 Фрезерувати карман, витримуючи розміри 2,3,21,22.
- 005.04 Фрезерувати карман, витримуючи розміри 4,5,19.
- 005.05 Фрезерувати карман, витримуючи розміри 25,27,29,31.
- 005.06 Фрезерувати площину, витримуючи розмір 20.
- 005.07 Центрувати чотири отвори послідовно, витримуючи розміри 6,7,9,10,12,13,15,16.
- 005.08 Свердлити два отвори послідовно, витримуючи розміри 8,11.
- 005.09 Свердлити отвір, витримуючи розмір 14.
- 005.10 Свердлити отвір, витримуючи розмір 17.
- 005.11 Зенкувати два отвори послідовно, витримуючи розміри 23, 24.
- 005.12 Зенкерувати два отвори послідовно, витримуючи розміри 8',11'.
- 005.13 Розвертати два отвори попередньо послідовно, витримуючи розміри 8",11".
- 005.14 Розвертати два отвори остаточно послідовно, витримуючи розміри 8"',11'''.
- 005.15 Центрувати три отвори послідовно, витримуючи розміри 26,28,30,32.
- 005.16 Свердлити три отвори послідовно, витримуючи розмір 33.
- 005.17 Фрезерувати площину, витримуючи розмір 40.
- 005.18 Центрувати два отвори послідовно, витримуючи розміри 34,35,36,37.
- 005.19 Свердлити два отвори послідовно, витримуючи розміри 38,39.
- 005.20 Фрезерувати контур K1 остаточно, відповідно до креслення деталі.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Верстат вертикально-фрезерный HAAS VF-1

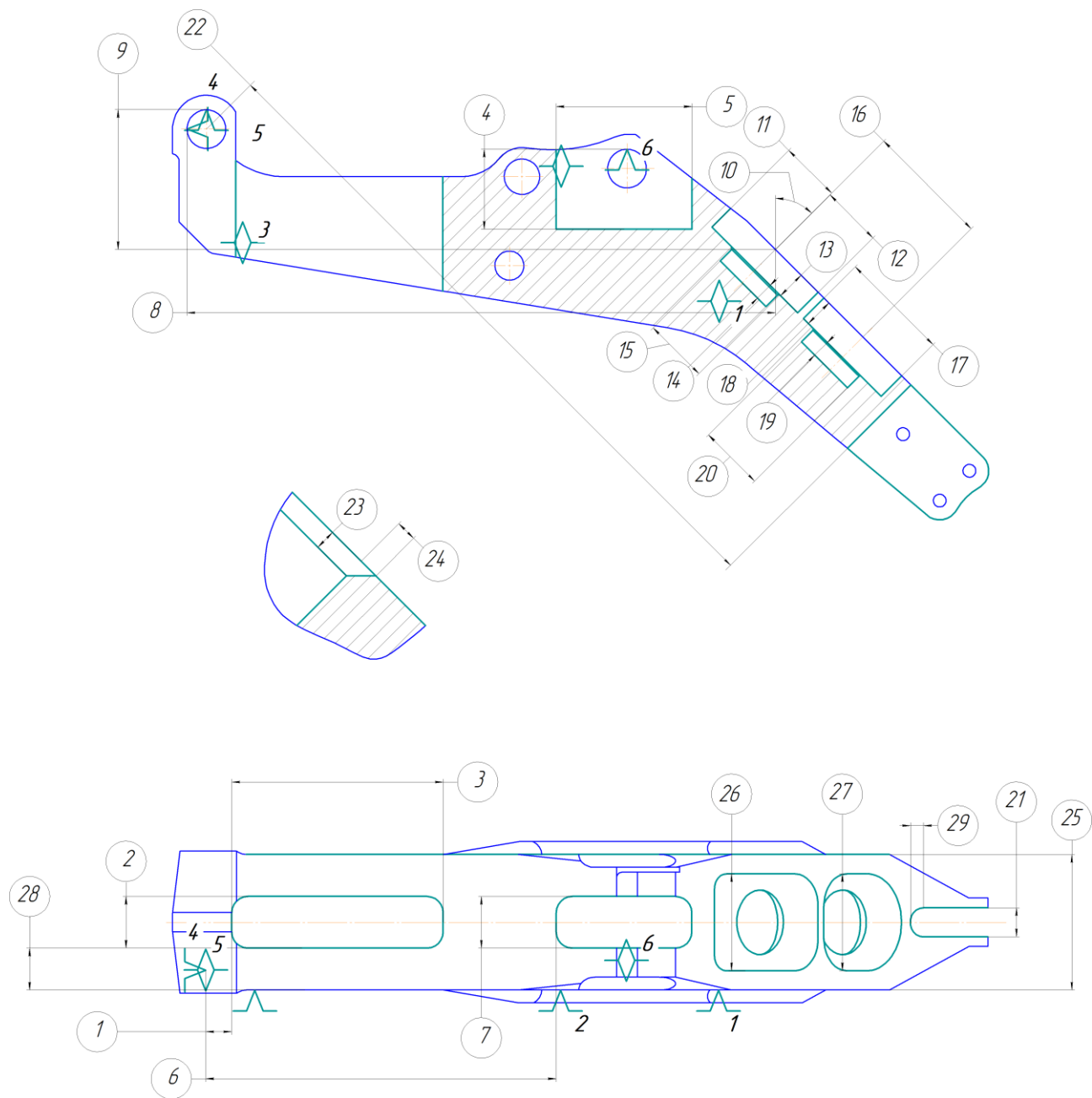


- 010.01 Фрезерувати площину, витримуючи розмір 1,38.
- 010.02 Фрезерувати площину, витримуючи розмір 2.
- 010.03 Фрезерувати площину, витримуючи розміри 3,4,5,6,7.
- 010.04 Фрезерувати площину, витримуючи розміри 11,12,13,14.
- 010.05 Фрезерувати площину, витримуючи розмір 39.
- 010.06 Центрувати п'ять отворів послідовно, витримуючи розміри 3,4,15,16,17,19,20,21,23,24.
- 010.07 Свердлити два отвори послідовно, витримуючи розмір 25,(20,21,22,23,24).
- 010.08 Свердлити два отвори послідовно, витримуючи розмір 18.
- 010.09 Зенкувати отвір, витримуючи розміри 29,30,(42,43).
- 010.10 Зенкерувати отвір, витримуючи розмір 33.
- 010.11 Розвертати попередньо отвір, витримуючи розмір 33'.
- 010.12 Розвертати остаточно отвір, витримуючи розмір 33".
- 010.13 Зенкувати отвір, витримуючи розміри 27,28(40,41).
- 010.14 Зенкерувати отвір, витримуючи розмір 34.
- 010.15 Розвертати отвір попередньо, витримуючи розмір 34'.
- 010.16 Розвертати отвір остаточно, витримуючи розмір 34".
- 010.17 Зенкувати отвір, витримуючи розміри 31,32,35.
- 010.18 Зенкувати три отвори послідовно, витримуючи розміри 6,8,9,36,37
- 010.19 Фрезерувати контур K2 відповідно до креслення.

Операція 015 Багатоцільова

Верстат вертикально-фрезерний HAAS VF-1

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



015.01 Фрезерувати отвір, витримуючи розміри 1,2,3,28.

015.02 Фрезерувати карман, витримуючи розміри 4,5,6,7.

015.03 Фрезерувати карман, витримуючи розміри 8,9,10,11,12,13,14,26.

015.04 Фрезерувати карман, витримуючи розміри 14,15,27.

015.05 Фрезерувати карман, витримуючи розміри 16,17,18.

015.06 Фрезерувати карман, Витримуючи розміри 19,20.

015.07 Фрезерувати заглиблення, витримуючи розміри 21,22,29.

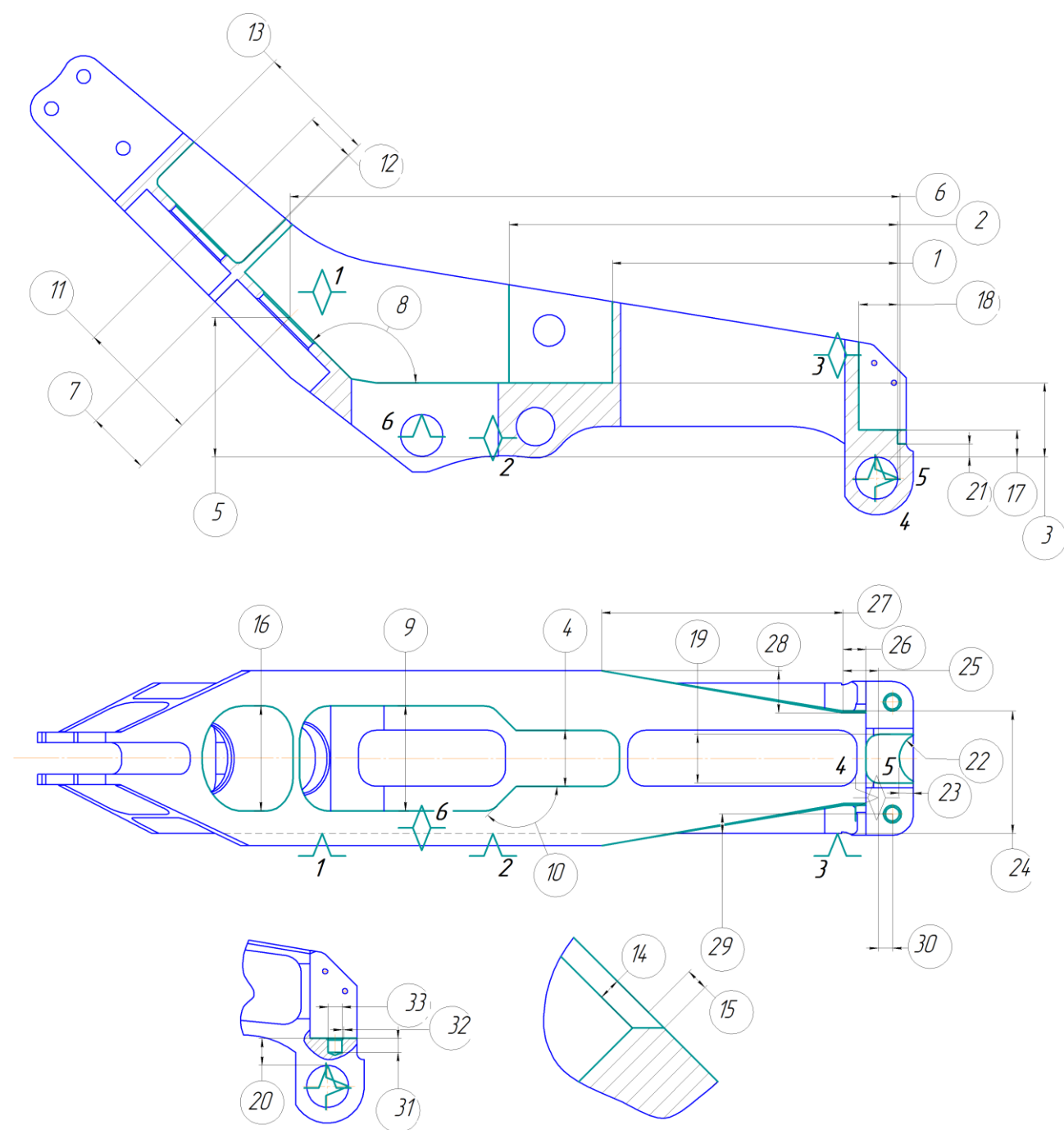
015.08 Фрезерувати дві фаски послідовно, витримуючи розміри 23,24.

015.09 Фрезерувати площину, витримуючи розмір 25.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Операція 020 Багатоцільова

Верстат вертикально-фрезерний HAAS VF-1



020.01 Фрезерувати карман, витримуючи розміри 1,2,3,4.

020.02 Фрезерувати карман, витримуючи розміри 2,3,5,6,7,8,9,10.

020.03 Фрезерувати карман, витримуючи розміри 11,12,13,16.

020.04 Фрезерувати дві фаски послідовно, витримуючи розміри 14,15.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

020.05 Фрезерувати карман, витримуючи розміри 17,18,19.

020.06 Фрезерувати два симметрично розташованих кармани

до вирівнювання поверхні для подальшого сверління отворів, витримуючи розмір 20.

020.07 Фрезерувати карман, витримуючи розміри 21,22,23.

020.08 Фрезерувати симметрично розташовані бокові сторони, витримуючи розміри 24,25,26,27,28.

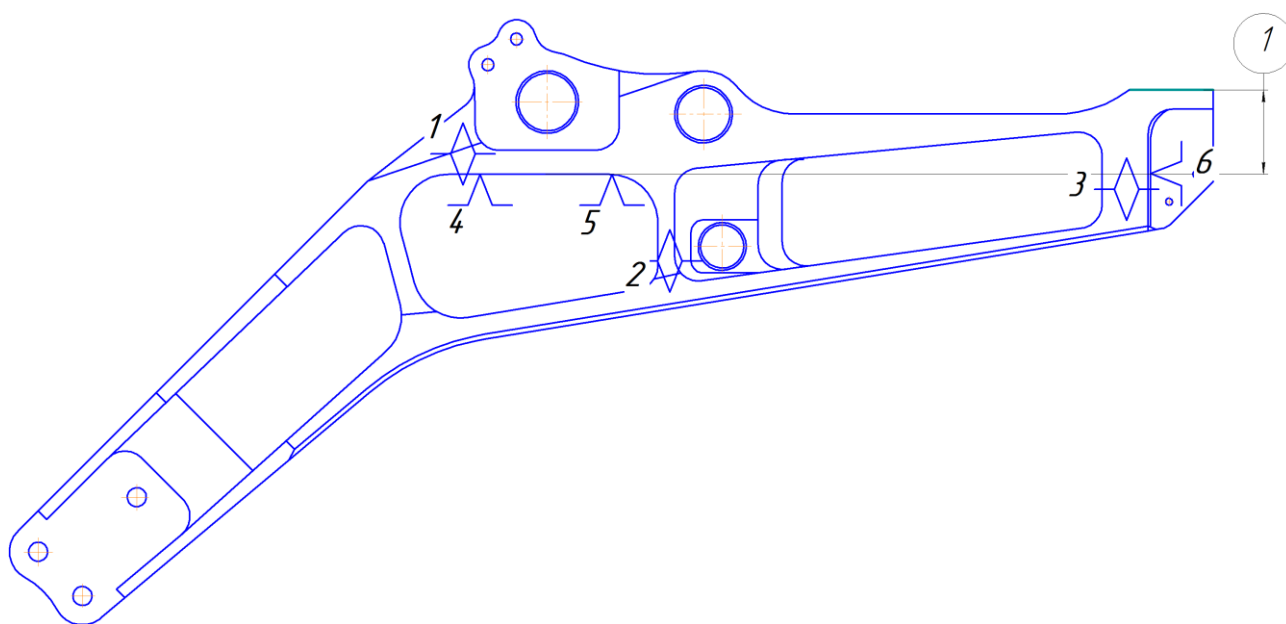
020.09 Центрувати два отвори послідовно, витримуючи розміри 29,30.

020.10 Свердлити два отвори послідовно, витримуючи розміри 31,32(29,30)

020.11 Зенкувати дві фаски послідовно, витримуючи розмір 33(29,30).

Операція 025 Багатоцільова

Верстат вертикально-фрезерний HAAS VF-1



025.01 Фрезерувати площину, витримуючи розмір 1.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.8 Опис верстатного обладнання

ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПО ОСЯМ	S.A.E.	МЕТРИЧЕСКИЙ
Ось X	20 "	508 mm
Ось Y	16 "	406 mm
Ось Z	20 "	508 mm
От Торца Шпинделя До Поверхности Стола (~ макс.)	24 "	610 mm
От Торца Шпинделя До Поверхности Стола (~ мин.)	4 "	102 mm
СТОЛ	S.A.E.	МЕТРИЧЕСКИЙ
Длина	26 "	660 mm
Ширина	14 "	356 mm
Ширина Т-образных пазов	5/8 "	16 mm
Расстояние между центрами Т-образных пазов	4.92 "	125.0 mm
Количество станд. Т-пазов	3	3
Макс. вес на столе (равномерно распределенный)	3000 lb	1361 kg
ШПИНДЕЛЬ	S.A.E.	МЕТРИЧЕСКИЙ
Макс. мощность	30 hp	22.4 kW
Макс. скорость	8100 rpm	8100 rpm
Макс. крутящий момент	90 ft-lb @ 2000 rpm	122 Nm @ 2000 rpm
Система привода	Inline Direct-Drive	Inline Direct-Drive
Макс. крутящий момент с опц. редуктором	250 ft-lb @450 rpm	339 Nm @ 450 rpm
Конус	CT or BT 40	CT or BT 40
Смазывание подшипников	Air/Oil Injection	Air/Oil Injection
Охлаждение	Liquid Cooled	Liquid Cooled

СКОРОСТЬ ПОДАЧИ	S.A.E.	МЕТРИЧЕСКИЙ
Ускоренные перемещения по X	1000 in/min	25.4 m/min
Ускоренные перемещения по Y	1000 in/min	25.4 m/min
Ускоренные перемещения по Z	1000 in/min	25.4 m/min
Макс. резка	650 in/min	16.5 m/min
ДВИГАТЕЛИ ПРИВОДА ДВИЖЕНИЯ ПО ОСЯМ	S.A.E.	МЕТРИЧЕСКИЙ
Макс. нагрузка X	2550 lb	11343 N
Макс. нагрузка Y	2550 lb	11343 N
Макс. нагрузка Z	4200 lb	18683 N
УСТРОЙСТВО СМЕНЫ ИНСТРУМЕНТА	S.A.E.	МЕТРИЧЕСКИЙ
Тип	Carousel (SMTC Optional)	Carousel (SMTC Optional)
Грузоподъемность	20	20
Макс. диаметр инструмента (полный)	3.5 "	89 mm
Макс. вес инструмента	12 lb	5.4 kg
Время смены инструмента (среднее)	4.2 sec	4.2 sec
Время от стружки до стружки (среднее)	4.5 sec	4.5 sec
ОБЩИЕ ДАННЫЕ	S.A.E.	МЕТРИЧЕСКИЙ
Необходимый воздух	4 scfm, 100 psi	113 L/min, 6.9 bar
Вместимость СОЖ	55 gal	208 L

1.9 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки

1.9.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом

Загальним припуском на оброблення називається шар матеріалу, що видаляється з поверхні вихідної заготовки в процесі механічного оброблення з ціллю отримання готової деталі.

Встановлення правильних розмірів припусків на оброблення є відповідальною техніко-економічною задачею. Встановлення надмірно великих припусків призводить до непродуктивності використання матеріалу, до збільшення трудоемкості механічної оброблення, підвищення витрат на різальний інструмент та електричну енергію, збільшення потреб в обладнанні та робочій силі. Встановлення недостатніх припусків не забезпечує зняття дефектних шарів матеріалу та досягнення потрібної точності та шорсткості оброблюємих поверхонь, а також призводить до підвищення вимог до точності вихідних заготовок, що в свою чергу призводить до їх подорожчання.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Величину припуску визначають як різницю між розміром заготовки та розміром деталі згідно за кресленням. Припуск задають на одну сторону. Припуски ділять на загальні, які знімають протягом всього оброблення даної поверхні, та міжопераційні, які знімають при реалізації окремих операцій. Величину міжопераційного припуску визначають як різницю між розмірами деталі після реалізації даної операції та розмірами отриманими на попередній операції.

Розрахунково-аналітичний метод визначення припуску на оброблення, розроблений професором В.М.Кованом, базується на аналізі факторів, що впливають на припуски попереднього та наступного переходів технологічного процесу оброблення поверхонь. Існують два варіанти розрахунку припусків на оброблення: при роботі на налагодженому верстаті та при використанні методу пробних ходів та вимірювань. Значення припуску визначається методом диференційного розрахунку по елементам, що складає припуск. В нашому випадку оброблення проводиться на налагоджених верстатах.

Порядок розрахунку припусків на оброблення та граничних розмірів по технологічним переходам для зовнішніх поверхонь:

1. Користуючись робочим кресленням деталі та картою технологічного процесу механічного оброблення, записати в розрахункову карту поверхні заготовки, що обробляються, та технологічні переходи в порядку їх реалізації при обробленні;
2. Записати значення R_{zi-1} , h_{i-1} , $\Delta_{\Sigma i-1}$, ε_{yi} , T_d ;
3. Визначити розрахункові значення припусків на оброблення по всім технологічним переходам;
4. Записати для останнього переходу в графу "Розрахунковий параметр" найменший граничний розмір деталі за кресленням;
5. Для попереднього переходу визначити розрахунковий розмір як суму найменшого граничного розміру деталі за кресленням та розрахункового припуску $2z_{min}$;
6. Послідовно визначити розрахункові розміри для кожного попереднього переходу додаванням до розрахункового розміру розрахункового припуску $2z_{min}$ наступного за ним переходу;
7. Записати найменші граничні розміри по всім технологічним переходам;
8. Розрахувати найбільші граничні розміри додаванням допуску до найменшого граничного розміру;
9. Записати граничні значення припусків $2z_{max}$ як різницю найбільших граничних розмірів та $2z_{min}$ як різницю найменших граничних розмірів;
10. Розрахувати сумарні максимальний та мінімальний припуски на оброблення;
11. Перевірити правильність виконаних розрахунків за формулами:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$2z_i^{\max} - 2z_i^{\min} = Td_{i-1} - Td_i,$$

$$2z_{заг}^{\max} - 2z_{заг}^{\min} = Td_{вих.заг} - Td_{дет}$$

12. Визначити загальний номінальний припуск на оброблення за формулою:

$$2z_{заг}^{ном} = 2z_{заг}^{\min} + ei_{dзаг} - Td_{дет}$$

1.10 Розрахунок припусків розрахунково-аналітичним методом для отвору $\phi 24H7$

Обробку здійснюють на багатоцільовому верстаті за одну установку. В результаті обробки необхідно забезпечити точність $\phi 24_0^{+0,021}$ ($IT_\phi = 0,021$) та шорсткість $Ra = 1,6$ мкм.

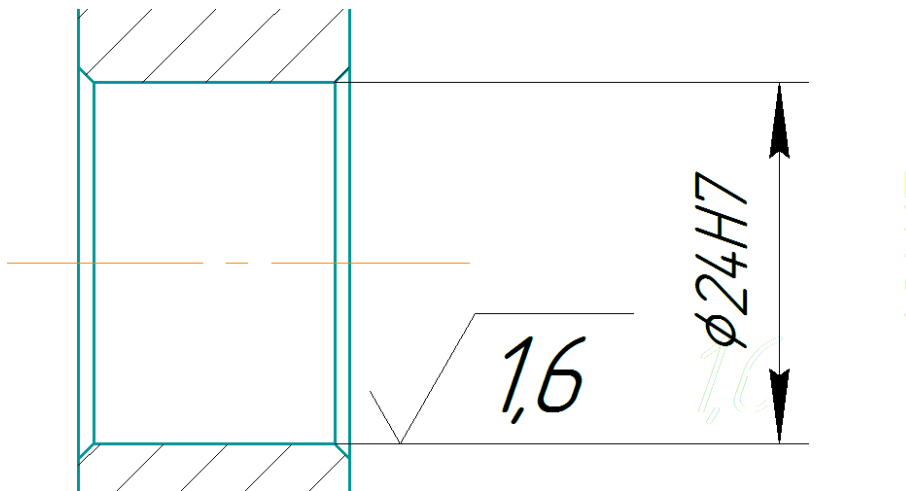


Рисунок 1.9 Ескіз оброблюваного отвору

Типова послідовність обробки заданого отвору

- свердління
- зенкерування
- попереднє розвертання
- остаточне розвертання

Розрахунок мінімальних припусків відбувається за наступною формулою:

$$2z_{min} = 2(R_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.1)$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Де

Z_{min} -мінімальний припуск.

Rz_{i-1} -параметр шорсткості на попередньому етапі оброблення.

h_{i-1} -глибина дефектного шару.

ρ_{i-1} -сумарне відхилення положення поверхні.

ε_i -похибка установки заготовки.

При цьому значення Rz та h беруть з табл. 2.13, а похибку геометричної форми отвору знаходять як половину допуску на діаметральний розмір відповідного технологічного переходу. Так як даний отвір є ЗТБ, то його обробка здійснюється за одну установку, звідси робимо висновок, що для зенкерування та розвертання похибка установки дорівнюватиме нулю.

Похибка установки в даному випадку проявляється у вигляді зміщення центру оброблюваного отвору заготовки. Як відомо, похибка установки складається з похибки базування, похибки закріплення та похибки виготовлення пристрою.

Визначення похибки установки

Так як обробка здійснюватиметься за 1 установку необхідно визначити похибку установки лише для першого переходу.

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{зак}^2 + \varepsilon_{пр}^2} \quad (1.2)$$

ε_{δ} -похибка базування

$\varepsilon_{зак}$ -похибка закріплення

$\varepsilon_{пр}$ -похибка пристрою

Визначення похибки базування:

Похибка базування залежить від обраної схеми базування, точності розмірів установочних елементів, відносного розташування базових поверхонь заготовки. Координати отвору задаються двома розмірами $30^{+0,52}$ мм та $250^{+1,15}$ мм.

Похибка базування складає

$$\varepsilon_{\delta} = \sqrt{0,52^2 + 1,15^2} = 1,262 \text{ (мм)}$$

Похибку закріплення визначаємо з таблиці 12.

Для заготовок з поперечним розміром 360..500 мм та отриманих методом гарячого штампування похибка закріплення складає 300 мкм.

Похибка пристрою

З таблиці 2.30: для деталей з максимальним розміром 180 мм по нормалі до оброблюваної поверхні та отриманої методом гарячого штампування, а також

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

такої, що встановлюється на постійні опори похибка пристрою складає 200 мкм.

Похибка установки дорівнює $\varepsilon_{\sigma} = \sqrt{1,592 + 0,09 + 0,04} = 1,34$ (мм)

Сумарне просторове відхилення положення поверхні

За таблицею 6:

Для штампованої заготовки типу важіль

$$\rho = \sqrt{\rho_{zc}^2 + \rho_{жс}^2} \quad (1.3)$$

$$\rho_{жс} = \Delta_{\kappa} l \quad (1.4)$$

Де

ρ_{zc} -похибка зсуву (0,7 мм)

$\rho_{жс}$ -похибка жолоблення заготовки

Δ_{κ} -питома кривизна заготовки (1 мкм)

l -довжина (24мм)

Звідси $\rho = \sqrt{\rho_{zc}^2 + (\Delta_{\kappa} l)^2} = \sqrt{0,49 + 0,000576} = 0,7$ (мм)

Визначення мінімальних припусків

$$2z_{1\min} = 2(0,15 + 0,25 + \sqrt{0,49 + 1,796}) = 3,822 \text{ (мм)}$$

$$2z_{2\min} = 2(0,04 + 0,06 + \sqrt{0,09 + 0}) = 0,8 \text{ (мм)}$$

$$2z_{3\min} = 2(0,05 + 0,05 + \sqrt{0,011 + 0}) = 0,41 \text{ (мм)}$$

$$2z_{4\min} = 2(0,01 + 0,025 + \sqrt{0,01 + 0}) = 0,09 \text{ (мм)}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 1.5 Результати розрахунку припусків аналітичним методом

Технологічний перехід	Елементи припуску				Допуск, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припуску, мм	
	Rz, мкм	H, мкм	ρ, мкм	ε, мкм		max	min	max	min
Заготовка	150	250	700	-	1720				
Свердління	40	60	300	1340	330	18,878	17,2	5,212	3,822
Зенкерування	50	50	105	0	210	22,7	22,412	0,92	0,8
Попереднє розвертання	10	25	10	0	84	23,5	23,332	0,536	0,41
Остаточне розвертання	5	10	-	0	21	23,91	23,868	0,153	0,09
Загалом						24,021	24		

1.9.2.2 Розрахунок припусків на поверхню 84Н12

Алгоритм розрахунку припусків прийняті до умови методом автоматичного забезпечення розмірів

Увідповідності до технологічного процесу послідовність оброблення поверхні 220Н8 включає наступні технологічні переходи:

- фрезерування попереднє IT12, Ra6,3;
- фрезерування завершальне IT8, Ra2,5.

Величину розрахункового мінімального припуску на операцію (перехід) визначаємо за наступною формулою:

$$2z_{\min} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right]$$

де R_{zi-1} - висота мікронерівностей, які залишаються після попередньої операції або переходу, мкм;

ρ_{i-1} - глибина дефектного шару, які залишаються після попередньої операції або переходу, мкм;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарне значення відхилень просторового розташування, які

залишаються після попередньої операції або переходу, мкм;

ε_{yi} - похибка установки заготовки в пристрої на даній операції, мкм;

Висоту мікронерівностей R_{zi-1} та глибину дефектного шару h_{i-1} вибираємо за таблицями [1, стор.182].

Сумарне значення просторових відхилень для оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь визначаємо за формулою:

$$\Delta_i = K_y \bullet \Delta_{i-1}$$

де K_y – коефіцієнт уточнення [1, стор.190].

Δ – відхилення просторового розташування.

Для заготовки Δ знаходимо за таблицями [1, стор.183].

$\Delta = 1000$ мкм.

Для попереднього фрезерування

$$\Delta = 0,06 \cdot 787,7 = 47,26 \text{ мкм.}$$

Висота мікронерівностей та глибина дефектного шару

$$R_z + h = 200 \text{ мкм.}$$

Похибка установки в пристрої – оскільки деталь закріплена в призмах по необробленій поверхні з пневматичним затиском, то похибка установки:

$$\varepsilon_i = 40 \text{ мкм} \quad [1, \text{стор.41}]$$

Фрезерування завершальне

Висота мікронерівностей $R_z = 25$ мкм.

Глибина дефектного шару $h = 25$ мкм.

Похибка установки в пристрої $\varepsilon_i = 40$ мкм

Визначаємо значення мінімальних припусків

$$2Z_{1\min} = 2 \left(200 + \sqrt{120,4^2 + 40^2} \right) = 635 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2\min} = 2 \left(25 + 25 + \sqrt{47,26^2 + 40^2} \right) = 200 \text{ мкм}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.9 і подальші розрахунки виконуємо в таблиці.

Максимальний розрахунковий розмір (максимальний розмір деталі):

$$d_{\max} = d_{\min} + Td = 370 + 0,57 = 370,57 \text{ мм;}$$

Максимальний розмір на попередньому переході:

$$d_{\max i-1} = d_{\max i} - 2Z_{\min i}$$

Найбільші граничні значення по всіх технологічних переходах округлюють зменшенням їх до того ж знаку дробу, з яким даний допуск на розмір для кожного переходу.

Знаходимо фактичні значення припусків:

$$2Z_{\max} = d_{\min i} - d_{\min i-1}$$

$$2Z_{\min} = d_{\max i} - d_{\max i-1}$$

Визначаємо загальні припуски на оброблення:

$$2Z_{\min}^{заг} = 640 + 200 = 840 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max}^{заг} = 1820 + 1440 = 3060 \text{ мкм}$$

Перевірка правильності розрахунку: $3060 - 840 = 2800 - 580$,

$$2220 = 1450 \text{ мкм.}$$

Висновок. Розрахунок проведено правильно.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		Лист

Таблиця 1.6 Карта розрахунку припусків на оброблення та граничних розмірів по технологічним переходам

Методи обробки поверхні Ø475h9	ІТ	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск	Розрахунковий розмір, мм	Допуск на виготовлення,	Розміри по переходам		Граничні припуски	
		R _z	h	Δ	ε							
									d _{min} , мм	d _{max} , мм	2z _{min} , мкм	2z _{max} , мкм
Виливок	-	700		790	-	-	220,84	1600	223,84	223,9	-	-
Фрезерування попереднє	12	50	50	0	40	635	220,2	620	220,2	222,83	640	1820
Фрезерування завершальне	9	5	5	-	40	200	220	155	220	220,57	200	1440
										Σ	840	3060

1.11 Розрахунок режимів різання розрахунково-аналітичним методом

1.11.1 Вихідні данні

Таблиця 1.6- Вихідні данні

Діаметр отвору, мм	Довжина отвору, мм	Оброблюваний матеріал	Шорсткість поверхні, мкм	Характеристика отвору
24H7	88	Алюміній Д16Т	Ra=1,6	Наскрізний

1.11.2 Інструмент

Свердло спіральне (2φ=140°), матеріал Р6М5

1.11.3 Розрахунок складових режиму різання для свердління

1.11.3.1 Визначення подачі

1.11.3.1.1 Визначення подачі, яка допускається міцністю стержня свердла

$$[S]_{\text{мс}} = \left[\frac{2 \cdot \sigma_{\text{бз}} \cdot D^{3-z_{\text{м}}}}{10^6 \cdot \sqrt{3} \cdot n_3 \cdot C_{\text{м}} \cdot K_{\text{м}}} \right]^{\frac{1}{y_{\text{м}}}} \quad (1.1)$$

σв—границя міцності на розрив матеріалу стержню свердла(1372 МПа)

nз— коефіцієнт запасу міцності (n=2)

См, Км, Zм, Yм – коефіцієнти та показники степеня у формулі, чисельні значення яких наводяться в багато чисельних довідникових даних

$$K = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_1} = \left(\frac{400}{750}\right)^{0,7} = 0,644 \quad (1.2)$$

$$[S]_{mc} = \left(\frac{2 * 1372 * 18,8^{3-2}}{10^6 * \sqrt{3} * 2 * 0,005 * 0,644} \right)^{\frac{1}{0,8}} = 4,78 \left(\frac{MM}{об} \right)$$

1.11.3.1.2. Подача, яка допускається міцністю різальних кромок [S]PK

$$[S]_{pk} = C_s * D^{0,6} \quad (1.3)$$

де, CS-коефіцієнт пропорційності, який враховує механічні характеристики оброблюваного матеріалу(для кольорових сплавів CS =1,25)

$$[S]_{pk} = 1,25 * 18,8^{0,6} = 7,267 (MM/об)$$

1.11.3.1.3. Подача, яка допускається точністю оброблення [S]_{mo}

Користуючись довідковою літературою та вихідними даними, а саме: перша група подач(деталь жорстка, квалітет отвору-12),границя міцності нижче 800 МПа, діаметр отвору-18,8 мм, звідси рекомендована подача 0,64 мм/об

$$[S]_{mo} = 1,2 \text{ мм/об}$$

1.11.3.1.4. Визначення подачі за міцністю механізму подач [S]МП

$$[S]_{MP} = \left[\frac{[P_o]_{MP}}{10 C_p * D^{2p} * H^{xp} * K_p} \right]^{\frac{1}{y_p}} \quad (1.4)$$

Де:

[P_o]_{МП}— найбільша осьова сила, яка допускається механізмом подач верстату(вказана у паспорті верстату)

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_p = \left(\frac{HB}{150} \right)^{0,6} = \left(\frac{100}{150} \right)^{0,6} = 0,78$$

$$[S]_{МП} = \left[\frac{87000}{10 * 9,8 * 9,4^1 * 88^1 * 0,78} \right]^{\frac{1}{0,7}} = 1,6 \left(\frac{мм}{об} \right)$$

З отриманих значень подат маємо обрати найменше

Надалі $S=1,2$ мм/об

1.11.4.1. Визначення швидкості різання

1.11.4.1.1 Визначення швидкості різання за різальними властивостями інструментального матеріалу інструменту $[V]_i$

$$[V]_i = \frac{C_v \cdot D^{z_v} \cdot K_v}{60 \cdot T^m \cdot S^{y_v}} \quad (1.5)$$

Поправочний коефіцієнт K_v враховує відмінність конкретних умов процесу різання від табличних і визначається за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} \cdot K_{cv} \cdot K_{ov} \quad (1.6)$$

Де, K_{mv} — враховує вплив механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання, ($K_{mv}=0,8$)

K_{iv} —враховує вплив механічних властивостей інструментального матеріалу на швидкість різання ($K_{iv}=1,0$)

K_{lv} —враховує вплив довжини отвору, що оброблюється на швидкість $K_{lv}=1,0$;

K_{cv} —враховує вплив стану сталі на швидкість різання, ($K_{cv}=1,0$)

K_{ov} — враховує вплив наявності охолодження на швидкість різання, ($K_{ov}=0,8$)

$$K_v = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,64$$

$$[V]_i = \frac{23 * 18,8 * 0,64}{60 * 2,78 * 1,056} = 1,571 (м/с)$$

1.11.4.1.2 Визначення швидкості різання за потужністю двигуна головного приводу верстату

$$[V]_e = \frac{N_d \cdot \eta}{20 C_M \cdot D_M^{z_M} \cdot S_M^{y_M} \cdot K_M} \quad (1.7)$$

						ЛистЛ
Изм.И	ЛистЛ	№ докум.№	Подпись	ДатаД		

де N_d -потужність двигуна головного приводу верстату. За паспортними даними для верстату HAAS VF-1 $N_d=22,4\text{кВт}$. η -коефіцієнт корисної дії коробки швидкостей верстату при її наявності, найчастіше цей коефіцієнт знаходиться в діапазоні $\eta=0,8\dots0,9$.

$$[V]_e = \frac{22,4 * 0,9}{20 * 0,005 * 18,8^{2-1} * 1,2^{0,8} * 0,644} = 14,4(\text{м/с})$$

З отриманих варіантів величини швидкості різання обираємо найменший, тобто надалі $V=1,571(\text{м/с})$

1.11.4.1.3 Визначення розрахункової частоти обертання шпинделя верстата

Отримана у попередніх розрахунках величина швидкості різання в реальних умовах встановлюється та регулюється шляхом зміни частоти обертання головного шпинделя металорізального верстату. . У відповідності до прийнятої величини швидкості різання, визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя:

$$[n] = \frac{60 \cdot 1000 \cdot [V]_{\min}}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 1,571}{3,14 \cdot 18,8} = 867 \text{ (об/хв)}$$

У подальших розрахунках приймаємо частоту обертання шпинделя металорізального верстату рівною $n=867 \text{ (об/хв)}$.

Ураховуючи те, що оброблення буде здійснюватися на станках з числовим програмним управлінням, не є необхідним розраховувати режими різання відштовхуючись від частоти обертання шпинделя, як це було б у випадку верстата з дискретними значеннями частоти обертання.

1.11.2.1 Визначення основного часу свердління

Для визначення продуктивності процесу свердління, визначаємо основний час оброблення:

$$T_o = \frac{l_{xi}}{n \cdot S} \quad (1.8)$$

l_{xi} — довжина ходу інструменту

n -частота обертання шпинделя

S -подача

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_o = \frac{88+15+10}{867 \cdot 1,2} = 0,51 \text{ (хв)}$$

Висновок. У результаті виконання розрахунків визначено раціональні режими різання для свердління отвору $\varnothing 18,8\text{мм}$, довжиною свердління $l=88\text{мм}$ в албмінію Д16Т свердлом з швидкорізальної сталі Р9К5, а саме $h=9,4\text{мм}$; $S_o=1,2\text{мм/об}$; $V=1,571\text{м/хв}$. Основний час оброблення $T_o=0,51\text{хв}$.

1.12 Визначення режимів різання аналоговим методом

Для операції 005

005.01	Фреза $\varnothing 60\text{мм}$	1,2	1,2	200	1061	0,5
005.02	Фреза $\varnothing 60\text{ мм}$	0.2	1	250	1326	0,6
005.03	Фреза $\varnothing 10\text{мм}$	2	0,4	200	6364	0,5
005.04	Фреза $\varnothing 10\text{мм}$	2	0,4	200	6364	0,55
005.05	Фреза $\varnothing 10\text{мм}$	2	0,4	200	6364	0,4
005.06	Фреза $\varnothing 10\text{мм}$	2	0,4	200	6364	0,95
005.07	Свердло центров	2	0,35	120	3819	0,02
005.08	Свердло $\varnothing 18,8\text{мм}$	9,4	0,3	120	2031	0,2
005.09	Свердло $\varnothing 16,7\text{мм}$	8,35	0,3	120	2287	0,2
005.10	Свердло $\varnothing 19,1\text{мм}$	9,55	0,35	120	1999	0,19
005.11	Зенківка 45°	1	0,6	120	1591	0,02
005.12	Зенкер $\varnothing 22,7\text{мм}$	2,45	0,25	130	1822	0,3
005.13	Розвертка $\varnothing 23,5\text{мм}$	0,4	0,22	130	1760	0,32
005.14	Розвертка $\varnothing 24\text{мм}$	0,25	0,2	140	1856	0,35
005.15	Свердло центров	2	0,35	120	3819	0,02
005.16	Свердло $\varnothing 8\text{мм}$	4	0,2	120	4773	0,02
005.17	Фреза $\varnothing 10\text{мм}$	2	0,4	200	6364	0,7
005.18	Свердло центров	2	0,35	120	3819	0,02
005.19	Свердло $\varnothing 4\text{мм}$	2,0	0,17	100	7955	0,2
005.20	Фреза $\varnothing 50\text{мм}$	5,0	0,8	120	1273	1,2
	Інструмент	$h, \text{мм}$	$S, \text{мм/об}$	$V \text{ м/хв}$	$n, \text{об.хв}$	$T, \text{хв}$

Для операції 010

010.01	Фреза $\phi 50\text{мм}$	0,5	0,6	200	1273	0,02
010.02	Фреза $\phi 10\text{мм}$	2	0,4	200	6364	0,7
010.03	Фреза $\phi 10\text{мм}$	4	0,4	200	6364	0,8
010.04	Фреза $\phi 10\text{мм}$	2	0,4	200	6364	0,66
010.05	Фреза $\phi 10\text{мм}$	0,5	0,5	200	6364	0,3
010.06	Свердло центров	2	0,35	120	3819	0,02
010.07	Свердло $\phi 3\text{мм}$	1,5	0,1	75	7955	0,5
010.08	Зенківка 45°	1	0,35	120	1591	0,2
010.09	Зенкер $\phi 21,1\text{мм}$	1	0,4	130	1961	0,3
010.10	Розвертка $\phi 21,7\text{мм}$	0,3	0,35	135	1980	0,4
010.11	Розвертка $\phi 22\text{мм}$	0,15	0,3	145	2097	0,45
010.12	Зенківка 45°	2	0,2	120	1591	0,2
010.13	Зенкер $\phi 22\text{мм}$	1,5	0,4	130	1880	0,48
010.14	Розвертка $\phi 22,7\text{мм}$	0,35	0,35	135	1892	0,55
010.15	Розвертка $\phi 23\text{мм}$	0,15	0,3	145	2006	0,6
010.16	Зенківка 45°	2	0,59	120	1591	0,1
010.17	Зенківка 45°	2	0,17	75	5445	0,1
010.18	Фреза $\phi 50\text{мм}$	6,3	0,17	200	1273	1,5
	Інструмент	$h, \text{мм}$	$S, \text{мм/об}$	$V \text{ м/хв}$	$n, \text{об.хв}$	$T, \text{хв}$

1.13 Нормування механічних операцій оброблення.

Визначимо норму часу, що приходить на операцію 005 «Багатоцільова» при обробленні деталі «Траверса».

Норма часу штучного визначається за наступною формулою:

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

$T_{он}$ – оперативний час оброблення

$$T_{он} = T_o + T_{дон}$$

T_o – основний час оброблення, хв.;

$T_{дон}$ – допоміжний час роботи, хв.,

$$T_{дон} = 0,14 \text{ хв}$$

Основний час оброблення для всієї операції: $T_o = 3 \text{ хв}$;

Отже, оперативний час складає:

$$T_{он} = 0,14 + 3 = 3,14 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$T_{обс} = T_{ex} + T_{орг}$$

T_{ex} – час на технічне обслуговування робочого місця, хв.,

$T_{орг}$ – час на організаційне обслуговування робочого місця, хв.,

$$T_{обс} = 2 + 0,02 = 2,02 \text{ хв.}$$

$$\text{де } T_{ex} = 2 \text{ хв.}, T_{орг} = 1,4\% \text{ від } T_{он}$$

Час планових перерв $T_{пп}$ визначається як 8 % від T_o , тобто він становить 0,12 хв.

$$T_{шт} = 1,73 + 2,02 + 0,12 = 3,87$$

Для решти операцій норми часу розраховується за тим же самим принципом. Результати нормування зведемо в таблиці 2.8

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 1.8 – Зведена таблиця технічної норми часу для технологічного процесу виготовлення деталі «Траверса».

№ операції	T_o	$T_{дон}$	$T_{он}$	$T_{обс}$		$T_{пп}$	$T_{шт}$
				$T_{тех}$	$T_{орг}$		
005	1,59	0,14	1,73	2	0,02	0,12	9,6
010	6,12	0,14	6,26	2	0,08	0,48	8,82
015	0,8	0,14	0,94	2	0,01	0,06	5,5

1.14 Економічний розділ

1.14.1 Розрахунок собівартості виробу

Собівартість продукції – це виражені в грошовій формі сукупні витрати на підготовку і випуск продукції (робіт, послуг). Собівартість характеризує ефективність усього процесу виробництва на підприємстві, оскільки в ній відображаються рівень організації виробничого процесу, технічний рівень, продуктивність праці та ін. Чим краще працює підприємство, ефективніше використовує виробничі ресурси, тим нижча собівартість продукції (робіт, послуг).

При обчисленні собівартості важливе значення має склад витрат, які до неї входять. Собівартість повинна включати до свого складу витрати необхідної праці, тобто витрати, що забезпечують процес відтворення всіх факторів виробництва (предметів і засобів праці, робочої сили і природних ресурсів), і не включати витрат додаткової праці, що відшкодовуються за рахунок прибутку.

Згідно з зазначеним до собівартості продукції (робіт, послуг) входять витрати на підготовку, освоєння та обслуговування виробництва, охорону праці й безпеку праці, оплату праці та підготовку кадрів, інші витрати.

Відображаючи рівень витрат на виробництво, собівартість комплексно характеризує ступінь використання усіх ресурсів підприємства а, значить і рівень техніки, технології та організації виробництва. Чим краще працює підприємство, інтенсивніше використовує виробничі ресурси, успішніше удосконалює техніку, технологію і організацію

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

виробництва, тим нижча собівартість продукції. Тому собівартість одним з важливих показників ефективності виробництва.

Собівартість продукції має тісний зв'язок з її ціною. Це проявляється в тому, що собівартість слугує базою ціни товару і її нижньою межею для виробника.

1.14.2 Розрахунок витрат на сировину та матеріали

Витрати на сировину та матеріали складаються з витрат на основні, допоміжні матеріали, комплектуючі вироби:

$$B_M = C_{\text{заг}} + C_{\text{доп}} + C_{\text{ком}}$$

де B_M – витрати на сировину та матеріали, грн.; $C_{\text{заг}}$ – загальна вартість матеріалу вихідної заготовки, грн.; $C_{\text{доп}}$ – вартість допоміжних матеріалів, грн.; $C_{\text{ком}}$ – вартість комплектуючих виробів, грн..

$$C_{\text{заг}} = C_M \cdot Q_M \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_M \cdot K_B - C_{\text{відх}} \cdot Q_{\text{відх}}$$

де $C_M=2550$ грн./кг – вартість матеріалу; $Q_M=8,9$ кг – маса заготовки; K_T, K_C, K_M, K_B – коефіцієнти величина яких залежить відповідно від класу точності, групи складності, маси, обсягів виробництва заготовок даного виду ($K_T = 0,95, K_C = 0,9, K_M = 0,95, K_B = 0,98$); $Q_{\text{відх}}=2,1$ кг. – маса відходів; $C_{\text{відх}}=30$ грн./кг – вартість матеріалу відходів.

$$C_{\text{заг}} = 1300 \cdot 2,9 \cdot 0,95 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,98 - 30 \cdot 2,1 = 2937,94 \text{ грн}$$

Оскільки вартість допоміжних матеріалів та комплектуючих виробів, порівняно з загальною вартістю незначна, то цими складовими можна знехтувати.

Отже витрати на сировину та матеріали $B_M = 4363 \text{ грн.}$

1.14.3 Розрахунок витрат палива та енергії

Витрата палива та енергії на технологічні цілі розраховується за наступною формулою:

$$B_{\text{ен}} = C_{\text{ел.ен}} + C_{\text{інші}}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

де $B_{ен}$ – витрати на паливо та енергію для технологічних цілей, грн.; $C_{ел.ен}$ – витрати електричної енергії, грн.; $C_{інші}$ – витрати інших видів енергії, грн..

Витрати електричної енергії слід виконувати з використанням такої формули:

$$C_{ел.ен} = N_{вст} \cdot T_{шк} \cdot C_{ен} \cdot K_B \cdot K_M$$

де $N_{вст} = 11,2 \text{ кВт}$ – встановлена потужність; $C_{ен} = 0,28 \text{ грн/кВт}$ – вартість 1 кВт·год електричної енергії; $K_B = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує ступінь використання устаткування протягом робочої зміни; $K_M = 0,9$ – коефіцієнт, який враховує ступінь використання устаткування по потужності.

$$C_{ел.ен} = \frac{11,2 \cdot 59 \cdot 1,14 \cdot 0,8 \cdot 0,9}{60} = 9,20 \text{ грн.}$$

Витрати на інші види енергії ($C_{інші}$), які використовуються у процесі виготовлення виробів згідно запроектованого технологічного процесу, здійснюються в залежності від того, який вид енергії використовується і в яких кількостях має місце його використання

Отже витрати на паливо та енергію становлять: $B_{ен} = 1,01 \text{ грн.}$

1.14.4 Розрахунок бюджету робочого часу

Бюджет робочого часу потрібний для розрахунку вартості використання обладнання за одиницю часу. Цей розрахунок провадиться для нормальних умов виробництва, виходячи із восьмигодинного робочого дня й однієї зміни роботи підприємства, незалежно від фактично встановленого режиму робіт підприємства.

Номінальний фонд робочого часу визначається по формулі:

$$F_n = (T_k - T_v - T_{св}) \cdot t_{зм}$$

$$F_n = (365 - 104 - 10) \cdot 8 = 2008 \text{ (год)}$$

T_k – кількість календарних днів у році;

T_v – кількість вихідних днів у році;

$T_{св}$ – кількість святкових днів у році;

$t_{зм}$ – тривалість однієї зміни.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для визначення річного фонду робочого часу для робітників, з номінального фонду віднімаються цілоденні неявки й втрати робочого часу всередині зміни (регламентовані перерви). Такий фонд називається ефективним фондом робочого часу:

$$F_{ef} = F_n - (T_{від} + T_{хв} + T_{нев} + T_{др} + T_{ін}) \cdot t_{зм} - (T_{вт} + T_n + T_c)$$

$$F_{ef} = 2008 - (21 + 4 + 1 + 1 + 1) \cdot 8 - (56 + 44 + 8) = 1676 \text{ (год)}$$

$T_{від}$ – тривалість чергових та додаткових відпусток;

$T_{хв}$ – невиходи на роботу через хворобу та пологи;

$T_{нев}$ – навчальні відпустки;

$T_{др}$ – час на виконання державних та громадських обов'язків;

$T_{ін}$ – інші неявки, дозволені законом;

$T_{вт}$ – втрати робочого часу у зв'язку із скороченням тривалості робочого дня матерям, які годують;

T_n – втрати робочого часу у зв'язку із скороченням тривалості робочого дня підліткам;

T_c – втрати робочого часу у зв'язку із скороченим робочим днем у передсвяткові дні.

Річний ефективний фонд часу для обладнання визначається за формулою:

$$F_{ef.об.} = F_n - T_{нпр}$$

$$F_{ef.об.} = 2008 - 60 = 1948 \text{ (год)}$$

$T_{нпр}$ – час на проведення планово-попереджувальних робіт, профілактичного огляду, наладки і ін. (2...5% від F_n).

1.14.5 Вартість оброблення

Розрахуємо вартість виготовлення деталі (010 операція).

$$q_v = \frac{P_{v1} \cdot \frac{T_{ум1}}{T_{ум2}} + P_{v2}}{60 \cdot F_{ef.об.}} \quad (5.4)$$

$$q_v = \frac{1\,679\,031,75}{60 \cdot 1948} = 14,91 \text{ (грн/хв)}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

q_V – вартість використання верстатів HAAS VF-1 у повній комплектації за 1 хв;

$$P_{V1} = 1\,679\,031,75 \text{ грн},$$

$$q_{роб.} = \frac{P_{роб.}}{60 \cdot F_{эф}}$$

$$q_{роб.} = \frac{42000}{60 \cdot 1676} = 0,418 \text{ (грн/хв)}$$

$q_{роб.}$ – заробітна плата робітника за 1 хв;

$P_{роб.}$ – заробітна плата робітника за 1 рік: $P_{роб.} = 42000 \text{ грн}$.

Вартість використання верстату на 1 деталь:

$$Q = (T_{шт} + 2 \cdot t_{уст}) \cdot (q_F + q_{роб.})$$

$$Q = (59 + 2 \cdot 0,5) \cdot (6,92 + 0,418) = 440,3 \text{ (грн/шт)}$$

1.14.6 Розрахунок вартості інструментів

*Визначення кількості інструментів на партію деталей та вартість:
Операція 005*

Фреза торцева ø60

Приймаємо $T=180$ хв

$$N = \frac{T}{t} = \frac{180}{1,435} = 125,4 \text{ (кількість деталей 1 інструментом)}$$

$$A = \frac{10000}{N} = \frac{10000}{125,4} = 79,7$$

Приймаємо $A=1+79$ (інструмент+кількість комплектів пластин)

Вартість на партію:

$$V = V_i + A \cdot \frac{V_p}{n} = 8000 + 79 \cdot \frac{640}{2} = 33280$$

де V_i - вартість одного інструменту, V_p - вартість комплектів пластин, n - переналагоджуваність комплекту.

Фреза торцева ø60 чистовий комплект:

Приймаємо $T=180$ хв

$$N = \frac{T}{t} = \frac{180}{1,794} = 100,3 \text{ (кількість деталей 1 інструментом)}$$

$$A = \frac{10000}{N} = \frac{10000}{100,3} = 99,7$$

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Приймаємо $A=1+99$ (інструмент+кількість комплектів пластин)

Вартість на партію:

$$V=V_i+A \cdot \frac{V_p}{n} = 8000 + 99 \cdot \frac{640}{2} = 39680$$

Свердло $\phi 18,8$

Приймаємо $T=60$ хв, $N = \frac{T}{t} = \frac{60}{0,03} = 2000$, $\square = \frac{20000}{\square} = \frac{20000}{2000} = 10$

Вартість на партію: $V=V_i \cdot A = 20 \cdot 10 = 200$

Свердло $\phi 16,7$

Приймаємо $T=60$ хв, $\square = \frac{\square}{\square} = \frac{60}{0,011} = 5454,5$, $\square = \frac{20000}{\square} = \frac{20000}{5454,5} = 3,7$

Вартість на партію: $V=V_i \cdot A = 240 \cdot 4 = 960$

Зенкер $\phi 21,5$

Приймаємо $T=50$ хв, $\square = \frac{\square}{\square} = \frac{50}{0,032} = 1562,5$, $\square = \frac{20000}{\square} = \frac{20000}{1562,5} = 12,8$

Вартість на партію: $V=V_i \cdot A = 50 \cdot 13 = 650$

Розвертка $\phi 22$

Приймаємо $T=60$ хв, $\square = \frac{\square}{\square} = \frac{60}{0,06} = 1000$, $\square = \frac{20000}{\square} = \frac{20000}{1000} = 20$

Вартість на партію: $V=V_i \cdot A = 60 \cdot 20 = 1200$

Фреза кінцева $\phi 20$

Приймаємо $T=100$ хв, $\square = \frac{\square}{\square} = \frac{100}{0,362} = 276,2$, $\square = \frac{10000}{\square} = \frac{10000}{276,2} = 36,2$

Вартість на партію: $V=V_i \cdot A = 750 \cdot 37 = 27750$

Фреза канавкова $\phi 50$

Приймаємо $T=140$ хв, $\square = \frac{\square}{\square} = \frac{140}{2,025} = 69,13$, $\square = \frac{10000}{\square} = \frac{10000}{69,13} = 144,6$

Вартість на партію: $V=V_i \cdot A = 1230 \cdot 145 = 178350$

Фреза кінцева $\phi 10$

Приймаємо $T=120$ хв, $\square = \frac{\square}{\square} = \frac{120}{1,961} = 61,2$, $\square = \frac{10000}{\square} = \frac{10000}{61,2} = 163,4$

Вартість на партію: $V=V_i \cdot A = 850 \cdot 164 = 139400$

Операція 010

Фреза кінцева $\phi 10$

Приймаємо $T=120$ хв, $\square = \frac{\square}{\square} = \frac{120}{0,904} = 132,7$, $\square = \frac{10000}{\square} = \frac{10000}{132,7} = 75$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вартість на партію: $V=V_i \cdot A = 850 \cdot 75 \cdot 2 = 127500$

Фреза торцева $\varnothing 60$

Приймаємо $T=180$ хв

$$\square = \frac{\square}{\square} = \frac{180}{0,596} = 302 \text{ (кількість деталей 1 інструментом)}$$

$$\square = \frac{10000}{\square} = \frac{10000}{302} = 33,1$$

Приймаємо $A=1+33$ (інструмент+кількість комплектів пластин)

Вартість на партію:

$$V=V_i+A \cdot \frac{\square\square}{\square} = 8500 + 33 \cdot \frac{640}{2} = 19600$$

Фреза торцева $\varnothing 60$ чистовий комплект:

Приймаємо $T=180$ хв

$$\square = \frac{10000}{\square} = \frac{10000}{302} = 33,1$$

Приймаємо $A=1+33$ (інструмент+кількість комплектів пластин)

Вартість на партію:

$$V=V_i+A \cdot \frac{\square\square}{\square} = 8500 + 33 \cdot \frac{640}{2} = 19600$$

Свердло $\varnothing 19,1$

$$\text{Приймаємо } T=50 \text{ хв, } \square = \frac{\square}{\square} = \frac{60}{0,042} = 1428, \square = \frac{10000}{\square} = \frac{10000}{1428,2} = 7$$

Вартість на партію: $V=V_i \cdot A = 20 \cdot 7 = 140$

Свердло $\varnothing 20,1$

$$\text{Приймаємо } T=110 \text{ хв, } \square = \frac{\square}{\square} = \frac{110}{0,048} = 2291,7, \square = \frac{10000}{\square} = \frac{10000}{2291,7} = 4,36$$

Вартість на партію: $V=V_i \cdot A = 240 \cdot 5 = 1200$

Зенківка 45°

$$\text{Приймаємо } T=50 \text{ хв, } \square = \frac{\square}{\square} = \frac{50}{0,072} = 694,4, \square = \frac{10000}{\square} = \frac{10000}{694,4} = 14,4$$

Вартість на партію: $V=V_i \cdot A = 70 \cdot 15 = 1050$

Фреза фасонна $\varnothing 20$

$$\text{Приймаємо } T=120 \text{ хв, } \square = \frac{\square}{\square} = \frac{120}{0,32} = 375, \square = \frac{10000}{\square} = \frac{10000}{375} = 26,6$$

Вартість на партію: $V=V_i \cdot A = 750 \cdot 27 = 20250$

Вартість різальних інструментів на одну деталь складає:

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

$$\square_{instr.} = \frac{704588}{10000} = 70,46 \text{ грн}$$

Вартість оснастки для інструментів:

$$\square_{осн.інстр.} = 950 * 2 + 1100 * 4 + 2 * 11252 + 12000 * 3 + 1250 * 2 + 1350 * 2 + 1400 + 890 + 1300 + 1000 * 3 + 1200 = 79194 \text{ грн.}$$

Вартість оснастки для інструментів на одну деталь складає

$$\square_{осн.інстр} = 396 \text{ грн.}$$

1.14.7 Сумарна вартість оброблення однієї деталі

Сумарна вартість оброблення 1 деталі розраховується за наступною формулою:

$$\square_{\Sigma} = \square + \square_{instr.} + \square_{осн.інстр} + B_m + C_{ел.ен.}$$

$$\square_{\Sigma} = 440,3 + 1,01 + 696 + 4940 + 9,2 = 6114 \text{ (грн)}$$

3.4 СИНТЕЗ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

В умовах серійного виробництва застосовують так звані універсально - збірні пристрої. Вони допускають швидку перекомпоновку їх елементів, що дозволяє використання на різних операціях. Це сприяє впровадженню високопродуктивних методів обробки в серійне виробництво і зниженню часу на підготовку технологічної оснастки.

Система УЗП складається з набору нормалізованих деталей, з яких можна компонувати різноманітні пристрої.

3.5 ПРОЕКТУВАННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ СХЕМИ

ПРИСТРОЮ

Сили затиску направлені на втримання заготовки від повороту від дії моменту $M_{різ}$. Розглянемо умову рівноваги:

$$\sum M_0 = 0 = kM_{різ} - Qf(l_1 + l_2); \quad (3.1)$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q = \frac{kM_{\text{пиз}}}{f(l_1 + l_2)} = \frac{2.5 * 9.3}{0.15(0.15 + 0.1)} = 620H; \quad (3.2)$$

де $k = 2,5$ коефіцієнт запасу; $f = 0,15$ коефіцієнт тертя; $l_1 = 0,15\text{м}$ та $l_2 = 0,1\text{м}$ радіуси прикладання сил затиску.

Сила, що розвивається гвинтовим затискачем [2]:

$$W = \frac{Fl}{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + 0.33f \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2}}; \quad (3.3)$$

де $F = 14 \dots 20\text{Н}$ необхідна сила на ключі[2]; $l = 14d = 14 * 20 = 280\text{мм}$ – довжина ключа[2]; $d = 20\text{мм}$ – номінальний зовнішній діаметр різьби(приймаємо); $r_{cp} = 10\text{мм}$ – середній радіус різьби; $\alpha \approx 2^\circ 30'$ - кут підйому гвинта різьби; $\varphi \approx 6^\circ 40'$ - приведений кут тертя; $f = 0,15$ коефіцієнт тертя; $D_H = 24\text{мм}$ - зовнішній діаметр опорного торця гайки; $D_B = 22\text{мм}$ – внутрішній діаметр опорного торця гайки.

$$Q = \frac{2W \left(r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + 0.33f \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2} \right)}{l}; \quad (3.4)$$

$$Q = \frac{2 * 620 \left(10 \operatorname{tg}(2^\circ 30' + 6^\circ 40') + 0.33 * 0.15 \frac{24^3 - 22^3}{24^2 - 22^2} \right)}{280} = 14.6H; \quad (3.5)$$

Сила, що прикладається на ключі лежить в дозволених межах $14 \dots 20\text{Н}$.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.6 ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ТА РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВКИ В ПРИСТРОЇ

Свердлильний пристрій компонується зі стандартних елементів УЗП[4].
Основу пристрою становить плита, на якій встановлюються елементи базування і закріплення. Складальне креслення пристосування представлено на листі МТ02.000.018.СК.

Похибку базування при установці двома пальцями і площиною складають похибка від повороту деталі і похибка від переміщення заготовки[3].

Заготовка може повернутися на кут 2β :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\frac{1}{2} S_{1\max} + \frac{1}{2} S_{2\max}}{L}; \quad (3.6)$$

де $S_{1\max} = 0,1\text{ мм}$, $S_{2\max} = 0,1\text{ мм}$ – гарантовані зазори в з'єднаннях; $L = 136,5\text{ мм}$ – міжцентрова відстань.

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\frac{1}{2} 0,05 + \frac{1}{2} 0,05}{136,5} = 0,0003663; \quad (3.7)$$
$$\beta = 0^{\circ} 1' 15''.$$

Похибка від повороту заготовки буде становити:

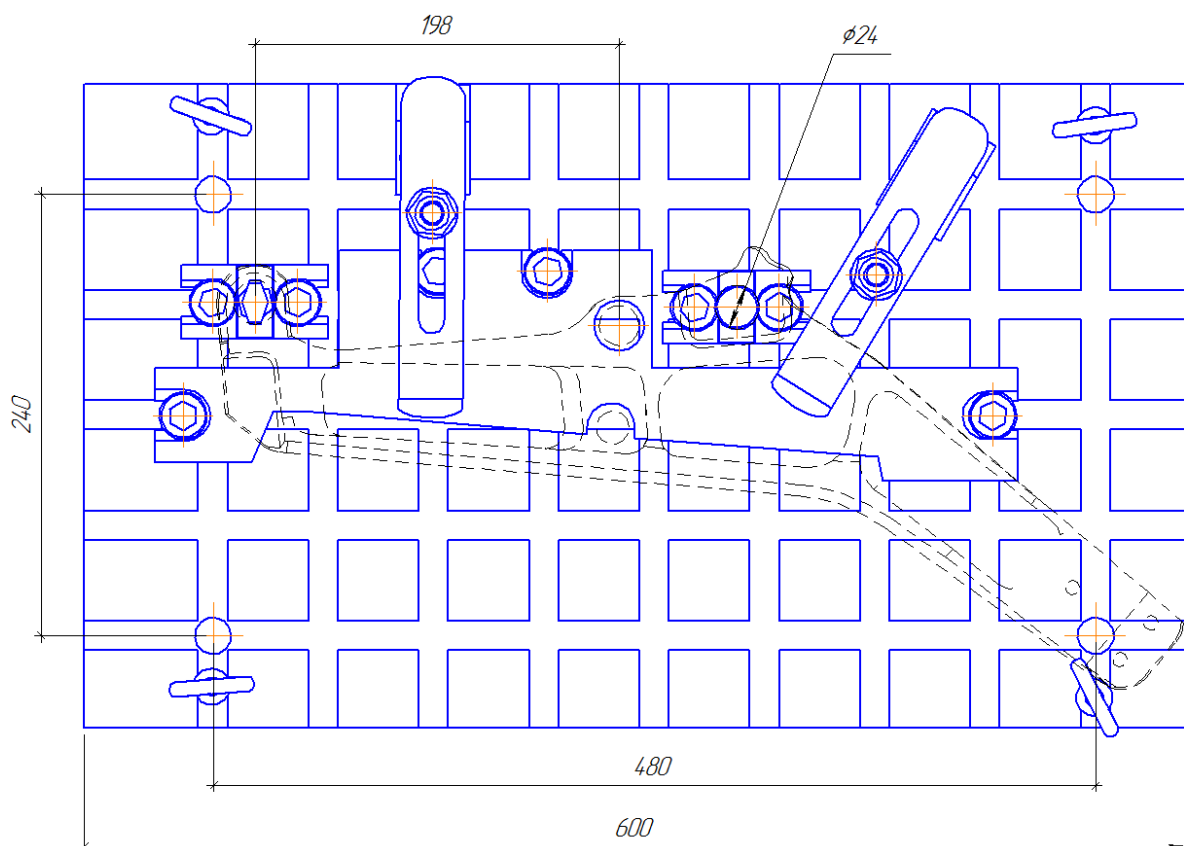
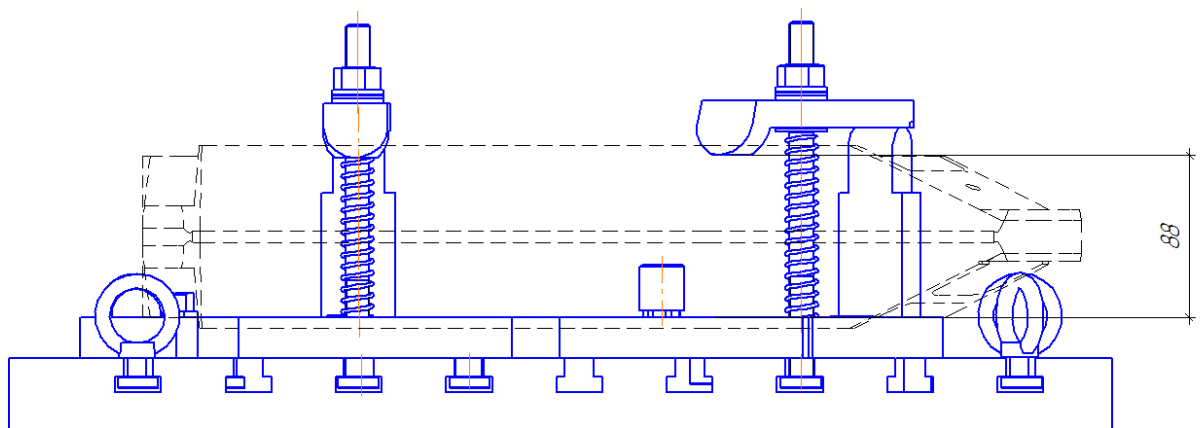
$$\delta_{\text{пов}} = l * \sin 2\beta; \quad (3.8)$$
$$\delta_{\text{пов}} = 75 * \sin 0^{\circ} 2' 30'' = 0.055\text{ мм} \leq Tl = 0.1\text{ мм}.$$

Точність базування забезпечується.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.7 ОПИСАНИЯ ПРИНЦИПУ РОБОТИ ПРИСТРОЮ

Заготовка важеля базується в пристосуванні за допомогою пластини , циліндричного пальця і зрізаного пальця . На плиті пластина базується шпонками і закріплюється гайками з шайбами . Заготовка затискається прихватами , що встановлюються на плиті за допомогою шпильок і впираються в опори . Затискне зусилля створюється високими гайками . Для запобігання перекосам між гайками і прихватами встановлюються конічні і сферичні шайби. В неробочому стані пружина не дозволяє прихвату опускатися до поверхні плити. Гвинти призначені для транспортування пристрою.



4 отб.

[illegible]

3 Методи проектування гідравлічних та пневматичних верстатних пристроїв

Основну групу технологічного оснащення складають пристосування механоскладального виробництва. Пристосування в машинобудуванні називають допоміжні пристрої до технологічного устаткування, що використовуються при виконанні операцій обробки, збирання і контролю.

Застосування пристосувань дозволяє:

- усунути розмітку заготовок перед обробкою, підвищити її точність;
- збільшити продуктивність праці на операції;
- знизити собівартість продукції;
- полегшити умови роботи і забезпечити її безпеку;
- розширити технологічні можливості обладнання;
- організувати багатостантне обслуговування;
- застосувати технічно обґрунтовані норми часу і скоротити число робочих, необхідних для випуску продукції.

Часта зміна об'єктів виробництва, пов'язана з наростанням темпів технічного прогресу, вимагає створення конструкцій пристосувань, методів їх розрахунку, проектування і виготовлення, що забезпечують неухильне скорочення термінів підготовки виробництва.

Витрати на виготовлення технологічного оснащення складають 15 ... 20% від витрат на обладнання для технологічного процесу обробки деталей машин або 10-24% від вартості машини. Верстатні пристосування займають найбільшу питому вагу по вартості і трудомісткості виготовлення, у загальному кількості різних типів технологічного оснащення.

3.1.1. Класифікація пристосувань.

Класифікацію пристосувань проводять за такими ознаками:

1. За цільовим призначенням пристосування ділять на п'ять груп:

- верстатні пристосування для установки і закріплення оброблюваних заготовок на верстатах. Залежно від виду обробки розрізняють токарні, фрезерні, свердлильні, розточувальні, шліфувальні та інші пристосування;
- пристрої для кріплення різального інструмента. Вони характеризуються великою кількістю нормалізованих деталей і конструкцій, що пояснюється нормалізацією і стандартизацією самих ріжучих інструментів;
- складальні пристосування використовують при виконанні складальних операцій, що вимагають великої точності збирання і додатки великих зусиль;
- контрольно-вимірювальні прилади застосовують для контролю заготовок, проміжного та остаточного контролю, а також для перевірки зібраних вузлів і машин. Контрольні пристосування служать для встановлення вимірювального інструменту;

- пристосування для захоплення, переміщення і перевертання оброблюваних заготовок, а також окремих деталей і вузлів при збірці.

2. За ступенем спеціалізації пристосування поділяють на універсальні, спеціалізовані і спеціальні.

Універсальні пристосування (УП) використовують для розширення технологічних можливостей металорізальних верстатів. До них відносяться універсальні, поворотні, ділильні столи; самоцентруються патрони.

Універсальні безналадочні пристосування (УБП) застосовуються для базування і закріплення однотипних заготовок в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва. До цього типу належать універсальні патрони з нероз'ємним кулачками, універсальні фрезерні та слюсарні лещата.

Універсально-налагоджувальні пристосування (УНП) використовують для базування і закріплення заготовок в умовах багато-номенклатурних виробництва. До них відносяться універсальні патрони зі змінними кулачками, універсальні лещата, скальчатие кондуктори.

Спеціалізовані безналадочні пристосування (СБП) використовують для базування і закріплення заготовок, близьких за конструктивними ознаками і вимагають однакової обробки. До таких пристосувань належать пристосування для обробки східчастих валів, втулок, фланців, дисків, корпусних деталей та ін.

Спеціалізовані налагоджувальні пристосування (СНП) застосовують для базування і закріплення заготовок, близьких за конструктивно-технологічними ознаками і що вимагають для їх обробки виконання однотипних операцій і спеціальних наладок.

Універсально-збірні пристосування (УСП) застосовують для базування і закріплення конкретної деталі. З комплекту УСП збирають спеціальне пристосування, яке потім розбирають, а елементи УСП багаторазово використовують для складання інших пристосувань.

Спеціальні пристосування (СП) використовують для виконання певної операції і при обробці конкретної деталі. Такі пристосування називаються одноцільові. Їх застосовують у великосерійному і масовому виробництві.

3. За функціональним призначенням елементи пристосувань ділять на настановні, затискні, силові приводи, елементи для направлення різального інструменту, допоміжні механізми, а також допоміжні та кріплення (рукоятки, сухарі, шпонки). Всі ці елементи з'єднуються корпусними деталями.

4. За ступенем механізації та автоматизації пристосування підрозділяють на ручні, механізовані, напівавтоматичні і автоматичні.

Сучасні пристосування - це великий клас технологічних об'єктів, що відрізняються різноманіттям конструкцій, багатокомпонентної і ієрархічності структури, складною геометрією складових і широким діапазоном зміни розмірів, різним ступенем універсальності і типовості.

Для авіа виробництва характерним є те, що серед великого обсягу створюваних конструкцій питома вага типових пристосувань дуже невисокий. Тому проектування неможливо звести тільки до розмірним і деяким іншим розрахунками. У принципі, це цілісний комплекс серйозних проблем і завдань, до вирішення яких необхідно залучати сучасні методи та засоби автоматизації.

3.2. CAD/CAM СИСТЕМИ

CAD/CAM системами на заході називають те, що в країнах колишнього СРСР прийнято було називати аббревіатурой САПР, тобто Системи Автоматизованого проектування. Вперше термін CAD пролунав наприкінці 50-х рр. минулого століття в Массачусетському технологічному інституті в США. Поширення ця аббревіатура отримала вже в 70-х рр. як між-народне позначення технології конструкторських робіт. З початком застосовуючи обчислювальної техніки під словом CAD мала на увазі обробка даних засобами машинної графіки.

Однак цей один термін не відображає всього того, що їм іноді називають. Наприклад, САПР можуть призначатися для: креслення, для прочерчування (ескізування) або і для того, і для іншого відразу.

Сама ж аббревіату-ра CAD може розшифровуватися так: Computer Aided Design, або Computer Aided Drafting (проектування і конструювання за допомогою ЕОМ або креслення за допомогою ЕОМ). Поняття «конструювання» і «креслення за допомогою ЕОМ» - всього лише мала частина функцій, які виконуються САПР. Багато хто з систем виконують су-громадської більше функцій, ніж просто креслення і конструювання. І існує їх більш точне позначення:

CAE - Computer Aided Engineering (інженерні розрахунки за допомогою ЕОМ, виключаючи автоматизація креслярських робіт). Іноді цей термін використовувався як поняття більш високого рівня-для позначення всіх видів діяльності, яку інженер може виконувати за допомогою комп'ютера. CAM - Computer Aided Manufacturing. Програмування пристроїв ЧПУ верстатів з допомогою CAD-систем ототожнюють з поняттям CAM (так звані CAD/CAM системи). В інших випадках під CAM розуміють застосування ЕОМ в управлінні виробництвом і рухом матеріалів.

CAQ - Computer Aided Quality Assurance. Определяет підтримуване комп'ютером забезпечення якості, перш за все програмування вимірювальних машин.

CAP - Computer Aided Planning - автономне проектування технологічних процесів, наприклад, при підготовці виробництва.

CIM - Computer Integrated Manufacturing - взаємодія всіх названих окремих сфер діяльності виробничого підприємства, що підтримується ЕОМ.

При традиційному проектуванні оснащення трудоемкість робіт складає від 50 нормо-годин до ніс-

кох тисяч, а загалом - кілька мільйонів. Іспольованіе систем автоматизованого проекти-вання і виготовлення устаткування дозволяє не тільки знизити трудомісткість, тимчасові і грошові витрати, але звільнити людину від великого коли-пра ці одноманітної роботи, наприклад, від оформлений-ня більшої частини документопотоках.

CAD/CAM-системи знаходять застосування в широкому ді-апазоні інженерної діяльності, починаючи з вирішення порівняно простих задач проектування та виготов-лення конструкторсько-технологічної докумен-тації і, закінчуючи, завданнями об'ємного геометричес-кого моделювання, веденням проекту, управління розподіленим процесом проектування і т.п. Сучасні вироби можна створити тільки із використанням CAD/CAM-систем на всіх стадіях про-ектирований, виготовлення й експлуатації.

Розробка і створення CAD/CAM-систем є досить складним і тривалим процесом, тре-буєт значних витрат матеріальних і людських ресурсів. На жаль, за останні роки держав-ного політика по відношенню до колективам, що створює CAD/CAM-системи, різко змінилася. Через відсутність централізованого фінансування практично припинені нові розробки в цій галузі. Значна кількість колективів-розробників розпалося. У результаті, наприклад, серед вітчизняних машинобудівних CAD-систем що поставляються на ринок, продавалося не більше п'яти 2D-систем і не більше одного-двох 3D-систем. Пол-ністю були відсутні системи для проектування в радіоелектроніці, будівництві та архітектурі. У той же час значні кошти витрачаються організаціями на закупівлю дорогих закордонних CAD/CAM-систем. Пользователі на місцях виявляються невідготовленими до застосування цих систем, і іноді трапляється, що в одній організації скаплі-вають декілька типів дублюють один одного систем, часом практично експлуатованим. Розвиток вітчизняних CAD/CAM-систем та їх широ-де-не використання в промисловості дозволить су-громадської скоротити витрати на закупівлю таких сис-тем за кордоном і тим самим підтримати власні наукові розробки в цій галузі.

3.2. Методологія проектування верстатної оснащення.

3.2.1. ТРАДИЦІЙНЕ ПРОЕКТУВАННЯ.

3.2.1.1. Вихідні дані.

Розробка конструкції пристосування полягає у поступовому побудові ескізу, що виражає ідею пристосування, по контуру оброблюваної деталі. При конструюванні пристосувань ретельному вивченню та аналізу піддають оброблювану деталь, верстат, на якому планується оснащувати операція, спосіб підведення різального інструмента і охолоджуючої рідини, засоби забезпечення встановлення деталі, видалення стружки і ін враховують положення верстатника щодо проектного пристосування та обладнання, розмір партії деталей і плановану продуктивність обробки, структуру технологічної операції та режими різання, вага заготовки, спосіб її завантаження і вивантаження. У процесі аналізу оброблюваної деталі виділяють поверхні, що підлягають обробці в проектований пристосуванні, поверхні, визначених технологічними базами і під затискачі. Вивчають геометричну форму, розміри, координати взаємного розташування поверхонь, а також вимоги точності обробки.

2.1.2. Порядок проектування.

Конструювання функціональних елементів Приспи-соблення створюється поступово в міру аналітичного розгляду функціональних поверхонь оброблюваної деталі. При цьому на стадії конструкції-ірованія кожної чергової функціональності групи елементів здійснюється їх пов'язання з рішеннями, отриманими на більш ранніх стадіях. Найбільш загальні методичні вказівки по конструї-вання пристроїв наведені в наступних пунктах:

1. Конструювання настановних елементів.

При аналізі технологічних баз (настановної, що направляє, опорною) приймають рішення про типи, розміри, просторове положення та точносних виконанні настановних елементів верстатного пристосування. Ці рішення фіксирут на кресленні, що містить зображення оброблюваної деталі. Конструкція настановних елементів пристосування залежить від форми, розмірів, розташування і точності баз оброблюваної деталі.

2. Конструювання напрямних елементів.

У результаті вивчення оброблюваних поверхонь деталі приймають рішення про конструкцію елементів пристосування для направлення ріжучого інструмен-та (кондукторних втулок в сверільних пристосування пах, встановивши у пристосованому для фрезерування та ін)

3. Конструювання затискних елементів.

Конструкцію затискних елементів і пристроїв пристосування визначають при проектуванні після аналізу форми і розмірів поверхонь обробляючої деталі, призначених технологом під зажим. При цьому враховують силові фактори, що мають місце в процесі обробки в пристосуванні, а також вимоги продуктивності і економічності конструкції.

4. Конструювання корпусу.

Здійснюють на завершальному етапі розробки пристосування. Конструкція корпусу в цілому повинна об'єднувати всі функціональні складальні одиниці і деталі, мати достатню жорсткість, що запобігає втраті точності обробки деталі.

3.3 Автоматизоване проектування

Традиційним методом проектування (конструювання) пристосувань притаманні високі вартісні та часові затрати на проектування, недостатній рівень нормалізації створюваних конструкцій, складності виконання ряду обов'язкових інженерних розрахунків, неможливого системного вирішення задач конструювання, технології виготовлення пристосувань та ін. Вказані недоліки традиційного конструювання можна звести до мінімуму шляхом автоматизації проектування пристосувань.

Автоматизоване проектування верстатних пристосувань

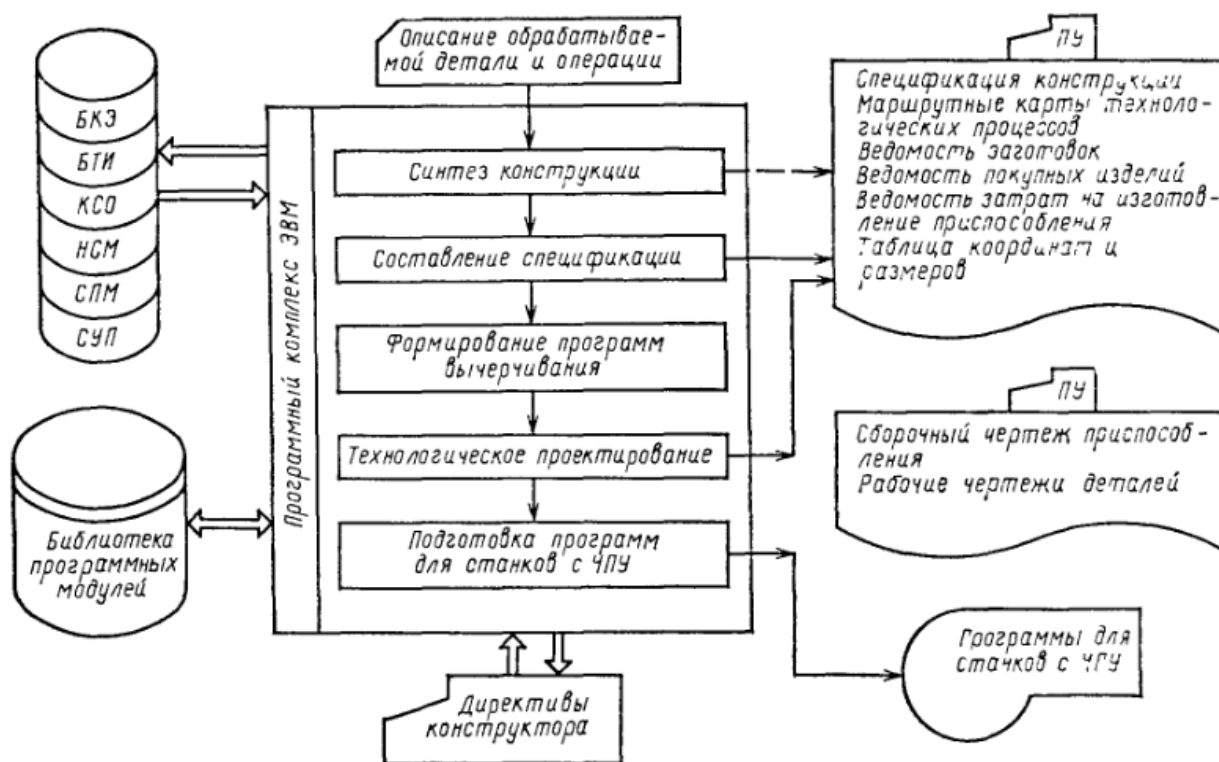


Рисунок Схема автоматизованого проектування верстатних пристосувань

Сучасною системою проектування й виготовлення доцільно виконання таких функцій:

1. Аналіз оснащуваного об'єкта, її виготовлення, моделювання цього об'єкта і процесу виготовлення.
2. Синтез конструкцій з конструктивних елементів з виконанням точностного, геометричного і силового аналізів, оптимізацією по відповідним критеріям повного інформаційного описи синтезованої конструкції.
3. Відображення просторового описи конструкцій на площині проєкцій (побудова графіка складального креслення).
4. Поэлементный аналіз конструкції з отобразени-ем описів оригінальних деталей на площині проєкцій, отриманням деталізованих креслень і зіставленням специфікацій.
5. Технологічний аналіз конструкції, рішення технологічних завдань й одержання керуючої ін-формації виготовлення на устаткуванні з ЧПУ.
6. Техніко-економічна оцінка конструкції й визначення її якісних показників.
7. Розробка необхідної технологічної та техніко-економічної документації.

Укрупнена схема системи проектування й виготовлення технологічної оснастки показано на мал.2.

Інформація про оснащувану деталью схемою її обробки створюється (у разі відсутності їх у базі даних) також засобами системи. Це інформацію про розмірах, геометрії, фізичних характеристиках, точності оснащувану деталью окремих її поверх-ностей, даних про схемою базування, закріплення, про оброблюваних елементах, інформація про оснащувану устаткуванні, необхідної производител-ности обробки, кількості одночасно установ-люваних заготовок, режимах і зусиллях різання.

Кожна з вище перерахованих функцій з рішенням завдань різного рівня життя та ступеня складності.

Після аналізу та приведення вихідної інформації до канонічного виду починається реалізація комплек-са програм синтезу конструкцій, у результаті генерується інформаційне опис конструкції пристосування. Далі складається специфікація, формується складальний і створює робочі креслення деталей конструкції

1. Визначаємо подачу:

Приймаємо подачу на зуб фрези s_z в межах 0,14...0,24 мм/зуб за [табл. 33, с. 283, 1] в залежності від потужності верстата (22.4 кВт), оброблюваного та оброблюючого матеріалів. Враховуючи примітку до [табл. 33, с. 283, 1], оскільки ширина фрезерування більша 30 мм, зменшуємо табличне значення подачі на 30%:

$$s_z \approx 0,1 \text{ мм/зуб}.$$

Тоді подача на оберт складе:

$$s = s_z \cdot z = 0,1 \cdot 16 = 1,6 \text{ (мм/об)}.$$

2. Визначимо швидкість різання (колову швидкість фрези):

$$V = \frac{C_v * D^q}{T^m * t^x * S_z^y * B^u * Z^p} * K_v$$

де $D = 16 \text{ мм}$ – діаметр фрези;

$B = 16 \text{ мм}$ – ширина фрезерування;

$z = 6$ – кількість зубів інструменту.

Значення коефіцієнта C_v та показників степенів в цій формулі визначаємо за [табл. 39, с. 288, 1] в залежності від типу фрези, виду операції, матеріалу ріжучої частини:

$$C_v = 445, q = 0,2, x = 0,15, y = 0,35, u = 0,2, p = 0, m = 0,32.$$

$T = 180 \text{ хв}$ – період стійкості фрези за [табл. 40, с. 290, 1], в залежності від її діаметру;

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} * K_{pv} * K_{nv} = 0,79 * 0,8 * 1,0 = 0,632$$

В цій формулі:

За [табл. 1, с. 261, 1] поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання для сірого чавуну:

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{nv} = \left(\frac{190}{230} \right)^{1,25} = 0,79$$

де $nv=1,25$ – показник степені, що визначається за [табл. 2, с. 262, 1].

За [табл. 5, с. 263, 1] визначаємо поправочний коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання за: $K_{pv} = 0,8$

За [табл. 6, с. 263, 1] визначаємо поправочний коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання: $K_{nv} = 1,0$

Отже, розрахункова швидкість різання:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$V = \frac{445 * 125^{0,2}}{180^{0,32} * 1^{0,15} * 0,1^{0,35} * 16^{0,2} * 6^0} * 0,632 = 140(\text{м/хв})$$

3. Розрахункова частота обертання інструменту:

$$n_p = \frac{1000 * V}{\pi * D} = \frac{1000 * 140}{3,14 * 125} = 357(\text{об/хв})$$

4. Хвилинна подача:

$$s_{\text{хв}} = s * n = 1,6 * 357 \approx 571,2 (\text{мм/хв})$$

5. Визначимо значення складових сили різання:

Знайдемо значення головної складової сили різання (при фрезеруванні – колова сила):

$$P_z = \frac{10 * C_p * t^x * S_z^y * B^n * z}{D^q * n^w} * K_{mp}$$

Значення коефіцієнта C_p та показників степенів в цій формулі визначаємо за [табл. 41, с. 291, 1] в залежності від типу фрези, оброблюваного і оброблюючого матеріалів:

$$C_p = 54,5, q = 1,0, x = 0,9, y = 0,74, u = 1,0, w = 0.$$

Поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу знаходимо в [табл. 9, с. 264, 1]:

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n = \left(\frac{230}{190} \right)^{1,0} \approx 1,21$$

Отже, колова сила дорівнює:

$$P_z = \frac{10 * 54,5^{0,9} * 1^{0,9} * 16^{1,0} * 12}{125^{1,0} * 315^0} * 1,21 \approx 302(H)$$

Величини решти складових сили різання визначаємо із їх співвідношення з головною складовою – коловою силою за [табл. 42, с. 292, 1]:

$$\text{Горизонтальна сила (сила подачі): } P_h = 0,35 * P_z = 0,35 * 302 = 105,7(H)$$

$$\text{Вертикальна сила: } P_v = 0,9 * P_z = 0,9 * 302 = 271,8(H)$$

$$\text{Радіальна сила: } P_y = 0,35 * P_z = 0,35 * 302 = 105,7(H)$$

$$\text{Осьова сила: } P_x = 0,5 * P_z = 0,5 * 302 = 151(H)$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7. Визначимо крутний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{P_z * D}{2 * 1000} = \frac{302 * 16}{2 * 1000} = 3(H)$$

8. Ефективна потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z * V}{1020 * 60} = \frac{302 * 140}{1020 * 60} = 0,7 (кВт)$$

1.3 Розрахунок зусилля затиску

Схема закріплення заготовки, що включає схему установки заготовки, розроблену на основі теоретичної схеми базування представлена на малюнку

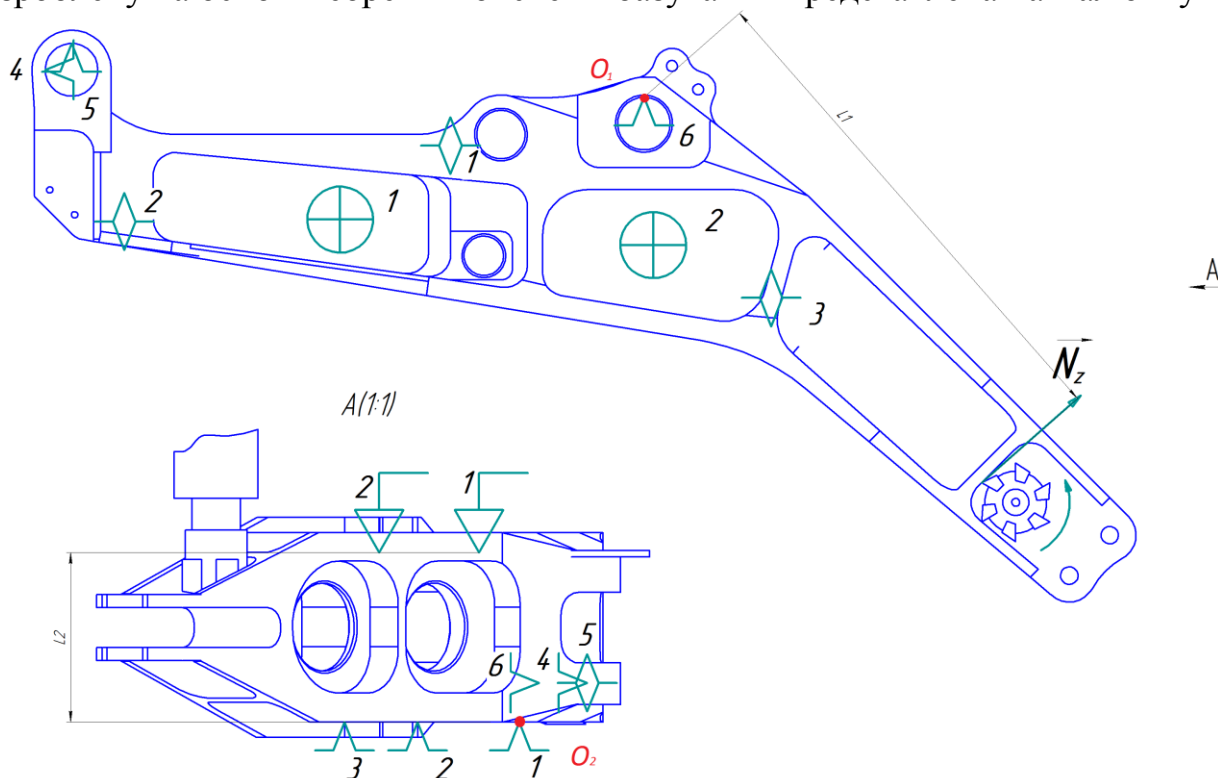


Рисунок 1.11 Схема закріплення заготовки

При розташуванні зуба фрези в точці В горизонтальна сила прагне розвернути заготівлю відносно точки O_1 , створюючи момент, рівний $M = P_z * l$

Повороту заготовки перешкоджають сили тертя T і T_1 , що виникають за рахунок притиску заготівлі до опор силами. Момент закріплення буде складати:

$$M_3 = 2(T_1 + T_2)l = 2W(f_1 + f_2)l$$

Де f_1 і f_2 - коефіцієнти тертя в контакті опор і притисків із заготівлею.

Значення взяті з довідника [7, с.384]

Одержимо формулу для розрахунку сили затиску:

$$W = \frac{K * P_z * l}{2(f_1 + f_2) * l}$$

K - коефіцієнт запасу, який визначається з довідника [7, с.383]; $f_1 = 0.16$, $f_2 = 0.25$.

Аналогічним чином визначається величина сили затиску, необхідна для утримання заготівлі від перекидання відносно точки O2. під дією сили P_v :

$$W' = \frac{K * P_v * L_2}{L_3}$$

$K = 3,1$

$L_1 = 168$ мм; $L_2 = 84$ мм; $L_3 = 121$ мм;

Отримуємо значення сил закріплення заготовки

$$W = \frac{K * P_z * l}{2(f_1 + f_2) * l} = \frac{3,1 * 302 * 168}{2(0,16 + 0,25) * 84} = 1204(H)$$

$$W' = \frac{K * P_v * L_2}{L_3} = \frac{3,1 * 587 * 84}{121} = 499(H)$$

Висновок: в результаті розрахунку сили різання при фрезеруванні було отримано два значення необхідної сили затиску для забезпечення нерухомості заготовки в процесі обробки різанням. З отриманих значень вибираємо більше, надалі значення сили затиску заготовки дорівнюватиме 1204 (Н).

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розрахунок гідравлічного затискного пристрою

Значення сили Q котру має прикладати гідроциліндр до прихвату розраховують з рівняння моментів відносно точки O .

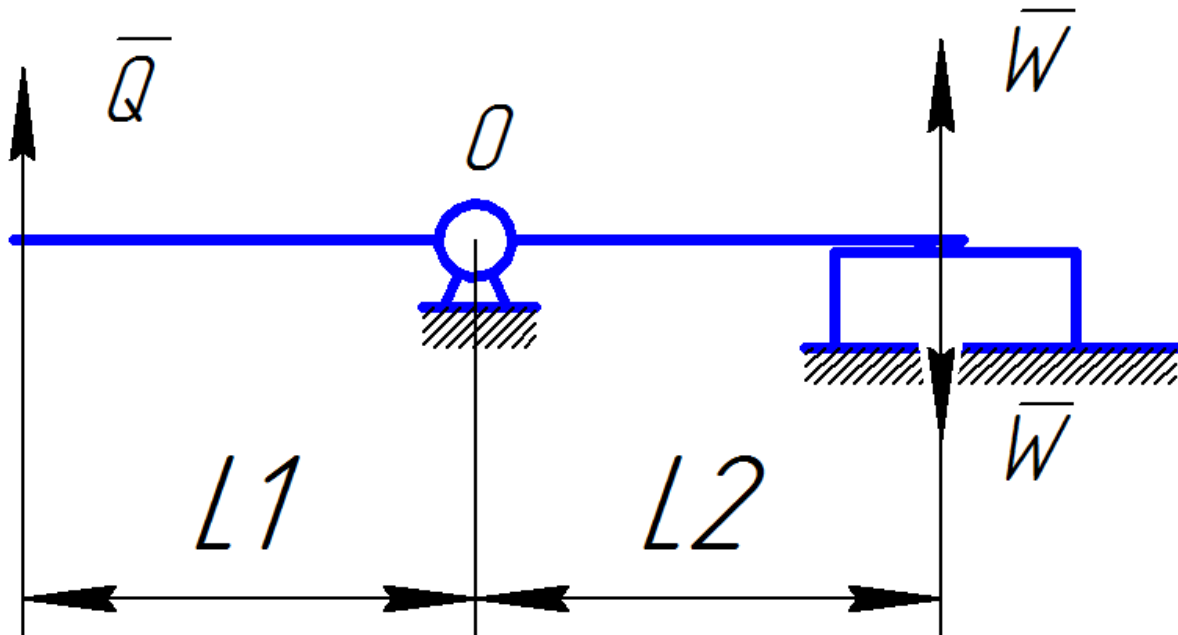


Рисунок 1.13 Схематичне зображення дії сили закріплення.

Виходячи з того що сума моментів відносно точки O дорівнює нулю.

$$\sum M_o = 0$$

Оскільки установчою базою на даній операції є плита, то зусилля затиску розподіляється рівномірно по всій площі установчої бази а отже затискне зусилля на кожному з двох прихватів буде однаковим, і у сумі складатиме 1204(Н). Отже $W=1204/2=601(Н)$

З рівняння рівноваги отримуємо:

$$Q = \frac{L1}{L2} * W$$

$L1=60\text{мм}$, $L2=60\text{мм}$

$Q=60/60*601=601(Н)$

Отже, гідроциліндр має забезпечити силу 601(Н)

Розрахунок параметрів гідроциліндру

Для розрахунку гідроциліндру ми володіємо наступними даними:

Сила на штоці гідроциліндру=602(Н), номінальний тиск у гідросистемі, згідно з ГОСТ 12445-80 дорівнює 6,3 МПа, робочий хід, що забезпечить комфортне встановлення та зняття заготовки=20(мм).

1. Діаметр поршня гідроциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4S_n}{\pi}} = \sqrt{\frac{4R}{\pi \rho \eta_{мц}}}$$

Де S_n -площа поршня, R-зусилля на штоці, ρ -номінальний тиск, $\eta_{мц}$ -механічний ККД гідроциліндру

$$D = \sqrt{\frac{4 * 602}{3,14 * 6300 * 0,97}} = 0,049(м)$$

Діаметр гідроциліндра та штока уточнюємо за нормаллю ОН22-176-69.

2. Вибір робочої рідини відбувається в залежності від температурних умов, режиму роботи гідропривода та його нормального тиску.

Нормальна температура робочої рідини складає 50-60 С°. За такої температури рекомендовано використовувати робочі рідини з кінематичною в'язкістю $\nu=0,2...0,36$ см²/с.

3. Вибір насосу

Вибір насосу відбувається по загальній витраті тиску в гідросистемі та номінальному тиску. Для визначення подачі насосу знаходять спочатку його потужність як суму потужностей N_{∂} усіх одночасно працюючих двигунів. При цьому потужність необхідна гідроциліндру

$$N_{ц} = \frac{RV_n}{\eta_{ц}}$$

Де , R-зусилля на штоці, V_n -швидкість переміщення поршня, , $\eta_{мц}$ -механічний ККД гідроциліндру.

$$N_u = \frac{602 * 2,4}{0,9} = 1605(Bm) = 1,6(kBm)$$

Оскільки серійність випуску даної деталі порівняно мала, то кожна одиниця технологічної оснастки буде власним насосом та гідродвигуном.

4. Потужність насосу:

$$N_n = k_m * k_z * N_o$$

Де k_m -коефіцієнт запасу по потужності(1,1...1,3), k_z -коефіцієнт запасу по зусиллю(1,1...1,2), N_o -сумарна потужність усіх одночасно працюючих гідродвигунів.

$$N_n = 1,3 * 1,2 * 1,6 = 2,496(кВт)$$

5.Необхідна подача насосу

$$Q_n = \frac{N_n}{p}$$

Де N_n -потужність насосу, p -номінальний тиск у гідросистемі.

$$Q_n = \frac{2,496}{6,3} = 0,396$$

За відомими Q_n та p вибираємо насос (7. с. 187)

Насос пластинчатий Г12-21А подвійної дії: № типорозміру -21А, Робочий об'єм-8 см³, тиск-6,3 МПа, частота обертання 950/1450 (хв⁻¹), ККД=0,94. За відомими значеннями подачі насосу та номінального тиску в системі визначаємо частоту обертання насосу.

6. Частота обертання валу насоса:

$$n = \frac{60Q_n}{iV_o \eta_{он}}$$

Де i -кількість гідронасосів, V_o -робочий об'єм насосу, $\eta_{он}$ -ККД насосу.

$$n = \frac{60 * 0,396}{1 * 8 * 10^{-3} * 0,94} = 1108(об/хв)$$

7. Діаметр трубопроводу

Розрахунок діаметру трубопроводу заключається в визначенні його діаметру та втрат тиску. Розрахунок відбувається по відрізкам, віділеним в гідравлічній схемі. Відрізком вважають частину гідро лінії між розгалуженнями, що пропускає одну витрату про однаковому діаметрі. По відомій витраті та розрахунковій середній швидкості визначають діаметр трубопроводу

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,396}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,0068 = 6,8(\text{мм})$$

Значення середньої швидкості беремо з рекомендованого 1,1...1,6 м/с.

Висновки: в результаті розрахунку було визначено що діаметр поршня гідроциліндра дорівнює 49 мм, його значення округлюємо до найближчого з нормального ряду, тобто до 50 мм. Потужність насосу складає 1,6 кВт.

Висновок:

У результаті виконання дипломного проекту мною був розроблений технологічний процес виготовлення деталі траверса та проведений повний спектр інженерних розрахунків конструкторсько-технологічного забезпечення.

Досліджені методи проектування верстатного пристосування та розроблені пневматичний та гідравлічний затискний пристрій.

Література:

1. Горбачев А.Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - Минск: Высшэйшая шк., 1983. - 256 с.
2. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни "Технологія машинобудування" для студентів факультету хімічного машинобудування та поліграфічного факультету (Укл. С.С. Добрянський, В.К.Фролов, В.Л. Шестаков) - К.: КПІ, 1996. - 78 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя: Т. 1,2 /Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985-1986.
4. Справочник: Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении/ Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., Калинин М.А. - М.:Машиностроение, 1976. - 288 с.
5. Справочник металлиста: Т. 1-5 /Под ред. А.К.Малова. - М.: Машиностроение, 1976-1978.
6. Справочник нормировщика-машиностроителя: Т.2 /Под ред. Е.И.Стружестраха. - М.: Машгиз, 1961. - 890 с.
7. Справочник. Приспособления для металлорежущих станков/ А.К. Горошкин. - М.: Машиностроение, 1979. - 383 с.
8. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. - М.: Машиностроение, 1974. - 894с.
9. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974. - 493 с.
10. Справочник конструктора-машиностроителя: Т. 1-3. /В.И. Анурьев М.: Машиностроение, 1978.
