

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Розроблення технології виготовлення

картера коробки передач 695Ж2-1701015-В

з дослідженням точності отримання розмірів при фрезеруванні

Виконали: студенти VI курсу, групи МПм-61

спеціальності 131 прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Якубовський В. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Ткаченко І. Г.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ткаченко І. Г.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Окіпний І. Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Ляшук О. Л.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І. Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 24 » вересня 2021 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Якубовському Віталію Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технології виготовлення картера коробки передач 695Ж2-1701015-В з дослідженням точності отримання розмірів при фрезеруванні

Керівник роботи Ткаченко Ігор Григорович, к. т. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » вересня 2021 року № 4/7-791

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15 грудня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес виготовлення картера коробки передач 695Ж2-1701015-В, річна програма випуску 20000 шт., наукова література, присвячена дослідженням точності отримання розмірів при механічній обробці.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Зміст. Реферат. Вступ. Аналітична частина. Науково-дослідна частина.

Технологічно-конструкторська частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Плакати для ілюстрації результатів наукових досліджень – 2А1.

Пристрій для фрезерування – 2А1. Пристрій для розточування двох отворів – А1.

Технологічні налагодження на операцію технологічного процесу – А1.

Пристрій для контролю деталі – А1.

РЕФЕРАТ

Якубовський Віталій Сергійович, кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр на тему: «Розроблення технології виготовлення картера коробки передач 695Ж2-1701015-В з дослідженням точності отримання розмірів при фрезеруванні». Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, кафедра інжинірингу машинобудівних технологій, група МПм-61. Керівник – канд. техн. наук, доцент Ткаченко Ігор Григорович.

Технологічні методи забезпечення надійності мають велике значення поряд з експлуатаційними та конструктивними, оскільки саме в процесі виготовлення забезпечується закладена конструктором надійність виробу.

Практично всі відмови в тій чи іншій мірі пов'язані з технологією, оскільки саме вона визначає рівень якості і всі властивості виробу.

Отже, технологічний процес безпосередньо і суттєво впливає на показники надійності, а вивчення методів забезпечення якісних показників технологічного процесу і прогнозування можливості виникнення браку є актуальним завданням.

Мета роботи – розроблення технології виготовлення картера коробки передач 695Ж2-1701015-В, а також дослідження статистичних характеристик точності отримання розмірів при фрезеруванні деталі.

Завдання досліджень: встановити перспективні ймовірно-статистичні методи оцінювання точності механічної обробки деталей; розробити методику і провести експериментальні дослідження статистичних характеристик точності обробки; визначити статистичні характеристики точності обробки при фрезеруванні деталі; розробити маршрутно-операційний технологічний процес механічного оброблення картера коробки передач 695Ж2-1701015-В; спроектувати спеціальне технологічне оснащення; розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення картера коробки передач 695Ж2-1701015-В, а також точність отримання розмірів при фрезеруванні.

Наукова новизна роботи полягає у розробленні методики, та отриманні результатів експериментальних досліджень щодо статистичних характеристик точності обробки при фрезеруванні картера коробки передач 695Ж2-1701015-В.

Практичне значення отриманих результатів: розроблено раціональний технологічний процес виготовлення картера коробки передач 695Ж2-1701015-В, спроектовано спеціальне технологічне оснащення для його реалізації.

Апробація. Основні результати роботи доповідались на X Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», м. Тернопіль, 24-25 листопада 2021 року.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку посилань із 17 найменувань та додатків. Обсяг основної частини становить 82 сторінки, 14 рисунків, 16 таблиць, додатків – 62 сторінки. Графічна частина включає 7 аркушів формату А1.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами. Актуальність теми роботи	8
1.2 Методи вирішення поставленої проблеми	10
1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу	12
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	13
2.1 Аналіз точності обробки партії деталей, за допомогою кривих розподілу	13
2.2 Методика та результати дослідження статистичних характеристик точності обробки	14
2.3 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень	21
3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	22
3.1 Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва. Аналіз технологічності виробу	22
3.2 Розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу	30
3.3 Визначення кількості обладнання	59
3.4 Конструювання спеціального оснащення	62
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	71
4.1 Заходи, щодо створення оптимальних метеорологічних умов на робочих місцях	71
4.2 Розрахунок загальнообмінної вентиляції	72
4.3 Оцінка стійкості роботи виробничого об'єкту в умовах надзвичайних ситуацій	76
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	80
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	81
ДОДАТКИ	83

ВСТУП

Сукупність методів і прийомів виготовлення машин на протязі тривалого часу і використовуваних в певних галузях виробництва, складають технологію цієї галузі. В зв'язку з цим виникли поняття: технологія литва, технологія обробки тиском, технологія зварювання, технологія механічної обробки, технологія складання машин. Всі ці галузі виробництва відносяться до технології машинобудування, що охоплює всі етапи процесу виготовлення машинобудівної продукції.

Виконуючи технологічний процес, людина ставить перед собою дві задачі:

- отримати виріб, який би задовольняв її потреби;
- витрати на його виготовлення якомога менше матеріальних і трудових ресурсів.

В машинобудуванні задані форми деталей з потрібною точністю і якістю їх поверхонь, в своїй більшості, досягаються шляхом механічної обробки, оскільки інші способи обробки не завжди можуть забезпечити виконання цих технічних вимог. В процесі механічної обробки деталей машин виникає велика кількість проблемних питань, пов'язаних з необхідністю виконання технічних вимог, поставлених конструкторами перед виробництвом. Процес механічної обробки зв'язаний з експлуатацією складного обладнання – металорізальних верстатів; трудомісткість та собівартість механічної обробки більша, ніж на інших етапах процесу виготовлення машин.

Знання службового призначення деталі в машині і процесів утворення її конструктивних форм дозволяє скласти виразне уявлення самого поняття деталі, як шматка вибраного матеріалу, обмеженого рядом поверхонь, розташованих одна відносно іншої з точністю, яка відповідає її службовому призначенню, з врахуванням економічності виготовлення. Це поняття має вирішальне значення, так як визначає шляхи розробки технологічних процесів виготовлення і перевірки деталей у відповідності з вимогами до них.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз стану питання за літературними та іншими джерелами.

Актуальність теми роботи

До основних показників якості виробу можна віднести: надійність роботи, рівень шуму, безпеку, екологічність, коефіцієнт корисної дії, зручність і простоту обслуговування, ступінь механізації тощо.

Недостатня надійність виробу призводить до виникнення відмов в процесі його експлуатації.

За причинами виникнення відмови можна розділити на конструктивні, що викликані недоліками конструкції; технологічні, що викликані недосконалістю або порушенням технології виготовлення, і експлуатаційні, що викликані неналежною експлуатацією.

Конструктивні відмови, як правило, характерні для новостворених виробів. Для усунення їх причин вносять зміни в конструкцію виробу на підставі результатів випробувань чи опрацювання інформації зі сфери експлуатації.

Експлуатаційним відмовам можна запобігти за рахунок впровадження заходів контролю щодо належної експлуатації виробу.

Задачі технологічного процесу (ТП) виготовлення, складання та контролю виробів – забезпечити необхідний рівень якості (в т.ч. надійності) з найменшими затратами часу та матеріальних ресурсів.

Залежність показників надійності від рівня ТП досить складна і містить протиріччя. Вона може бути представлена у вигляді схеми (рис. 1.1).

Усі компоненти технологічного процесу визначають його вихідні параметри і в перше чергу показники якості виробу, що обумовлені конструктором в технічних умовах (ТУ), але для вирішення питань надійності цього недостатньо, оскільки показники надійності визначаються з експлуатаційних властивостей виробу.

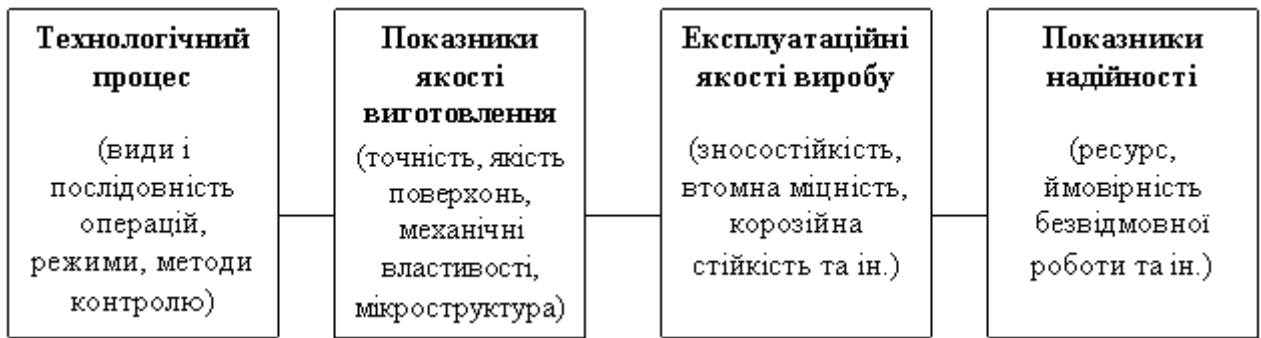


Рисунок 1.1. – Залежність показників надійності виробу від рівня технологічного процесу виготовлення

Залежність експлуатаційних властивостей виробу від показників якості виготовлення виробу досить складна:

По-перше, процес втрати працездатності, маючи певну фізичну природу, підкоряється закономірностям випадкових функцій, оскільки умови експлуатації і виготовлення нестабільні.

По-друге, через складність більшості ТП і побічних явищ, що при цьому виникають важко виявити усі ті параметри процесу, що дійсно впливають на експлуатаційні властивості виробу.

По-третє, розкриття залежностей між якістю виробу і його експлуатаційними властивостями базується на вивченні фізичних процесів руйнування матеріалів.

Технологічні методи забезпечення надійності мають таке саме велике значення як і експлуатаційні та конструктивні, оскільки саме в процесі виготовлення забезпечується закладена конструктором надійність.

Практично всі відмови в тій чи іншій мірі пов'язані з технологією, оскільки саме вона визначає рівень якості і всі властивості виробу.

Отже, технологічний процес безпосередньо і суттєво впливає на показники надійності, а вивчення методів забезпечення якісних показників технологічного процесу і прогнозування можливості виникнення браку є актуальним завданням.

1.2 Методи вирішення поставленої проблеми

Технологічний процес механічного оброблення складних деталей, до яких відноситься картер коробки передач 695Ж2-1701015-В, передбачає велику кількість технологічних операцій, які при серійному і масовому виробництві здійснюються методом автоматичного отримання розмірів на попередньо налаштованих верстатах.

Деталі виготовляють партіями, а їх контроль проводять вибірково за спеціальними методиками.

Недостатня увага до якості налагодження верстата може призвести до виготовлення бракованих деталей.

Одним із важливих якісних показників процесу обробки деталей на металорізальних верстатах є точність отримуваних розмірів. В значній мірі точність обробки визначається точністю конструктивних і геометричних параметрів різальних інструментів.

В сучасних умовах часто виникає необхідність у:

- порівняльній оцінці якості однотипних інструментів, виготовлених різними виробниками;
- порівняльній оцінці точності механічної обробки, при використанні різних типів інструментів;
- порівняльній оцінці точності при використанні стандартних та спеціальних інструментів тощо.

Механічне оброблення деталей супроводжується впливом багатьох факторів, які мають ймовірнісну природу і залежать від припуску на обробку, нестабільності режимів різання, фізичних властивостей матеріалу заготовки, характеристик системи ВПД тощо. Тому розміри деталі, обробленої на попередньо налаштованому верстаті методом автоматичного отримання розмірів також носять випадковий характер.

Очікувану точність механічного оброблення деталі встановлюють статистичним або розрахунково-аналітичним методом.

Статистичний метод базується на теорії ймовірностей і математичної статистики. Він широко застосовується в машинобудуванні.

Розрахунково-аналітичний метод заснований на виявленні причин виникнення похибок у процесі обробки та встановленні закономірності зменшення цих похибок при наступній обробці [1].

Статистичний метод дослідження не дозволяє виявити вплив усієї сукупності факторів на точність обробки та встановити причини виникнення похибок і шляхи їх усунення. Даний метод оцінює комплексний вплив усіх факторів. До переваг цього методу слід віднести можливість оцінювання точності обробки у виробничих умовах без проведення спеціальних досліджень [1].

Залежність похибок обробки від факторів, що на них впливають важко піддаються виявленню та оцінюванню. Сучасні теоретичні методи оцінювання похибок використовують математичний апарат теорії ймовірності і вирішують такі головні задачі [2]:

1. Встановити вид математичної моделі, яка описує похибку.
2. Визначити характеристики математичної моделі, яка описує похибку.
3. Визначити показники точності обробки.

Оцінювання точності обробки включає наступні етапи:

1. Вимірювання контрольованих параметрів деталей, заповнення протоколів вимірів і побудову графічних залежностей (точкових діаграм).
2. Статистичну обробку результатів вимірів.
3. Аналіз результатів статистичної обробки.

В залежності від мети і з урахуванням можливості проведення вимірювань, оцінку точності проводять за однією реалізацією з використанням теорії випадкових величин або за кількома реалізаціями з використанням теорії випадкових функцій (випадкових процесів).

1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

В результаті аналізу завдання на кваліфікаційну роботу, а також літературних джерел щодо методів дослідження параметрів точності механічної обробки деталей встановлено, що питання дослідження параметрів точності оброблюваних деталей потребують подальшого вивчення. На підставі цього, формулюємо задачі, які підлягають вирішенню в кваліфікаційній роботі:

- встановити перспективні ймовірно-статистичні методи оцінювання точності механічної обробки деталей;
- розробити методику і провести експериментальні дослідження статистичних характеристик точності обробки при фрезеруванні картера коробки передач 695Ж2-1701015-В;
- визначити статистичні характеристики точності обробки при фрезеруванні картера коробки передач 695Ж2-1701015-В;
- розробити маршрутно-операційний технологічний процес механічного оброблення картера коробки передач 695Ж2-1701015-В;
- спроектувати спеціальне технологічне оснащення для розробленого технологічного процесу виготовлення деталі;
- розробити заходи з охорони праці, безпеки у надзвичайних ситуаціях.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз точності обробки партії деталей, за допомогою кривих розподілу

Кількісне значення показників якості оброблення може встановлюватися або на стадії розробки проектного завдання як рівень, до якого необхідно прагнути при проектуванні деталей, або в процесі проектування прораховується як результат, отриманий при розробці даної конструкції.

В загальному випадку, точність деталі – це ступінь її наближення до геометрично правильного прототипу. Геометрично правильним прототипом деталі можна вважати таку деталь, яка, працюючи у вузлі в сполученні з іншими деталями що також виконані геометрично правильно, забезпечує максимальну надійність виробу.

Точність механічної обробки деталей на верстатах – це ступінь відповідності реальної поверхні обробленої деталі ідеальній схемі обробки, покладеної в основу даного методу. Точність обробки – поняття чисто технологічне, що характеризує кожний з методів обробки.

Дослідження точності операції механічної обробки в даному випадку проводиться шляхом вимірювання розмірів деталей із загальної вибірки від одного верстата за період між його налаштуваннями. При цьому, вплив систематичних похибок, таких як знос різального інструменту, передбачається мінімальним, і ним практично можна знехтувати.

Таким чином, робота зводиться до виявлення сукупної дії випадкових похибок в процесі обробки, які, як відомо, можуть бути визначені за допомогою законів розподілу. Відомо, що розподіл розмірів деталей на операціях механічної обробки в більшості випадків підкоряється закону нормального розподілу випадкових величин. Це дозволяє використовувати зазначений закон для аналізу точності обробки.

В роботі передбачається дослідження параметрів, що підкоряються нормальному закону розподілу Гауса. Він найчастіше використовуються для аналізу точності обробки.

2.2 Методика та результати дослідження статистичних характеристик точності обробки

В процесі роботи проводиться дослідження точності обробки деталей на металообробному верстаті. Після обробки партії деталей упродовж однієї зміни на попередньо налаштованому верстаті здійснювали вибір певної кількості деталей для контролю розмірів.

Досліди проводилися на вертикально-фрезерній операції 045, яка виконується на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК моделі 6P13Ф3. На цій операції проводиться фрезерування одинадцяти бобишок в розмір $24,5_{-0,5}$. Рівень фактичного налаштування верстата було проведено на середину поля допуску розміру деталі, тобто в розмір 24,25 мм [3].

В результаті вимірів 50 деталей було встановлено, що максимальний фактичний розмір становив 24,48 мм, а мінімальний 24,12 мм. Тобто всі деталі виявились кондиційними, а відхилення розміру від фактичного налаштування склали: $x_{\max} = 230$ мкм; $x_{\min} = -130$ мкм.

Результати дослідження були оброблені на ПЕОМ і проаналізовані. Основною метою аналізу розподілу точності обробки партії деталей є прогнозування ймовірної кількості бракованих і придатних деталей на досліджуваній операції.

Вихідними даними для вирішення поставленої задачі є:

- дійсні відхилення (розміри) оброблюваних деталей x_i ;
- кількість деталей в досліджуваній вибірці (50 деталей);
- величина допуску на обробку δ ;
- максимальне x_{\max} та мінімальне x_{\min} граничні відхилення згідно креслення.

Побудову гістограми вибірки проводимо в наступній послідовності.

1. Знаходимо попередню кількість квантів (інтервалів), на які треба розбити вісь OX , за формулою

$$k = 1 + 3,2 \cdot \lg N \quad (2.1)$$

де N – кількість спостережень.

$$k = 1 + 3,2 \cdot \lg 50 = 6,45.$$

Одержане значення округлюють до найближчого цілого числа. Приймаємо $k = 7$.

2. Знаходимо довжину інтервалу:

$$\Delta x = \frac{(x_{\max} - x_{\min})}{k}; \quad (2.2)$$

$$\Delta x = \frac{(230 - (-130))}{7} = 51,42 \text{ мкм.}$$

Для зручності подальших обчислень округляємо отриману величину і приймаємо $\Delta x = 60$ мкм.

3. Середину центру розподілу фактичного значення розміру $(x_{\max} + x_{\min})/2$ приймаємо за центр інтервалу.

4. Підраховуємо кількість результатів N_m , які потрапили в кожен квантіль. N_m дорівнює кількості членів варіаційного ряду, для яких справедлива нерівність

$$x_m \leq z_i < x_m + \Delta x. \quad (2.3)$$

де x_m і $x_m + \Delta x$ – нижня і верхня межі m -го інтервалу.

При використанні формули значення z_i , яке потрапило на межу між $(m-1)$ і m інтервалами, відносять до m -го інтервалу.

5. Підраховуємо відносну частоту результатів N_m/N , що потрапили у кожен квантіль. Результати представлено у вигляді таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати даних експерименту

№ інтервалу	Межі інтервалу	Середина інтервалу	N_m	$p = N_m/N$
1	-130...-70	-100	6	0,12
2	-70...-10	-40	5	0,1
3	-10...50	20	12	0,24
4	50...110	80	6	0,12
5	110...170	140	9	0,18
6	170...230	200	12	0,24
Всього			50	1

6. Будуємо гістограму (рис. 2.1), що є ступінчатою кривою, значення якої на m -му інтервалі $(x_m, x_m + \Delta x)$ ($m = 1, 2 \dots k$) постійно дорівнює N_m/N .

Закону нормального розподілу підкоряються випадкові величини або похибки, на які впливає велика кількість не зв'язаних одна з одною і рівно імовірних причин. До таких чинників відносяться значення твердості, температури, об'єму і розмірів деталей, оброблюваних інструментами з досить високою твердістю тощо.

Аналітично диференціальна функція закону нормального розподілу виражається рівнянням [4]

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad (2.4)$$

де e – основа натурального логарифму;

x_i – значення аргументу, що відповідає результатам вимірювань в даному експерименті;

\bar{x} – середнє арифметичне для ряду параметрів;

n – кількість окремих значень параметрів;

σ – середнє квадратичне відхилення.

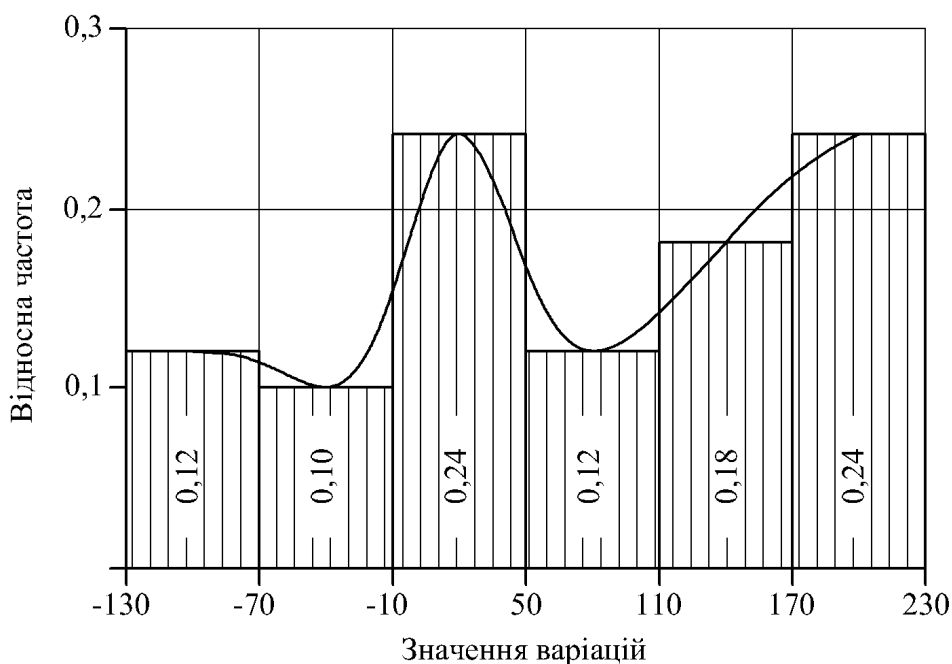


Рисунок 2.1 – Гістограма і полігон розподілу розмірів

Закони розподілу ймовірностей повністю характеризують випадкові величини, але при здійсненні математичних операцій із випадковими величинами урахування розподілів потребує великої обчислювальної роботи. Тому в практичних розрахунках прийнято користуватись числовими характеристиками розподілів, з яких найбільш інформативними, а тому й такими, що найчастіше використовуються „моменти розподілу”.

Моментом розподілу k -го порядку дискретної випадкової величини x називається сума добутків її імовірних значень $x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k$ (варіацій) на відповідні їм імовірності p_1, p_2, \dots, p_n [2]

$$v_k = \sum_{i=1}^n x_i^k p_i \quad (2.5)$$

Для неперервної випадкової величини x моментом k -го порядку є інтеграл

$$v_k = \int_{-\infty}^{\infty} x^k \cdot p(x) dx \quad (2.6)$$

Якщо момент беруть відносно початку відріку варіацій, то він називається початковим моментом розподілу і позначається v .

Початковий момент першого порядку дає середнє значення випадкової величини \bar{x} (за експериментальними даними) або математичне сподівання m_x середнього значення (за очікуваними даними)

$$v_1 = \sum_{i=1}^n x_i p_i \quad \text{або} \quad v_1 = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x)dx \quad (2.7)$$

Якщо момент беруть відносно угруповання (середнього значення варіацій), то він називається центральним моментом розподілу. Центральні моменти беруть відносно \bar{x} і m_x визначають за формулами:

$$\mu_k = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^k p_i, \quad \text{або} \quad \mu_k = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_x)^k p(x)dx. \quad (2.8)$$

Центральний момент першого порядку дорівнює нулю.

Центральний момент 2-го порядку характеризує ступінь розсіювання спостережень відносно центру групування і називається дисперсією D_x або σ_x^2 , де σ_x – середньоквадратичне відхилення

$$\mu_2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_x)^2 p(x)dx \quad (2.9)$$

При дискретних значеннях варіацій „статистична” дисперсія дорівнює

$$\mu_2 = D_x = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 p_i \quad (2.10)$$

Статистичний центральний момент третього порядку μ_3 характеризує відхилення кривої розподілу від симетричної. Для симетричного розподілу (нормального) $\mu_3=0$. Крива розподілу з однією вершиною при $\mu_3<0$ має лівосторонню (від’ємну) асиметрію, а при $\mu_3>0$ правосторонню (додатну) асиметрію. Він визначається за формулою

$$\mu_3 = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^3 p_i, \quad \text{або} \quad \mu_3 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 p_i. \quad (2.11)$$

Для симетричного розподілу $\mu_3 = 0$.

Центральний момент 4-го порядку характеризує гостровершинність кривої щільності розподілу і обчислюється за формулою

$$\mu_4 = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^4 p_i, \text{ або } \mu_4 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 p_i. \quad (2.12)$$

Він використовується при порівнянні експериментального закону розподілу з нормальним за допомогою величини, що називається ексцесом

$$E = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3. \quad (2.13)$$

Для нормального розподілу $E = 0$. Криві розподілу що є більш гостровершинними у порівнянні з кривою нормального розподілу мають додатній ексцес $E > 0$, а більш плосковершинні – від'ємний ексцес $E < 0$

У роботі визначено показники точності для лінійних розмірів, розсіювання яких при обробці підкоряється нормальному розподілу.

Перевірка гіпотези про відповідність нормальному розподілу проводиться з урахуванням того, що для нормального розподілу:

$$\mu_1 = 0; \mu_2 = D_x; \mu_3 = 0; \mu_4 = 3\sigma_x^4; E = 0; q_s = 0; \sigma_x = \sqrt{D_x}.$$

З метою виявлення відхилень отриманого розподілу випадкової величини від нормального розподілу визначають величини ексцесу E , показника асиметрії q_s і їх середніх квадратичних відхилень S_E і S_q .

$$E = \frac{\mu_4}{\mu_2^2}; \quad (2.14)$$

$$q_s = \frac{\mu_3}{\mu_2^{3/2}}. \quad (2.15)$$

Для визначення закону розподілу випадкової величини (і подальшого визначення за ним ймовірного відсотка браку) спочатку за результатами вимірів будують криву емпіричного розподілу розмірів і визначають її характеристики: $\bar{\sigma}$

– середньоарифметичний розмір партії і σ – середнє квадратичне відхилення, що визначається за наступними залежностями

$$\bar{x} = \frac{(x_1 m_1 + x_2 m_2 + \dots + x_k m_k)}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k x_i m_i ; \quad (2.16)$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^k \frac{(x_i - \bar{x})^2 m_i}{n}}, \quad (2.17)$$

де x_i – розмір у відповідному інтервалі;

n – кількість деталей у вибірці;

m_i – абсолютна частота потрапляння розміру у відповідний інтервал;

k – число інтервалів, на які розбите поле розсіювання розмірів.

Для виконання розрахунків, а також для визначення оцінювання критеріїв вибірки доцільно складемо таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Обчислення експериментальних даних

$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^3$	$(x_i - \bar{x})^4$	1-й початковий момент	2-й центральный момент	3-й центральный момент	4-й центральный момент
-167,9	28190,41	-4733170	794699216	-20,148	3382,849	-567980	95363906
-107,9	11642,41	-1256216	135545711	-10,788	1164,241	-125622	13554571
-47,9	2294,41	-109902	5264317	-11,496	550,6584	-26376,5	1263436
12,1	146,41	1771,561	21435,89	1,452	17,5692	212,5873	2572,307
72,1	5198,41	374805,4	27023467	12,978	935,7138	67464,96	4864224
132,1	17450,41	2305199	304516809	31,704	4188,098	553247,8	73084034
-107,4	64922,46	-3417512	1267070955	3,7	10239,13	-99053,2	188132743

Після проведення остаточних розрахунків було отримано наступні дані.

Ексцес $E = 1,79$.

Коефіцієнт асиметрії $q_s = 0,18$.

Середнє квадратичне відхилення $\sigma = 6,43$.

Коефіцієнт точності $\mu = 1,294264645$.

Середнє відхилення $\bar{x} = 17,9$ мкм.

Зміщення рівня налагодження:

- фактичне $E_f = -0,98$;
- допустиме $E_d = -2,4651264$.

Коефіцієнти точності налагодження:

- фактичний $e_f = -0,0634$;
- допустимий $e_d = -0,10$.

Оскільки коефіцієнт точності $\mu = 1,294264645 > 1$, то точність механічної обробки вважається недостатньою і деяка частина деталей найближчим часом може бути бракованою. Крім того бачимо, що $e_d < e_f$, а це означає, що якість налагодження обладнання недостатня і це з великою ймовірністю може викликати появу браку.

Тому, незважаючи на те, що всі деталі з вибірки відповідають вимогам точності, продовжувати технологічний процес на операції 045 небезпечно з точки зору високої ймовірності виникнення браку і обладнання потребує налагодження.

2.3 Висновки та пропозиції щодо використання результатів виконаних досліджень

В кваліфікаційній роботі встановлено перспективні ймовірнісно-статистичні методи оцінювання точності механічної обробки деталей, розроблено методика, проведені експериментальні дослідження та визначені статистичні характеристики точності обробки при фрезеруванні картера коробки передач 695Ж2-1701015-В.

Результати досліджень дозволили зробити висновок щодо небезпечності здійснення технологічного процесу на фрезерній операції картера коробки передач 695Ж2-1701015-В з причини високої ймовірності виникнення браку, незважаючи на те, що всі деталі з вибірки відповідали вимогам точності.

Запропонована методика дослідження статистичних характеристик точності обробки може застосовуватися для широкої номенклатури технологічних операцій механічної обробки деталей в машинобудівній галузі промисловості.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Службове призначення та характеристика об'єкту виробництва.

Аналіз технологічності виробу

Картер коробки передач 695Ж2-1701015-В є базовою деталлю двоступеневого редуктора гідромеханічної двоступеневої передачі (ГМП-2), яка складається з гідротрансформатора, механічного двоступеневого редуктора, системи керування, масляної системи, системи приводу та системи охолодження. Вона призначена для автобусів марки ЛАЗ-4201; ЛАЗ-4202 і служить для автоматичної зміни частоти обертання колінчастого валу і крутного моменту на ведучих колесах автобуса, в залежності від умов руху, полегшення керування автобусом та підвищення безпеки руху в умовах напруженого міського руху та підвищення комфортабельності автобуса.

Картер коробки передач, разом з ведучим, проміжним та веденим валами з шестернями постійного зачеплення, підшипниками, подвійним фрикціоном та механізмом заднього ходу складають механічний двоступеневий редуктор.

Картер коробки передач переднім фланцем закріплюється на шпильках до картера гідротрансформатора. Їхнє взаємне центрування забезпечується двома штифтами, які встановлюються у два отвори $\varnothing 11_{+0,016}^{+0,040}$ мм. Знизу до картера кріпиться масляний піддон. В центральній частині картера встановлюється передній підшипник відомого валу. В задній стінці картера розташовані отвори для підшипників відомого та проміжного валів, а також отвори в стінці картера і спеціальний прилив, в який запресовується вісь проміжної шестерні.

Підшипники проміжного і веденого валів закриваються кришками. На задній кришці картера встановлюється циліндр ввімкнення заднього ходу. На площадці встановлюється корпус перемикача золотників периферійних клапанів, а люк для складання механізму включення заднього ходу зачинено кришкою, на якій знизу кріпиться корпус гільзи головного золотника.

Проміжний вал має передню опору на роликовому підшипнику в картері гідротрансформатора і задню опору на кульковому підшипнику в картері механічного редуктора.

Оскільки картер коробки передач служить для розміщення в ньому деталей передач, для забезпечення змащування передачі і підшипників, запобігання забруднення деталей і для сприймання зусиль, виникаючих при роботі, картер повинен бути достатньо міцним та жорстким, оскільки при надмірних деформаціях картера можливі перекоси валів, внаслідок чого можлива нерівномірність розподілення навантаження по довжині зубів.

Одним з факторів, які суттєво впливають на характер технологічного процесу, є технологічність конструкції виробу та його складових частин. При конструюванні виробів необхідно не тільки забезпечити експлуатаційні вимоги, але й вимоги до їх найбільш економічного виготовлення. Чим менша трудомісткість і собівартість виготовлення виробу, тим більше він вважається технологічним. Тому проектуванню технологічного процесу передуює відпрацювання виробу на технологічність. Оцінка технологічності конструкції виробу згідно ГОСТ 14.202-73 може бути двох видів: якісна і кількісна.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції узагальнено, на підставі досвіду виконавця і проводиться на всіх стадіях проектування, як попередня. Її характеризують показники: «добре» - «погано» [5].

Картер коробки передач (рис. 3.1) представляє собою корпусну деталь складної конфігурації та несиметричної форми. Це виливок коробчастої форми з алюмінієвого сплаву АК9Т ТУ У 14-10-006-98, який має високі ливарні властивості.

Хімічний склад і механічні властивості матеріалу заготовки подано в таблицях 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад алюмінієвого сплаву АК9Т ТУ У 14-10-006-98

Al, %	Si, %	Mn, %	Mg, %	Fe, %	Ti, %	Cu, %	Zn, %
89,0-90,5	8,5-9,5	0,4-0,6	0,3-0,45	0,2	0,05-0,15	0,05	0,01

Таблиця 3.2 – Механічні властивості алюмінієвого сплаву АК9Т ТУ У 14-10-006-98

σ_s , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	γ , кг/м ³
230	140	4	2660

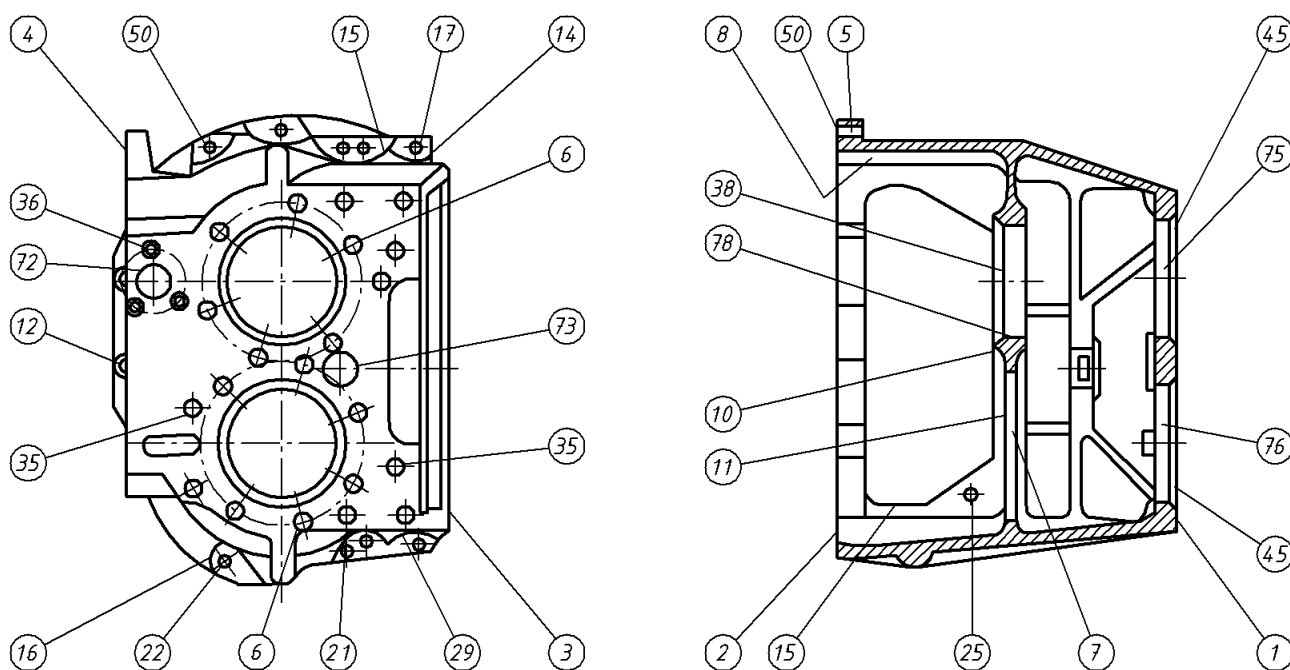


Рисунок 3.1 – Картер коробки передач 695Ж2-1701015-В

Деталь потребує спеціального оснащення для утворення внутрішніх порожнин.

Слід зауважити, що товщина стінок вилівка є дещо завищеною, оскільки найбільший габаритний розмір деталі не перевищує 440 мм і мінімальна товщина стінок для таких деталей складає 4...5 мм [6], а на кресленні деталі – 6 мм.

Передній фланець 2 повинен бути виконаний з площинністю поверхні 0,1 мм і шорсткістю поверхні $Ra_{3,2}$; на ньому розміщено два отвори 5 $\varnothing 11^{+0,040}_{+0,016}$ мм шорсткістю поверхні $Ra_{1,6}$, з фасками $0,6 \times 45^\circ$.

Перпендикулярність осей цих отворів відносно поверхні 2 дорівнює 0,02 мм на довжині в 100 мм (служать для запресування штифтів, що забезпечують взаємне центрування картера гідротрансформатора і картера коробки передач), а шістнадцять отворів $\varnothing 11^{+0,43}$ мм з шорсткістю поверхні $Ra_{12,5}$ та фасками $0,6 \times 45^\circ$ для кріплення шпильками.

Поверхня заднього фланця 1 деталі повинна бути паралельна поверхні 2 з відхиленням не більше за 0,05 мм на довжині 100 мм відповідно, що надає можливість точного встановлення на цю поверхню силового регулятора з важелями та інших допоміжних механізмів.

Різьбові отвори М10 під кріплення кришок підшипників виконано наскрізними, що полегшує їх обробку, але, при цьому, є багато глухих отворів, наявність яких ускладнює технологічний процес.

Ряд кріпильних отворів розташовано всередині відливки у важкодоступних для різального інструменту місцях. Так, обробку отвору $\varnothing 30$ мм можна проводити тільки із зворотного боку знімними цековками, які одягаються на оправку лише після того, як вона пропущена в отвір.

Решта оброблюваних поверхонь, з точки зору забезпечення точності та шорсткості, не викликають технологічних ускладнень, дозволяють вести обробку напрохід і надають можливість обробляти декілька поверхонь одночасно високопродуктивними методами.

Аналіз креслення картера 695Ж2-1701015-В показує, що найбільші вимоги до точності та якості оброблення висовуються до базових поверхонь 1, 2, 3, 4, для яких відхилення від площинності має бути не більшим за 0,1 мм і відхилення від паралельності – не більше за 0,05 мм на довжині в 100 мм; до поверхонь отворів 5, 6, 72, 73, 75, 76, які мають досить високі вимоги на допуски на відхилення твірних від паралельності не більше за 0,02 мм, від перпендикулярності – не більше за 0,02 мм на довжині в 100 мм.

Ці технічні вимоги викликані необхідністю забезпечити щільне прилягання деталей між собою, щоб виключити втрати мастила під час роботи, за рахунок їх нещільного прилягання.

Додаткові показники (коефіцієнти точності, шорсткості, використання матеріалу) розраховуємо для базової модифікованої конструкції деталі за даними таблиці 3.3.

Кількісна оцінка базується на визначенні відношення досягнутих показників до базових. У ГОСТ 14.201 - 83 наведено типовий перелік показників технологічності, з якого розробник повинен приймати мінімальну, але достатню їх кількість.

Таблиця 3.3 – Відпрацювання конструкції деталі на технологічність

Поверхня, що обробляється	Розміри поверхні, мм	Квалітет точності	Шорсткість, Ra
1	2	3	4
1	333±1,1	14	1,6
2	330,5 _{-0,2}	10	3,2
3	42±0,5; ∠4°30′	10	1,6
4	314 ^{+1,3}	10	1,6
5	∅11 ^{+0,040} _{-0,016}	13	3,2
6	∅9,6 ^{+0,2}	13	3,2
7	∅118,8 ^{+0,1}	9	6,3
8	∅128,8 ^{+0,1}	9	6,3
9	∅118,8 ^{+0,1}	9	6,3
10	151,5 ^{+0,3}	11	12,5
11	163,5 ^{+1,0}	14	12,5
12	K 1/8″	14	12,5
13	1×45°	14	12,5
14	R45 ^{+1,0}	14	12,5
15	R62,5 ^{+1,0}	14	12,5
16	R25 ^{+1,0}	14	12,5
17	∅11 ^{+0,43}	14	12,5
18	0,6×45°	14	12,5
19	∅9,3 ^{+0,2}	14	12,5
20	∅13 ^{+0,2}	14	12,5
21	∅9,3 ^{+0,2}	14	12,5
22	∅11,2 ^{+0,2}	14	12,5
23	∅17 ^{+0,5}	14	12,5
24	∅19 ^{+0,5}	14	12,5
25	∅7,3 ^{+0,2}	14	12,5
26	20 _{-0,14}	11	12,5
27	106 ^{+0,2}	10	12,5
28	24,5 _{-0,2}	14	12,5
29	R50 ^{+0,1}	10	12,5
30	24 ^{+0,045}	8	1,6
31	∅18 ^{+0,035}	8	1,6
32	1×45°	14	1,6
33	∅46,2 ^{+0,2}	10	1,6
34	∅46,2 ^{+0,2}	10	1,6
35	∅9,3 ^{+0,2}	12	1,6
36	∅11 ^{+0,040} _{+0,016}	14	1,6
37	∅5 ^{+0,2}	13	12,5
38	1×45°	14	12,5

Кінець таблиці 3.3

1	2	4	5
39	0,5×45°	14	12,5
45	1,6×45°	14	12,5
46	K 1/4''	12	12,5
47	∅12 ^{+0,3} ×16 ^{+1,0}	13	1,6
48	∅ 6 ^{-0,023} _{-0,041}	8	1,6
49	0,5×45°	14	12,5
50	0,6×45°	14	12,5
51	∅23 ^{+0,5}	14	12,5
52	∅28,4 ^{+0,5}	14	12,5
53	25±0,3	14	12,5
54	120×1°	14	12,5
55	∅12,5 ^{+0,4}	14	12,5
56	∅9 ^{+0,2}	14	12,5
57	∅11,2 ^{+0,24}	14	12,5
58	1,6×45°	14	12,5
59	∅10 ^{+0,2}	14	12,5
60	∅8,7 ^{+0,14}	12	12,5
61	∅24,5 ^{+0,24}	12	12,5
62	∅11 ^{+0,4}	14	12,5
63	1,6×45°	14	12,5
64	1,6×45°	14	12,5
65	0,6×45°	14	12,5
67	1,6×45°	14	12,5
68	26 _{-0,2}	10	12,5
69	55 ^{+0,12}	12	12,5
70	26 _{-0,52}	14	12,5
71	56 ^{+0,12}	10	12,5
72	∅47 ^{+0,027}	9	0,8
73	∅47 ^{+0,027}	9	0,8
74	2±0,1; ∠30°	12	0,8
75	∅ 130 ^{+0,01} _{-0,03}	8	0,4
76	∅ 120 ^{+0,009} _{-0,026}	8	0,4
77	1,6×45°	14	12,5
78	∅ 120 ^{+0,009} _{-0,026}	8	0,4
79	1,6×45°	14	12,5
80	1,6×45°	14	12,5
81	K 1/8''	14	12,5

Найчастіше використовуються наступні показники.

Рівень технологічності конструкції деталі за трудомісткістю виготовлення

$$K_T = \frac{T_\partial}{T_\sigma}, \quad (3.1)$$

де T_∂ і T_σ – досягнута і базова трудомісткість виготовлення, хв

$$T_\partial = \sum_{i=1}^p t_{um.i}, \quad (3.2)$$

де $t_{um.i}$ – штучний час i -ї операції, хв.;

p – кількість технологічних операцій;

T_σ – трудомісткість виготовлення, хв.

Для нашого випадку $T_\partial = 52,50$ хв (див. п. 3.2.5), $T_\sigma = 76,79$ хв, отже

$$K_T = \frac{52,50}{76,79} = 0,68.$$

Рівень технологічності конструкції за використанням матеріалу визначається за формулою

$$K_{BM} = \frac{M_\partial}{M_M}, \quad (3.3)$$

де M_∂ – маса готової деталі, кг;

M_M – маса матеріалу, витраченого на виготовлення деталі, кг.

Технологічність конструкції деталі за використанням матеріалу остаточно визначається після добору способу виготовлення заготовки й розрахунку припусків на обробку. Для нашого випадку $M_\partial = 14,4$ кг, $M_M = 16,3$ кг.

$$K_{BM} = \frac{14,4}{16,3} = 0,88.$$

Рівень технологічності конструкції за точністю обробки

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{T_{сер}}, \quad (3.4)$$

$$T_{сер} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i}, \quad (3.5)$$

де T_i – квалітет точності відповідної поверхні;

n_i – кількість розмірів певного квалітету точності.

$$T_{сер} = \frac{14 \cdot 86 + 13 \cdot 4 + 12 \cdot 7 + 11 \cdot 2 + 10 \cdot 6 + 9 \cdot 5 + 8 \cdot 6}{86 + 4 + 7 + 2 + 6 + 5 + 6} = 13,1;$$

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{13,1} = 0,92.$$

Оскільки $K_{тч} > 0,8$ – деталь технологічна.

Рівень технологічності конструкції за шорсткістю поверхонь

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{сер}}, \quad (3.6)$$

$$Ш_{сер} = \frac{\sum Ш_i n_i}{\sum n_i}, \quad (3.7)$$

де $Ш_i$ – параметр шорсткості відповідної поверхні;

n_i – кількість поверхонь певного параметра шорсткості.

Показники технологічності за шорсткістю і точністю можуть бути визначені зразу після внесення в креслення відповідних змін.

$$Ш_{сер} = \frac{12,5 \cdot 86 + 6,3 \cdot 9 + 3,2 \cdot 3 + 1,6 \cdot 12 + 0,8 \cdot 3 + 0,4 \cdot 3}{86 + 9 + 3 + 12 + 3 + 3} = 10,0;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{10,0} = 0,1.$$

Оскільки $K_{ш} < 0,3$ – деталь вважається технологічною.

3.2 Розроблення маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення виробу

3.2.1 Вибір заготовки

Виробництво заготовок має вирішальне значення в ефективності будь-якого виробництва. Вдалий вибір матеріалу виробу, способу виготовлення вихідної заготовки, її конструктивної форми і розмірів, обладнання і технологічного оснащення її для виробництва, часто визначає якість виробу і його ефективність у народному господарстві.

Базова деталь «Картер коробки передач» виготовляється з алюмінієвого сплаву АК9Т ТУ У 14-10-006-98, який має високі ливарні властивості.

Враховуючи тип виробництва (середньосерійне), розміри деталі (450×320×340 мм), вагу (14,4 кг), матеріал деталі, форму деталі (складна коробчаста форма), а також відповідно до оцінки показників технологічного процесу і якості виготовлення, приймаємо два способи одержання заготовки:

1 – литво в кокіль;

2 – литво під тиском.

Литво в кокіль має такі основні властивості [6]:

- можливість багаторазового використання ливарної форми;
- досить висока точність розмірів і якість поверхонь заготовки;
- низька трудомісткість і собівартість заготовки;
- задовільні умови праці;
- не потрібна висока кваліфікація робітників.

Литво під тиском, крім вказаних вище властивостей для кокільного литва, має такі властивості:

- порівняно вища якість вилівка (7...12 квалітет, шорсткість поверхонь 3,2...12,3 [6];

- можливість виливання тонких стінок (до 5 мм), отворів (до 150 мм), поверхонь з різями, менших припусків на механічну обробку.

Недоліком литва під тиском є висока вартість ливарних форм.

Розглядаємо обидва способи отримання заготовки для деталі. Із можливих варіантів отримання заготовки приймається той, який після розрахунку собівартості виявиться більш економічно вигідним.

Вартість заготовки визначаємо за формулою

$$C_g = 0,001[C_i \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_e \cdot K_M \cdot K_{cm} - (Q - q) \cdot C_{відх}], \quad (3.8)$$

де Q – маса заготовки, кг;

q – маса деталі, кг;

$C_{відх}$ – ціна 1 т відходів, грн. (для нашого випадку $C_{відх}$ становить 32000 грн/т;

C_i – базова ціна 1 т виливків;

K_m – коефіцієнт, що враховує клас точності виливка;

K_c – коефіцієнт, що враховує групу складності виливка;

K_e – коефіцієнт, що враховує програму річного замовлення та масу виливка;

K_M – коефіцієнт, що враховує марку матеріалу виливка;

K_{cm} – коефіцієнт, що враховує зменшення товщини основних стінок виливка відносно базової товщини.

Вибираємо з літератури [7] необхідні параметри для розрахунку собівартості виготовлення заготовки і заносимо в таблицю 3.4. Ціну однієї тонни заготовок взято станом на 30.11.2021.

Таблиця 3.4 – Дані для розрахунку собівартості

Вид лиття	C_i , грн.	K_m	K_c	K_e	K_M	K_{cm}
Лиття в кокіль	150000	1,00	1,0	0,94	4,36	1,34
Лиття під тиском	165000	1,32	1,0	0,94	4,36	1,10

Собівартість заготовки, виготовленої литтям в кокіль

$$C_g = 0,001[C_i \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_e \cdot K_M \cdot K_{cm} - (Q - q) \cdot C_{відх}];$$

$$C_g^{кок.} = 0,001[150000 \cdot 16,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,94 \cdot 4,36 \cdot 1,34 - (16,3 - 14,4) \cdot 32000] = 13367 \text{ грн.}$$

Собівартість заготовки, виготовленої литтям під тиском

$$C_{\text{г}}^{\text{тис.}} = 0,001[165000 \cdot 14,9 \cdot 1,32 \cdot 1,0 \cdot 0,94 \cdot 4,36 \cdot 1,1 - (14,9 - 14,4) \cdot 32000] = 14614 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від раціонального методу виготовлення складає

$$E = (C_{\text{г}}^{\text{тис.}} - C_{\text{г}}^{\text{кок.}}) \cdot N; \quad (3.9)$$

$$E = (14614 - 13367) \cdot 20000 = 24940000 \text{ грн.}$$

Отже метод литва в кокіль при виготовленні заготовки з економічної точки зору є більш доцільним.

3.2.2 Вибір методів оброблення, технологічних і вимірювальних баз

Оброблення плоских поверхонь корпусу раціонально здійснювати методом фрезерування. Оброблення отворів під підшипники – методом розточування. Виконання різьбових отворів – методом свердління з подальшим нарізанням різі [8].

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

Згідно службового призначення деталі зроблено висновок, що основними базами картера є торець 2 (основна установча база), та два отвори $5 \text{ } \varnothing 11_{-0,016}^{+0,040}$ мм (основні напрямна і опорна бази).

Деталь має такий комплект допоміжних баз:

Поверхня 4 – допоміжна установча база;

Отвори $\varnothing 128,8^{+0,1}$ мм і $\varnothing 118,8^{+0,1}$ мм – допоміжні напрямна та опорна бази.

Аналіз технічних умов показав, що вісі отворів 7, 8, 9, 72, 73 повинні бути перпендикулярні до площини 2. Положення площини поверхні 1 задано відносно площини 1, вимогою паралельності і значенням відстані між ними.

Із викладеного видно:

- найбільш жорсткі вимоги є до положення допоміжних установчих, напрямних і опорних баз. Тому поверхні допоміжних баз отвори 7, 9 площин

поверхні 4 необхідно обробляти від одних баз і бажано з однієї установки на основні бази деталі;

- обробка кріпильних отворів повинна виконуватись при базуванні деталі на основні бази;

- обробка вільних поверхонь повинна проводитись при базуванні в залежності від зручності на основі або допоміжні бази.

Таким чином, на найбільш відповідальних операціях, за технологічні бази повинні використовуватись основні бази деталі, тому їх потрібно обробляти в першу чергу.

Цими поверхнями є поверхня 2 і два отвори $\varnothing 11_{-0,016}^{+0,040}$ мм, тому виконуємо їх з точністю 7 квалітету.

Вирішивши питання з технологічними базами для більшості операцій вибираються бази для перших операцій.

Розглядаємо два способи базування:

- на поверхню 2 і два отвори 5 $\varnothing 11_{-0,016}^{+0,040}$ мм (рис. 3.2);
- на поверхні 2 і 7 (рис. 3.3).

Робимо висновок, що варіант 1 дає меншу похибку базування, тому приймаємо його.

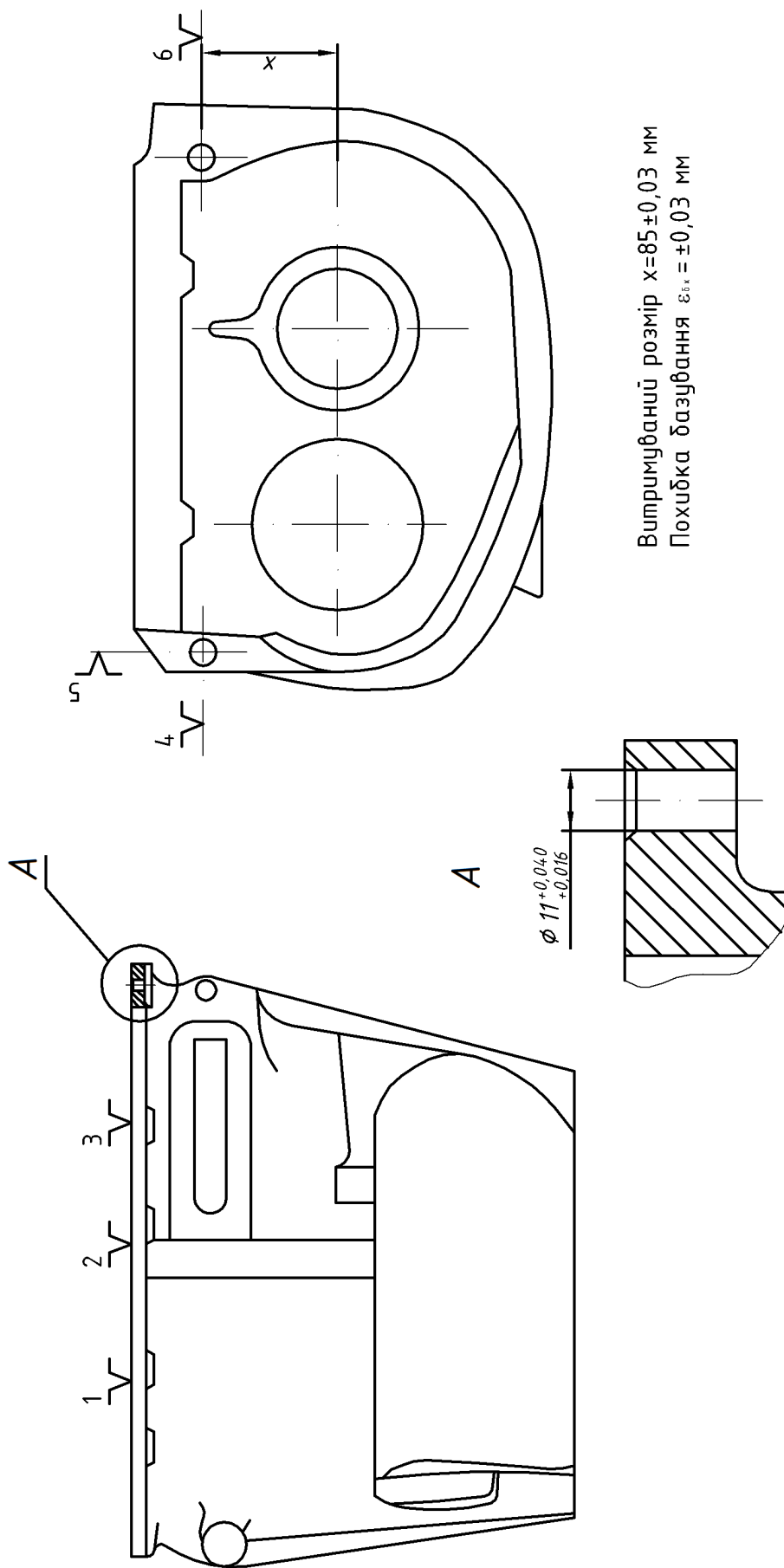
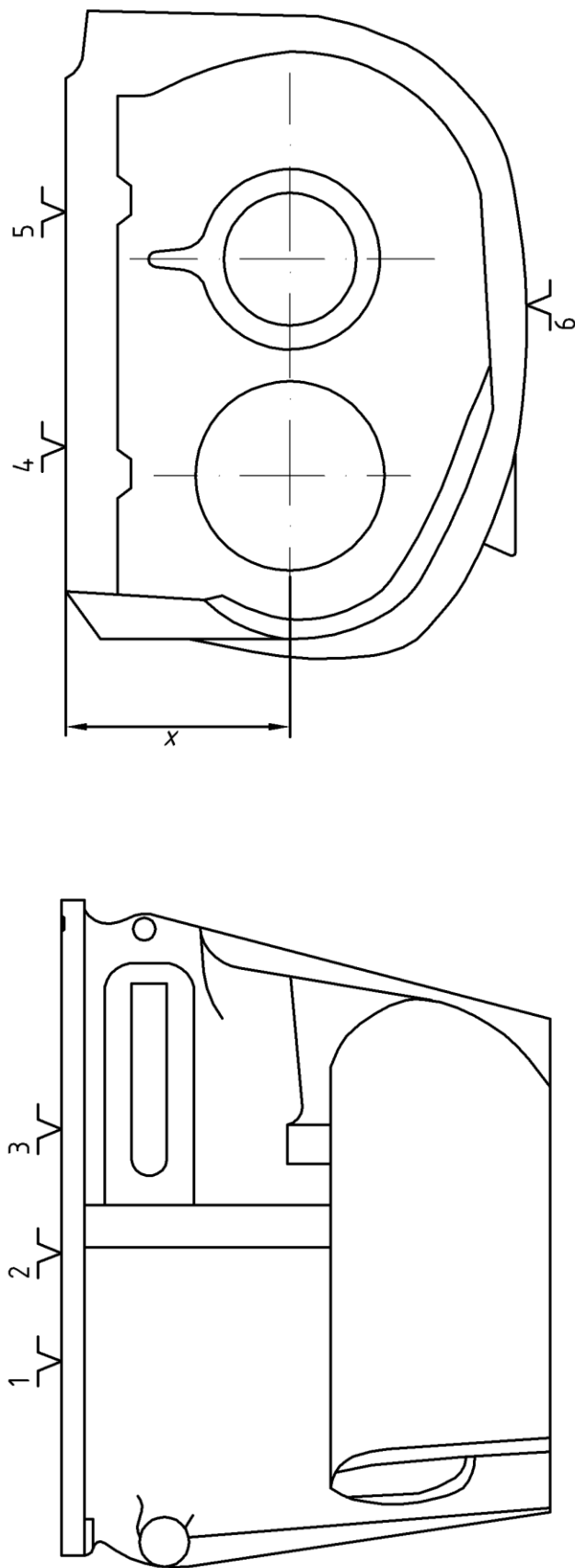


Рисунок 3.2 – Схема базування 1



Витримуваний розмір $x = 85 \pm 0,03$ мм
 Похибка базування $\varepsilon_b = \delta_{\text{в.ем}} = 1,3$ мм

Рисунок 3.3 – Схема базування 2

3.2.3 Формування маршрутно-операційного технологічного процесу виготовлення деталі

Пропонуємо два варіанти технологічного процесу виготовлення корпусу і аналізуємо необхідні операції та їх послідовність. Варіанти операцій технологічного процесу вибираємо, враховуючи конструкцію деталі, параметри її розмірів та тип виробництва [8].

Розробляємо два варіанти технологічного маршруту механічної обробки, які представлено в таблицях 3.5 і 3.6 та проводимо їх аналіз.

Таблиця 3.5 – Перший варіант технологічного процесу

№ оп.	Назва і зміст операції	Модель верстата
1	2	3
005	Карусельно-фрезерна: Фрезерувати поверхні 1, 2, 3, 4.	Карусельно-фрезерний вертикальний 6M23
010	Радіально-свердлильна: Свердлити 2 отвори 5 і 6.	Радіально-свердлильний 2H56
015	Вертикально-розточна: Розточити одночасно отв. 7, 8, 9.	Вертикально-розточний напівавтомат 2A524
020	Алмазно-розточна: Розточити 2 отв. 5 і 6 одночасно.	Алмазно-розточний напівавтомат КК-133
025	Токарно-гвинторізна: Підрізати торці 10, 11, 12, фаску 13. Розточити поверхні 14, 15 послідовно. Підрізати поверхні.	Токарно-гвинторізний 1M63
030	Вертикально-свердлильна: Свердлити 16 отворів поверхонь 17 одночасно.	Спеціальний вертикально- свердлильний напівавтомат 2C170C783
035	Вертикально-свердлильна: Зенкувати 16 фасок поверхонь 18 одночасно.	Вертикально- свердлильний 2H135
040	Радіально-свердлильна: Свердлити 2 отвори поверхонь 19, два отвори поверхонь 20, 7 отворів поверхонь 21 послідовно.	Радіально-свердлильний 2M55

Продовження таблиці 3.5

1	2	3
045	Радіально-свердлильна: Свердли 4 отвори поверхонь 22, 14 отворів поверхонь 23, отвір поверхні 24 послідовно. Свердли 21 отвір поверхні 25 послідовно.	Радіально-свердлильний 2М55
050	Спеціально-фрезерна: Фрезерувати поверхні 26, 27 послідовно.	Вертикально-свердлильний 2Н135
055	Горизонтально-фрезерна: Фрезерувати поверхню 28.	Горизонтально-фрезерний 6М82Г
060	Вертикально-фрезерна з ЧПК: Фрезерувати поверхню 29.	Вертикально-фрезерний 6Р13Ф3
065	Агрегатно-свердлильна: Свердли отвори 30, 31. Розсвердли отвір 31. Зенкувати отвір 30, отвір 31, фаску 32. Зенкерувати отвори 33, 34.	Агрегатно-свердлильний АМ-8849
070	Радіально-свердлильна: Свердли 2 отвори 35. Свердли отвір 36. Свердли 3 отвори 37. Зенкувати фаску 38. Зенкувати 3 фаски 39.	Радіально-свердлильний 2М55
075	Радіально-свердлильна: Зенкувати фаску 45. Нарізати різь 46. Свердли отвір 48. Розвернути 2 отвори 50. Свердли отвір 51. Зенкувати отвір 52. Цекувати поверхню 53. Зенкувати фаску 54. Нарізати різь 52. Свердли отвори 55, 56 послідовно. Розсвердли отвір 55. Зенкувати фаску 56. Нарізати різь 55.	Радіально-свердлильний 2М55

Кінець таблиці 3.5

1	2	3
080	Радіально-свердлильна: Свердлити отвір 59. Свердлити 2 отвори 60. Свердлити 2 отвори 61. Свердлити 2 отвори 62.	Радіально-свердлильний 2М55
085	Радіально-свердлильна: Свердлити отвір 57. Зенкувати фаску 58.	Радіально-свердлильний 2М55
090	Радіально-свердлильна: Зенкувати 7 фасок 63. Зенкувати 4 фаски 64. Зенкувати 2 фаски 65. Зенкувати 21 фаску 66 і 67 послідовно.	Радіально-свердлильний VR-2
095	Горизонтально-фрезерна: Фрезерувати поверхні 68, 69 одночасно.	Горизонтально-фрезерний 6Р82Г
100	Алмазно-розточна Підрізати поверхні 70, 71 одночасно.	Алмазно-розточний напіваавтомат КК-730
105	Алмазно-розточна: Розточити отвори 72, 73. Розточити фаску 74 послідовно.	Алмазно-розточний напіваавтомат 2705
110	Алмазно-розточна: Розточити отвори 75, 76. Розточити фаску 77. Розточити поверхню 78. Розточити фаску 79.	Алмазно-розточний напіваавтомат ОС3169
115	Слюсарна: Зенкувати фаску 80. Нарізати різь 81.	Верстак 517Т-00-000

Таблиця 3.6 – Другий варіант технологічного процесу

№ оп.	Назва і зміст операції	Модель верстата
1	2	3
005	Карусельно-фрезерна: Фрезерувати поверхні 1, 2, 3, 4.	Карусельно-фрезерний вертикальний 6М23
010	Радіально-свердлильна: Свердлити 2 отвори 5 і 6.	Радіально-свердлильний 2М55
015	Вертикально-розточна: Розточити одночасно отв. 7, 8, 9.	Вертикально-розточний напівавтомат 2А524
020	Алмазно-розточна: Розточити 2 отв. 5 і 6 одночасно.	Алмазно-розточний напівавтомат КК-133
025	Токарно-гвинторізна: Підрізати торці 10, 11, 12, фаску 13. Розточити поверхні 14, 15 послідовно. Підрізати поверхні 16.	Токарно-гвинторізний 1М63
030	Агрегатно-свердлильна: Свердлити 16 отворів поверхонь 17 одночасно. Зенкувати 16 фасок поверхонь 18 одночасно. Свердлити отвори 19, 20, 21 одночасно. Свердлити отвори 23, 24, 22 одночасно. Свердлити отвір 25.	Агрегатно-свердлильний АМ-8848
035	Спеціально-фрезерна: Фрезерувати поверхні 26, 27 послідовно.	Вертикально- свердлильний 2Н135
040	Горизонтально-фрезерна: Фрезерувати поверхню 28.	Горизонтально-фрезерний 6М82Г
045	Вертикально-фрезерна з ЧПК Фрезерувати поверхню 29.	Вертикально-фрезерний 6Р13Ф3
050	Агрегатно-свердлильна: Свердлити отвори 30, 31. Розсвердлити отвір 31. Зенкувати отвір 30, отвір 31, фаску 32. Зенкерувати отвори 33, 34.	Агрегатно-свердлильний АМ-8849
055	Радіально-свердлильна: Свердлити 2 отвори 35. Свердлити отвір 36. Свердлити 3 отвори 37. Зенкувати фаску 38. Зенкувати 3 фаски 39.	Радіально-свердлильний 2М55

Кінець таблиці 3.6

1	2	3
060	Радіально-свердлильна: Зенкувати фаску 45. Нарізати різь 46. Свердлити отвір 48. Розвернути 2 отвори 50. Свердлити отвір 51. Зенкувати отвір 52. Цекувати поверхню 53. Зенкувати фаску 54. Нарізати різь 52. Свердлити отвори 55, 56 послідовно. Розсвердлити отвір 55. Зенкувати фаску 56. Нарізати різь 55.	Радіально-свердлильний 2М55
065	Радіально-свердлильна: Свердлити отвір 59. Свердлити 2 отвори 60. Свердлити 2 отвори 61. Свердлити 2 отвори 62.	Радіально-свердлильний 2М55
070	Радіально-свердлильна: Свердлити отвір 57. Зенкувати фаску 58.	Радіально-свердлильний 2М55
075	Радіально-свердлильна: Зенкувати 7 фасок 63. Зенкувати 4 фаски 64. Зенкувати 2 фаски 65. Зенкувати 21 фаску 66 і 67 послідовно.	Радіально-свердлильний VR-2
80	Горизонтально-фрезерна: Фрезерувати поверхні 68, 69 одночасно.	Горизонтально-фрезерний 6Р82Г
85	Алмазно-розточна: Підрізати поверхні 70, 71 одночасно.	Алмазно-розточний напівавтомат КК-730
90	Алмазно-розточна: Розточити отвори 72, 73. Розточити фаску 74 послідовно.	Алмазно-розточний напівавтомат 2705
95	Алмазно-розточна: Розточити отвори 75, 76. Розточити фаску 77. Розточити поверхню 78. Розточити фаску 79.	Алмазно-розточний напівавтомат ОС3169
100	Слюсарна: Зенкувати фаску 80. Нарізати різь 81.	Верстак 517Т-00-000

Другий варіант відрізняється від першого тим, що замість чотирьох послідовних операцій 030, 035, 040 і 045 на яких проводять оброблення поверхонь 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 і 25 за допомогою спеціального вертикально-свердлильного напівавтомата 2С170С783, вертикально-свердлильного верстата 2Н135 та двох радіально-свердлильних 2М55, застосована одна агрегатно свердлильна операція 030, на якій проводиться оброблення всіх перерахованих поверхонь за допомогою агрегатно-свердлильного верстата АМ-8848.

Це дозволить зменшити номенклатуру верстатів та зменшити штучний час виготовлення деталі, тому другий варіант вважаю більш раціональним.

3.2.4 Вибір різального, вимірювального та допоміжного інструменту

При виборі типу і конструкції різального інструменту слід враховувати характер виробництва, метод обробки, тип верстата, розмір, конфігурацію і матеріал оброблюваної заготовки, необхідну якість поверхні, точність обробки.

Проведемо вибір різального та вимірювального інструменту, що буде необхідний для здійснення спроектованого технологічного процесу виготовлення деталі представимо його результати у вигляді таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Вибір різального інструменту

№ операції	Назва операції	Різальний інструмент
1	2	3
005	Карусельно-фрезерна	Фреза торцева 21-272 ВК6 ГОСТ26595-85
010	Радіально-свердлильна	Свердло 10-362 ГОСТ10903-77
015	Вертикально-розточна	Різець розточний 04-1619 ВК6 ГОСТ19048-80
020	Алмазно-розточна	Різець розточний 04-1577 ВК6 ГОСТ19048-80
025	Токарно-гвинторізна	Різець розточний 04-1724 ВК6 ГОСТ19043-80
		Різець розточний 04-1725 ВК6 ГОСТ19073-80
		Різець розточний 04-1726 ВК6 ГОСТ19073-80

Продовження таблиці 3.7

1	2	3
030	Агрегатно-свердлильна	Свердло 2301-1013 P6M5 ГОСТ10903-77 Свердло 2301-1033 P6M5 ГОСТ10903-77 Свердло 2301-1051 P6M5 ГОСТ10903-77 Свердло 2301-1113 P6M5 ГОСТ10903-77
035	Спеціально-фрезерна	Фреза 2210-4003 BK6 ГОСТ20534-75
040	Горизонтально-фрезерна	Фреза 17-102 BK6 ГОСТ26595-85
045	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Фреза 2241-0512 ГОСТ20534-75
050	Агрегатно-свердлильна	Свердло 10-457 P6M5 ГОСТ10903-77 Зенкер 11-988 ГОСТ21540-76 Зенкер 11-1092 ГОСТ21540-76 Розвертка 12-847 ГОСТ1672-71 Зенкер 11-977 ГОСТ21540-71
055	Радіально-свердлильна	Свердло 2300-0765 ГОСТ10903-77 Зенківка 2353-0142 ГОСТ14953-80 Зенкер 11-1092 ГОСТ21540-76
060	Радіально-свердлильна	Свердло 2301-3381 P6M5 ГОСТ10903-77 Зенківка 2353-0133 ГОСТ14953-80 Мітчик K1/4" ГОСТ17933-72 Свердло 2300-0099 P6M5 ГОСТ10903-77 Розвертка 2363-4107 ГОСТ1672-71 Свердло 2301-0079 ГОСТ10903-77 Зенкер 11-892 ГОСТ12489-71 Цековка 2350-0142 P6M5 Зенківка 2353-0145 ГОСТ14953-80 Мітчик M27×2 ГОСТ3266-81 Свердло 2300-0393 P6M5 ГОСТ10903-77 Зенківка 2353-0142 ГОСТ14953-80 Мітчик 2620-9799 M12-7H ГОСТ3266-81

Кінець таблиці 3.7

1	2	3
065	Радіально-свердлильна	Свердло 2300-1951 ГОСТ10903-77 Зенківка 2353-0133 ГОСТ14953-80 Мітчик К1/4" 2680-4004 ГОСТ17933-72
070	Радіально-свердлильна	Свердло 2300-0328 ГОСТ10903-77 Свердло 2301-0354 ГОСТ10903-77 Свердло 2301-0404 ГОСТ10903-77 Свердло 2301-0083 ГОСТ10903-77
075	Радіально-свердлильна	Зенківка 2353-0142 ГОСТ14953-80 Зенківка 2353-0148 ГОСТ14953-80
080	Горизонтально-фрезерна	Фреза ВК6 15-353 ГОСТ20534-75
085	Алмазно-розточна	Різець розточний ВК6 04-1690 ГОСТ19778-78
090	Алмазно-розточна	Різець розточний 04-1123 ВК3 ГОСТ19048-80 Різець розточний 04-1189 ВК3 ГОСТ19048-80
095	Алмазно-розточна	Різець розточний 04-1395 ВК3 ГОСТ19048-80
100	Слюсарна	Зенківка 2353-0133 ГОСТ14953-80. Мітчик К1/8" 2680-4004-02 ГОСТ17933-72.

Контроль заготовки деталі “Картер коробки передач” проводиться наступним чином:

- зовнішній огляд заготовок, для виявлення дефектів литва, механічних пошкоджень заготовок;
- контроль твердості матеріалу (проводиться для 4-5 деталей у партії);
- контроль геометричних розмірів відливок (для 2-3 деталей у партії).

Для полегшення аналізу інструменту технічного контролю зводимо дані у таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 – Вибір засобів контролю параметрів поверхонь

Контрольований розмір, мм	Інструмент технічного контролю
1	2
333±1,0	Штангенциркуль ШЦ-III-400-0,1 ГОСТ 166-80; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80; Скоба 330,5 _{-0,2} ; Плита 1-0-100×630 ГОСТ 10905-86.
330,5 _{-0,2}	
42±0,5	
314 ^{+1,3}	
20±0,3	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80.
∅9,6 ^{+0,2}	
∅128,8 ^{+0,1}	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-80; Спеціальні шаблони.
∅118 ^{+0,1}	
132±0,02	
100,45±0,03	
391±0,03	Пробка 11 ^{+0,040} _{+0,016} ; Пристосування; Еталон.
∅11 ^{+0,040} _{+0,016}	
151,5 ^{+0,3}	Штангенглибиномір ШГ 0÷200 ГОСТ 162-80; Шаблон; Штангенциркуль ШЦ-315-0,1 ГОСТ 166-80.
163,5 ^{+1,0}	
29,6	
R125 ^{+0,1}	
∅148 ^{+1,0}	
R129 ^{+1,0}	
1×45°	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80.
11 ^{+0,43}	
∅7,3 ^{+0,2}	Пробка 7,8 ^{+0,2} ; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80; Пробка 9,3 ^{+0,2} .
∅9,3 ^{+0,2}	
20 _{-0,14}	Скоба 20 _{-0,14} ;
106 ^{+0,2}	Пробка 106 ^{+0,2} .

Продовження таблиці 3.8

1	2
24,5 _{-0,5}	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80; Штангенциркуль ШЦ-II-315-0,1 ГОСТ 166-80.
22 _{-0,5}	
319 ^{+0,4}	
16 _{-0,4}	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80.
25 ^{+0,5}	
75±0,4	
R50 ^{+2,0}	
∅18 ^{+0,035}	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80; Штангенглибиномір ШГ-200 ГОСТ 162-80; Пробка 24 ^{+0,045} ; Пробка 18 ^{+0,035} .
∅24 ^{+0,045}	
40±1,5	
∅46 ^{+0,2}	
∅9,3 ^{+0,2}	Пробка 9,3 ^{+0,2} ; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80
∅11 ^{+0,4}	
КГ ¼»	Пробка КГ ¼»»; Пробка 8,7 ^{+0,14} ; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80; Пробка 6 ^{-0,023} _{-0,041} ; Пробка 9 ^{+0,2} ; Пробка М27-2; Пробка М12-6Н.
∅8,7 ^{+0,14}	
М27-2	
∅6 ^{-0,023} _{-0,041}	
∅9 ^{+0,2}	
М12-6Н	
∅8,7 ^{+0,14}	Пробка 8,7 ^{+0,14} ; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80.
55±0,1	
∅10 ^{+0,4}	
55 ^{+0,2}	Калібр 55 ^{+0,2} ; Калібр 26,5 _{-0,2} .
26,5 _{-0,2}	
56 ^{+0,12}	Пробка 56 ^{+0,12} ; Калібр 26 _{-0,52} .
26 _{-0,52}	

Кінець таблиці 3.8

1	2
$\varnothing 47^{+0,027}$	Пробка 47 ^{+0,027} ; Нутромір НИ-18-50 ГОСТ 868-82.
71,08±0,3	
$\varnothing 120_{-0,045}^{-0,016}$	Нутромір НИ 100-160 ГОСТ 868-82;
$\varnothing 130_{-0,030}^{+0,016}$	Еталон 120 ^{-0,016} _{-0,045} ; Еталон 130 ^{+0,016} _{-0,030} ;
85±0,03	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80.

Кінцевий приймальний контроль готових деталей здійснює контролер на контрольній операції.

Контролю підлягають:

- зовнішній вигляд деталей (деталь повинна бути без задирів та гострих кромок);
- шорсткість оброблених поверхонь;
- контрольні розміри з застосуванням пристроїв для контролю;
- перевірка різей та отворів згідно креслення деталі.

На основі цих даних заповнюємо операційні карти технічного контролю.

3.2.5 Визначення режимів різання та технічних норм часу

Режим обробки деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Елементи режимів різання повинні підбиратись так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Режим різання встановлюють враховуючи характер обробки, тип і розміри інструменту, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан обладнання. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню – швидкість різання [9].

Режими різання для операції 005 Карусельно-фрезерна визначимо розрахунково-аналітичним методом, на решту операцій – призначаємо за табличним методом [10].

Операція 005 Карусельно-фрезерна.

Фрезерування поверхні 1 в розмір $333 \pm 0,4$ мм.

1) Характер обробки – чистова;

2) Металорізальний інструмент – торцева фреза;

3) Глибина різання. Згідно технологічного процесу виготовлення деталі передбачено отримання потрібної шорсткості поверхні Ra1,6. Тоді глибина різання рівна припуску, тобто $t = 2$ мм

4) Подачу S визначаємо згідно [7] $S_0 = 0,4 \dots 0,6$ мм/об, тоді

$$S_z = \frac{S_0}{z} = (0,4 \dots 0,6) / 12 = 0,033 \dots 0,05 \text{ мм/зуб.}$$

Приймаємо $S_z = 0,04$ мм/зуб.

5) Середнє значення стійкості визначаємо згідно [7], табл. 38, $T = 240$ хв.

6) Швидкість різання визначаємо за формулою згідно [7]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{qv}}{T^m \cdot t^{xv} \cdot S_z^{yv} \cdot B^{uv} \cdot z^{pv}} \cdot K_v, \quad (3.10)$$

де $K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$ - коефіцієнт;

K_{mv} - коефіцієнт, який враховує якість обробляємого матеріалу;

K_{nv} - коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки;

K_{uv} - коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту;

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{1,25};$$

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{200} \right)^{1,25} = 0,9.$$

$K_{nv} = 0,8$ згідно [7];

$K_{uv} = 0,83$ згідно [7].

Отже,

$$K_v = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,6.$$

Значення коефіцієнтів і показників степені у формулі розрахунку швидкості різання при фрезеруванні вибираємо згідно [7]. $C_v = 445$; $q_v = 0,2$; $x_v = 0,15$; $y_v = 0,35$; $u_v = 0,2$; $P_v = 0$; $m = 0,32$. Тоді,

$$V = \frac{445^{0,2} \cdot 350^{0,2}}{240^{0,32} \cdot 3,6^{0,15} \cdot 0,04^{0,35} \cdot 115^{0,2} \cdot 12^0} \cdot 0,6 = 147 \text{ м/хв.}$$

7) Частота обертання фрези [7]:

$$n_\phi = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_\phi}, \quad (3.11)$$

В нашому випадку,

$$n_\phi = \frac{1000 \cdot 147}{3,14 \cdot 350} = 135 \text{ об/хв.}$$

8) Хвилинна подача:

$$S_{x\phi} = S_z \cdot n;$$

$$S_{x\phi} = 0,04 \cdot 135 \cdot 12 = 65 \text{ мм/хв.}$$

9) Сила різання згідно [7], визначається за формулою

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot z}{D^{C_p} \cdot n^{w_p}} \cdot K_p,$$

де K_p - коефіцієнт, який враховує силу різання;

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{0,4};$$

$$K_p = \left(\frac{200}{190} \right)^{0,4} = 1,09.$$

Коефіцієнти і показники степені у формулі розрахунку сили різання P_z при фрезеруванні вибираємо згідно [7], а саме: $C_p = 54,5$; $x_p = 0,9$; $y_p = 0,74$; $u_p = 1,0$; $w_p = 0$; $q_p = 1,0$. Тоді

$$P_z = \frac{54,5 \cdot 3,6^{0,9} \cdot 0,04^{0,74} \cdot 115^{1,0} \cdot 12 \cdot 1,09}{350^{1,0} \cdot 293^0} = 450,03 \text{ Н.}$$

10) Ефективна потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (3.12)$$

$$N_e = \frac{450,03 \cdot 147}{1020 \cdot 60} = 1,2 \text{ кВт.}$$

11) Потужність приводу верстату:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_e}{\eta},$$

де η – коефіцієнт корисної дії трансмісії верстата, $\eta = 0,75$.

$$N_{\text{дв}} = \frac{1,2}{0,75} = 1,6 \text{ кВт.}$$

12) Вибір верстату здійснюємо за видом обробки, розміром стола, потужністю двигуна, тощо. Згідно [7] вибираємо карусельно-фрезерний верстат мод. 6М23.

Згідно паспорта верстату приймаємо частоту обертів шпинделя – 160 об/хв.

Тоді, дійсна швидкість різання буде:

$$V_{\text{д}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{фр}} \cdot n}{1000}; \quad (3.13)$$

$$V_{\text{д}} = \frac{3,14 \cdot 350 \cdot 160}{1000} = 175,8 \text{ м/хв.}$$

Дійсна подача на зуб фрези:

$$S_z = \frac{S_{x6}}{z \cdot n}; \quad (3.14)$$

$$S_z = \frac{S_{x6}}{z \cdot n} = \frac{65}{12 \cdot 160} = 0,034 \text{ мм/зуб.}$$

Дійсна сила різання:

$$P_{zd} = \frac{54,5 \cdot 3,6^{0,9} \cdot 0,034^{0,74} \cdot 115^1 \cdot 12}{350^1 \cdot 193^0} = 420 \text{ Н.}$$

Дійсна ефективна потужність:

$$N_{ef.d.} = \frac{P_{zd} \cdot V_d}{1020 \cdot 60} \text{ кВт}; \quad (3.15)$$

$$N_{ef.d.} = \frac{420 \cdot 175,8}{1020 \cdot 60} = 1,25 \text{ кВт.}$$

Таким чином, спроектовані режими різання $S_{x6} = 65 \text{ мм/хв.}$; $n_{ум} = 160 \text{ об/хв.}$ задовольняють умовам механічної обробки даної поверхні.

Результати табличного методу, проведеного згідно [10], зводимо в таблицю 3.9.

Таблиця 3.9 – Визначення режимів різання та технологічного обладнання

Операція	Зміст переходів	Інструмент	t , мм	S , мм/об	T , хв	V , м/хв	n , об/хв	$N_{різ}$, кВт	$N_{об.}$ необхідна, кВт	Верстат	$N_{об.}$ прийм., кВт
005 Карусельно-фрезерна	Фрезерувати пов. 1, 2, 3, 4 послідовно	Фреза 21-272	2	250	90	400	250	1,3	1,8	Карусельно-фрезерний мод. 6М23	13
015	Розточити отв. 7, 8, 9 одночасно	Борштанга 37-68. Різець 04-1119	2	0,13	30	280	690	2,5	3,1	Вертикально-розточний н/а мод. 2А524	6,7
020	Розточити два отв. 5, 6 одночасно	Різець 04-1577 (2 шт.) Пробка 11	0,5	0,05	30	167,5	4850	1,5	1,8	Алмазно-розточний н/а мод. КК-133	5
025 Токарно-гвинторізна	Підрізати торці 10, 11, 12 фаску 13	Різець 04-1724	3	0,3	45	48,6	120	2,5	5,1	Токарно-гвинторізний мод. 1М63	13
	Розточити пов. 14, 15 послідовно	Різець 04-1725	3	0,3	45	94,2	120	4,3			
	Підрізати пов. 16	Різець 04-1726	3	0,3	45	45,22	120	2,7			
030 Агрегатно-свердлильна	Свердлити отв. 19, 20, 21 одночасно	Свердло 2301-1013 Свердло 2301-1033	3,65 4,65	0,15 0,15	30	30,4 30,0	1400 1100	1,5 1,8	2,2	Агрегатно-свердлильний мод. АМ-8848	5
	Свердлити отв. 23, 24, 22 одночасно	Свердло 2301-1033	4,65	0,2	30	30,0	1100	1,9			
	Свердлити отв. 25	Свердло 2301-1013	3,65	0,15	30	30,4	1400	1,5			

Продовження таблиці 3.9

Операція	Зміст переходів	Інструмент	t , мм	S , мм/об	T , хв.	V , м/хв	n , об/хв	N_{pis} , кВт	$N_{об.}$ необхідна, кВт.	Верстат	$N_{об.}$ прийм., кВт											
035 Спеціально-фрезерна	Фрезерувати пов. 26, 27 послідовно	Фреза (2 шт.) 99-2210-4003	2,5	0,28	90	35,67	335	1,8	2,4	Вертикально-свердлильний мод. 2Н135	4											
												Горизонтально-фрезерна	Фреза 17-102	3	250	120	117,7	250	1,9	2,4	Горизонтально-фрезерний мод. 6М82Г	7,5
050 Агрегатно-свердлильна	Свердлити отв. 30, 31	Свердло 10-457	8	0,19	30	27,8	550	1,9	2,2	Агрегатно-свердлильний мод. АМ-8849	5											
												Розсвердли-ти отв. 31	Свердло 10-457	1	0,19	30	28,2	550	0,8	0,8	0,7	0,8
	Розвернути отв. 33, 34	Розвертка 11-997	1,5	1,37	45	11,0	76	0,8	1,2	Радіально-свердлильний мод. 2М55	4											
												Свердлити 2 отв. 35	Свердло 2300-7208	4,6	0,224	30	46,72	1600	1,2	2,1	1,6	0,7
055 Радіально-свердлильна	Свердлити 3 отв. 37	Свердло 2300-7165	3	0,224	30	25,12	1600	1,6	2,6	Радіально-свердлильний мод. 2М55	4											
												Зенкерувати фаску 38	Зенківка 2353-0136	1	0,45	45	51,43	630	0,7	0,6		
																					Зенкерувати 3 фаски 39	Зенківка 2353-0142

Продовження таблиці 3.9

Операція	Зміст переходів	Інструмент	t , мм	S , мм/об	T , хв.	V , м/хв	n , об/хв	$N_{\text{різ}}$, кВт	$N_{\text{об}}$, необхідна, кВт.	Верстат	$N_{\text{об}}$, прийм., кВт
060 Радіально-свердильна	Зенкувати фаску 45	Зенківка 2353-0133	3	0,224	45	59,79	1600	0,5	2,3	Радіально-свердильний мод. 2М55	4
	Нарізати різь 46	Мітчик К1/4"	1	1,411	30	13,35	315	0,7			
	Свердлиги отв. 47	Свердло 2301-0039	6	0,16	30	60,29	1600	1,4			
	Розгорнути 2 отв. 50	Розвертка 99-2363-4107	0,15	0,16	45	5,94	315	0,3			
	Свердлиги отв. 51	Свердло 2301-0079	10	0,45	30	45,5	630	1,9			
	Зенкувати отв. 52	Зенкер 11-892	2,45	0,45	45	49,26	630	0,9			
	Цекувати пов. 53	Цековка 99-2350-4064	12,4	0,16	45	98,9	630	1,4			
	Зенкувати фаску 54	Зенківка 2353-0145	2	0,16	45	56,18	630	0,6			
	Нарізати різь 52	Мітчик М27× 2	2	2	30	10,0	100	0,4			
	Свердлиги отв. 55, 56 посл.	Свердло 2301-0393	4,5	0,224	30	28,26	1000	1,2			
	Розсвердлиги отв. 55	Свердло 2301-0030	5,1	0,224	30	32,03	1000	1,3			
	Зенкувати фаску 55	Зенківка 2353-0142	1,5	0,224	45	39,56	1000	0,3			
	Нарізати різь 57	Мітчик М12-6Н	1,5	1,75	30	11,87	315	0,4			

Продовження таблиці 3.9

Операція	Зміст переходів	Інструмент	t, мм	S, мм/об	T, хв.	V, м/хв	n, об/хв	N _{різ} , кВт	N _{об.} необхідна, кВт.	Верстат	N _{об.} прийм., кВт
065 Радіально-свердлильна	Свердлити отв. 57	Свердло 2301-1051	5,6	0,224	30	35,17	1000	1,02	1,4	Радіально-свердлильний мод. 2М55	4
	Зенкувати фаску 58	Зенківка 2353-0133	1,6	0,224	45	40,19	1000	0,5			
	Нарізати різь 57	Мітчик К 1/4"	1,4 1	1,411	30	3,46	100	0,2			
070 Радіально-свердлильна	Свердлити отв. 59	Свердло 10-328	5	0,224	30	50,24	1600	0,9	1,8	Радіально-свердлильний мод. 2М55	4
	Свердлити 2отв. 60	Свердло 10-354	4,3 5	0,224	30	18,94	1600	0,8			
	Свердлити 2 отв. 61	Свердло 2301-0083	12	0,224	30	47,5	630	1,4			
	Свердлити 2 отв. 62	Свердло 2301-0404	5,5	0,224	30	55,26	1600	0,9			
075 Радіально-свердлильна	Зенкувати 7 фасок 63	Зенківка 2353-0133	1,6	0,05	45	58,87	1500	0,8	1	Радіально-свердлильний мод. VR-2	3
	Зенкувати 4 фаски 64	Зенківка 2353-0133	1,6	0,05	45	49,45	1500	0,8			
	Зенкувати 2 фаски 65	Зенківка 2353-0133	1	0,05	45	57,46	1500	0,7			
	Зенкувати 21 фаску 66	Зенківка 2353-0133	1,6	0,05	45	58,87	1500	0,8			
	Зенкувати 21 фаску 67	Зенківка 2353-0133	1,6	0,05	45	49,45	1500	0,8			

Кінець таблиці 3.9

Операція	Зміст переходів	Інструмент	t , мм	S , мм/об	T , хв.	V , м/хв	n , об/хв	$N_{різ}$, кВт	$N_{об.}$ необхідна, кВт.	Верстат	$N_{об.}$ прийн., кВт
080 Гориз.-фрезерна	Фрезерувати пов. 68, 69 одночасно	Фреза 15-353	4	400	120	15,54	90	2,3	2,9	Гориз.-фрез-й мод. 6P82Г	11
085 Алмазно-розточка	Підрізати пов. 70, 71 одночасно	Різець 04-1690	0,5	50	90	190	1000	0,6	0,8	Розточний н/а КК-730	4
		Різець 04-1691	0,5	50	90	190	1000	0,6			
090 Алмазно-розточна	Розточити отв. 72, 73 фаску 74 послідовно	Різець 04-1123	0,5	92,5	90	454,6	3080	1,2	1,8	Алмазно-розточний н/а 2705	4
		Різець 04-1189	2	92,5	90	502,9	3080	1,5			
095 Алмазно-розточна	Розточити отв. 75, 76	Різець 04-1395	0,5	0,06	90	326,6	800	0,8	1,4	Алмазно-розточний н/а ОС3169	4
		Різець 04-1611	1,6	0,06	90	366,6	800	1,2			
	Різець 04-1395	0,5	0,06	90	301,4	800	0,7				
	Різець 04-1611	1,6	0,06	90	311,5	800	0,7				
100 Слосарна	Зенкувати фаску 80	Зенківка 2353-0133	1,6	0,15	45	0,75	20	0,08	-	Верстак 517Г-00	-
	Нарізати різь пов. 81	Мігчик К 1/8"	0,02	0,941	30	0,6	15	0,05			

Норма штучного часу визначається за формулою [7]

$$T_{um} = T_o + T_\delta + T_{ob} + T_n, \quad (3.16)$$

де T_o – основний технологічний час, хв.;

T_δ – допоміжний час, хв.;

T_{ob} – час обслуговування, хв.;

T_n – час перерв на відпочинок і особисті потреби, хв.

Основний технологічний час визначають за формулою [7]

$$T_o = \frac{L + L_1 + L_2}{n \cdot S_o} \cdot i, \quad (3.17)$$

де L – довжина робочого ходу, мм;

L_1, L_2 – відповідно величина врізання і перебігу інструменту [7], мм;

S_o – подача, мм/об.;

n – частота обертання шпинделя, хв.⁻¹;

i – кількість проходів.

Допоміжний час визначають за формулою [7]

$$T_\delta = T_{\delta 3} + T_{\delta 36} + T_\kappa + T_{\delta 6M}, \quad (3.18)$$

де $T_{\delta 3}$ – час на встановлення і зняття заготовки [11];

$T_{\delta 36}$ – час закріплення і відкріплення заготовки [11];

T_κ – час на прийоми керування верстатом [11];

$T_{\delta 6M}$ – час вимірювання [11].

Час обслуговування T_{ob} (технічного і організаційного) визначається у відсотках від операційного часу [7]

$$T_{ob} = 0,04 \cdot T_{on}, \quad (3.19)$$

де T_{on} – операційний час, хв.

Операційний час визначаємо за формулою [7]

$$T_{on} = T_o + T_\delta, \quad (3.20)$$

Час перерв на відпочинок і особисті потреби T_n також визначається у відсотках від T_{on} [7]

$$T_n = 0,06 \cdot T_{on}, \quad (3.21)$$

Результати розрахунків і решту проведеного нормування, використавши заносимо в таблицю 3.10.

Таблиця 3.10 – Нормування технологічного процесу

№ оп.	Назва і зміст операції	T_o , хв	T_{∂} , хв			$T_{об}$, хв	T_n , хв	$T_{ум}$, хв
			$T_{вз}$, хв	T_k , хв	$T_{вим}$, хв			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005	Карусельно-фрезерна Фрезерувати поверхні 1, 2, 3, 4	0,64	0,29	0,2	0,2	0,08	0,08	1,49
010	Радіально-свердлильна Свердлити 2 отвори 5 і 6	0,13	0,22	0,6	0,1	0,07	0,07	1,19
015	Вертикально-розточна Розточити одночасно от. 7, 8, 9	0,166	0,27	0,2	0,12	0,06	0,06	0,876
020	Алмазно-розточна Розточити 2 отв. 5 і 6 одночасно	0,1	0,27	0,2	0,1	0,04	0,04	0,75
025	Токарно-гвинторізна Підрізати торці 10, 11, 12, фаску 13. Розточити поверхні 14, 15 послідовно. Підрізати пов. 16	7,35 4,3 1,11	0,37	0,8	0,35	0,27	0,27	14,82
030	Агрегатно-свердлильна Свердлити отвори 19, 20, 21 одночасно.	0,167	0,27	0,2	0,36	0,08	0,08	1,514
	Свердлити отвори 23, 24, 22 одночасно.	0,19						
	Свердлити отвір 25	0,167						
035	Спеціальна фрезерна Фрезерувати поверхні 26, 27 послідовно	0,744	0,29	0,2	0,2	0,09	0,09	1,614
040	Горизонтально-фрезерна Фрезерувати поверхню 28	2,56	0,29	0,12	0,2	0,12	0,12	3,35
045	Вертикально-фрезерна Фрезерувати поверхню 29	0,44	0,29	0,14	0,2	0,08	0,08	1,37
050	Агрегатно-свердлильна Свердлити отвори 30, 31	0,38	0,27	0,36	0,27	0,14	0,14	3,05
	Розсвердлити отвір 31	0,29						
	Зенкувати отвір 30, отвір 31, фаску 32.	0,38 0,19						
	Зенкерувати отвори 33, 34.	0,63						
055	Радіально-свердлильна Свердлити 2 отвори 35.	0,179	0,22	0,3	0,27	0,12	0,12	1,563
	Свердлити отвір 36	0,034						
	Свердлити 3 отвори 37	0,234						
	Зенкувати фаску 38	0,07						
	Зенкувати 3 фаски 39	0,016						

3.3 Визначення кількості обладнання

Правильний вибір обладнання передбачає його раціональне використання. З цією метою, поряд з іншими техніко-економічними показниками, визначають критерії, що оцінюють ступінь використання кожного верстата окремо і всіх разом у розробленому технологічному процесі [12].

Розрахунок кількості верстатів проводимо за формулою [13]

$$m_p = \frac{T_{ум} \cdot N}{60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_n}, \quad (3.22)$$

де $T_{ум}$ – штучний час на кожну операцію, хв.;

N – річна програма випуску деталей $N = 20000$ шт;

F_{∂} – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, $F_{\partial} = 4015$ год;

η_n – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta_n = 0,75$.

Враховуючи, що тип виробництва середньосерійний, для виконання кожної операції необхідно передбачати окремі верстати.

Отриману величину округляємо до більшого цілого значення і отримуємо фактично прийняту кількість верстатів m_{np} .

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження верстатів по операціях технологічного процесу за формулою

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_{np}}, \quad (3.23)$$

Коефіцієнт використання обладнання за основним часом визначається за формулою

$$\eta_o = \frac{T_o}{T_{ум}}. \quad (3.24)$$

Коефіцієнт використання обладнання за потужністю визначаємо за формулою

$$\eta_n = \frac{N_e}{N_{\text{дв}}}, \quad (3.25)$$

Розрахунки зводимо у таблицю 3.11. На основі визначених коефіцієнтів завантаження та використання обладнання будемо графіки завантаження і використання обладнання, які подано на рисунках 3.4, 3.5 і 3.6.

Таблиця 3.11 – Визначення кількості верстатів та операцій

№ опер.	Назва операції	m_p , шт	m_{np} , шт	η_z	η_o	η_n
005	Карусельно-фрезерна	0,16	1	0,16	0,43	0,14
010	Радіально-свердлильна	0,13	1	0,13	0,11	0,25
015	Вертикально-розточна	0,09	1	0,09	0,19	0,46
020	Алмазно-розточна	0,08	1	0,08	0,13	0,36
025	Токарно-гвинторізна	1,56	2	0,78	0,86	0,39
030	Агрегатно-свердлильна	0,16	1	0,16	0,35	0,44
035	Спеціальна фрезерна	0,17	1	0,17	0,46	0,60
040	Горизонтально-фрезерна	0,35	1	0,35	0,76	0,32
045	Вертикально-фрезерна	0,12	1	0,12	0,32	0,37
050	Агрегатно-свердлильна	0,14	1	0,14	0,61	0,44
055	Радіально-свердлильна	0,16	1	0,16	0,34	0,65
060	Радіально-свердлильна	0,52	1	0,52	0,57	0,58
065	Радіально-свердлильна	0,24	1	0,24	0,62	0,35
070	Радіально-свердлильна	0,11	1	0,11	0,30	0,45
075	Радіально-свердлильна	0,16	1	0,16	0,81	0,39
080	Горизонтально-фрезерна	0,11	1	0,11	0,19	0,07
085	Алмазно-розточна	0,12	1	0,12	0,26	0,35
090	Алмазно-розточна	0,14	1	0,14	0,43	0,45
095	Алмазно-розточна	0,26	1	0,26	0,63	0,35
100	Слюсарна	0,55	1	-	-	-
Середнє значення				0,20	0,42	0,37

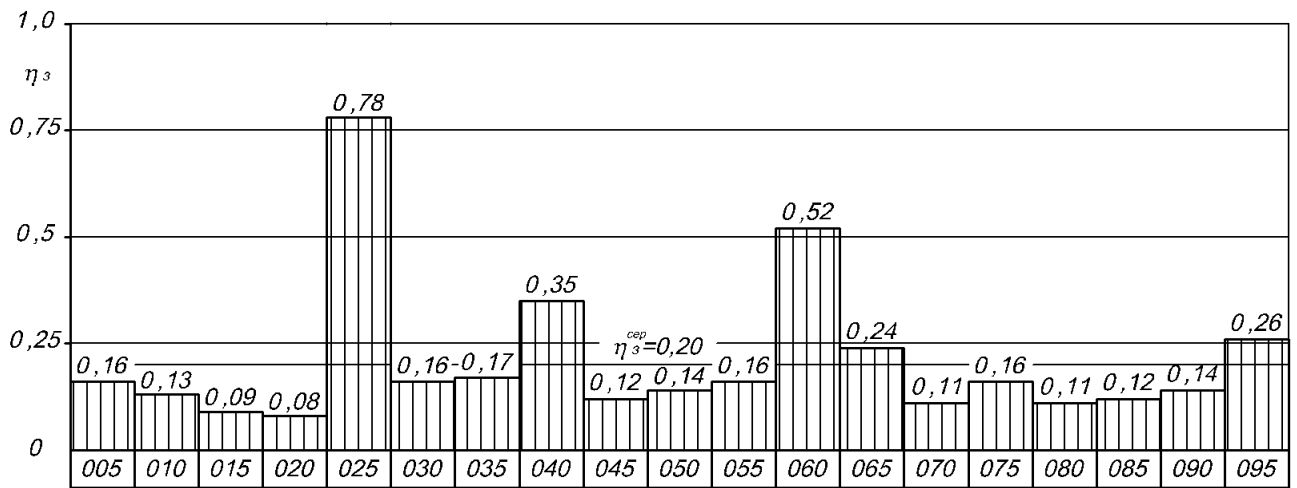


Рисунок 3.4 – Графік завантаження обладнання

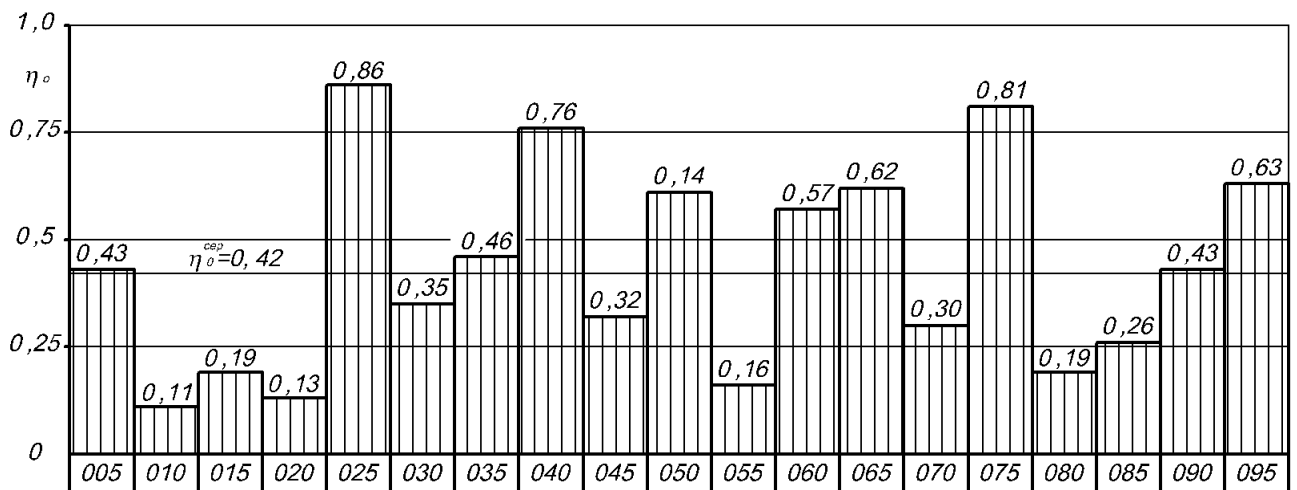


Рисунок 3.5 – Графік використання обладнання за основним часом

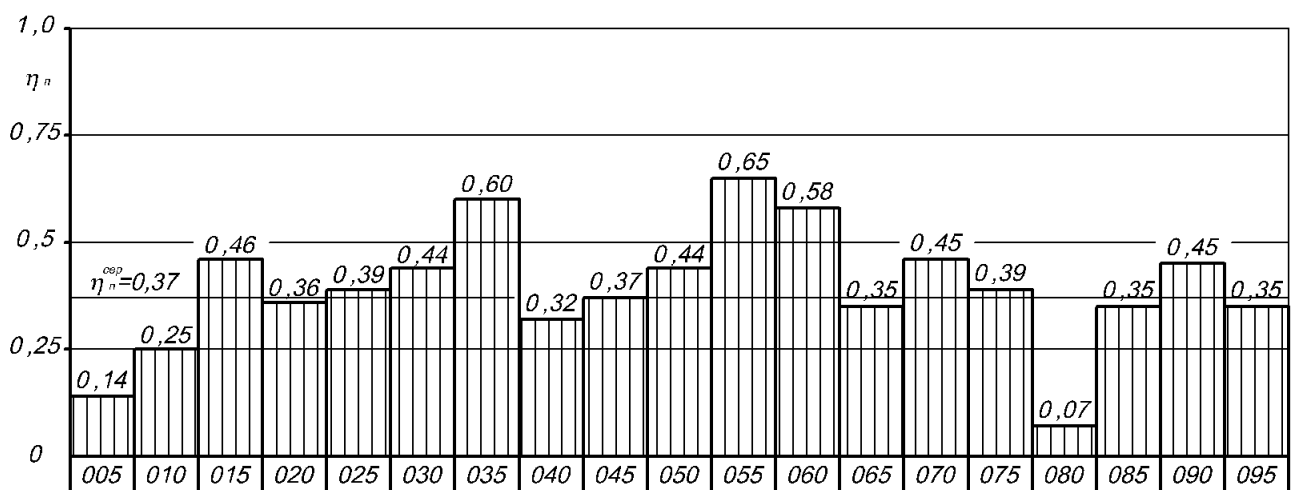


Рисунок 3.6 – Графік використання обладнання за потужністю

3.4 Конструювання спеціального оснащення

3.4.1 Пристрій для фрезерування

Пристрій призначений для фрезерування поверхонь деталі картер коробки передач в розміри $55^{+0,12}$ мм та $26,5_{-0,2}$ мм на горизонтально-фрезерному верстаті.

Конструкція пристрою повинна забезпечити паралельність оброблюваних поверхонь між собою з відхиленням не більше за 0,05 мм на довжині 100 мм, а також перпендикулярність цих поверхонь відносно базової поверхні А з відхиленням не більше 0,02 мм на довжині 100 мм.

Для реалізації даного завдання пропонуємо дві можливі компоновальні схеми пристрою, які зображено на рисунках 3.7 і 3.8.

Схеми відрізняються між собою конструкцією затискного механізму. Тому, при остаточному виборі конструкції пристрою слід керуватись критерієм компактності та простоти саме цього механізму пристрою.

Для порівняння варіантів необхідні критерії оцінки компоновальних схем пристрою, які зведено у табл. 3.13.

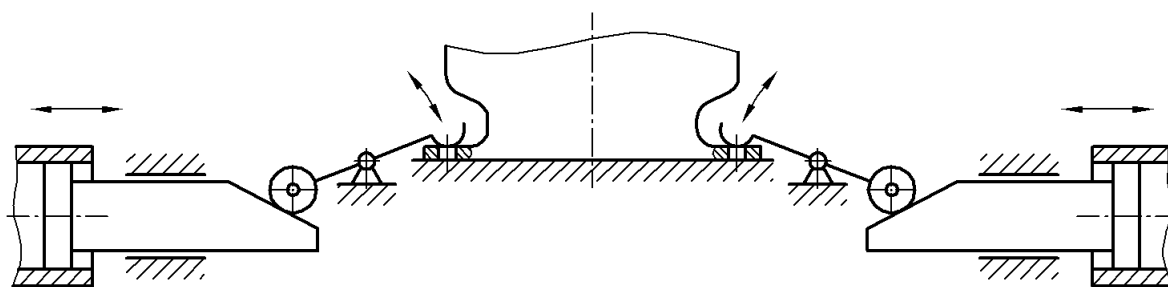


Рисунок 3.7 – Компоновальна схема А

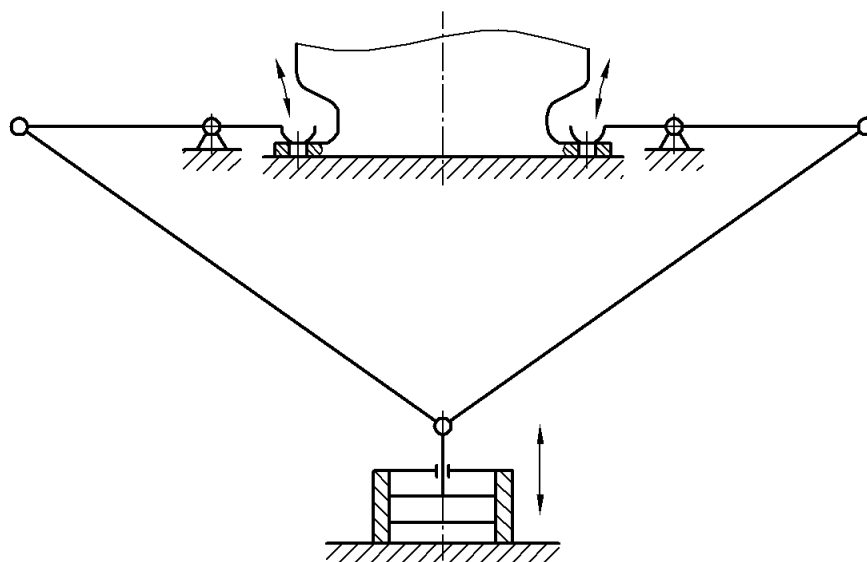


Рисунок 3.8 – Компонувальна схема Б

Таблиця 3.13 – Критерії оцінки компонентів схем пристрою

Схеми	Коефіцієнт підсилення	Володіння властивістю самогальмування	Кількість передавальних механізмів	Компактність	Наявність проміжних ланок	Забезпечення необхідної сили затиску	Сумарний критерій оцінки схеми
А	2	1	2	0	1	1	1,2
Б	1	0	1	1	1	1	0,9
коефіцієнти ваги	0,5	0,4	-0,2	0,4	-0,2	0,4	

Розраховуємо сумарний коефіцієнт ваги K_{Σ} для кожної схеми:

$$K_{\Sigma A} = 2 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,4 + 2 \cdot (-0,2) + 0 \cdot 0,4 + 1 \cdot (-0,2) + 1 \cdot 0,4 = 1,2$$

$$K_{\Sigma B} = 1 \cdot 0,5 + 0 \cdot 0,4 + 1 \cdot (-0,2) + 1 \cdot 0,4 + 1 \cdot (-0,2) + 1 \cdot 0,4 = 0,9$$

Отже, більшим сумарним критерієм оцінки має схема А, її і приймаємо для розробки конструкції пристрою.

При обробці поверхонь сила різання, дорівнюватиме [14]

$$P_0 = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n \cdot W}, \quad (3.26)$$

де $C_p = 22,6$; $D = 40$ мм; $x = 0,86$; $t = 4$ мм; $y = 0,72$; $B = 100$ мм; $n = 1,0$; $z = 10$; $q = 0,86$; $n = 900$ об/хв.; $W = 0$; $S = 400$ мм/хв.

Отже,

$$P = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 4^{0,86} \cdot 400^{0,72} \cdot 100^1 \cdot 10}{40^{0,86} \cdot 900} = 1650 \text{ Н.}$$

Крутний момент, який би повертав деталь відносно установчої бази, відсутній.

Сила затиску, потрібна для того, щоб деталь не надійно утримувалась у пристрої процесі фрезерування.

Оскільки зусилля затиску розподілено на два циліндри, то $P_1 = P_2 = 850$ Н.

$$P_{\text{затиску}} > \frac{P}{f_{\text{тер}}}, \quad (3.27)$$

де $f_{\text{тер}}$ – коефіцієнт тертя, $f_{\text{тер}} \approx 0,12$.

$$P_{\text{затиску}} > \frac{850}{0,12} = 7080 \text{ Н.}$$

Для клинового механізму буде досягатися зусилля (див. рис. 3.9)

$$P_{\text{затиску}} = Q \cdot \frac{1}{\text{tg}\alpha} \cdot \frac{l_2}{l_1} \cdot K, \quad (3.28)$$

де K – коефіцієнт тертя, що враховує втрати по якості виконання поверхонь, $K = 0,75$;

Q – зусилля, яке створює пневмоциліндр;

α – кут нахилу.

$$Q = P_{\text{затиску}} \cdot \text{tg}\alpha \cdot \frac{l_1}{K \cdot l_2},$$

Отже, враховуючи значення $l_1 = 30$ мм; $l_2 = 60$ мм; $l_3 = 20$ мм; $d = 30$ мм; $\alpha = 10^\circ$.

$$Q = 7080 \cdot \operatorname{tg}10^\circ \cdot \frac{30}{60 \cdot 0,75} = 832 \text{ Н.}$$

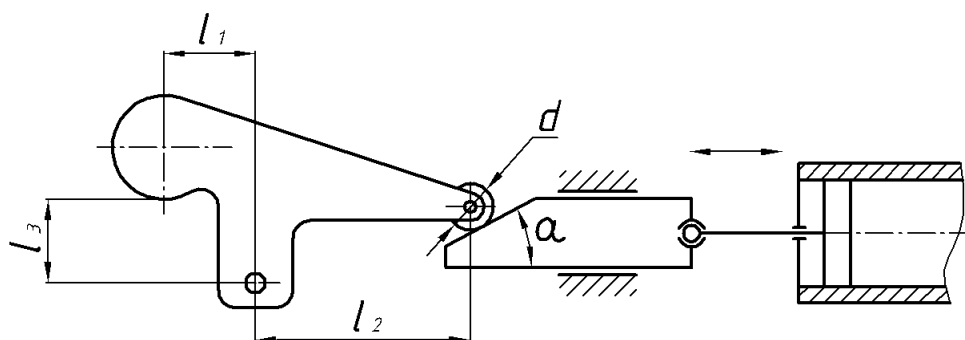


Рисунок 3.9 – Схема для розрахунку зусилля кріплення та параметрів силового приводу

Потрібний діаметр пневмоциліндра розраховуємо за формулою [15]

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta, \quad (3.29)$$

де p – тиск стисненого повітря, $p = 4 \text{ кгс/см}^2$;

η – ККД пневмоциліндрів, $\eta = 0,85$.

Тоді

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}};$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 83,2}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,85}} = 5,8 \text{ см.}$$

Приймаємо нормалізований пневмоциліндр з $D_{\text{цил}} = 75 \text{ мм}$.

Після розрахунків, приступаємо до проектування пристрою. Основними установками елементами є дві планки поз. 10 і упор поз. 11 (які встановлені на корпусі 1) на які встановлюється базова деталь.

Затиск деталі та орієнтація оброблюваних поверхонь здійснюється з двох сторін за допомогою притискачів поз. 9, які шарнірно закріплені в корпусі 5.

Зусилля закріплення передається від пневмоциліндра через перехідник 4 на клин поз. 12, який пересувається в циліндричному отворі $\varnothing 25$ корпуса поз. 5. Провороту клину 12 запобігає гвинт поз. 26.

Для того встановлення і базування пристрою на столі верстату служить шпонка 17, а для зняття і встановлення – рим-болти поз. 31.

Керування пристроєм здійснюється за допомогою крана розподільного поз. 3 що через штуцери 18, 19, 23, трійники поз. 20 та трубопроводи подає стиснене повітря у відповідні порожнини пневмоциліндрів, які приводять у рух притискачі.

Клин 12 має два кути підйому: 10° ; 45° . Менший кут використовується для збільшення зусилля затиску, а кут 45° – для швидкого підйому притискачів.

Сумарну похибку при виконанні даної операції будемо вести за формулою [15]

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{2}{K} \sqrt{(K_1[\varepsilon_y])^2 + (K_2\varepsilon_{n.d})^2 + (K_3\varepsilon_n)^2 + (K_4\varepsilon_{p.z})^2 + (K_5\varepsilon_{\phi})^2 + (K_6\varepsilon_t)^2}, \quad (3.30)$$

де ε_{ϕ} – похибка базування, оскільки упорна установча база є і конструкторською, то $\varepsilon_{\phi} = 0$;

ε_z – похибка, отримана внаслідок затиску, оскільки сила затиску є сталою величиною і якість базових поверхонь однакова, приймаємо $\varepsilon_z = 0$;

ε_n – похибка положення. $\varepsilon_n = 10$ мкм;

ε_y – похибка встановлення.

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\phi}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_n^2};$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{0^2 + 0^2 + 10^2} = 10 \text{ мкм.}$$

$\varepsilon_{n.d}$ – похибка пружних деформацій, $\varepsilon_{n.d} = 5$ мкм;

ε_n – похибка налагоджування, $\varepsilon_n = 10$ мкм;

$\varepsilon_{p.z}$ – похибка розмірного стирання, $\varepsilon_{p.z} = 5$ мкм;

ε_t – температурна похибка, $\varepsilon_t = 0$ мкм;

$K_1 \dots K_6$ – коефіцієнти, що враховують відповідні закони розподілу похибок.

$$K_1 = K_2 = K_3 = 1; K_4 = K_5 = K_6 = 1,73; K = 1;$$

ε_{ep} – сумарна похибка форми поверхні, що обробляється, викликана геометричною неточністю верстата та деформацією заготовки при її закріпленні, $\varepsilon_{ep} = 0$.

Сумарна похибка буде дорівнювати

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{2}{1} \sqrt{10^2 + 5^2 + 10^2 + (1,73 \cdot 5)^2 + 0^2 + 0^2} = 17,4 \text{ мкм.}$$

Отже, $\varepsilon_{\Sigma} \approx 18$ мкм, що є набагато менше за допуск в 200 мкм на розмір 26,5 мм. Це означає, що сумарна похибка пристрою для виконання даної операції є допустимою.

3.4.2 Пристрій для розточування отворів

Пристрій (рис. 3.10) призначений для розточування отворів $\varnothing 120_{-0,026}^{+0,009}$ і $\varnothing 130_{-0,03}^{+0,01}$. Він складається з корпусу 1 на якому встановлено два притиски притиски 3, що можуть обертатися навколо осей 16. Гвинти 4 призначені для провертання притисків 3 і закріплення деталі у пристрої. Деталь у пристрої встановлюється на опори 5 та пальці 7 і 8, один з яких круглий, а інший – зрізаний. Шпонка 27 служить для фіксації пристрою на столі алмазно-розточного верстата моделі ОС3169.

Перед початком обробки деталі притиски 3 пристрою розводять від центру пристрою. Для цього служать спеціальні пази, що виконані у притисках. Пази дозволяють також закріпляти і вивільняти деталь без повного загвинчування чи відгвинчування гвинтів 4

Деталь встановлюється на опори 5 та пальці 7 і 8, які забезпечують її правильне положення під час обробки. Після цього притиски по пазах переміщують у бік деталі і встановлюють їх над її виступами. Закріплення здійснюють шляхом обертання гвинтів 4.

Вивільнення деталі проводять у зворотному порядку.

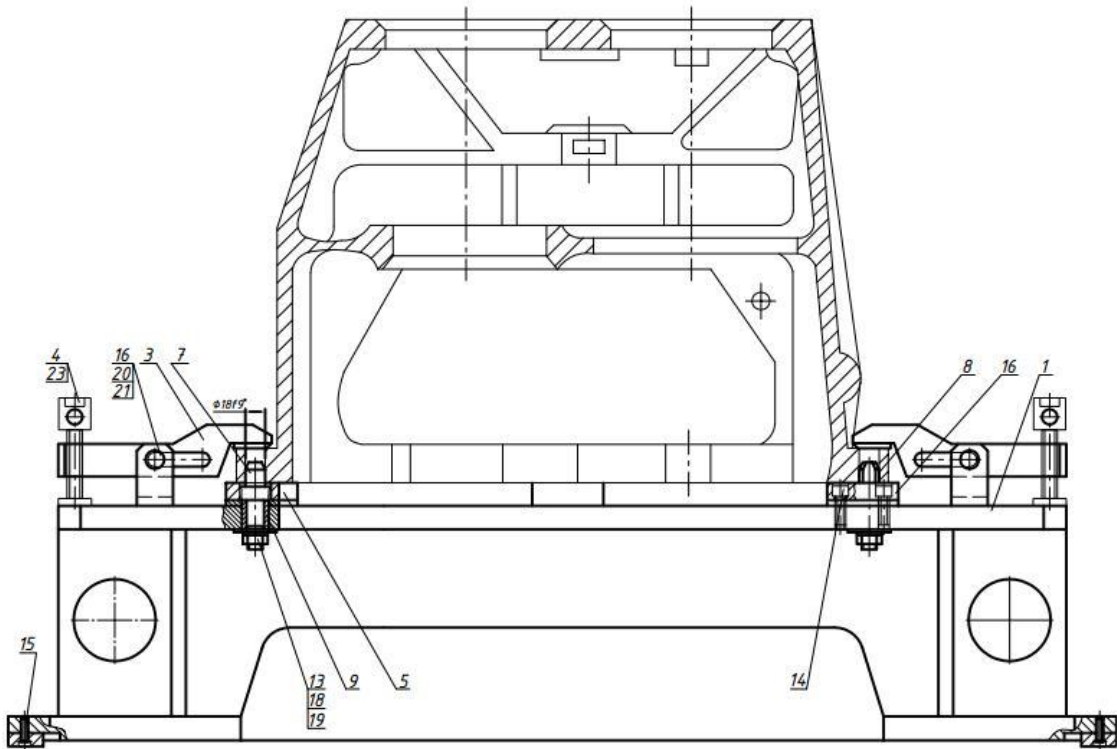


Рисунок 3.10 – Пристрій для розточування отворів

При даній схемі обробки і базування деталі в пристрої умова забезпечення точності обробки по відомій методиці [15] може бути представлена у вигляді

$$\pm yL_{\text{вир}} \geq Fy'L_{\text{нр}} \pm 2 \left[K \frac{D_{\text{ВН}} - D_{\text{СМ}}}{2} \pm K \frac{d_{\text{ВН}} - d_{\text{СВ}}}{2} \pm m\varepsilon_{\text{роб}} \pm P(d_{\text{ВН}} - d_{\text{СВ}}) \frac{h+b}{l} \right], \quad (3.31)$$

де $yL_{\text{вир}}$ – граничне відхилення на розточування по 8 квалітету точності розміщення отворів;

y' – граничне відхилення розмірів пристрою нормальної точності, $y' = \pm 0,05$ мм;

$D_{\text{ВН}}$ – найбільший діаметр отвору під палець (по Н8), $D_{\text{ВН}} = 11,04$ мм;

$D_{\text{СМ}}$ – найменший діаметр отвору під палець (по Н8), $D_{\text{СМ}} = 11,016$ мм;

$d_{\text{ВН}}$ – найбільший діаметр отвору пальця, $d_{\text{ВН}} = 7,2^{+0,360}$ мм;

$d_{\text{СВ}}$ – найменший діаметр пальця, $d_{\text{СВ}} = 6,7^{+0,360}$ мм;

$\varepsilon_{\text{роб}}$ – ексцентриситет пальця, $\varepsilon_{\text{роб}} = 0,02$ мм;

b – глибина пальця, $b = 8$ мм;

h – відстань між торцем втулки і заготовкою, $h = 2$ мм;

l – глибина направляючого отвору робочої втулки; $l = 15$ мм.

L_{np} – міжцентрова відстань, $L_{np} = 550$ мм;

F – коефіцієнт, що враховує ймовірну границю відхилення координат центрів отворів в пристрої, $F = 0,8$;

K – коефіцієнт, що враховує найбільшу границю зазорів в спряженнях та їх зміщення, $K = 0,5$;

m – коефіцієнт, що враховує найбільшу ймовірну величину ексцентриситету пальця, $m = 0,4$;

P – коефіцієнт, що враховує величину перекосу розточування, $P = 0,35$.

Тоді

$$yL_{вир} = 0,8 \cdot 0,05 \cdot 550 + 2 \left[0,5 \frac{11,04 - 11,016}{2} + 0,5 \frac{7,2 - 6,7}{2} + 0,4 + 0,02 + 0,35(7,2 - 6,7) \frac{2 + 8}{15} \right] = 23,35 \text{ мм}$$

Оскільки величина похибки, яку дає пристрій менша від величини допуску на обробку отвору – пристрій забезпечує необхідну точність.

3.4.3 Пристрій для контролю деталі

Пристрій призначений для контролю відстані $391^{+0,03}$ між двома отворами $\varnothing 11^{+0,040}_{+0,016}$ та їх перпендикулярності відносно площини.

Він складається з плити 2, до якої прикріплено корпуси 10 і 15 і запресовано палець 6. В корпусі 10 – з можливістю переміщення відносно нього встановлений повзун 11. На корпусі 15 змонтований індикатор годинникового типу 1ИГ-5кл. ГОСТ 556-70 і пружинний механізм. В повзун 11 запресовано палець 9.

Перш ніж здійснювати контроль деталі, необхідно індикатор 21 встановити на нуль. Для калібрування пристрою призначений еталон 1. Пристрій встановлюють на еталон, як показано на рис. 3.11 і, обертаючи маховичок 13, добиваються необхідного налаштування індикатора.

Для контролю відстані $391^{+0,03}$ між двома отворами $\varnothing 11^{+0,040}_{+0,016}$ пальці пристрою вводять в отвори деталі, відстань між якими підлягає контролю. При цьому палець 9, разом з повзуном 11, переміщається. На шкалі індикатора відобразиться відхилення відстані між отворами $\varnothing 11^{+0,040}_{+0,016}$ від номінального значення 391.

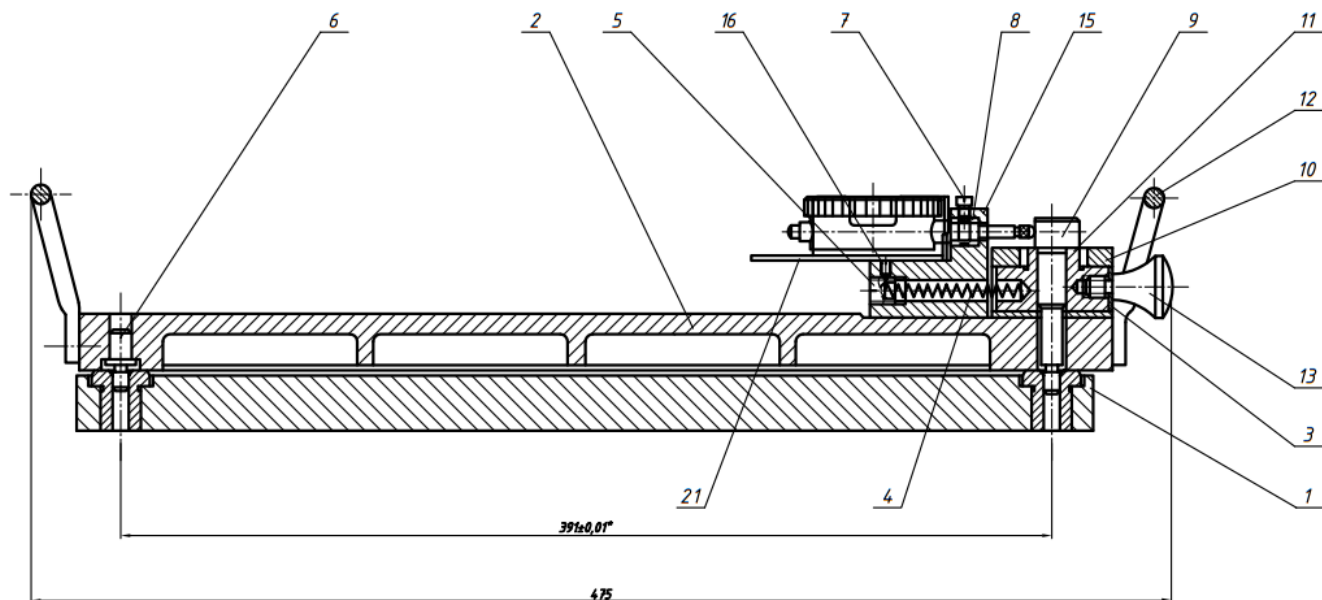


Рисунок 3.11 – Пристрій для контролю деталі

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Заходи, щодо створення оптимальних метеорологічних умов на робочих місцях

Для забезпечення здорових і безпечних умов праці, працездатності людини оточуюче її на виробництві повітряне середовище повинно відповідати встановленим санітарно-гігієнічним нормам. На робочих місцях повинні бути створені метеорологічні умови, вимоги до них регламентуються санітарними нормами, що встановлюють оптимальні та допустимі показники мікроклімату для робочої зони закритих виробничих приміщень із урахуванням тяжкості виконуваної роботи і періодів року.

Оптимальними мікрокліматичними умовами вважаються такі, поєднання яких при тривалій і систематичній дії на людину зберігають її нормальний тепловий стан без напруження механізму терморегуляції. При цьому забезпечується відчуття теплового комфорту та створюються передумови для високої працездатності. Допустимі умови на відміну від оптимальних можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко нормалізуються, однак це вимагає напруження механізму терморегуляції, хоча воно не виходить за межу фізіологічних можливостей.

В основу нормування покладені умови, при яких організм людини зберігає нормальний тепловий баланс, тобто за рахунок фізіологічних процесів (прилив крові до шкіряного покриву, потовиділення) здійснюється терморегуляція, що забезпечує збереження постійної температури тіла шляхом теплового обміну зі зовнішнім середовищем.

Показниками, що характеризують оптимальні та допустимі метеорологічні умови в закритих виробничих приміщеннях, є температура, відносна вологість, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання, а також температура поверхонь, які обмежують робочу зону.

З метою запобігання впливу шкідливих речовин (газ, пар, пил) на людину застосовується система заходів колективного та індивідуального захисту. Ці заходи можна поділити на технологічні, технічні, індивідуальний захист, медико-профілактичні, контрольні, а для забезпечення норм мікроклімату та захисту від несприятливих метеорологічних умов використовують систему, що охоплює інженерно-будівельні та індивідуальні заходи.

Основною задачею технологічних заходів є попередження виділення шкідливих речовин у виробничі приміщення. До них відносяться: зміна технології з метою заміни речовин, які використовуються, на менш шкідливі, застосування замкнених і безвідходних технологій.

Серед технічних заходів основне місце займає герметизація, що сприяє скороченню або ліквідації шкідливих виділень у приміщення; вентиляція, що є засобом захисту працюючих від несприятливої дії шкідливих речовин, які проникли в приміщення; місцеві відсмоктування, що запобігають проникненню шкідливих речовин у приміщення, шляхом відсмоктування їх фільтровентиляційними або вентиляційними агрегатами безпосередньо від місць виділення шкідливих компонентів; дистанційне керування, що передбачає виконання операції без участі працівника.

Вентиляція поділяється на загальнообмінну та місцеву [16]. Загальнообмінна вентиляція може бути природна, штучна та змішана. Штучна вентиляція (витяжна, притічна та притічно-витяжна) здійснюється за допомогою вентиляторів. Змішана вентиляція забезпечується шляхом подачі повітря механічними засобами та витягування забрудненого повітря природним способом.

4.2 Розрахунок загальнообмінної вентиляції

Основним призначенням загальнообмінної вентиляції є розрідження вмісту шкідливих речовин у загальній атмосфері приміщення до гранично допустимої концентрації [16].

При нормальному мікрокліматі, відсутності шкідливих речовин враховують

об'єм приміщення, що припадає на одного працюючого V' , та кількість повітря на одного працюючого L' , а також кількість працюючих n .

Кількість повітря (м³/год), яка необхідна для нормального повітрообміну

$$L = L' \cdot n. \quad (4.1)$$

Якщо $V' < 20$ м³, $L' = 30$ м³/год.

Якщо $V' > 20$ м³, $L' = 20$ м³/год.

При загальнообмінній вентиляції для видалення шкідливих речовин розрахунок необхідного повітрообміну проводять за формулою

$$L = \frac{G \cdot \psi}{(q_{\text{здк}} - q_{\text{прит}}) \cdot 10^{-6}}, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (4.2)$$

де G – кількість шкідливих речовин, що надходить у повітря робочої зони, кг/год;

$q_{\text{здк}}$ – концентрація шкідливих речовин в повітрі, що видаляється; приймається рівною гранично допустимій концентрації, мг/м³;

$q_{\text{прит}}$ – концентрація шкідливих речовин в повітрі, що надходить; зазвичай приймають

$$q_{\text{прит}} \leq 0,3q_{\text{здк}};$$

ψ – коефіцієнт нерівномірності розподілу; $\psi = 1,2 \dots 2,0$.

Для приміщень з надлишковою вологою необхідний повітрообмін

$$L_{\text{вол}} = \frac{G_{\text{вол}}}{(K_{\text{е}} - K_{\text{пр}}) \cdot 10^{-3}}, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (4.3)$$

де $G_{\text{вол}}$ – надлишкова волога в приміщенні кг/год;

$K_{\text{е}}$ – кількість вологи, що міститься в повітрі, що видаляється г/м³;

$K_{\text{пр}}$ – кількість вологи в повітрі, що надходить г/м³.

При загально обмінній вентиляції для видалення з приміщення надлишків теплоти розрахунки проводять за формулою

$$L = \frac{Q}{C_p \rho (t_a - t_{i0})}, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (4.4)$$

де Q – надлишкова теплота, що надходить в приміщення, Дж/год;

ρ – густина повітря, кг/м³;

C_p – теплоємність повітря при постійному тиску, Дж/(кг·°С);

t_a – температура повітря, що видаляється з приміщення, °С;

t_{np} – температура повітря, що надходить. Приймають $t_a \geq t_{np} + (5 \dots 8)^\circ\text{С}$.

Визначимо необхідну кількість повітря, яку необхідно подати в цех для видалення надлишкової теплоти при умові, що температура повітря за межами цеху 15°С, густина повітря, $\rho = 1,293 \text{ кг/м}^3$, а теплоємність повітря при постійному тиску $C_p = 1000 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{С)}$. Розрахунки проводимо за формулою (4.4).

Надлишкова теплота, що надходить у виробниче приміщення визначається за формулою

$$Q = Q_{обл} + Q_{осв} + Q_{люд}, \quad (4.5)$$

де $Q_{обл}$ – теплота, що виділяється працюючим обладнанням, Дж/год;

$Q_{осв}$ – теплота, що виділяється освітлювальною системою, Дж/год;

$Q_{люд}$ – теплота, що виділяється обслуговуючим персоналом, Дж/год.

$$Q_{обл} = \sum Q_{vi}, \quad (4.6)$$

де Q_{vi} – теплота, що виділяється кожним працюючим верстатом, Дж/год.

Теплота, що виділяється працюючим металорізальним верстатом визначається за формулою

$$Q_v = 3,6 \cdot 10^6 \cdot N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4, \quad (4.7)$$

де N – потужність двигуна приводу головного руху, кВт;

η_1 – коефіцієнт використання потужності верстата $\eta_1 = 0,7 \dots 0,9$;

η_2 – коефіцієнт завантаження верстата $\eta_2 = 0,5 \dots 0,8$;

η_3 – коефіцієнт одночасної роботи верстатів $\eta_3 = 0,6 \dots 0,9$;

η_4 – коефіцієнт, що враховує частину потужності електродвигуна, яка перетворюється в тепло $\eta_4 = 0,5...0,6$.

Теплота, що виділяється освітлювальною системою визначається за формулою

$$Q_{осв} = 3,6 \cdot 10^6 \cdot N_{осв} \cdot k \quad (4.8)$$

де $N_{осв}$ – потужність освітлювальної системи, кВт;

k – коефіцієнт, що враховує частину потужності ламп, яка перетворюється в тепло $k \approx 0,95$.

Теплота, що виділяється обслуговуючим персоналом визначається за формулою

$$Q_{люд} = 3,6 \cdot 10^3 \cdot n \cdot q, \quad (4.9)$$

де n – кількість працюючих, чол;

q – кількість тепла, що виділяє одна людина, яка виконує відповідну роботу, Вт.

Визначимо теплоту, що виділяє працююче обладнання за формулою 4.7.

$$\sum Q_e = 3,6 \cdot 10^6 \cdot 125,7 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,5 = 101,4 \cdot 10^6 \text{ Дж/год};$$

Теплота, що виділяється освітлювальною системою за формулою 4.8.

$$Q_{осв} = 3,6 \cdot 10^6 \cdot 4,5 \cdot 0,95 = 15,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/год};$$

Теплота, що виділяється обслуговуючим персоналом за формулою 4.9.

$$Q_{люд} = 3,6 \cdot 10^3 \cdot 50 \cdot 215 = 38,7 \cdot 10^6 \text{ Дж/год};$$

Надлишкова теплота, що надходить у виробниче приміщення за формулою 4.5.

$$Q = 101,4 \cdot 10^6 + 15,3 \cdot 10^6 + 38,7 \cdot 10^6 = 155,4 \cdot 10^6 \text{ Дж/год};$$

Для видалення з приміщення цеху надлишків теплоти необхідний

повітрообмін визначаємо за формулою 4.4.

$$L = \frac{155,4 \cdot 10^6}{1000 \cdot 1,293 \cdot (20 - 15)} = 24037 \text{ м}^3/\text{год.}$$

4.3 Оцінка стійкості роботи виробничого об'єкту в умовах надзвичайних ситуацій

Стійкість роботи об'єкта – це його здатність випускати продукцію в надзвичайних ситуаціях у запланованому обсязі, необхідної номенклатури і відповідної якості, а у випадку впливу на об'єкт вражаючих факторів, стихійних лих та виробничих аварій – в мінімально короткі строки відновити своє виробництво.

Більш підготовленими до стійкої роботи будуть ті об'єкти, на яких будуть враховані усі небезпечні фактори, їх несприятливий вплив на виробництво і розроблять відповідні заходи. Завчасне проведення організаційних, агрохімічних, агротехнічних, інженерно-технічних, ветеринарно-санітарних, лісотехнічних, лісогосподарських, меліоративних та інших заходів максимально знизить результати впливу вражаючих факторів мирного і воєнного часу на людей, сільськогосподарських тварин і створить сприятливі умови для швидкої ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

Для розробки заходів підвищення і забезпечення стійкості роботи об'єктів у надзвичайних ситуаціях необхідно оцінити стійкість об'єкту проти впливу вражаючих факторів.

Вихідними даними для проведення розрахунків стійкості об'єкта до ураження є: максимальні значення параметрів можливих вражаючих факторів і характеристики елементів об'єкта [17]:

- відстань від цеху до сховища вуглеводних продуктів – 0,7 км;
- цех розташований до сховища по азимуту 270°;
- тип вуглеводневого продукту – пропан;

- маса продукту – 300 т.;
- характеристика механічного цеху: будівля – залізобетон; верстати – середні; трубопроводи – на металевих естакадах, наземні;
- кабельні мережі – наземні.

Зони осередку ураження при вибуху газоповітряної суміші показано на рисунку 4.1.

Визначаємо максимально ймовірний надмірний тиск, що очікується при вибуху у районі розташування об'єкту

Зона I – зона детонаційної хвилі

$$R_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q}, \quad (4.10)$$

де $Q = 300$ т. – маса вуглеводневого продукту.

$$R_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{300} = 117,151 \text{ м};$$

$$\Delta P_1 = 1700 \text{ кПа};$$

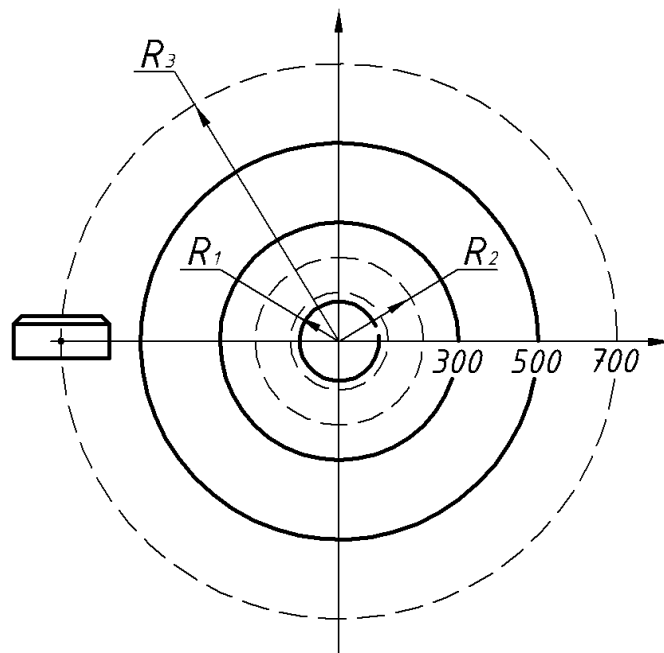


Рисунок 4.1 – Зони осередку ураження при вибуху газоповітряної суміші

Зона II – зона дії продуктів вибуху:

$$R_2 = 1,7 \cdot r_1 = 199,156 \text{ м}; \quad (4.11)$$

$$\Delta P_2 = 1300 \cdot \left(\frac{r_1}{r} \right)^3 + 50 = 56,094 \text{ кПа}. \quad (4.12)$$

Зона III – зона дії повітряної ударної хвилі:

Визначимо відносну величину ψ :

$$\psi = 0,24 \cdot \frac{r}{r_1} = 1,434. \quad (4.13)$$

При $\psi \leq 2$:

$$\Delta P_3 = \frac{700}{3 \cdot (\sqrt{1 + 29,8 \cdot \psi^3} - 1)} = 27,686 \text{ кПа}. \quad (4.14)$$

Визначимо фактичний надмірний тиск:

$$\Delta P_\phi = \left(1,05 \cdot \frac{\sqrt[3]{Q}}{r} + 4,3 \cdot \frac{\sqrt[3]{Q}}{r^2} + 14 \cdot \frac{Q}{r^5} \right) \cdot 100 = 1,043 \text{ кПа}. \quad (4.15)$$

Виділимо основні елементи об'єкту і визначимо їх ступені руйнування в залежності від ΔP_ϕ ударної хвилі:

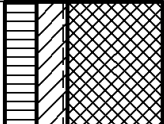
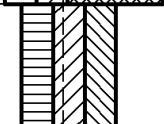
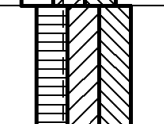
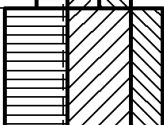
- механічний цех: $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 20 \dots 30$ кПа (середній);
- верстатний парк: $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 25 \dots 35$ кПа (середній);
- трубопроводи: $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 20 \dots 30$ кПа (слабкий);
- кабельні мережі: $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 10 \dots 30$ кПа (слабкий).

Порівнюючи $\Delta P_{\phi \text{ lim}}$ (по найменшому показнику: механічний цех) з $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 30$ кПа визначимо, що об'єкт є досить стійким до ударної хвилі.

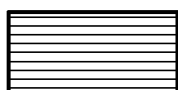
Результати розрахунків наведено у таблиці 4.1.

Висновок: межа стійкості об'єкту $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 20$ кПа, що відповідає межі стійкості найуразливішого елемента об'єкту, тобто будівлі механічного цеху. На об'єкті від ударної хвилі очікується середній ступінь руйнування будівлі механічного цеху та обладнання і легкий ступінь руйнування для трубопроводів та кабельних мереж. Можливий збиток складе: для будівлі механічного цеху – 45 %, для технологічного обладнання – 37 %, для трубопроводів – 27 %, для кабельних мереж – 27 %.

Таблиця 4.1 – Результати оцінки стійкості об'єкту до ударної хвилі

Елементи цеху та їх характеристики	Ступінь руйнування при ΔP_{ϕ} , кПа	Межа стійкості елемента $\Delta P_{\phi \text{ lim}}$, кПа	Збитки при $\Delta P_{\phi \text{ max}}$, %	Примітка
	10 20 30 40 50 60 70			
Будівля: залізобетон		20	45	Межа стійкості об'єкту $\Delta P_{\phi \text{ lim}} = 20$ кПа
Технологічне обладнання: верстати середні		25	37	
Трубопроводи: на металевих естакадах		30	27	
Електромережа: кабельна наземна		30	27	

$\Delta R_{\phi \text{ max}}$ →



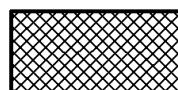
- слабкі руйнування



- сильні руйнування



- середні руйнування



- повні руйнування

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційній роботі встановлено перспективні ймовірнісно-статистичні методи оцінювання точності механічної обробки деталей, розроблено методику, проведені експериментальні дослідження та визначені статистичні характеристики точності обробки при фрезеруванні картера коробки передач 695Ж2-1701015-В.

2. Результати досліджень дозволили зробити висновок щодо небезпечності подальшого здійснення технологічного процесу на фрезерній операції картера коробки передач 695Ж2-1701015-В з причини високої ймовірності виникнення браку, незважаючи на те, що всі деталі з вибірки відповідали вимогам точності.

3. Запропонована методика дослідження статистичних характеристик точності обробки може застосовуватися для широкої номенклатури технологічних операцій механічної обробки деталей в машинобудівній галузі промисловості.

4. В роботі проаналізовано службове призначення та дана характеристика картера коробки передач 695Ж2-1701015-В, проведено аналіз технічних умов, технологічний контроль креслення деталі, проаналізована технологічність конструкції деталі, а також базовий технологічний процес її виготовлення.

5. На основі аналізу проведено вдосконалення базової технології виготовлення деталі 695Ж2-1701015-В, а саме: замість чотирьох послідовних операцій 030, 035, 040 і 045 на яких проводять послідовне оброблення 9 поверхонь на трьох різних верстатах, застосована одна агрегатно свердлильна операція 030, на якій проводиться оброблення всіх 9 поверхонь за допомогою агрегатно-свердлильного верстата АМ-8848. Це дозволить зменшити номенклатуру верстатів та зменшити штучний час виготовлення деталі що, в свою чергу, дасть змогу знизити трудомісткість та собівартість виготовлення виробу.

6. Спроектовано спеціальне технологічне оснащення для реалізації розробленого технологічного процесу. Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Міренський І. Г. Основи технології машинобудування : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2007. 275 с. : веб сайт. URL: http://eprints.kname.edu.ua/3223/1/%D0%93%D0%9B%D0%90%D0%92%D0%90_1.doc (дата звернення: 04.10.2021).
2. Панчоха Ю. Прогнозування ймовірного рівня браку механічної обробки статистичними методами. Матеріали Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції / В 2 т. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 23-24 квітня 2009 р.), 2009. – Т. 1. С. 214.
3. Якубовський В. С. Дослідження точності отримання розмірів при фрезеруванні : Актуальні задачі сучасних технологій : Збірник тез доповідей X Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів. В 2-х т. т. 1, м. Тернопіль, 25-26 листопада 2021 р. Тернопіль : ТНТУ, 2021. С. 62.
4. Ясній О. П., Валяшек В. Б., Крива Н. Р. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика» для студентів факультету «Комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії». Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2020. 76 с. : веб сайт. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31094> (дата звернення: 08.10.2021).
5. Дячун А. Є., Капаціла Ю. Б., Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.
6. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ : НМК ВО, 1990. 264 с.
7. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособ. для вузов. Москва : ООО «ИД» Альянс, 2007. 256 с.
8. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : Навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.

9. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : Навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.

10. Режимы резания металлов: Справочник / Под ред. Ю. В. Барановского. Москва : Машиностроение, 1972. 409 с.

11. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Изд. 2-е. Москва : Машиностроение, 1974. 421 с.

12. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В., Дячун А. Є. Механоскладальні дільниці та цехи : Навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 40 с.

13. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв : Навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2017. 40 с.

14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 1985. 496 с.

15 Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: Навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

16. Запорожець О. І. Основи охорони праці: Підручник / О. І. Запорожець, О. С. Протоєрейський, Г. М. Франчук, І. М. Боровик. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 264 с.

17. Шоботов В. М. Цивільна оборона: Навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.

ДОДАТОК А

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на технологічний процес механічної обробки
картера коробки передач 695Ж2-1701015-В

Дубл.													
Зам.													
Підпис													
ТНТУ		695Ж2-1701015-В		46000									
		Картер коробки передач		5014.1.00001									

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедрою _____ /І.Б. Окіпний/

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ на технологічний процес механічної обробки

Виконав: _____ / Якубовський /
Перевірив: _____ / Ткаченко /
Нормоконтроль: _____ / Ткаченко /

Дубл.	Замість.	Підлис.																	
																		6	
									695Ж2-1701015-В			Картер кородки передач							
А	Цех	Дільн	РМ	Опер.	Код, назва операції	СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	К шт.	Т п.С	Т шт.	КВ	Н. випр.	
Б	Код, назва обладнання				Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу				Позначення, код				ОН	ОП	К шт.	Т шт.	КВ	Н. випр.	
Кім													ОН	ОП	К шт.	Т шт.	КВ	Н. випр.	
Т 01					Щітка ЩТР ОСТ17830-80.														
Т 02					Свердло 2301-1013 ГОСТ10903-77. Свердло 2301-1033 ГОСТ10903-77. Свердло 2301-1051 ГОСТ10903-77.														
Т 03					Свердло 2301-1113 ГОСТ10903-77.														
Т 04					Штангенциркуль ШЦ-І-125-0.1 ГОСТ166-80. Калібр-пробки ГОСТ14807-69. Калібр на розміщення отворів.														
05																			
06																			
А 07	021				035	Спеціально-фрезерна													Тпз=16 Тшт=1,614
Б 08					Вертикально-свердлильний верстат 2Н135														
О 09					1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.														
О 10					2. Фрезерувати поверхні ① і ② послідовно.														
Р 11					L=37 мм; t=2,5 мм; i=2; S=0,28 мм/об; p=355 об/хв; V= 35,66 м/хв; To=0,144 хв, Td=0,878 хв.														
Т 12					Пристрій для фрезерування. Підставка 591П-00-000.														
Т 13					Окуляри 012-72 ГОСТ12.6.013-85. Щітка ЩТР ОСТ17830-80.														
Т 14					Фреза 2210-4003 ГОСТ20534-75.														
Т 15					Штангенциркуль ШЦ-І-125-0.1 ГОСТ166-80. Калібр-пробка ГОСТ14807-69.														
16																			
17																			
МК					Механічної обробки														

Дубл.		Замість.		Підлис.															
Цех	Дільн.	РМ	Опер.	Код, назва операції	Код, назва обладнання	Код, назва деталей, скл. одиниці або матеріалу	СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	К шт.	Т п.С	Т шт.	Н. випр.	
Назва деталей, скл. одиниці або матеріалу																			
Позначення документа																			
Кім																			
A 01 021			040	Горизонтально-фрезерна													Тпз=16	Тшт=3,35	
B 02				Горизонтально-фрезерний верстат 6М82Г															
O 03				1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.															
O 04				2. Фрезерувати поверхню (1).															
P 05				L=320 мм; t=3,0 мм; i=2; S=250 мм/хв; n=250 об/хв; V= 117,25 м/хв; То=0,56 хв; Тд=1,79 хв.															
T 06				Пристрій для фрезерування. Підставка 591Т-00-000.															
T 07				Окуляри 012-72 ГОСТ12.6.013-85. Щітка ЩТР ОСТ17830-80.															
T 08				Фреза 17-102 ГОСТ26595-85.															
T 09				Штангенциркуль ЩЦ-III-400-0,1 ГОСТ166-80.															
10																			
11																			
A 12 021			045	Вертикально-фрезерна з ЧПК													Тпз=16	Тшт=1,37	
B 13				Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК 6Р13ФЗ															
O 14				1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.															
O 15				2. Фрезерувати одинадцять добішок (1) за програмою.															
P 16				L=30 мм; t=2,0 мм; i=11; S=75 мм/хв; n=630 об/хв; V= 247,3 м/хв; То=0,43 хв; Тд=0,94 хв.															
17																			
МК				Механічної обробки															

Картер коробки передач

695Ж2-1701015-В

7

Дубл.		Замість.		Підпис.														
Цех		Дільня		РМ		Опер.		Код, назва операції		Код, назва обладнання		Код, назва матеріалу		Кім				
А		Б		Кім		Т 01		Т 02		Т 03		Т 04		05		06		
Агрегатно-свердлильна		Агрегатно-свердлильний верстат АМ-8849		1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.		2. Свердлити отвори ①, ④ до $\Phi 16^{+0,4}$, розсвердлити отвори ④ до $\Phi 18^{+0,4}$ послідовно.		3. Зенкувати отвори ① до $\Phi 23,6^{+0,1}$, ④ до $\Phi 17,6^{+0,1}$ послідовно, фаску ⑤, зенкувати отвори ② і ③ до $\Phi 42^{+0,3}$.		4. Розвернути отвори ① і ④ одночасно.		5. Зенкувати отвори ② і ③ послідовно.		L=46 мм; t=1,5 мм; i=2; S=1,37 мм/об; p=76 об/хв; V=11,0 м/хв; T ₀ =1,76 хв.				
А 07	021	050	Агрегатно-свердлильна		Агрегатно-свердлильний верстат АМ-8849												Т _{пз} =14 Т _{шт} =3,05	
Б 08																		
О 09																		
О 10																		
Р 11																		
О 12																		
Р 13																		
О 14																		
Р 15																		
О 16																		
Р 17																		
МК																		

Картер коробки
передач

695Ж2-1701015-В

Позначення документа

КР КОВД ОН ОП К шт. Т шт.
ОН ППП ОВ ОН КВ Н. випр.

Т 01 Пристрій для фрезерування. Підставка 591Т-00-000. Оправка 33-994. Ніж 591Т-00-001.

Т 02 Окуляри 012-72 ГОСТ12.6.013-85. Щітка ЩТР ОСТ17830-80.

Т 03 Фреза 2241-0512 ГОСТ20534-75.

Т 04 Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ166-80.

05

06

А 07 021 050 Агрегатно-свердлильна

Б 08 Агрегатно-свердлильний верстат АМ-8849

О 09 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.

О 10 2. Свердлити отвори ①, ④ до $\Phi 16^{+0,4}$, розсвердлити отвори ④ до $\Phi 18^{+0,4}$ послідовно.

Р 11 L=65 мм; t=8,0 мм; i=2; S=0,19 мм/об; p=550 об/хв; V=27,8 м/хв; T₀=1,76 хв; T_d=1,29 хв.

О 12 3. Зенкувати отвори ① до $\Phi 23,6^{+0,1}$, ④ до $\Phi 17,6^{+0,1}$ послідовно, фаску ⑤, зенкувати отвори ② і ③ до $\Phi 42^{+0,3}$.

Р 13 L=61 мм; t=2,3 мм; i=3; S=0,19 мм/об; p=550 об/хв; V=40,7 м/хв; T₀=1,76 хв.

О 14 4. Розвернути отвори ① і ④ одночасно.

Р 15 L=60 мм; t=0,2 мм; i=1; S=0,54 мм/об; p=76 об/хв; V=14,7 м/хв; T₀=1,76 хв.

О 16 5. Зенкувати отвори ② і ③ послідовно.

Р 17 L=46 мм; t=1,5 мм; i=2; S=1,37 мм/об; p=76 об/хв; V=11,0 м/хв; T₀=1,76 хв.

МК Механічної обробки

Дубл.	Замість.	Підпис.											9			
													Картер кородки передач			
			695Ж2-1701015-В													
А			Цех	Дільн.	РМ	Опер.	Код, назва операції			Позначення документу						
Б			Код, назва обладнання			СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	К шт.	Т п.С	Т шт.
Кім			Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу			Позначення, код										
Т 01			Пристрії для свердління. Підставка 391Т-00-000. Продовжувач 32-892. Продовжувач 32-894.													
Т 02			Окуляри 012-72 ГОСТ12.6.013-85. Щітка ЩТР ОСТ17830-80.													
Т 03			Свердло 10-457 ГОСТ10903-77. Зенкер 11-988 ГОСТ21540-76. Зенкер 11-1092 ГОСТ21540-76.													
Т 04			Розвертка 12-847 ГОСТ1672-71. Зенкер 11-997 ГОСТ21540-71.													
Т 05			Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ166-80. Калібр-пробки ГОСТ14810-69. Шаблон на розміщення отворів.													
06																
07																
А 08 021			055 Радіально-свердлильна													
Б 09			Радіально-свердлильний верстат 2М55													
О 10			1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.													
О 11			2. Свердлити два отвори (5) послідовно.													
Р 12			L=32 мм; t=4,65 мм; i=2; S=0,224 мм/об; p=1600 об/хв; V= 46,72 м/хв; To=0,568 хв, Td=0,995 хв.													
О 13			3. Свердлити отвір (4).													
Р 14			L=30 мм; t=6,0 мм; i=1; S=0,224 мм/об; p=1600 об/хв; V= 60,29 м/хв; To=0,568 хв.													
О 15			4. Свердлити три отвори (3) $\Phi 5^{+0,2}$ послідовно.													
Р 16			L=28 мм; t=2,5 мм; i=3; S=0,924 мм/об; p=1600 об/хв; V= 25,12 м/хв; To=0,568 хв.													
О 17			5. Переустановити заготовку.													
МК			Механічної обробки													
			Тпз=12										Тшт=1,563			

Дубл.																							
Замість.																							
Підпис.																							
																					10		
												695Ж2-1701015-В						Картер кородки передач					
А			Цех	Дільн	РМ	Опер.	Код, назва операції						Позначення документу										
Б			Код, назва обладнання			Код, назва операції						Позначення документу											
Кім			Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу			СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	К шт.	Т п.С	Т шт.	ОН	ОВ	КВ	Н. выпр.			
<p>0 01 6. Зенкувати фаску ① .</p> <p>P 02 L=2 мм; t=1,0 мм; i=1; S=0,45 мм/об; p=630 об/хв; V= 51,43 м/хв; To=0,568 хв.</p> <p>0 03 7. Зенкувати три фаски ② послідовно.</p> <p>P 04 L=1,5 мм; t=1,0 мм; i=3; S=0,45 мм/об; p=630 об/хв; V= 12,46 м/хв; To=0,568 хв.</p> <p>T 05 Пристрії для свердління. Патрон 6251-0182. Втулка 6100-0146 ГОСТ13985-76. Втулка 6132-0653 ГОСТ13985-76.</p> <p>T 06 Втулка 6126-0354 ГОСТ13985-76. Втулка 6120-0538 ГОСТ13985-76. Втулка 6112-0538 ГОСТ13985-76.</p> <p>T 07 Втулка 6120-0353 ГОСТ13985-76. Підставка 391Т-00-000. Окуляри 012-72 ГОСТ12.6.013-85. Щітка ЩТР ОСТ17830-80.</p> <p>T 08 Свердло 2300-0765 ГОСТ10903-77. Зенківка 2353-0142 ГОСТ14953-80. Зенкер 11-1092 ГОСТ21540-76.</p> <p>T 09 Штангенциркуль ЩЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ166-80. Калібр-пробки ГОСТ14810-69. Шаблон на розміщення отворів.</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>А 12 021 060 Радіально-свердлильна <i>Tпз=12 Tшт=4,918</i></p> <p>Б 13 Радіально-свердлильний верстат 2М55</p> <p>0 14 1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.</p> <p>0 15 2. Зенкувати фаску ③ .</p> <p>P 16 L=3 мм; t=1,6 мм; i=1; S=0,224 мм/об; p=1600 об/хв; V= 72,35 м/хв; To=3,1 хв; Tд=1,818 хв..</p> <p>17</p>																							
МК		Механічної обробки																					

Дубл.	Замість.	Підпис.											11
			695Ж2-1701015-В										Картер кородки передач
Цех Дільн РМ Опер.			Позначення документа										
Код, назва обладнання			КР	КОВД	ОН	ОП	К шт.	Т п.С	Т шт.				
Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу			СМ	Проф.	Р	УП	ОП	ОН	КВ				
			Позначення, код										
0 01	3. Нарізати різь (4)												
P 02	L=22 мм; t=1,5 мм; i=1; S=1,411 мм/об; n=315 об/хв; V= 13,35 м/хв; To=3,1 хв.												
0 03	4. Свердлити отвір (5)												
P 04	L=21 мм; t=6,0 мм; i=1; S=0,16 мм/об; n=1600 об/хв; V= 60,29 м/хв; To=3,1 хв.												
0 05	5. Свердлити два отвори (7) $\Phi 5,7^{+0,1}$ з одночасною обробкою двох фасок (6), послідовно.												
P 06	L=8,5 мм; t=2,85 мм; i=2; S=0,16 мм/об; n=1600 об/хв; V= 28,64 м/хв; To=3,1 хв.												
0 07	6. Розвернути три отвори (7) послідовно.												
P 08	L=8 мм; t=0,15 мм; i=2; S=0,16 мм/об; n=315 об/хв; V= 5,94 м/хв; To=3,1 хв.												
0 09	7. Повернути пристрій на 18°.												
0 10	8. Свердлити отвір $\Phi 23^{+0,5}$.												
P 11	L=73 мм; t=10,0 мм; i=1; S=0,45 мм/об; n=630 об/хв; V= 45,5 м/хв; To=3,1 хв.												
0 12	9. Замінити кондукторну втулку.												
0 13	10. Зенкувати отвори (10) до $\Phi 24,9^{+0,3}$ на глибину $32 \pm 1,0$ мм.												
P 14	L=70 мм; t=2,45 мм; i=1; S=0,45 мм/об; n=630 об/хв; V= 49,26 м/хв; To=3,1 хв.												
0 15	11. Замінити кондукторну втулку.												
0 16	12. Цекувати поверхню (8)												
P 17	L=5 мм; t=12,55 мм; i=1; S=0,16 мм/об; n=630 об/хв; V= 98,9 м/хв; To=3,1 хв.												
МК	Механічної обробки												

Дубл.	Замість.	Підпис.											12				
			695Ж2-1701015-В										Картер коробки передач				
			Позначення документа														
А	Цех	Дільн	РМ	Опер.	Код, назва операції	СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	К шт.	Т п.С	Т шт.	
Б	Код, назва обладнання		Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу														
Кім	Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу		Позначення, код														
О 01	13. Зенкувати фаску (9)																
Р 02	L=5 мм; t=2,0 мм; i=1; S=0,16 мм/об; n=630 об/хв; V= 56,18 м/хв; To=3,1 хв.																
О 03	14. Нарізати різь (10)																
Р 04	L=80 мм; t=2,0 мм; i=1; S=2,0 мм/об; n=100 об/хв; V= 10,0 м/хв; To=3,1 хв.																
О 05	15. Повернути кондуктор на 162°.																
О 06	16. Свердлити отвори (12) послідовно.																
Р 07	L=58 мм; t=4,5 мм; i=1; S=0,224 мм/об; n=1000 об/хв; V= 28,26 м/хв; To=3,1 хв.																
О 08	17. Розсвердлити отвір (12) до $\Phi 10,2^{+0,2}$.																
Р 09	L=35 мм; t=5,1 мм; i=1; S=0,224 мм/об; n=1000 об/хв; V= 32,03 м/хв; To=3,1 хв.																
О 10	18. Зенкувати фаску (11)																
Р 11	L=1,5 мм; t=1,5 мм; i=1; S=0,224 мм/об; n=1000 об/хв; V= 39,56 м/хв; To=3,1 хв.																
О 12	19. Нарізати різь (12)																
Р 13	L=70 мм; t=1,5 мм; i=1; S=1,75 мм/об; n=315 об/хв; V= 11,87 м/хв; To=3,1 хв.																
Т 14	Кондуктор для свердління. Патрон 6251-0182. Втулка 6100-0146 ГОСТ13985-76. Втулка 6132-0653 ГОСТ13985-76.																
Т 15	Втулка 6126-0354 ГОСТ13985-76. Втулка 6120-0538 ГОСТ13985-76. Втулка 6112-0538 ГОСТ13985-76.																
Т 16	Втулка 6126-0354 ГОСТ13985-76. Окулярі 012-72 ГОСТ12.6.013-85. Щітка ЩТР ОСТ17830-80.																
Т 17	Свердло 2301-3381 ГОСТ10903-77. Зенківка 2353-0133 ГОСТ14953-80. Мітчик К1/4" ГОСТ17933-72.																
МК	Механічної обробки																

Дубл.		Замість.		Підлис.															
Цех	Дільн	РМ	Опер.	Код, назва операції	Код, назва обладнання	Код, назва матеріалу	СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	К шт.	Т п.С	Т шт.	Н. випр.	
								Позначення, код				ППП		ОВ		ОН		КВ	
695Ж2-1701015-В																Картер коробки передач			
																13			
Т 01	Свердло 2300-0099		ГОСТ10903-77. Розвертка 2363-4107		ГОСТ1672-71. Свердло 2301-0079		ГОСТ10903-77.												
Т 02	Зенкер 11-892		ГОСТ12489-71. Цековка 2350-4064.		Зенківка 2353-0145		ГОСТ14953-80. Мітчик М27		2		ГОСТ3266-81.								
Т 03	Свердло 2300-0393		ГОСТ10903-77. Зенківка 2353-0142		ГОСТ14953-80. Мітчик 2620-9799		М12-7Н		ГОСТ3266-81.										
Т 04	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1		ГОСТ166-80. Калібр-пробки різьбові		ГОСТ15819-71. Шаблон на розміщення отворів.														
05																			
06																			
А 07	021		065		Радіально-свердлильна												Тпз=12 Тшт=2,292		
Б 08	Радіально-свердлильний верстат 2М55																		
О 09	1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.																		
О 10	2. Свердлити отвір (2) до $\Phi 11,2^{+0,24}$.																		
Р 11	L=17 мм; t=5,6 мм; i=1; S=0,224 мм/об; n=1000 об/хв; V= 35,17 м/хв; То=0,306 хв; Тв=0,31 хв.																		
О 12	3. Зенкувати фаску (1).																		
Р 13	L=1,6 мм; t=1,6 мм; i=1; S=0,224 мм/об; n=1000 об/хв; V= 40,19 м/хв; То=0,306 хв.																		
О 14	4. Нарізати різь (2).																		
Р 15	L=22 мм; t=1,0 мм; i=1; S=1,411 мм/об; n=100 об/хв; V= 3,46 м/хв; То=0,301 хв.																		
Т 16	Пристрій для свердління. Патрон К321419. Втулка 6100-0146 ГОСТ13985-76. Втулка 6120-0358 ГОСТ13985-76.																		
Т 17	Втулка 6120-0358 ГОСТ13985-76. Підставка 841Т-00-000. Окуляри 012-72 ГОСТ12.6.013-85. Шітка ШТР ОСТ17830-80.																		
МК	Механічної обробки																		

Дубл.																				
Замість.																				
Підпис.																				
																			16	
																			Картер коробки передач	
																			695Ж2-1701015-В	
		Позначення документа																		
А	Цех	Дільн	РМ	Опер.	Код, назва операції	СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	К шт.	Т п.С	Т шт.				
Б	Код, назва обладнання																			
Кім	Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу				Позначення, код															
О 01	8. Зенкувати двадцять одну фаску (5) послідовно.																			
Р 02	L=2 мм; t=1,6 мм; i=21; S=0,05 мм/об; p=1500 об/хв; V= 49,45 м/хв; То=1,2 хв.																			
Т 03	Пристрій для зенкування. Патрон 6251-0182. Втулка 6100-0146 ГОСТ13985-76. Втулка 6132-0653 ГОСТ13985-76.																			
Т 04	Втулка 6120-0353 ГОСТ13985-76. Підставка 391Т-00-000. Окуляр 012-72 ГОСТ12.6.013-85. Щітка ШТР ОСТ17830-80.																			
Т 05	Зенківка 2353-0142 ГОСТ14953-80. Зенківка 2353-0148 ГОСТ14953-80.																			
Т 06	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ166-80. Шаблон фасковий.																			
07																				
08																				
А 09 021	080 Горизонтально-фрезерна																		Тпз=16	Тшт=1,07
Б 10	Горизонтально-фрезерний верстат 6Р82Г																			
О 11	1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.																			
О 12	2. Фрезерувати поверхні (1) і (2) одночасно.																			
Р 13	L=80 мм; t=8,0 мм; i=1; S=400 мм/хв; p=90 об/хв; V= 15,54 м/хв; То=0,2 хв, Тd=0,87 хв.																			
Т 14	Пристрій для фрезерування. Підставка 591Т-00-000. Оправка 33-986.																			
Т 15	Втулка 6120-0353 ГОСТ13985-76. Підставка 391Т-00-000. Окуляр 012-72 ГОСТ12.6.013-85. Щітка ШТР ОСТ17830-80.																			
Т 16	Фреза ВК6 15-353 ГОСТ20534-75.																			
Т 17	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ166-80.																			
МК	Механічної обробки																			

Дубл.	Замість.	Підпис.											17									
			695Ж2-1701015-В										Картер коробки передач									
А			Цех	Дільн	РМ	Опер.	Код, назва операції			СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	К шт.	Т п.С	Т шт.		
Б			Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу				Код, назва обладнання				Позначення документа							Т шт.	Н. выпр.			
Кім											Позначення, код							К шт.	ОН	ОП	КВ	Н. выпр.
01																						
02																						
А 03	021		085																	Тпз=14	Тшт=1,15	
Б 04																						
О 05																						
О 06																						
Р 07																						
Т 08																						
Т 09																						
Т 10																						
11																						
12																						
А 13	021		090																	Тпз=14	Тшт=1,28	
Б 14																						
О 15																						
О 16																						
Р 17																						
МК																						

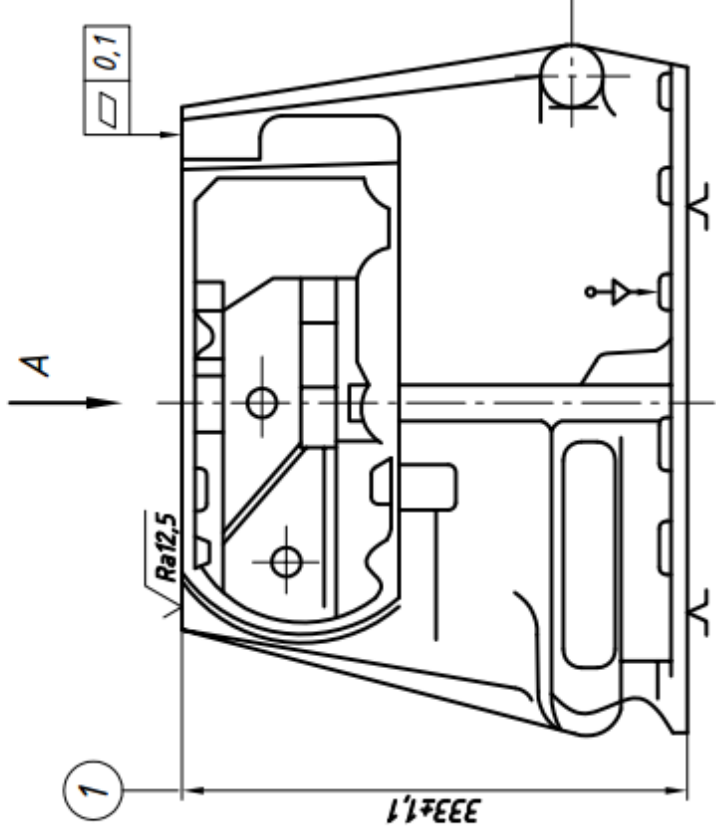
Механічної обробки

Дубл.																
Замість.																
Підлис.																
Картер коробки передач																
695Ж2-1701015-В																
18																
А	Цех	Дільн.	РМ	Опер.	Код, назва операції	СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	К шт.	Т п.С	Т шт.
Т 01	Борштанга 37-196. Підставка 591Т-00-000. Окуляри 012-72 ГОСТ12.6.013-85. Щітка ЩТР ОСТ17830-80.															
Т 02	Різець 04-1123 ВКЗ ГОСТ19048-80. Різець 04-1189 ВКЗ ГОСТ19048-80.															
Т 03	Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ166-80. Калібр-пробка ГОСТ18407-82.															
04																
05																
06																
А 07 021	095 Алмазно-розточна															
Б 08	Алмазно-розточний верстат ОС3169															
О 09	1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.															
О 10	2. Розточити поверхні (5), (1), (4) і (2).															
Р 11	L=70 мм; t=0,5 мм; i=1; S=0,06 мм/об; n=800 об/хв; V=326,6 м/хв; To=1,46 хв, Td=0,98 хв.															
Т 12	Борштанга 37-058. Підставка 591Т-00-000. Окуляри 012-72 ГОСТ12.6.013-85. Щітка ЩТР ОСТ17830-80.															
Т 13	Різець 04-1395 ВКЗ ГОСТ19048-80.															
Т 14	Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ГОСТ166-80. Калібр-пробка ГОСТ18407-82.															
15																
16																
17																
МК	Механічної обробки															

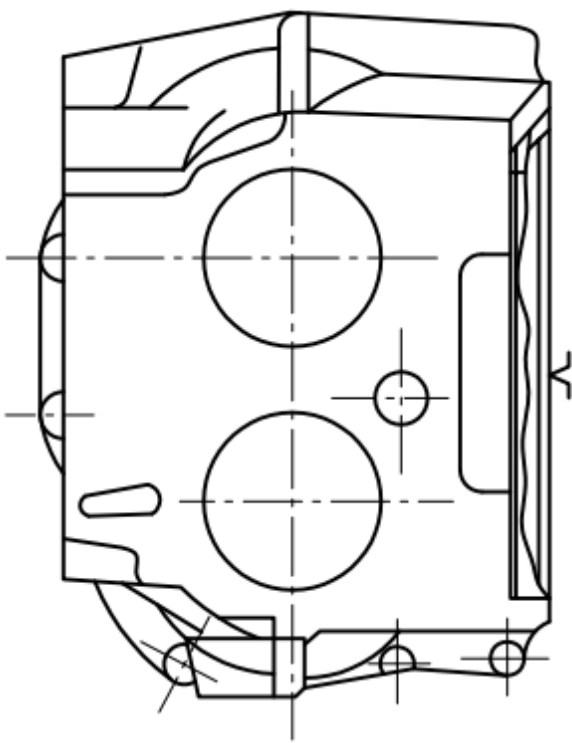
Дубл. Замість Підпис.																					
													695Ж2-1701015-B			Картер коробки передач					19
A	Цех	Дільн	РМ	Опер.	Код, назва операції	СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	К шт.	Т п.С	Т шт.					
B	Код, назва обладнання				Позначення документу																
Кім	Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу				Позначення, код																
A 01 021	100				Слюсарна													<i>Tшт=5,18</i>			
B 02	<i>Верстак слюсарний</i>																				
O 03	<i>1. Встановити, закріпити, зняти заготовку.</i>																				
O 04	<i>2. Зенкувати фаску (1).</i>																				
P 05	<i>L=3 мм; t=1,6 мм; i=1; S=0,15 мм/об; n=20 об/хв; V= 0,75 м/хв; To=3,98 хв, Td=1,2 хв..</i>																				
O 06	<i>3. Нарізати різь (2).</i>																				
P 07	<i>L=42 мм; t=1,0 мм; i=1; S=0,941 мм/об; n=15 об/хв; V= 0,6 м/хв; To=3,98 хв.</i>																				
T 08	<i>Втулка 6120-0353 ГОСТ13495-85. Вороток 6910-0039. Підставка 591T-00-000.</i>																				
T 09	<i>Окуляри 012-72 ГОСТ12.6.013-85. Щітка ЩТР ОСТ17830-80.</i>																				
T 10	<i>Зенківка 2353-0133 ГОСТ14953-80. Міпчик К1/8" 2680-4004-02 ГОСТ17933-72.</i>																				
T 11	<i>Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ166-80. Калібр-продка різьбова ГОСТ15719-62.</i>																				
12																					
13																					
A 14 021	105				Контрольна													<i>Tшт=5,12</i>			
B 15	<i>Стіл контролера</i>																				
O 16	<i>1. Перевірити наявність заусенців та задирів на оброблених поверхнях візуально.</i>																				
O 17	<i>2. Перевірити точність виконання розмірів поверхонь та їх якість відповідно до технічних вимог.</i>																				
МК	<i>Механічної обробки</i>																				

Дубл.									
Замість Підпис.									
								32	1
Розробив.	Якубовський								
Нормував									
Погодив.	Ткаченко								
Затвердив.	Окінний								
Н. контр.	Ткаченко								005
ТНТУ		695Ж2-1701015-В							
		Картер коробки передач							

$\sqrt{Rz20}$ (✓)



Позиція I A



ГСТ 3.1404-86

Форма 7а

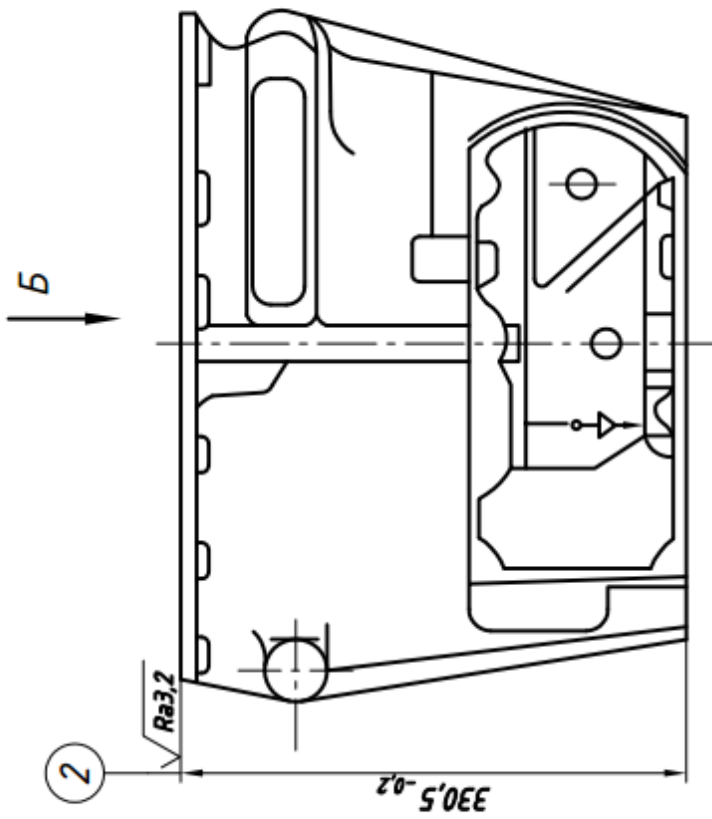
Дубл.	
Взам.	
Підп.	

2

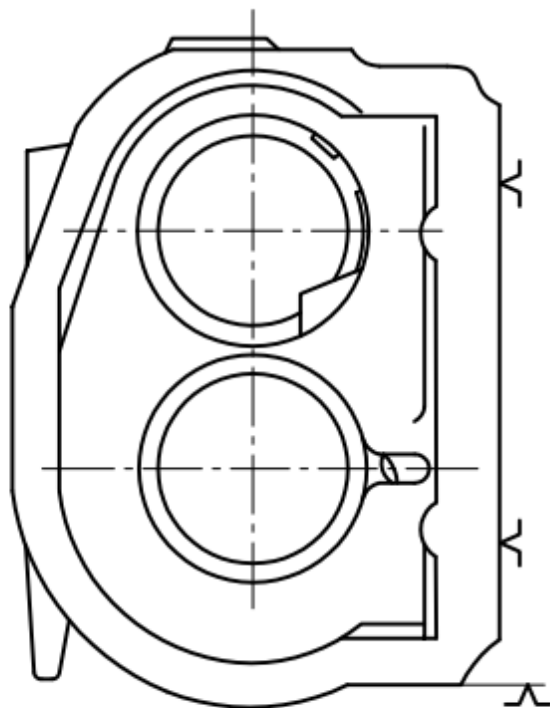
Картер коробки передач				695Ж2-1701015-В	005
------------------------	--	--	--	-----------------	-----

$\sqrt{Rz20}$

Позиція II



Б



КЕ

Механічної обробки

ГОСТ 3.1404-86

Форма 7а

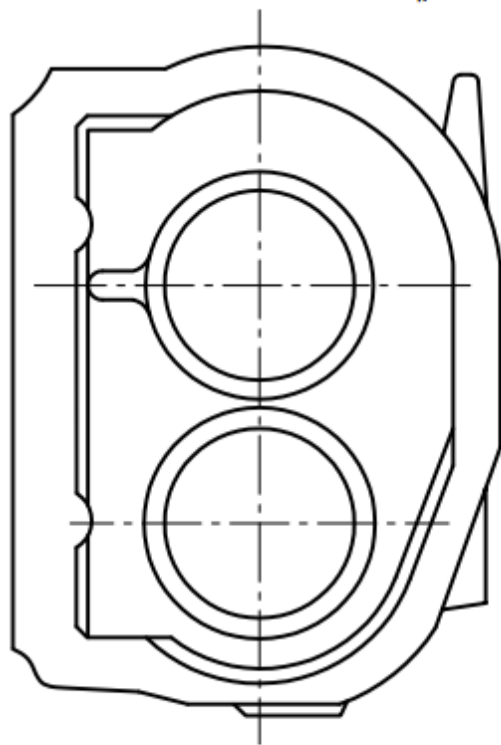
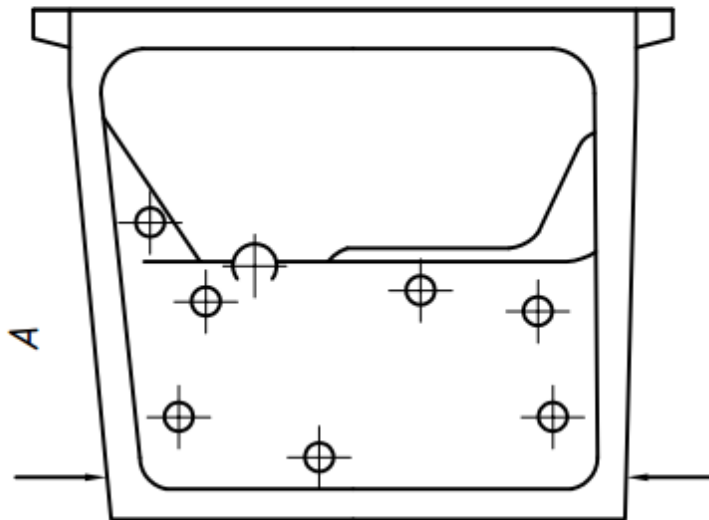
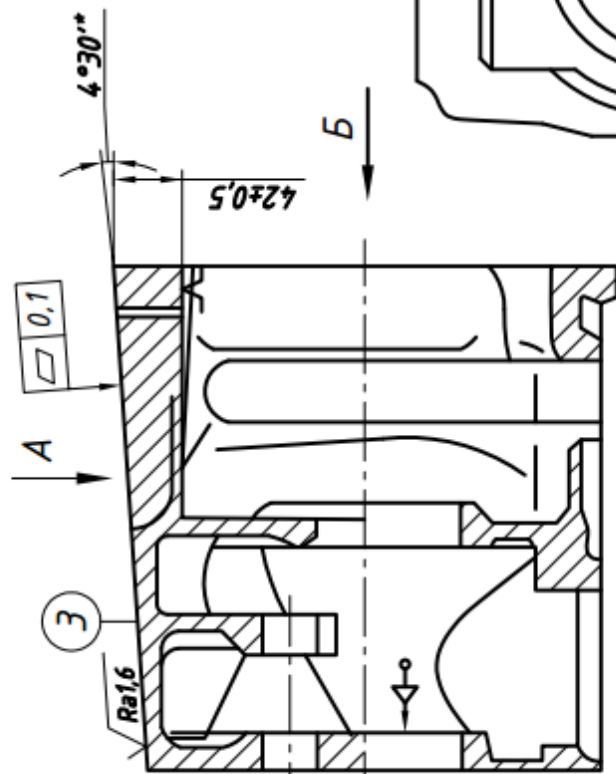
Дубл.	
Взам.	
Підп.	

3

Картер коробки передач
695Ж2-1701015-В 005

Позиція III

√ Rz20(✓)



* Розмір забезпечується пристроєм

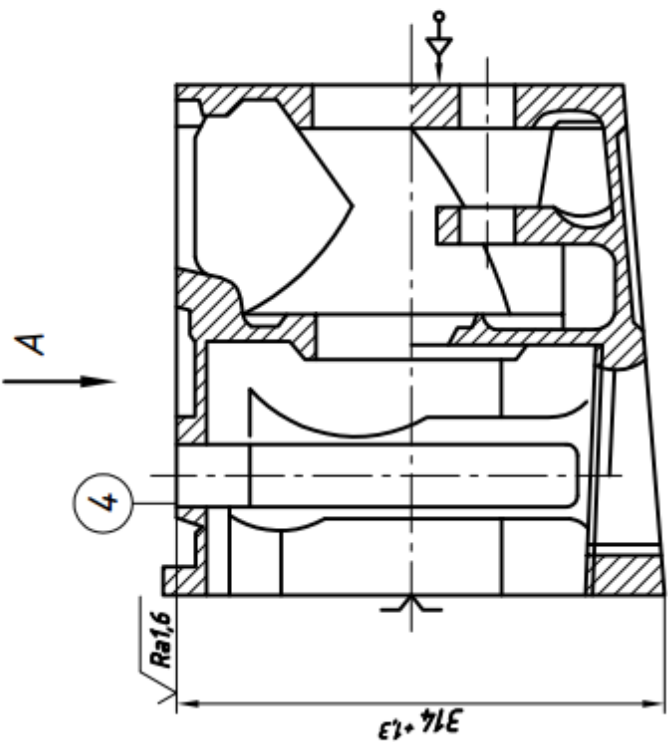
КЕ

Механічної обробки

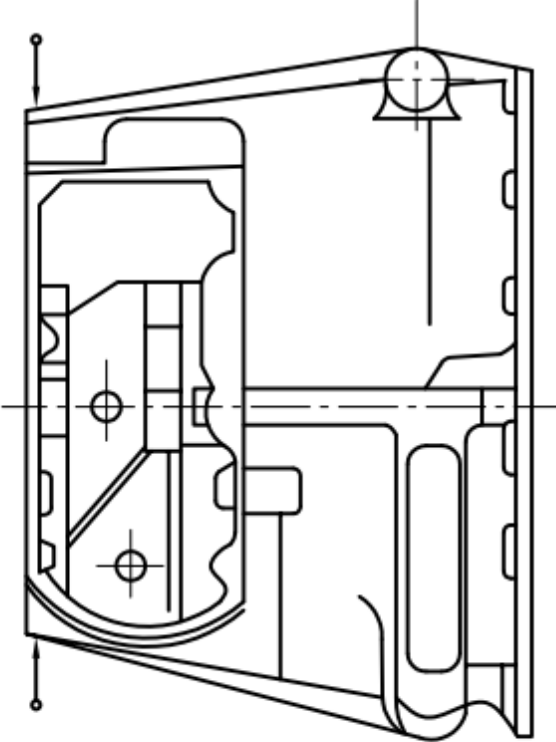
Дубл.	ГОСТ 3.1404-86			Форма 7а		
	Взам.					
Підп.						
Картер коробки передач						
	695Ж2-1701015-В			005		
						4

Позиція IV

$\sqrt{Rz20}$ (✓)



A



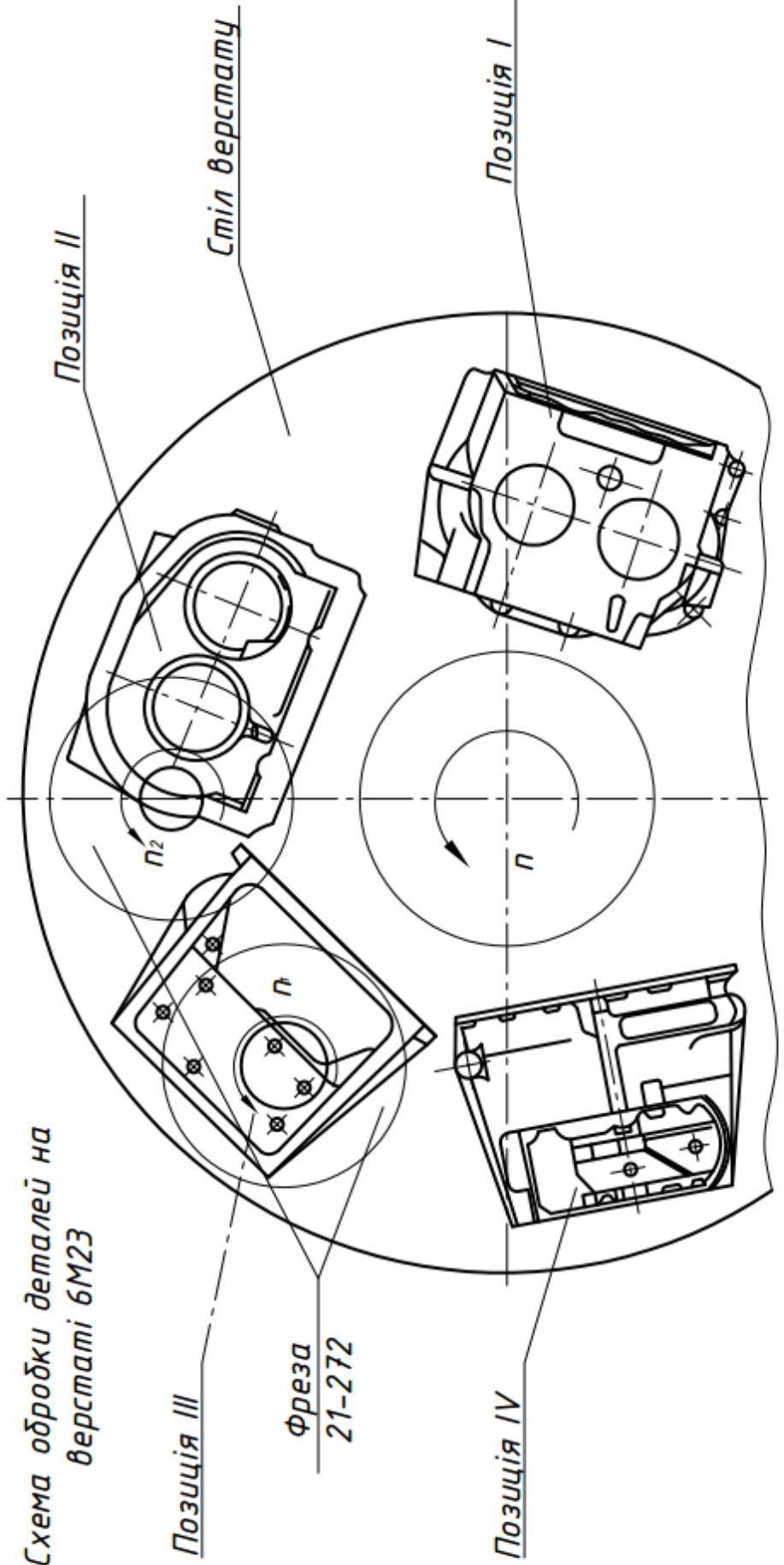
ГОСТ 3.1404-86 Форма 7а

Дубль.	
Взам.	
Підп.	

5	
Картер коробки передач	695Ж2-1701015-В 005

$\sqrt{Rz20}$

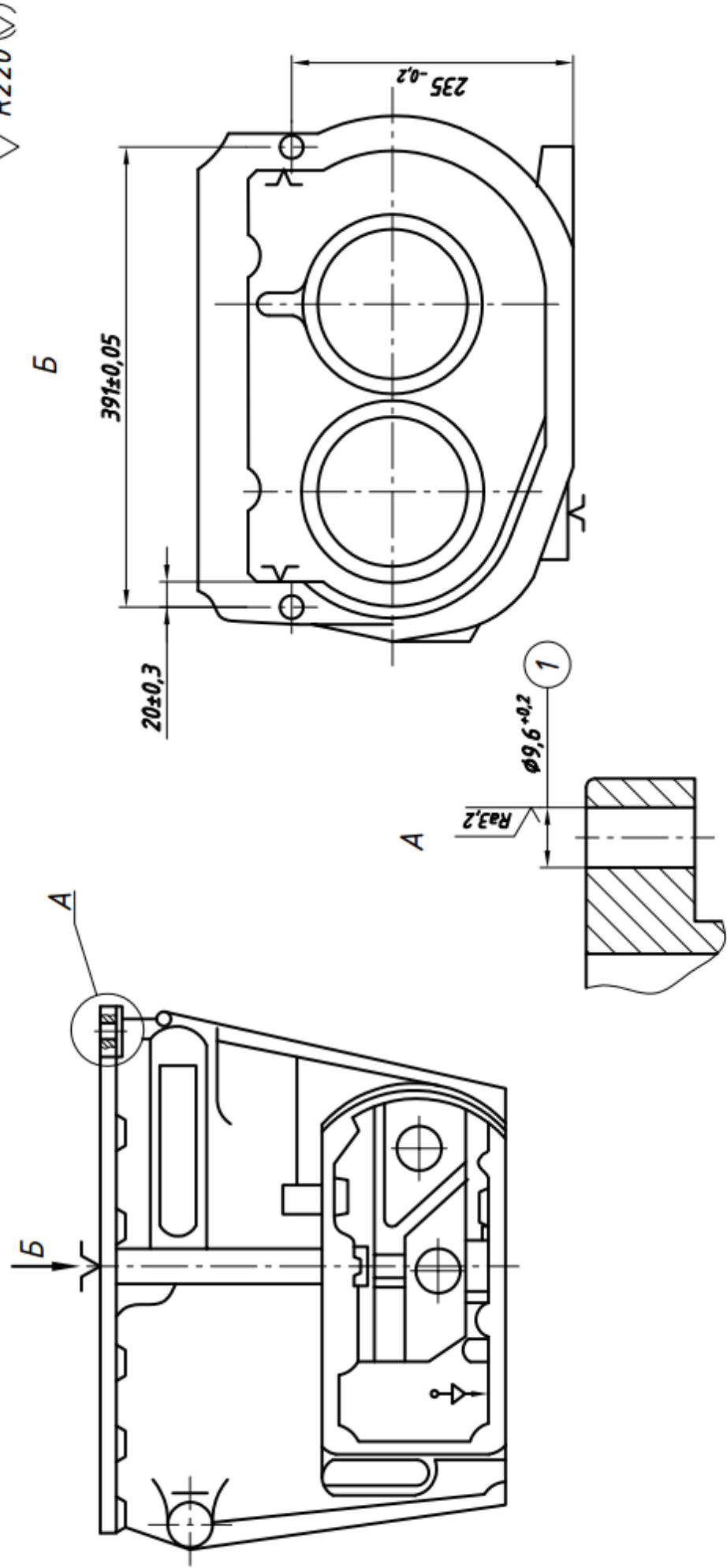
Схема обробки деталей на верстаті 6М23



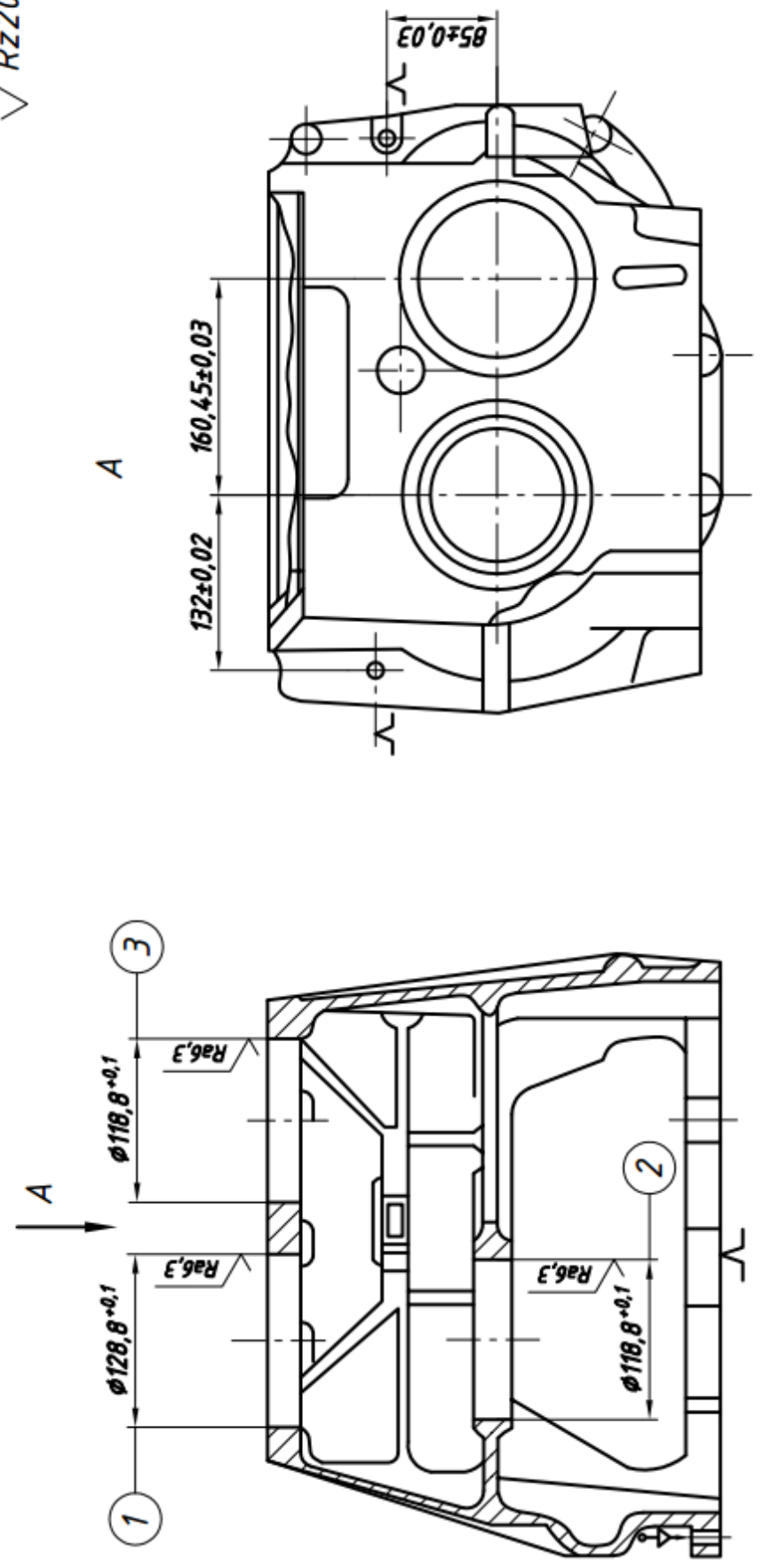
ГОСТ 3.1404-86 Форма 7а

Дубл.	
Взам.	
Підп.	

6	
Картер коробки передач	695Ж2-1701015-В 010



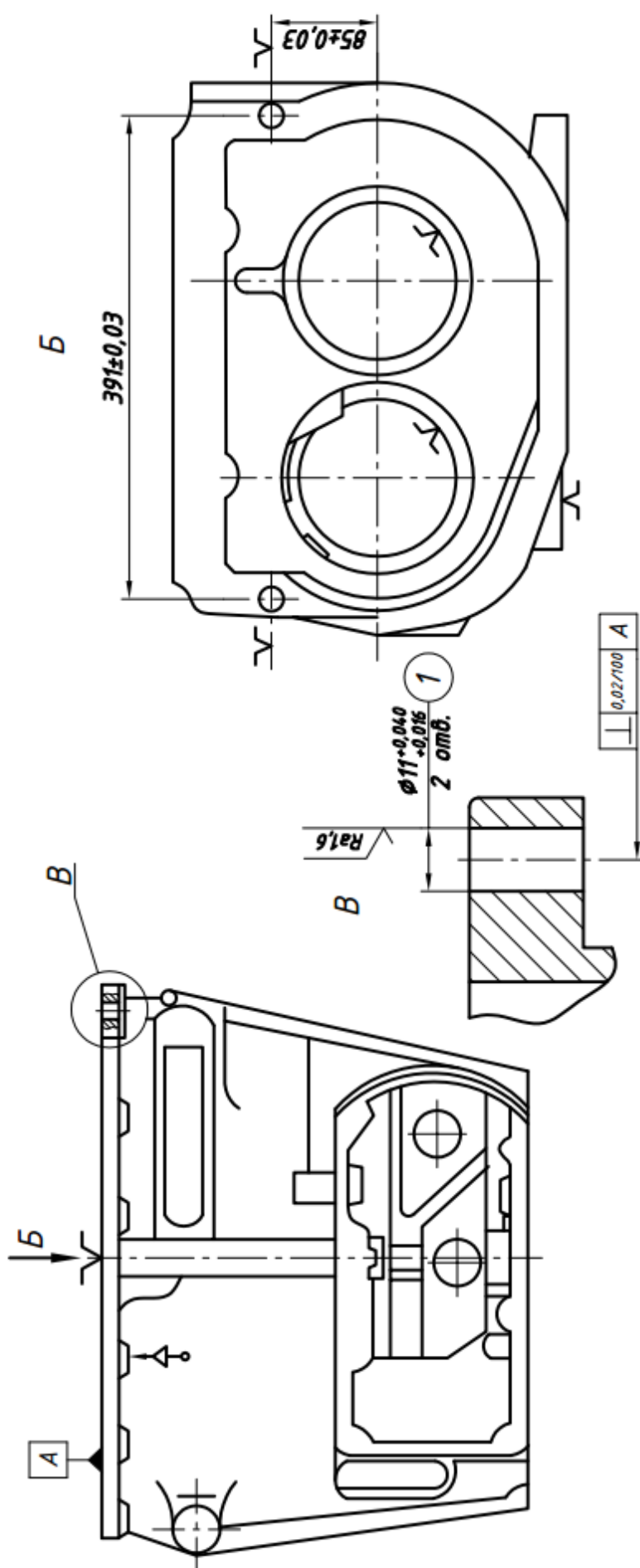
ГОСТ 3.1404-86					Форма 7a	
Дубл.						
Взам.						
Підп.						
Картер коробки передач				695Ж2-1701015-В	015	7



ГОСТ 3.1404-86 Форма 7а

Додл.											
Взам.											
Підп.											
										8	
Картер коробки передач				695Ж2-1701015-В		020					

$\sqrt{Rz20}$

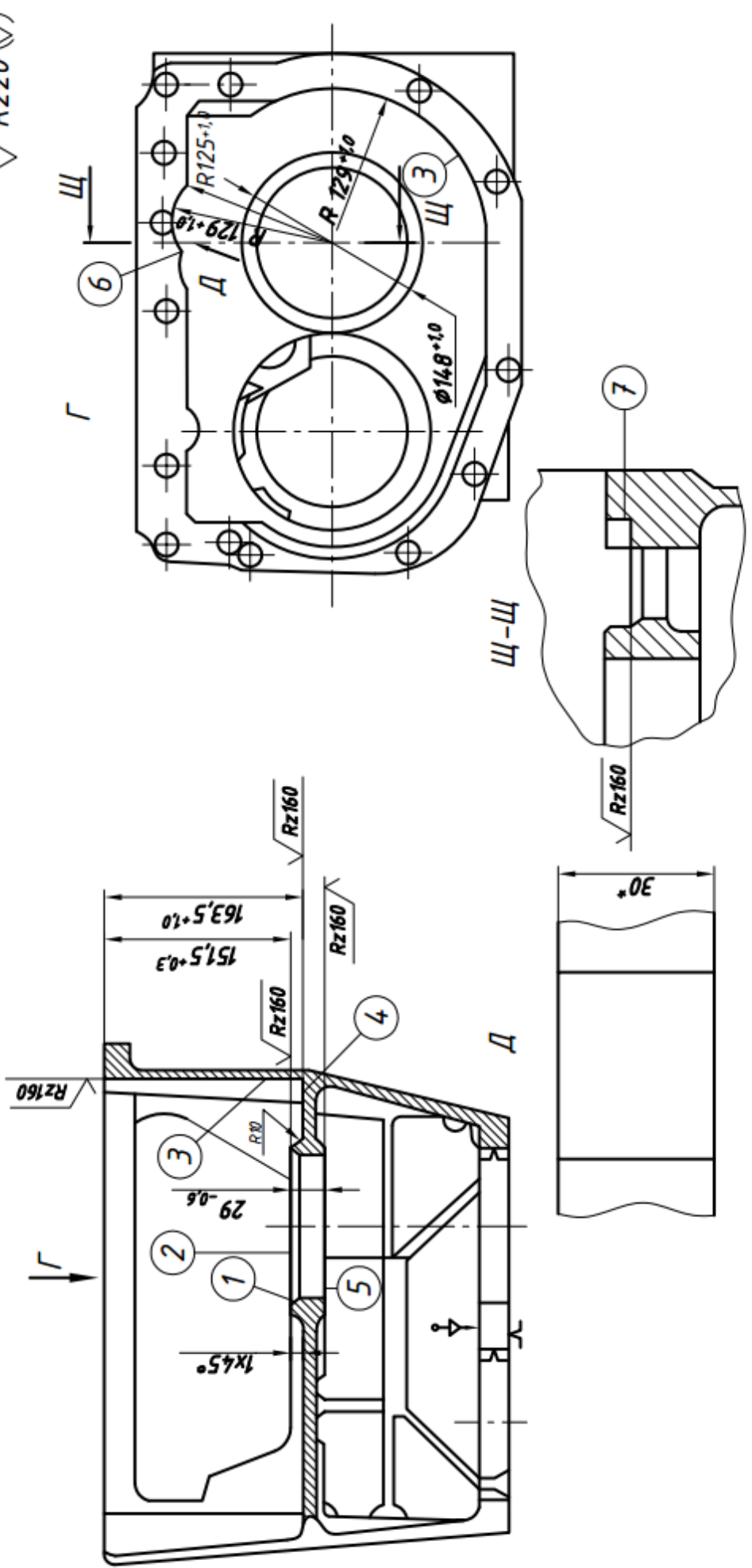


ГОСТ 3.1404-86

Додл.	Взам.	Підп.			Форма 7а
9					

Картер коробки передач

695Ж2-1701015-В 025



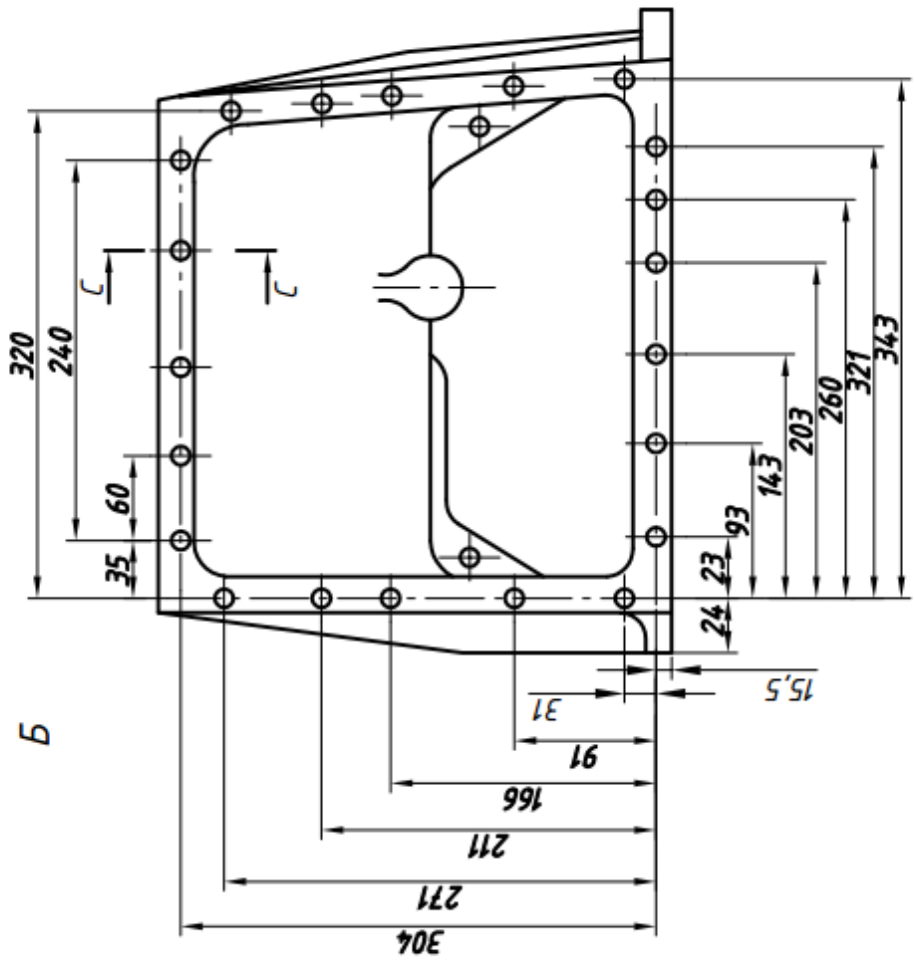
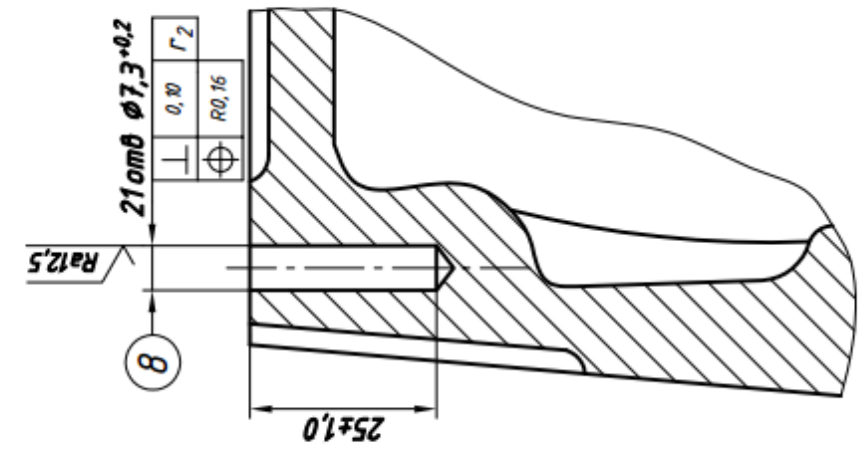
ГОСТ 3.1404-86

Форма 7а

Дубл.																																															
Взам.																																															
Підп.																																															
Картер коробки передач												695Ж2-1701015-В												030												12											

√ Rz20 (✓)

С-С

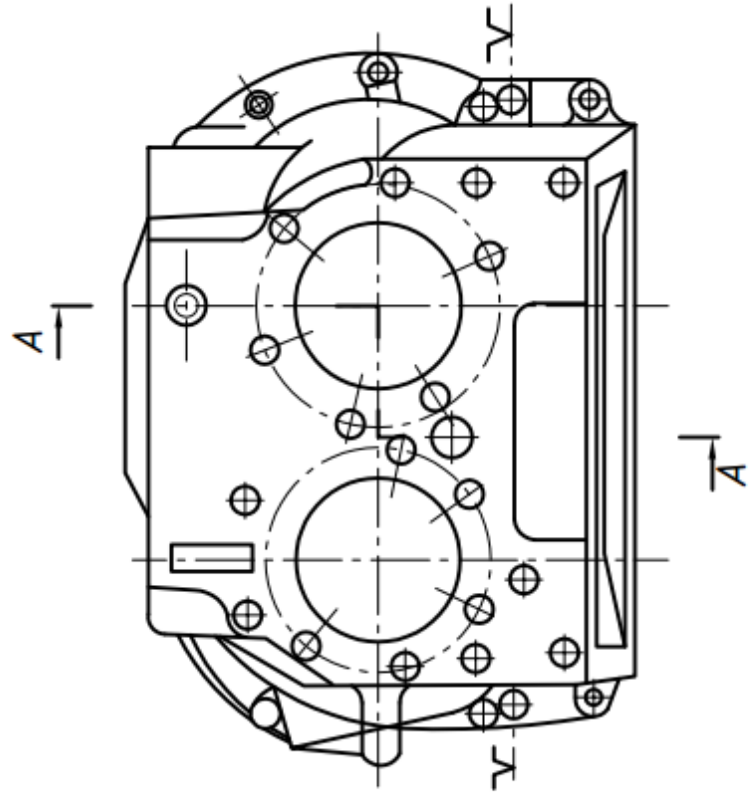
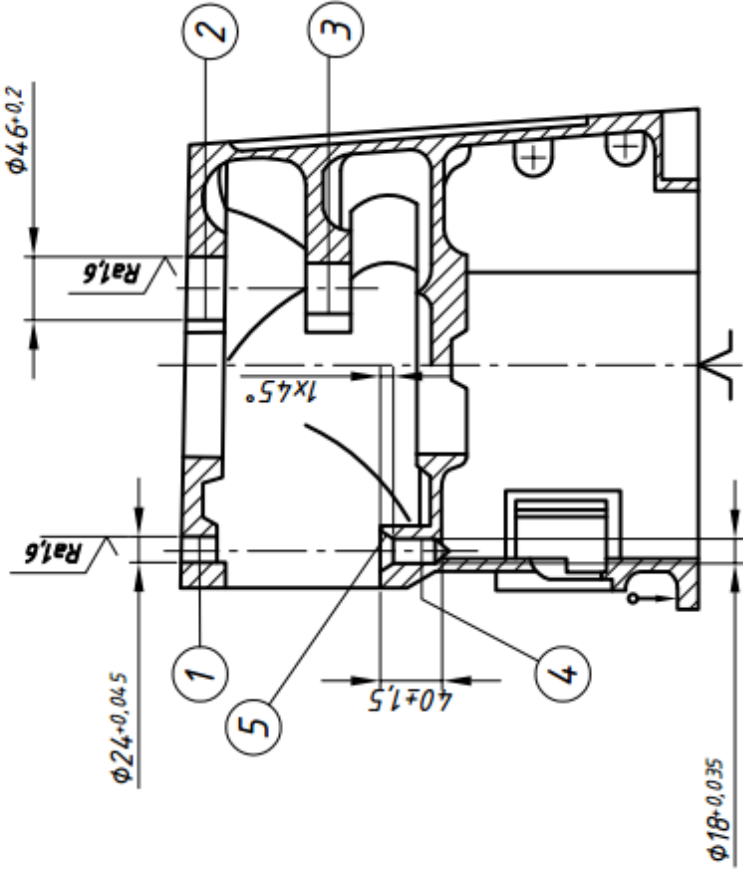


ГОСТ 3.1404-86

Форма 7а

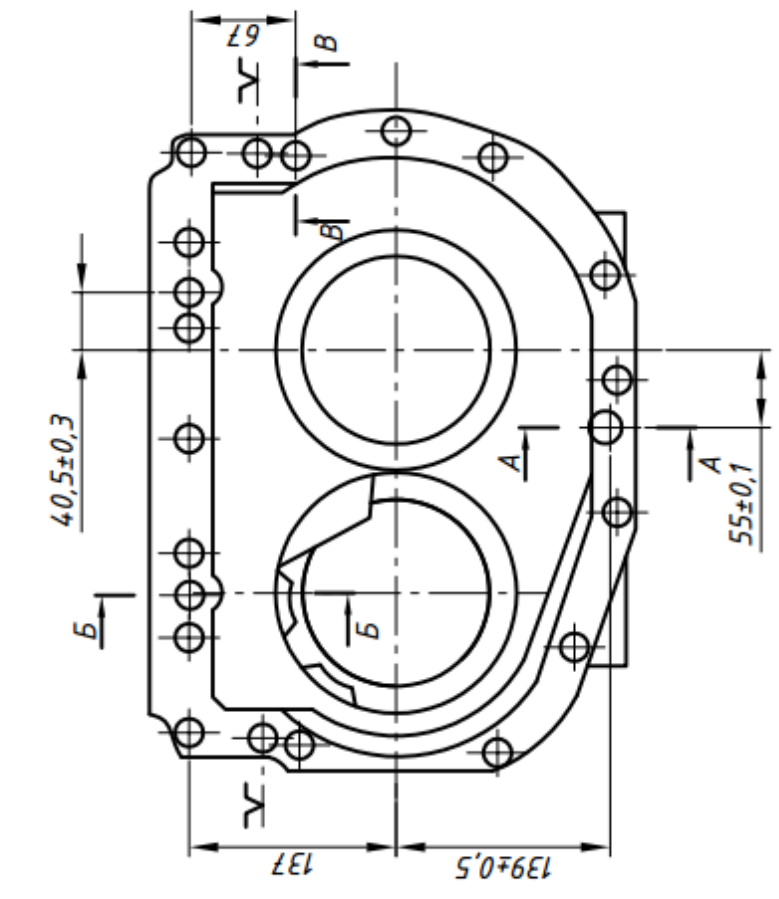
Дубл.																						
Взам.																						
Підп.																						
											17											
Картер коробки передач											695Ж2-1701015-В											
											050											

$\sqrt{Rz20}$

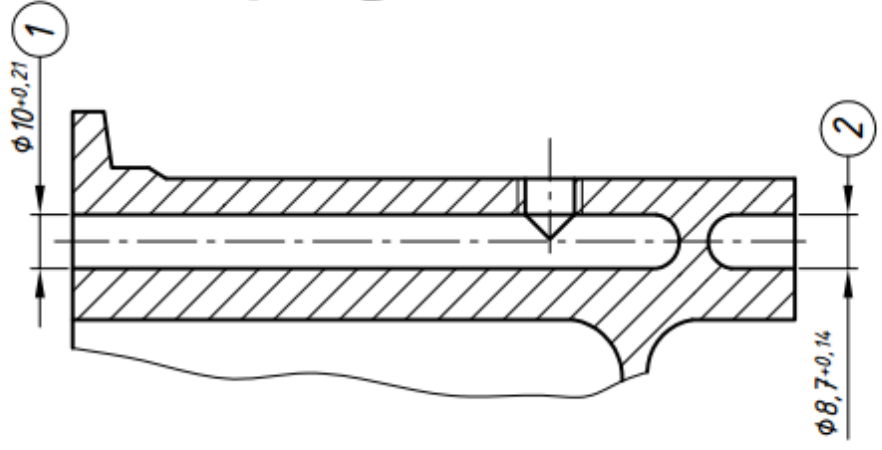


ГОСТ 3.1404-86		Форма 7а	
Дубл.			
Взам.			
Підп.			
Картер коробки передач		695Ж2-1701015-В	0 70
			24

$\sqrt{Ra12,5}$ (✓)

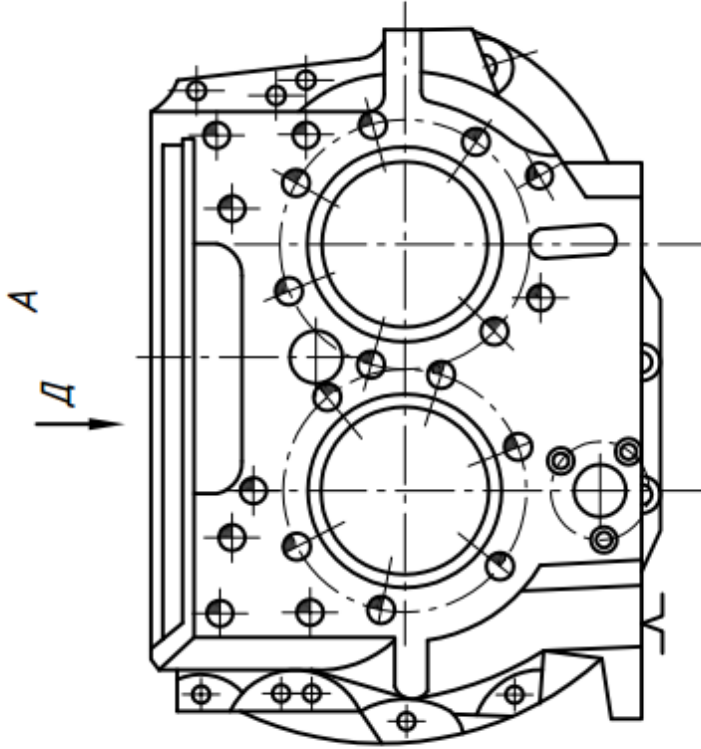


A-A

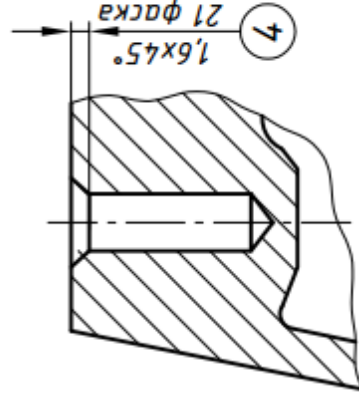


Додл.	ГСТ 3.1404-86	Форма 7а
Взам.		
Підп.		
		26
	Картер коробки передач	695Ж2-1701015-В 075

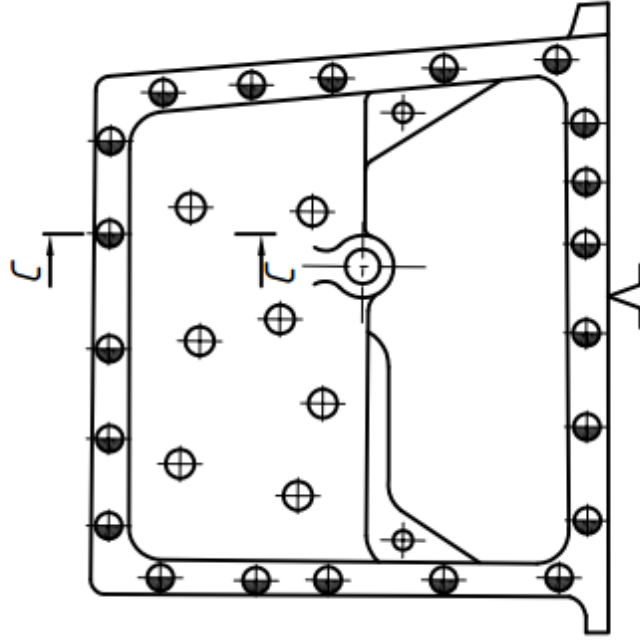
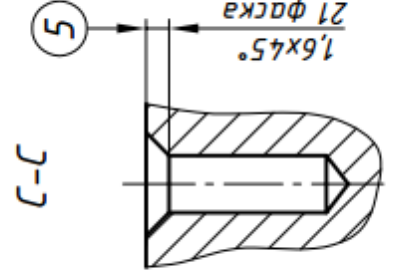
Д $\sqrt{Rz20(\checkmark)}$



H-H

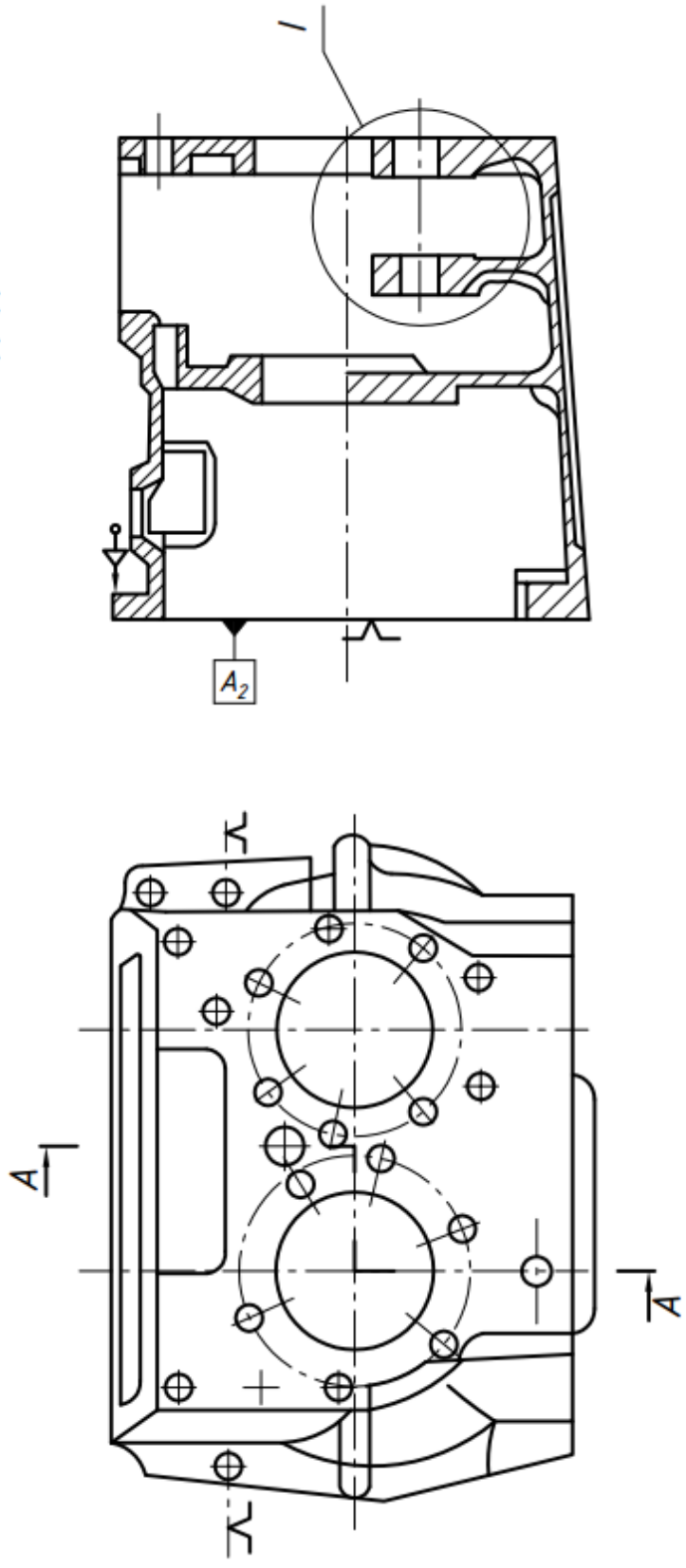


Г-Г



Додл.			ГОСТ 3.1404-86			Форма 7а		
Взам.								
Підп.								
Картер коробки передач						27		
695Ж2-1701015-В						080		

$\sqrt{Rz20}$



Форма 7а

ГОСТ 3.1404-86

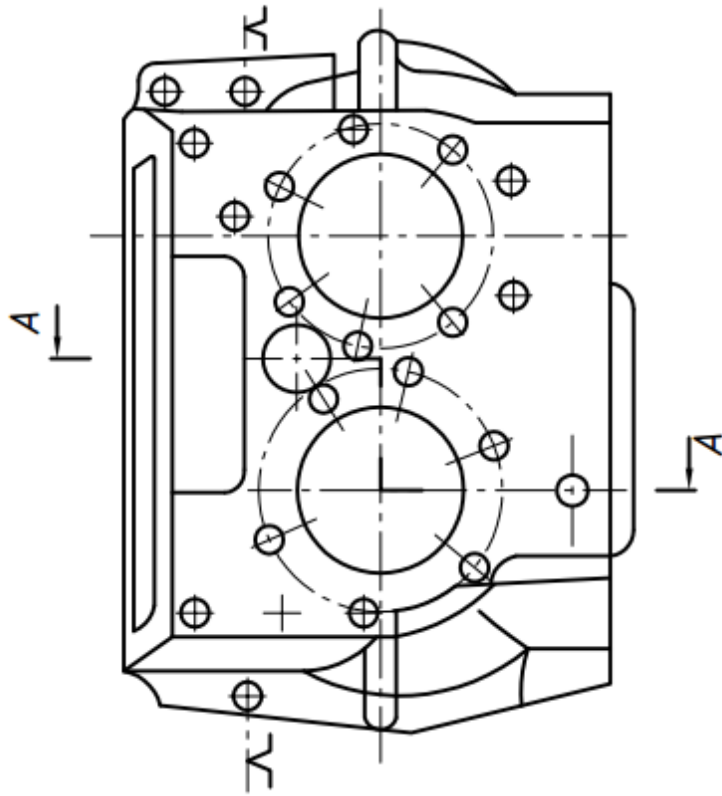
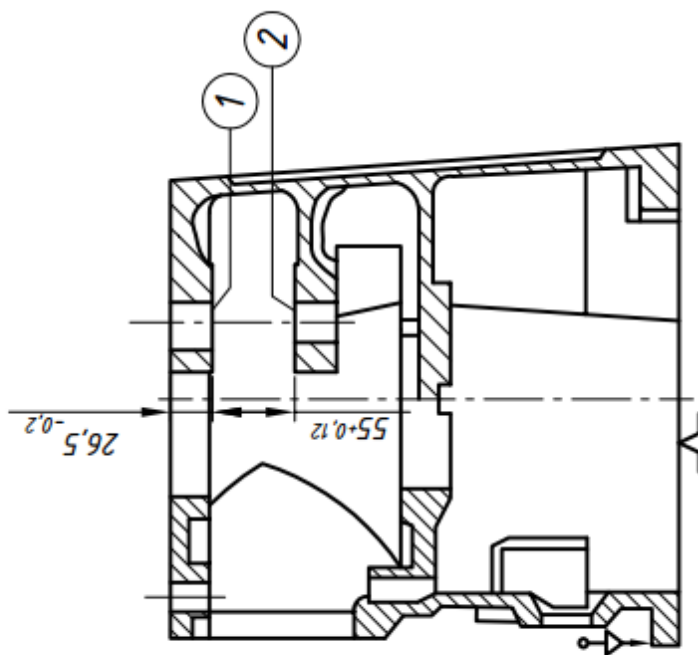
Дубл.
Взам.
Підп.

29

695Ж2-1701015-В 085

Картер коробки передач

√ Rz20 (✓)

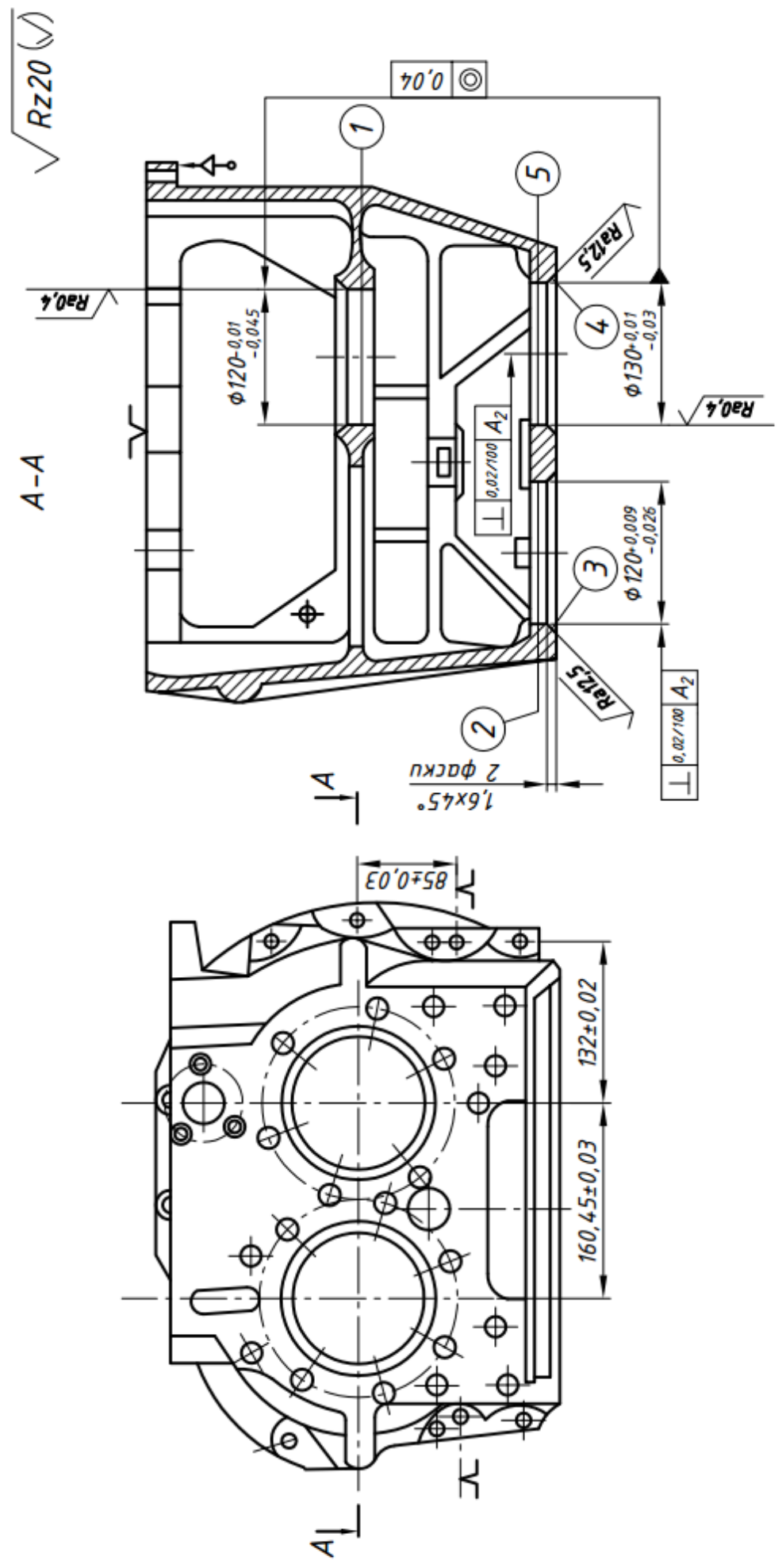


ГОСТ 3.1404-86 Форма 7а

32	095	695Ж2-1701015-В		

Картер коробки передач

Дубл.	Взам.	Підп.							



ДОДАТОК Б
СПЕЦИФІКАЦІЇ

- Б.1 Пристрій для фрезерування деталі 695Ж2-1701015-В.
- Б.2 Пристрій для розточування отворів в деталі 695Ж2-1701015-В.
- Б.3 Пристрій для контролю деталі 695Ж2-1701015-В.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			KPM 20-406.03.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	KPM 20-406.03.10	Корпус	1	
		2	KPM 20-406.03.20	Пневмоциліндр	2	
		3	KPM 20-406.03.30	Кран розподільчий	1	
				<u>Деталі</u>		
		4	KPM 20-406.03.01	Перехідник	2	
		5	KPM 20-406.03.02	Корпус	2	
		6	KPM 20-406.03.03	Ролик	2	
		7	KPM 20-406.03.04	Вісь	2	
		8	KPM 20-406.03.05	Вісь	2	
		9	KPM 20-406.03.06	Притискач	2	
		10	KPM 20-406.03.07	Планка	2	
		11	KPM 20-406.03.08	Упор	1	
		12	KPM 20-406.03.09	Клин	2	
		13	KPM 20-406.03.11	Кільце	2	
		14	KPM 20-406.03.12	Прихват	2	
		15	KPM 20-406.03.13	Колонка	1	
		16	KPM 20-406.03.14	Хомут	2	
		17	KPM 20-406.03.15	Шпонка	2	
		18	KPM 20-406.03.16	Штуцер	4	
		19	KPM 20-406.03.17	Штуцер	2	
KPM 20-406.03.00						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Якубовський				Літ.	Аркуш
Перев.	Ткаченко					1
Н. контр.	Ткаченко				ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. МП _М -61	
Затв.	Окіпний					
Пристрій для фрезерування деталі 695Ж2-1701015-В					2	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка	
		20	KPM 20-406.03.18	Трійник	2		
		21	KPM 20-406.03.19	Гайка	12		
		22	KPM 20-406.03.21	Ніпель	12		
		23	KPM 20-406.03.22	Штуцер	1		
				<u>Стандартні вироби</u>			
				Болти ГОСТ 7805-70			
		24		M8-6g×25.88.05	8		
		25		M10-6g×35.88.05	8		
		26		Гвинт M10-6g×10.88.05			
				ГОСТ 1478-75	2		
		27		Гвинт M10-6g×16.88.05			
				ГОСТ 1488-75	2		
		28		Гвинт M5-6g×16.88.05			
				ГОСТ 1491-72	2		
		29		Гвинт M12-6g×25.88.05			
				ГОСТ 11738-72	2		
		30		Гвинт M6-6g×10.88.05			
				ГОСТ 17473-72	2		
		31		Рим-болт M12			
				ГОСТ 4751-73	2		
				Шайби ГОСТ 6402-70			
		32		8 65Г	8		
		33		16 65Г	2		
		34		Шайба 10.04.05			
				ГОСТ 11371-78	8		
		35		Шрифт 8п6×40			
				ГОСТ 3128-70	1		
		36		Труба латунна			
				8×1,5×4500 Л63 l = 2 м			
				ГОСТ 21646-76	2		
				KPM 20-406.03.00			Арк.
							2
Зм.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата			

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			KPM 20-406.04.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	KPM 20-406.04.10	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
		3	KPM 20-406.04.01	Притиск	2	
		4	KPM 20-406.04.02	Гвинт	2	
		5	KPM 20-406.04.03	Опора	2	
		6	KPM 20-406.04.04	Опора	2	
		7	KPM 20-406.04.05	Палець	1	
		8	KPM 20-406.04.06	Палець	1	
		9	KPM 20-406.04.07	Втулка	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		13		Гайка М12-6Н.5.019		
				ГОСТ5915-70	2	

					KPM 20-406.04.00		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Якубовський				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Ткаченко						
Н. контр.	Ткаченко				ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. МП_м-61		
Затв.	Окіпний						
					Пристрій для розточування отворів в деталі 695Ж2-1701015-В		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			KPM 20-406.06.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	KPM 20-406.06.10	Еталон	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	KPM 20-406.06.01	Плита	1	
		3	KPM 20-406.06.02	Пластина	1	
		4	KPM 20-406.06.03	Пружина	1	
		5	KPM 20-406.06.04	Пробка	1	
		6	KPM 20-406.06.05	Палець	1	
		7	KPM 20-406.06.06	Гвинт	1	
		8	KPM 20-406.06.07	Втулка	1	
		9	KPM 20-406.06.08	Палець	1	
		10	KPM 20-406.06.09	Корпус	1	
		11	KPM 20-406.06.11	Повзун	1	
		12	KPM 20-406.06.12	Ручка	2	
		13	KPM 20-406.06.13	Маховичок	1	
		14	KPM 20-406.06.14	Кожух	1	
		15	KPM 20-406.06.15	Корпус	1	

					KPM 20-406.06.00		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Якубовський				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Ткаченко					1	2
Н. контр.	Ткаченко				ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. МП_М-61		
Затв.	Окіпний						
					Пристрій для контролю деталі 695Ж2-1701015-В		

ДОДАТОК В

Якубовський В. С. Дослідження точності отримання розмірів при фрезеруванні : Актуальні задачі сучасних технологій : Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. В 2-х т. т. 1, м. Тернопіль, 25-26 листопада 2021 р. Тернопіль : ТНТУ, 2021. С. 62.

*Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль 24-25 листопада 2021 року*

УДК 621.91

В. С. Якубовський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ОТРИМАННЯ РОЗМІРІВ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ

V. S. Yakubovskiy

INVESTIGATION OF THE DIMENSIONAL ACCURACY OBTAINED BY MILLING

Механічне оброблення деталей супроводжується впливом багатьох факторів, які мають ймовірнісну природу і залежать від припуску на обробку, нестабільності режимів різання, фізичних властивостей матеріалу заготовки, характеристик системи ВПД тощо [1]. Тому розміри деталі, обробленої методом автоматичного отримання розмірів також носять випадковий характер.

Очікувану точність механічного оброблення деталі встановлюють статистичним або розрахунково-аналітичним методом.

Статистичний метод базується на теорії ймовірностей і математичної статистики. Він широко застосовується в машинобудуванні. Розрахунково-аналітичний метод заснований на виявленні причин виникнення похибок у процесі обробки та встановленні закономірності зменшення цих похибок при наступній обробці [2].

Статистичний метод дослідження не дозволяє виявити вплив усіх факторів на точність обробки та встановити причини виникнення похибок. Він оцінює комплексний вплив усіх факторів. До переваг методу слід віднести можливість оцінювання точності обробки у виробничих умовах без проведення спеціальних досліджень [2].

В залежності від мети і з урахуванням можливості проведення вимірювань, оцінку точності проводять за однією реалізацією з використанням теорії випадкових величин або за кількома реалізаціями з використанням теорії випадкових функцій (випадкових процесів).

В процесі роботи проводиться дослідження точності обробки деталей на металообробному верстаті. Після обробки партії деталей упродовж однієї зміни на попередньо налаштованому верстаті здійснювали вибір певної кількості деталей для контролю розмірів.

Досліди проводилися на вертикально-фрезерній операції, яка виконується на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК моделі 6P13Ф3. На цій операції проводиться фрезерування одинадцяти бобишок в розмір 24,5_{-0,5}. Рівень фактичного налаштування верстата було проведено на середину поля допуску розміру деталі, тобто в розмір 24,25 мм.

В результаті вимірів 50 деталей було встановлено, що максимальний фактичний розмір становив 24,48 мм, а мінімальний 24,12 мм. Тобто всі деталі виявились кондиційними, а відхилення розміру від фактичного налаштування склали: $x_{\max} = 230$ мкм; $x_{\min} = -130$ мкм.

Результати дослідження були оброблені на ПЕОМ і проаналізовані. Основною метою аналізу розподілу точності обробки партії деталей є прогнозування ймовірної кількості бракованих і придатних деталей на досліджуваній операції.

Література:

1. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капацла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
2. Міренський І. Г. Основи технології машинобудування : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2007. 275 с.: веб сайт. URL: http://eprints.kname.edu.ua/3223/1/%D0%93%D0%9B%D0%90%D0%92%D0%90_1.doc (дата звернення: 04.10.2021).