

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет **Машинобудування, екології та хімічних технологій**
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра прикладної механіки
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____	<u>С.О. Вірич</u>
(підпис)	(ініціали, прізвище)
“ ”	2020 р.

Випускна кваліфікаційна робота

Магістра
(освітній ступінь)

На тему «Залежність ефективності механічної обробки деталей для дихальних апаратів зі складною геометрією від способу отримання заготовки»

Виконав: студент 2 курсу, групи МСМм-19
(шифр групи)

спеціальності (напряму підготовки) 131 Прикладна механіка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Талах Б.Б.
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Керівник професор, д.т.н., професор Калафатова Л.П.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Покровськ – 2020 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет **Машинобудування, екології та хімічних технологій**
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра прикладної механіки
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____	С.О. Вірич
(підпис)	(ініціали, прізвище)
“ ”	2020 р.

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи

Магістра
(освітній ступінь)

На тему «Залежність ефективності механічної обробки деталей для дихальних апаратів зі складною геометрією від способу отримання заготовки»

Виконав: студент 2 курсу, групи **МСМм-19**
(шифр групи)

спеціальності (напряму підготовки) **131 Прикладна механіка**
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Талах Б.Б.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник **професор, д.т.н., професор Калафатова Л.П.**
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

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

(підпис)

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

Студент _____

(підпис)

Покровськ – 2020 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет	Машинобудування, екології та хімічних технологій
Кафедра	Прикладна механіка
Освітній ступінь	Магістр
Спеціальність (напрямок підготовки)	131 Прикладна механіка

ЗАТВЕДЖУЮ

Завідувач кафедри

Вірич С.О. / /

“ ” 2020 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Талаха Бориса Борисовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): «Залежність ефективності механічної обробки деталей для дихальних апаратів зі складною геометрією від способу отримання заготовки»

керівник проекту (роботи): Калафатова Л.П., доктор технічних наук, професор,

затверджені наказом від “ ” 2020 року №

2. Строк подання студентом роботи 10.12.2020 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) – Особливості конструкції оброблюваних складальних одиниць типу корпус як елементу дихальних апаратів; базовий технологічний процес обробки складальних одиниць в умовах серійного напівавтоматичного виробництва; дані щодо необхідних експлуатаційних характеристик складальної одиниці типу корпус сигнального пристрою.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) – Загальні відомості про оброблювані складальні одиниці, як елементи виробів, до складу яких вони входять; аналіз базового ТП обробки складальних одиниць типу корпус в умовах серійного напівавтоматичного виробництва; результати аналізу – висновки щодо можливих способів отримання заготовок для розглянутої складальної одиниці та обґрунтування найбільш ефективного способу, виходячи з удосконалення операцій базового ТП, а також проведення дослідження впливу типу заготовки на ефективність процесу обробки складальних одиниць; розробка креслення заготовки корпусу; обґрунтування запропонованого маршрутно-операційного ТП обробки складальної одиниці з урахуванням використання: заготовки, отриманої методом гарячого штампування, а також сучасних верстатів типу оброблювальних центрів; економічне підтвердження ефективності запропонованого ТП обробки складальної одиниці.

5. Перелік графічного матеріалу – вихідні креслення складальної одиниці типу корпус; креслення заготовки корпусу згідно із запропонованим варіантом; креслення складальної одиниці типу корпус із урахуванням того, що заготовка корпусу отримана методом гарячого штампування; креслення штампу для гарячого штампування заготовки; креслення пристосування для закріплення заготовки корпусу у токарному центрі.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	Калафатова Л.П., професор., д.т.н.	01.09.2020 р	

7. Дата видачі завдання 01.09.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Загальні відомості про оброблювані складальні одиниці складної геометрії типу корпус як елемента дихальних апаратів	01.10.2020	
2	Аналіз можливих способів отримання заготовки корпусу сигнального пристрою	23.10.2020	
3	Розробка альтернативного технологічного процесу корпусу сигнального пристрою	20.11.2020	
4	Обґрунтування економічної доцільності запропонованих змін	25.11.2020	
5	Висновки	30.11.2020	
6	Оформлення магістерської роботи до захисту	10.12.2020	

Студент

(підпис)

Талах Б.Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Калафатова Л.П

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Талах Б.Б. Залежність ефективності механічної обробки деталей для дихальних апаратів зі складною геометрією від способу отримання заготовки / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» (спеціалізація «Мехатронні системи та комплекси в технології машинобудування»). – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2020.

Актуальність магістерської роботи обумовлена необхідністю розробки раціонального технологічного процесу механічної обробки корпусної деталі сигнального пристрою, який є невід'ємною частиною автономного ізолюючого засобу індивідуального захисту органів дихання.

Метою даної роботи є підвищення ефективності процесу механічної обробки корпусної деталі зі складними геометричними формами за рахунок зміни технологічного процесу, зокрема шляхом використання інноваційних способів отримання заготовки, що дозволить перейти на більш ефективні методи обробки з урахуванням використання сучасних верстатів типу оброблювальних центрів.

Об'єктом дослідження виступає технологічний процес механічної обробки складальної одиниці типу корпус для автономних дихальних апаратів.

Предметом дослідження є можливість підвищення ефективності механічної обробки складальної одиниці типу корпус за рахунок використання заготовки, отриманої методом гарячого штампування.

Методами дослідження виступають основні положення теорій різання і оброблення матеріалів тиском; технологічні способи отримання точних поверхонь на деталях складного профілю типу корпус; основи автоматизації процесів механічного оброблення складно-профільних виробів; економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень за критерієм мінімуму їхньої собівартості.

Ключові слова: корпусна деталь, технологічний процес, заготовка, гаряче штампування, верстати з ЧПК, машинний час, собівартість.

Список публікацій здобувача:

1. Калафатова Л.П. Особливості виготовлення корпусу сигнального пристрою резервного запасу кисню в балоні ізолюючого регенеративного респіатора / Л.П. Калафатова, Б.Б. Талах // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем. Матеріали X міжнародної науково-практичної конференції м. Чернігів, 29-30 квітня 2020 р. – Чернігів: ЧНТУ, 2020, Т. 1. – С. 56-58.

2. Калафатова Л.П. Вплив організації технологічного процесу оброблення відповідальних деталей ізолюючого регенеративного респіатора на експлуатаційні характеристики виробу / Л.П. Калафатова, Б.Б. Талах // Нові технології в освіті, науці та виробництві. II Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція м. Покровськ, 16 квітня 2020 р. – Покровськ: ДВНЗ ДонНТУ, 2020, С. 27-30.

ANNOTATION

Talakh B.B. Dependence of efficiency of machining of parts for breathing apparatus with complex geometry on the method of obtaining the workpiece / Graduation qualifying work for obtaining an educational degree "Master" in the speciality 131 "Applied Mechanics" (specialization "Mechatronic systems and complexes in the technology of mechanical engineering"). - SHEI DonNTU, Pokrovsk, 2020.

The urgency of the master's work is due to the need to develop a rational technological process of machining the body part of the alarm device, which is an integral part of the autonomous insulating means of individual respiratory protection.

The purpose of this work is to increase the efficiency of the machining of body parts with complex geometric shapes by changing the process, in particular by using innovative methods of obtaining the workpiece, which will move to more efficient processing methods using modern machines such as machining centers.

The object of the study is the technological process of mechanical processing of the assembly unit type housing for autonomous breathing apparatus.

The subject of the study is the possibility of increasing the efficiency of machining of the assembly unit type housing through the use of the workpiece obtained by hot stamping.

The research methods are the main provisions of the theories of cutting and processing materials by pressure; technological methods of obtaining precise surfaces on the details of a complex profile such as the body; basics of automation of processes of machining of complex-profile products; economic substantiation of the accepted technical decisions on a criterion of a minimum of their prime cost.

Keywords: body part, technological process, workpiece, hot stamping, CNC machines, machine time, cost.

The list of publications of publisher:

1. Kalafatova L.P. Peculiarities of manufacturing the case of the signal device of the reserve oxygen supply in the cylinder of the isolating regenerative respirator / L.P. Kalafatova, B.B. Talakh // Comprehensive quality assurance of technological processes and systems. Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference, Chernihiv, April 29-30, 2020 - Chernihiv: ChNTU, 2020, Vol. 1. - pp. 56-58.

2. Kalafatova L.P. Influence of the organization of technological process of processing of responsible details of the isolating regenerative respirator on operational characteristics of a product / L.P. Kalafatova, B.B. Talakh // New technologies in education, science and industry. II International Scientific and Technical Internet Conference, Pokrovsk, April 16, 2020 - Pokrovsk: DonNTU, 2020, pp. 27-30.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБРОБЛЮВАНІ СКЛАДАЛЬНІ ОДИНИЦІ СКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРІЇ ТИПУ КОРПУС ЯК ЕЛЕМЕНТУ ДИХАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....	13
1.1 Службове призначення виробів, вузлів, до складу яких входять складальні одиниці типу корпус.....	13
1.2 Аналіз базового технологічного процесу механічної обробки складальної одиниці типу корпус.....	19
1.3 Висновки	30
2 АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ СПОСОБІВ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ КОРПУСУ СИГНАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ.....	32
2.1 Чинники, що викликають необхідність зміни типу заготовки.....	32
2.2 Аналіз властивостей матеріалу корпусу сигнального пристрою та можливих способів отримання заготовки з нього	32
2.3 Необхідні зміни конструкторської документації на корпус сигнального пристрою для переходу на інший тип заготовки.....	34
2.4 Аналіз впливу зміни конструкцій корпусу сигнального пристрою на його властивості з точки зору міцності	37
2.5 Висновки	39
3 РОЗРОБКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ КОРПУСУ СИГНАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ	40
3.1 Розрахунок припусків на обробку зовнішніх поверхонь корпусу.....	40
3.2 Розробка оснащення для отримання заготовки корпусу	41
3.3 Розрахунок машинного часу першого етапу механічної обробки заготовки корпусу	43

3.4 Висновки	53
4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ	
ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗМІН	54
4.1 Теоретична частина.....	54
4.2 Розрахункова частина	56
4.3 Висновки	60
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64
Додаток А – Список публікацій здобувача	67
Додаток Б – Основні технічні характеристики респіратора Р-30ЕХ	81
Додаток В – Креслення базової корпусної складальної одиниці.....	83
Додатку Г – Звіт з розрахунком корпусної деталі на міцність, виконаний за допомогою модуля SOLIDWORKS SIMULATION.....	88
Додаток Д – Креслення заготовки корпусу, отриманої методом гарячого штампування.....	100
Додаток Є – Креслення штампу для гарячого штампування заготовки корпусу	102
Додаток Ж – Креслення корпусу сигнального пристрою, отриманого за допомогою гарячого штампування	105
Додаток З – Пристосування для закріплення заготовки, зі складною геометричною формою, у токарному центрі.....	110
Додаток І – Перелік зауважень нормоконтролера	113

ВСТУП

Актуальність теми:

Невід'ємною складовою життя людини є засоби індивідуального захисту органів дихання (далі по тексту ЗІЗОД).

Під ЗІЗОД прийнято розуміти переносний, встановлений на людині технічний пристрій, що забезпечує захист організму від інгаляційного впливу небезпечних і шкідливих факторів.

По мірі розвитку суспільства, зокрема виробничої сфери, до ЗІЗОД також зросли вимоги. Підсумком даного розвитку стало те, що їх номенклатура (яка нині випускається) досить обширна.

Всі існуючі ЗІЗОД за принципом дії і призначенням поділяються на дві групи:

1. Фільтруючі ЗІЗОД: використовуються тільки при вмісті кисню в повітрі не менше 17% за обсягом і при обмеженому і відомому змісті шкідливих домішок у повітрі.

У фільтруючих ЗІЗОД повітря, що вдихається з навколишнього середовища, проходить через фільтр, де очищається від аерозолів, радіоактивних речовин, парів і газів специфічних небезпечних хімічних речовин (НХР) і аварійно-хімічних небезпечних речовин (АХНР), і очищене надходить до органів дихання людини.

Для зниження опору диханню фільтруючі ЗІЗОД можуть мати додатковий пристрій для примусової подачі повітря в систему очищення.

2. Ізолюючі ЗІЗОД або дихальні апарати: призначені для захисту від шкідливих речовин невідомого складу і концентрацій або при вмісті шкідливих речовин в повітрі більше 0,5% за обсягом, або в умовах нестачі кисню, менше 17% за обсягом, або в замкнутих просторах малого обсягу [1].

В ізолюючих ЗІЗОД органи дихання людини ізольовані від навколишнього середовища, а повітря для дихання надходить з чистої зони (у

шлангових ЗІЗОД), або з джерела дихальної суміші, яке є складовою частиною ЗІЗОД (у автономних ЗІЗОД).

Ізолюючі автономні дихальні апарати складні в експлуатації, вимагають кваліфікованого догляду, що виключає можливість їх широкого застосування. Вони призначені головним чином для працівників спеціальних служб: газо-рятувальників, пожежних, рятувальників, і використання їх є практично обов'язковим для виконання ними посадових обов'язків.

Так як ізолюючі автономні ЗІЗОД включають до свого складу багато складних вузлів і деталей від якості виготовлення яких залежить ефективність експлуатації приладу, дана робота націлена на розробку раціонального технологічного процесу (далі по тексту ТП) однієї з таких комплектуючих, а саме: корпусу сигнального пристрою.

Метою даної роботи є підвищення ефективності процесу механічної обробки корпусної деталі зі складними геометричними формами за рахунок зміни ТП, зокрема шляхом використання інноваційних способів отримання заготовки, що дозволить перейти на більш ефективні методи обробки з урахуванням використання сучасних верстатів типу оброблювальних центрів.

Завдання дослідження:

- проаналізувати базовий ТП механічної обробки складальної одиниці типу корпус;
- проаналізувати можливі варіанти способів отримання заготовок корпусу та обґрунтувати найбільш ефективний, виходячи з удосконалення операцій базового ТП;
- розробити креслення заготовки запропонованого варіанту;
- розробити маршрутно-операційний ТП обробки складальної одиниці, з урахуванням використання: заготовки, отриманої методом гарячого штампування, а також сучасних верстатів типу оброблювальних центрів;
- підтвердити ефективність запропонованого ТП обробки складальної одиниці за рахунок забезпечення мінімальної технологічної собівартості її виготовлення.

Об'єкт дослідження:

ТП механічної обробки складальної одиниці типу корпус для автономних дихальних апаратів.

Предмет дослідження:

можливість підвищення ефективності механічної обробки складальної одиниці типу корпус за рахунок використання заготовки, отриманої методом гарячого штампування.

Методи дослідження:

основні положення теорій різання і оброблення матеріалів тиском; технологічні способи отримання точних поверхонь на деталях складного профілю типу корпус; основи автоматизації процесів механічного оброблення складно-профільних виробів; економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень за критерієм мінімуму їхньої собівартості.

Список публікацій здобувача (Додаток А):

3. Калафатова Л.П. Особливості виготовлення корпусу сигнального пристрою резервного запасу кисню в балоні ізолюючого регенеративного респіратора / Л.П. Калафатова, Б.Б. Талах // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем. Матеріали X міжнародної науково-практичної конференції м. Чернігів, 29-30 квітня 2020 р. – Чернігів: ЧНТУ, 2020, Т. 1. – С. 56-58.

4. Калафатова Л.П. Вплив організації технологічного процесу оброблення відповідальних деталей ізолюючого регенеративного респіратора на експлуатаційні характеристики виробу / Л.П. Калафатова, Б.Б. Талах // Нові технології в освіті, науці та виробництві. II Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція м. Покровськ, 16 квітня 2020 р. – Покровськ: ДВНЗ ДонНТУ, 2020, С. 27-30.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБРОБЛЮВАНІ СКЛАДАЛЬНІ ОДИНИЦІ СКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРІЇ ТИПУ КОРПУС ЯК ЕЛЕМЕНТУ ДИХАЛЬНИХ АПАРАТІВ

1.1 Службове призначення виробів, вузлів, до складу яких входять складальні одиниці типу корпус

На даному етапі розвитку промисловості практично всі вироби, які можуть викликати небезпеку для життя людини, оснащуються сигнальними пристроями. Ці механізми спрощують процес експлуатації тих чи інших виробів.

Конструктивно сигнальні пристрої можуть бути, за принципом дії, розділені на дві основні групи:

- електронні;
- механічні.

У більшості випадків перевага віддається електронним механізмам, але, як правило, у виробках, які експлуатуються у важких умовах, використовуються механічні сигналізатори через те, що вони мають великий коефіцієнт надійності, а також вони менш вибагливі в експлуатації.

Прикладом виробу, в якому використовуються механічні сигнальні пристрої, є респіратор ізолюючий регенеративний Р-30ЕХ (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Респіратор ізолюючий регенеративний Р-30ЕХ [2]

Респіратор ізолюючий регенеративний Р-30ЕХ за своєю конструкцією є досить складним вибором, до його складу входить велика кількість деталей та складальних одиниць (табл. 1.1, рис. 1.2).

Таблиця 1.1 – Склад респіратора Р-30ЕХ (нумерація елементів згідно рис. 1.2)

1	Кільце – 1 шт.	14	Сигнальний пристрій наявності кисню – 1 шт.
2	Щиток – 1 шт.	15	Капіляр з манометром – 1 шт.
3	Свисток – 1 шт.	16	Мішок дихальний – 1 шт.
4	Пасок плечовий – 2 шт.	17	Холодильник – 1 шт.
5	Пасок поясний – 1 шт.	18	Патрон регенеративний – 1 шт.
6	Пасок кінцевий – 2 шт.	19	Клапан надлишковий – 1 шт.
7	Амортизатор плечовий – 1 шт.	20	Клапан дихальний – 2 шт.
8	Амортизатор поясний – 1 шт.	21	Система шлангова з заглушкою – 1 шт.
9	Киснево-розподільчий блок – 1 шт.	22	Маска повнолицьова – 1 шт.
10	Пристрій сигнальний – 1 шт.	23	Комплект запасних частин – 1 шт.
11	Балон із вентилем – 1 шт.	24	Гайка – 1 шт.
12	Ранець респіратора – 1 шт.	25	Мундштучна коробка з носовим затискачем – 1 шт.
13	Трійник із запобіжним клапаном – 1 шт.	25.1	Головний гарнітур – 1 шт.
		25.2	Протидимні окуляри – 1 шт.

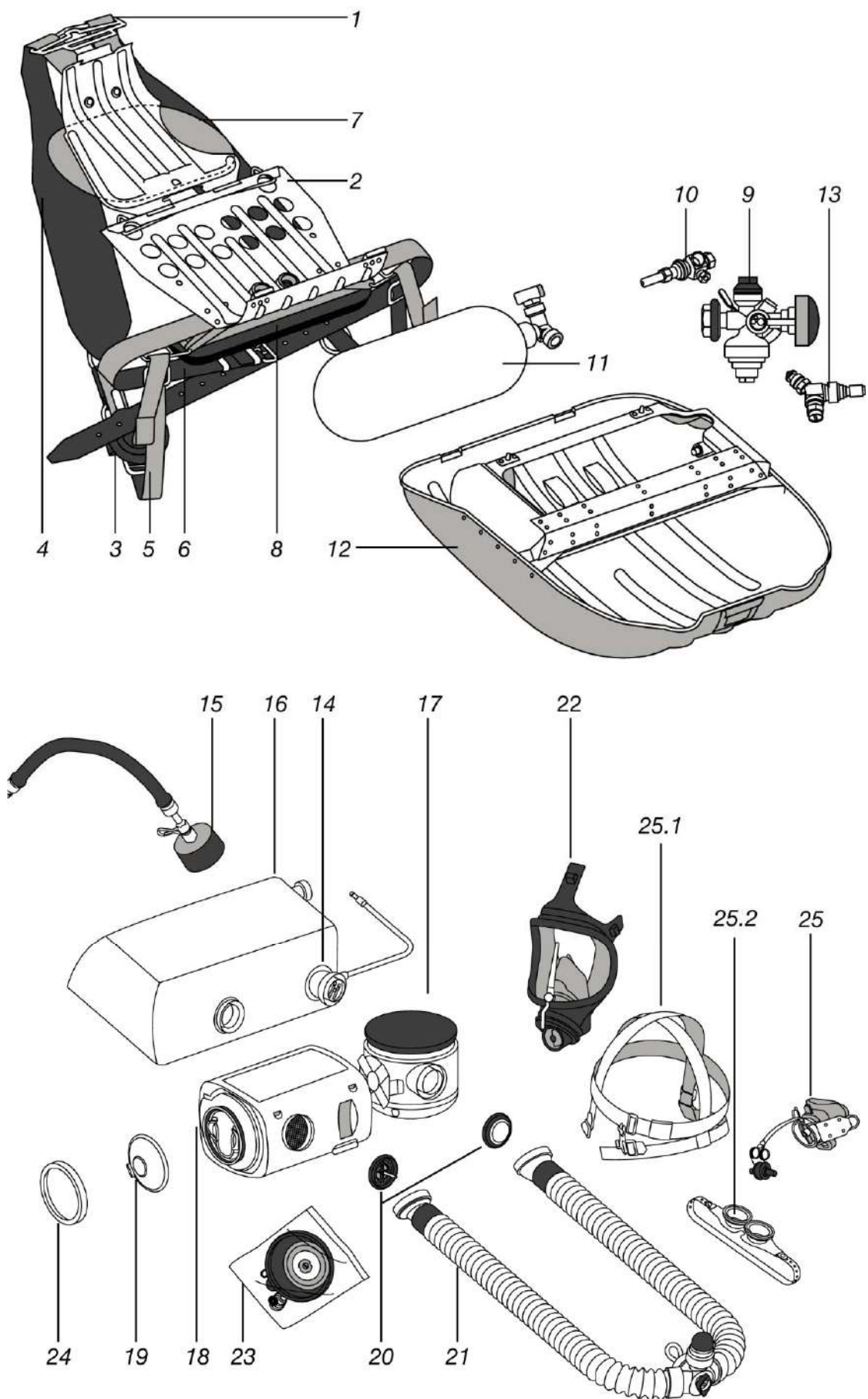


Рисунок 1.2 – Структура респіратора Р-30ЕХ [2]

На території України знаходиться компанія DEZEGA, яка випускає лінійку просунутої дихальної апаратури, особливістю якої є те, що при використанні виробу органи дихання споживача повністю ізольовані від непридатного для дихання повітряного середовища.

Однією з номенклатури продукції, яку випускає компанія DEZEGA, є респіратори ізольовані регенеративні наступних модифікацій: Р-30; Р-34 і Р-30ЕХ.

Час захисної дії (далі по тексту ЧЗД) респіраторів Р-30 і Р-30ЕХ становить 4 години, і вони позиціонуються як основні вироби для ДВГРС.

ЧЗД респіратора Р-34 становить 2 години, і він позиціонується як допоміжний виріб для надання допомоги постраждалим.

У Додатку Б наведені основні технічні характеристики респіратора Р-30ЕХ [2].

Розглянемо таку важливу складову респіратора Р-30ЕХ, як сигнальний пристрій резервного запасу кисню в малолітражному балоні.

Сигнальний пристрій резервного запасу кисню респіратора Р-30ЕХ працює у наступних умовах:

- зовнішні поверхні вузла контактують з навколишнім середовищем, яке характеризується підвищеною запиленістю і вологістю;
- внутрішні порожнини вузла контактують з медичним киснем, який вважається агресивним середовищем [3], при цьому деталі (їх внутрішні поверхні) постійно знаходяться під дією робочого надлишкового тиску, величина якого становить 20 МПа.

Розглянутий сигнальний пристрій (рис. 1.3) включає до свого складу корпусну складальну одиницю, що складається з корпусу (1), ніпеля (3) і гайки (2).

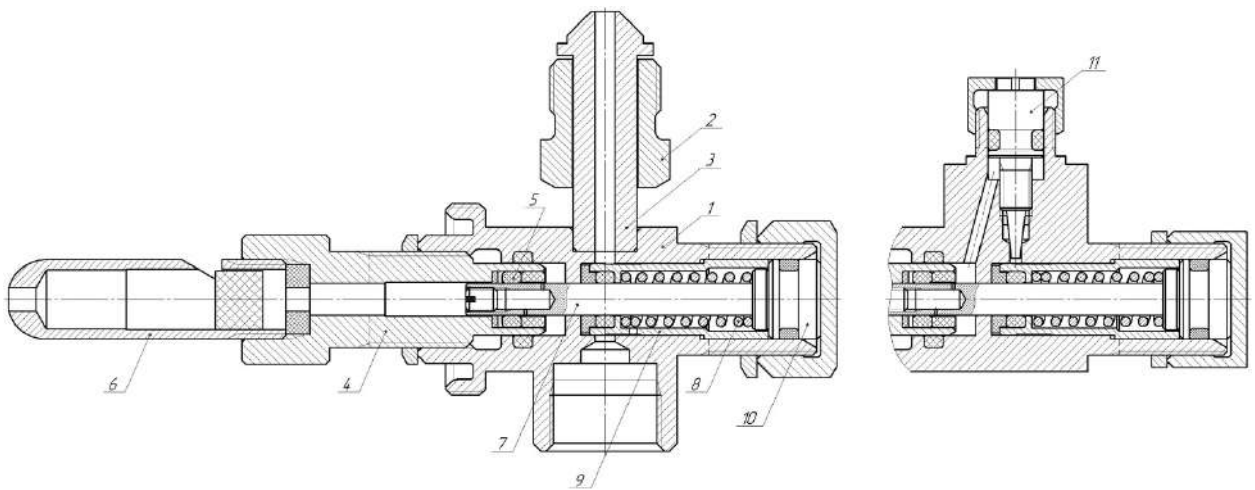


Рисунок 1.3 – Схема сигнального пристрою

Вузол працює наступним чином: при відкритті вентиля балона кисень високого тиску надходить через ніпель (3) у внутрішні порожнини корпусу (1). У внутрішній порожнині сигнального пристрою відбувається наступне: кисень через радіальний отвір у втулці (9) надходить у порожнину між заглушкою (10) і штоком (7). Це забезпечується радіальним зазором між штоком (7) і внутрішнім діаметром втулки (9). За рахунок різниці площ, по обидва боки штока (7), виникає різниця зусиль, яка призводить до переміщення штока (7) до упору, при цьому долаючи зусилля пружини (8). У даному положенні перепускні отвори штока (7) переміщуються за ущільнювальне кільце (5).

По мірі витрати кисню зменшуються тиск у балоні, а, відповідно, і зусилля, що впливає на шток (7). У цей час під дією зусилля пружини (8) починає переміщатися шток (7) у зворотному напрямку. Коли тиск у кисневому балоні знижується до $(5,5 \pm 0,5)$ МПа, перший радіальний отвір штока (7) зміщується за ущільнювальне кільце (5), кисень через отвори у штоку (7), що знаходяться по різні сторони від ущільнювального кільця (5), а також через дросель (11) і штуцер (4) надходить до свистка (6), який починає видавати звуковий сигнал.

При подальшому переміщенні штока (7) внаслідок зниження тиску в кисневому балоні обидва радіальних отвори штока (7) зміщуються в одну

сторону від ущільнювального кільця (5). У результаті цього кисень перестає надходити до свистка (6), і звуковий сигнал припиняється.

Платформою для установки всіх складових елементів сигнального пристрою, а також несучою конструкцією, що приймає на себе більшу частину зусиль, виникаючих за рахунок надлишкового тиску кисню, є складальна одиниця типу корпус (рис. 1.4).

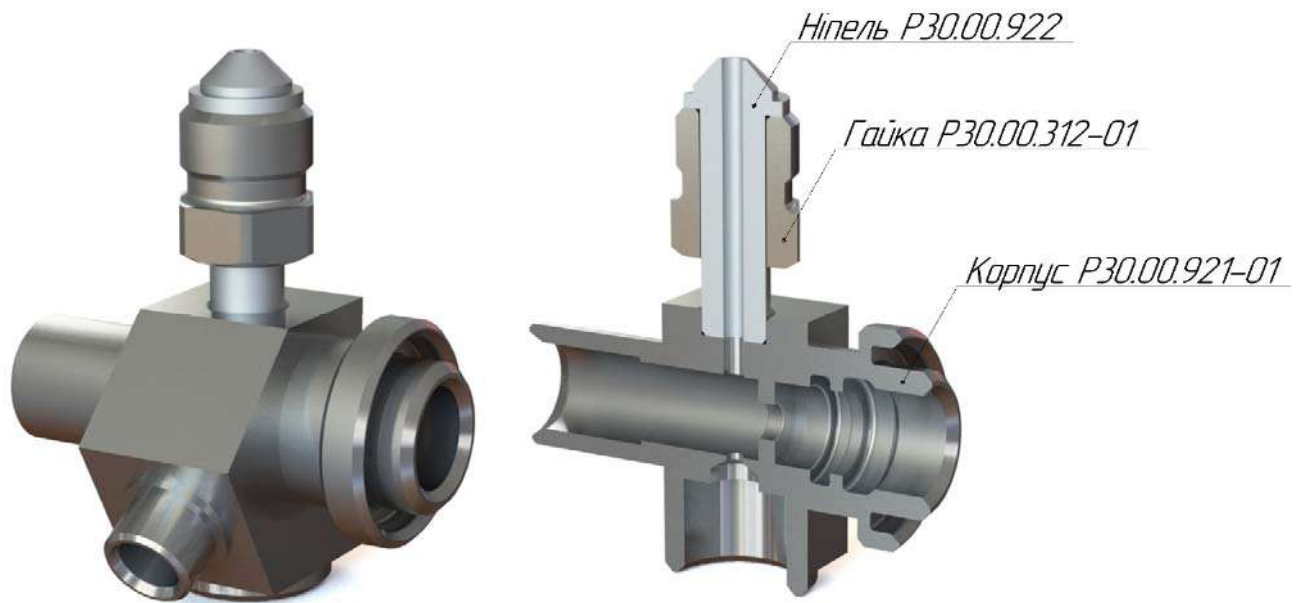


Рисунок 1.4 – 3D модель складальної одиниці типу корпус

У нашому випадку матеріалом усіх деталей, що входять до складальної одиниці типу корпус, є латунь марки ЛС 59-1. У табл. 1.2 і табл. 1.3 відповідно наведені дані щодо хімічного складу і механічних властивостей латуні [4,5].

Таблиця 1.2 – Хімічний склад в % матеріалу латунь ЛС 59-1

Середній вміст елементів, %						
Залізо Fe	Фосфор P	Мідь Cu	Свинець Pb	Цинк Zn	Сурма Sb	Вісмут Bi
До 0,5	До 0,02	57-60	0,8-1,9	37,5-42,2	До 0,01	До 0,003

Таблиця 1.3 – Механічні властивості латуні ЛС 59-1

Твердість за Бринелем HB, (МПа)	Тимчасовий опір розриву, σ_B (МПа)	Відносне подовження, δ , %
150-160	300-400	40-50

Складальна одиниця типу корпус є нетехнологічною через свою складну геометричну форму. За рахунок наявності великої кількості камер та каналів, розташованих під різними кутами один від одного, виникає необхідність у наступних діях: проведенні великої кількості переустановлень та використанні спеціальних пристосувань для базування деталі (під різними кутами) під час проведення її механічної обробки.

Аналіз креслень корпусу (усіх деталей, що входять до складальної одиниці типу корпус) сигнального пристрою, з точки зору конструктора, дозволив визначити основні конструктивні елементи складальної одиниці.

Конструкція корпусу передбачає високу точність виготовлення, а саме дотримання досить жорстких вимог до розташування внутрішніх поверхонь, насамперед щодо їх співвісності, а також до шорсткості поверхонь, що обумовлено великою кількістю рухомих деталей у складі сигнального пристрою.

Наявність у конструкції вузла рухомих ущільнень вимагає високої точності виготовлення внутрішніх камер корпусу, передбачених під посадку H9/f9, і відповідних канавок з шорсткістю робочих поверхонь Ra 1,6, що регламентуються технічними документами [6].

1.2 Аналіз базового технологічного процесу механічної обробки складальної одиниці типу корпус

На основі креслень складальної одиниці типу корпус Р30.00.920-01 СБ (Додаток В) проаналізуємо маршрутний базовий ТП обробки деталей (які є частиною складальної одиниці), що реалізується в умовах серійного

виробництва. В основу ТП покладено вимоги до точності та якості обробки окремих поверхонь деталей.

Складальна одиниця типу корпус Р30.00.920-01 СБ складається з наступних деталей: корпусу Р30.00.921-01, ніпеля Р30.00.922, а також гайки Р30.00.312-01 (див. рис. 1.4).

Особливістю обробки складальної одиниці типу корпус Р30.00.920-01СБ, є наступне:

– Найскладнішою деталлю складальної одиниці, з точки зору геометрії і витрат на виготовлення, є корпус Р30.00.921-01. Специфіка обробки даної деталі полягає в тому, що велика частина механічної обробки даної деталі проводиться після пайки з ніпелем Р30.00.922, тобто в складі складальної одиниці Р30.00.920-01 СБ [7]. Фактично процес механічної обробки корпусної деталі Р30.00.921-01 (до проведення операції пайки) зводиться до отримання проміжної (технологічної) заготовки (рис. 1.5) з похідної заготовки, якою в умовах базового варіанту є латунний пруток $\varnothing 55$ мм.

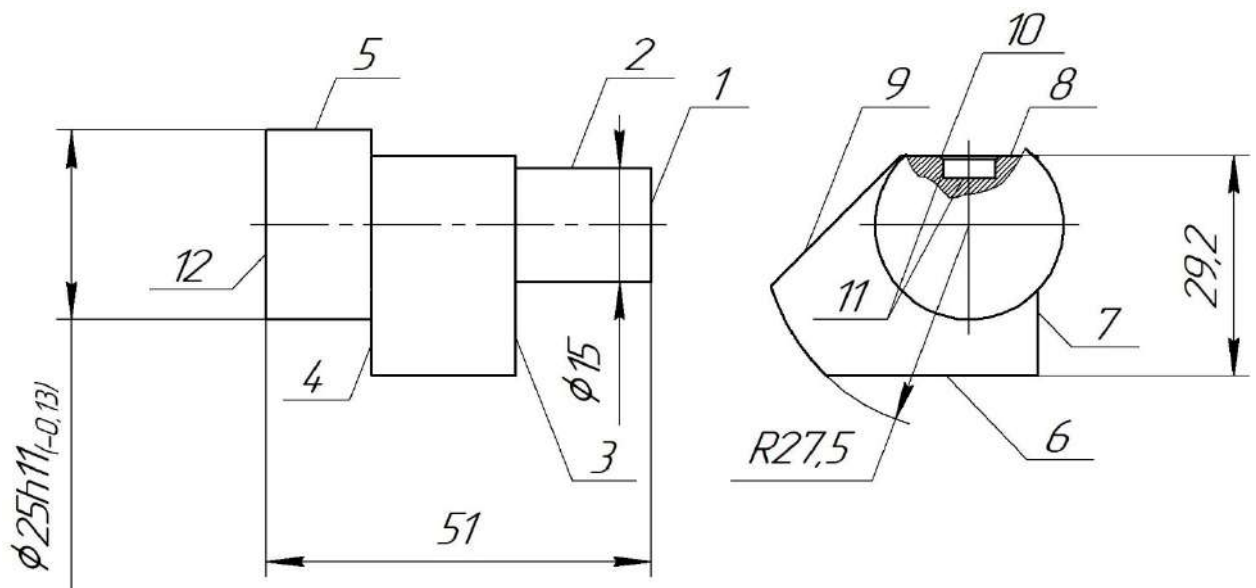


Рисунок 1.5 – Проміжна заготовка корпусу Р30.00.921-01 з позначенням нумерації поверхонь, оброблених на першому етапі (підготовча обробка корпусу перед складальною операцією)

– Найпростішою деталлю складальної одиниці є ніпель Р30.00.922. Його механічна обробка ведеться індивідуально за винятком скося під кутом 90°

(рис. 1.6), який також виконується після пайки, в складі складальної одиниці Р30.00.920-01 СБ.

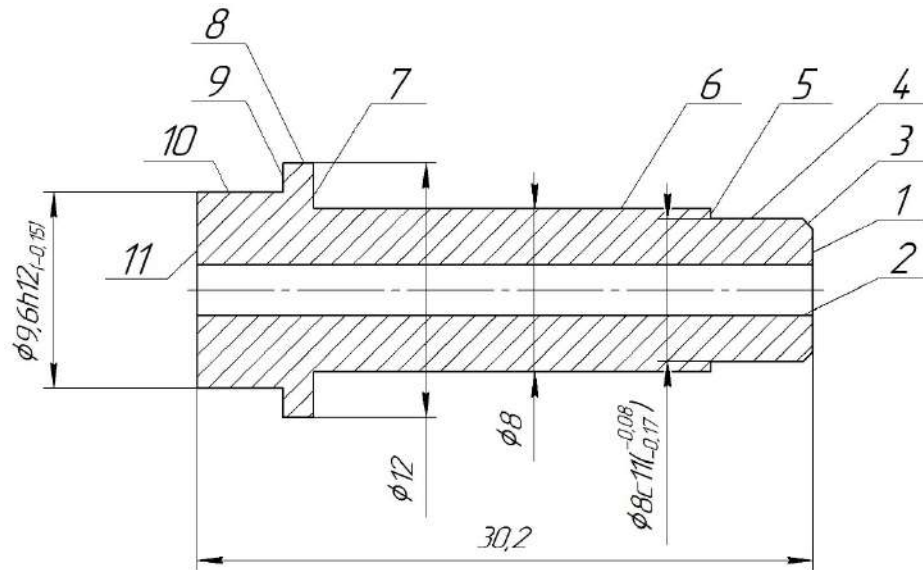


Рисунок 1.6 – Проміжна заготовка ніпеля Р30.00.922 з позначенням нумерації поверхонь, оброблених на першому етапі (підготовча обробка ніпелю перед складальною операцією)

– Гайка Р30.00.312-01 проста у виготовленні і обробляється повністю індивідуально, тому інтерес до процесу її механічної обробки відсутній, з цієї причини ТП на дану деталь не буде розглядатися в даній роботі.

Вищевикладені особливості послідовності проведення процесу механічної обробки викликані фактором високої температури плавлення (до 730°C) припою марки ПСР 45 [8]. Це означає, що зміна послідовності проведення операцій може призвести до деформацій тонкостінних елементів корпусу Р30.00.921-01 (див. рис. 1.4). Відповідно не будуть виконані вимоги конструкторської документації (далі по тексті КД), а саме вимоги до ряду розмірів, в тому числі і приєднувальних (вимоги по точності виготовлення різьби) [9].

Структура базового маршрутного ТП обробки складальної одиниці типу корпус Р30.00.920-01 СБ та деталей, що входять до неї, в умовах напівавтоматичного виробництва наведена в табл. 1.4. В табл. 1.5 надані відомості щодо точності обробки і якості сформованих поверхонь деталей, що входять до складальної одиниці типу корпус.

Креслення: Р30.00.920-01 СБ; Р30.00.921-01; Р30.00.922 наведені у Додатку В.

Таблиця 1.4 – Базовий маршрутний ТП обробки складальної одиниці типу корпус

Маршрутний ТП		
№ Операції	Тип операції	Верстат
Р30.00.922 – Ніпель (у якості заготовки прийнято латунний пруток Ø12 мм)		
005	Відрізка заготовки	ARG 250
010	Токарна з ЧПК	GLS-200M
Р30.00.921-01 – Корпус (у якості заготовки прийнято латунний пруток Ø55 мм)		
005	Відрізка заготовки	ARG 250
010	Токарно-фрезерна з ЧПК	Lynx-220MC
Р30.00.920-01 СБ – Складальна одиниця типу корпус		
005	Комплектування	Стіл
010	Пайка	Стіл паяльника Р-990
015 (два установи)	Токарна з ЧПК	Lynx-220MC
020 (два установи)	Токарна з ЧПК	GLS-200M
025	Токарна з ЧПК	Lynx-220MC

Таблиця 1.5 – Точність розмірів та шорсткість поверхонь складальної одиниці типу корпус Р30.00.920-01 (та деталей, що входять до неї)

Назва поверхні деталі, розміри, мм (№ повені)	Точність (квалітет)	Допуски (відхилення), мм	Шорсткість R _a , мкм
1	2	3	4
Р30.00.922 – Ніпель (див. рис. 1.6)			
Торець Ø8с11			
Ø8 (1)	—	Вільний розмір	3,2
Отвір Ø2,5 × 30			
Ø2,5 (2)	H14	+0,25	3,2
Фаска 0,5 × 45°			
Довжина 0,5 (3)	± t ₂ /2	±0,1	3,2
Циліндрична поверхня Ø8с11(^{0,08} _{-0,17}) × 5			
Ø8 (4)	с11	-0,08 -0,17	3,2
Довжина 5 (4)	± t ₂ /2	±0,1	
Торець Ø8с11/Ø8h14			
Ø8с11/Ø8h14 (5)	—	Вільний розмір	3,2
Циліндрична поверхня Ø8h14 × 24,5			
Ø8 (6)	h14	-0,36	3,2
Довжина 24,5 (6)	± t ₂ /2	±0,2	
Торець Ø8/Ø12			
Ø8/Ø12 (7)	—	Вільний розмір	2,5
Циліндрична поверхня Ø12			
Ø12 (8)	h14	-0,43	3,2

Довжина 1,5 (8)	—	Вільний розмір	
Торець Ø12/Ø9,6			
Ø12/Ø9,6 (9)	—	Вільний розмір	3,2
Циліндрична поверхня Ø9,6h12			
Ø9,6 (10)	h12	-0,15	3,2
Довжина 4 (10)	—	Вільний розмір	
Торець Ø9,6/Ø2,5			
Ø9,6/Ø2,5 (11)	—	Вільний розмір	3,2
Р30.00.921-01 – Корпус (див. рис. 1.5)			
Фаска 0,5 × 45°			
Довжина 0,5 (10)	±IT14/2	±0,125	3,2
Отвір Ø8H11 ^(+0,09) × 3			
Ø8 (11)	H11	+0,09	3,2
Довжина 3 (11)	±IT14/2	±0,125	
Торець Ø8H11			
Ø8 (11)	—	Вільний розмір	3,2
Зовнішня поверхнях під 45°			
45° (9)	—	±1°	3,2
Р30.00.920-01 СБ – Складальні одиниці типу корпус (див. рис. 1.4 і КД)			
Циліндрична поверхня Ø12,5 × 1			
Ø12,5	h14	-0,43	3,2
Довжина 1	—	-0,1	
Циліндрична різбова ступінь М10 × 0,75 – 6g			
Різьба метрична М10 × 0,75	6g	Згідно ГОСТ 16093-81	3,2

Довжина 4,5	±IT14/2	±0,15	
Фаска 0,5 × 45°			
Довжина 0,5	±IT14/2	±0,125	3,2
Отвір Ø7H9 ^(+0,036) × 9			
Ø7	H9	+0,036	1,6
Довжина 9	±IT14/2	±0,18	3,2
Торець Ø7			
Ø7	—	Вільний розмір	3,2
Фаска 1 × 30° ± 1° × R0,3			
Довжина 1	±IT14/2	±0,125	3,2
R0,3	±IT14/2	±0,125	1,6
Циліндрична різбовий отвір M4 – 7H			
Різьба метрична M4	7H	Згідно ГОСТ 16093-81	3,2
Довжина 4,5	±IT14/2	±0,15	
Фаска 0,5 × 45°			
Довжина 0,5	±IT14/2	±0,125	3,2
Отвір Ø1,5 × R0,1			
Ø1,5	H14	+0,25	3,2
R0,1	—	—	1,6
Циліндрична поверхня Ø18 × 2,5			
Ø18	h14	-0,43	3,2
Довжина 2,5	±IT14/2	±0,125	
Фаска 1 × 45°			

Довжина 1	±IT14/2	±0,125	3,2
Отвір Ø6H11 ^(+0,075) × 12,75			
Ø6	H11	+0,075	1,6
Довжина 12,75	±IT14/2	±0,215	
Циліндричний різьбовий отвір M14x1 – 7H			
Різьба метрична M14x1	7H	Згідно ГОСТ 16093-81	3,2
Довжина 7	±IT14/2	±0,18	3,2
Торець різьбового отвору M14x1			
Ø12,917	–	Вільний розмір	1,6
Фаска 0,5 × 45°			
Довжина 0,5	±IT14/2	±0,125	3,2
Отвір Ø2,5			
Ø2,5	H14	+0,25	3,2
Циліндрична різьбова ступінь M14 × 1 – 8g			
Різьба метрична M14 × 1	8g	Згідно ГОСТ 16093-81	3,2
Довжина 13,5	±IT14/2	±0,215	
Фаска 0,5 × 45°			
Довжина 0,5	±IT14/2	±0,125	3,2
Отвір Ø10H10 ^(+0,058) ×14,6			
Ø10	H10	+0,058	1,6
Довжина 14,6	–	+0,27	
Торець Ø10H10/Ø9H11			
Ø10/Ø9	–	Вільний розмір	3,2

Фаска Ø12x∠30° ± 1° × R1			
Ø12	±IT14/2	±0,215	1,6
∠30°	–	±1°	
R1	±IT14/2	±0,125	
Отвір Ø9H11 ^(+0,09) × 29,5			
Ø9	H11	+0,09	1,6
Довжина 29,5	±IT14/2	±0,26	
Торець Ø9H11/Ø4H11			
Ø9/Ø4	–	Вільний розмір	1,6
Отвір Ø4H11 ^(+0,075) xR0,1			
Ø4	H11	+0,075	1,6
R0,1	–	–	
Циліндрична різбова ступінь M24 × 1 – 8g			
Різьба метрична M24 × 1	8g	Згідно ГОСТ 16093-81	3,2
Довжина 5	±IT14/2	±0,15	
2 фаски 0,8 × 45°			
Довжина 0,8	±IT14/2	±0,125	3,2
Циліндрична поверхня Ø18h14			
Ø18	h14	-0,43	3,2
Циліндрична поверхня Ø20H12 ^(+0,21) x7xR0,4			
Ø20	H12	+0,21	1,6
Довжина 7	±IT14/2	±0,18	
R0,4	±IT14/2	±0,125	3,2

Фаска 0,5 × 45°xR1			
Довжина 0,5	±IT14/2	±0,125	1,6
R1	±IT14/2	±0,125	1,6
Циліндрична поверхня Ø16h12 _(-0,18) x7xR0,4			
Ø16	h12	-0,18	3,2
Довжина 7	±IT14/2	±0,18	
R0,4	±IT14/2	±0,125	3,2
Фаска 1 × 45°			
Довжина 1	±IT14/2	±0,125	3,2
Отвір Ø9,1H12 ^(+0,15) × 18,5			
Ø9,1	H12	+0,15	3,2
Довжина 18,5	±IT14/2	±0,26	3,2
Торець Ø9,1H12/Ø4H11xR0,1			
Ø10/Ø9	—	Вільний розмір	3,2
R0,1	—	—	1,6
Циліндрична різьбовий отвір M12 × 1 – 7H			
Різьба метрична M12 × 1	7H	Згідно ГОСТ 16093-81	3,2
Фаска 1 × 45°			
Довжина 1	±IT14/2	±0,125	3,2
Канавка Ø12,5 × 45° × R0,6			
∠45°	—	±1°	3,2
Ø12,5	H14	+0,43	3,2
Довжина 2,5	±IT14/2	±0,125	3,2
R0,6	±IT14/2	±0,125	3,2
R0,6	±IT14/2	±0,125	3,2

Канавка $\varnothing 12H9^{(+0,043)} \times 2,4H12^{(+0,1)} \times R0,2 \times R0,6$			
R0,2	$\pm IT14/2$	$\pm 0,125$	1,6
$\varnothing 12$	H9	+0,043	3,2
Довжина 2,4	H12	+0,1	1,6
R0,4	$\pm IT14/2$	$\pm 0,125$	1,6
R0,4	$\pm IT14/2$	$\pm 0,125$	1,6
R0,2	$\pm IT14/2$	$\pm 0,125$	1,6
Конусна поверхня $\varnothing 3,5 \times \angle 90^\circ \pm 1^\circ$			
$\varnothing 3,5$	$\pm IT14/2$	$\pm 0,15$	0,16
$\angle 90^\circ \pm 1^\circ$	—	$^\circ \pm 1^\circ$	

Після аналізу базового ТП встановлено, що виготовлення найскладнішої корпусної деталі Р30.00.921-01 фактично відбувається у два етапи:

– так на першому етапі відбувається індивідуальна обробка, на якій фактично отримуються проміжна (технологічна) заготовка корпусу Р30.00.921-01 (див. рис. 1.5); при цьому майже усі оброблювальні поверхні є технологічними і потребують подальшої обробки на наступних етапах виготовлення складальної одиниці Р30.00.920-01 СБ;

– на другому етапі відбувається остаточна обробка корпусу Р30.00.921-01 у складі складальної одиниці Р30.00.920-01 СБ (див. рис. 1.4).

Об'ємність першого етапу виготовлення корпусу Р30.00.921-01 викликана тим, що в якості заготовки використовується пруток круглого перетину $\varnothing 55$ мм, з цим пов'язана низька продуктивність механічної обробки у цілому [10]. Результати аналізу дозволили сформулювати мету даної роботи.

На базі описаного вище аналізу можна сказати наступне:

Метою даної роботи є підвищення ефективності процесу механічної обробки корпусної деталі зі складними геометричними формами за рахунок зміни ТП, зокрема шляхом використання інноваційних способів отримання

заготовки, що дозволить перейти на більш ефективні методи обробки з урахуванням використання сучасних верстатів типу оброблювальних центрів.

Завдання дослідження:

- проаналізувати базовий ТП механічної обробки складальної одиниці типу корпус;
- проаналізувати можливі варіанти способів отримання заготовок корпусу та обґрунтувати найбільш ефективний, виходячи з удосконалення операцій базового ТП;
- розробити креслення заготовки запропонованого варіанту;
- розробити маршрутно-операційний ТП обробки складальної одиниці, з урахуванням використання: заготовки, отриманої методом гарячого штампування, а також сучасних верстатів типу оброблювальних центрів;
- підтвердити ефективність запропонованого ТП обробки складальної одиниці за рахунок забезпечення мінімальної технологічної собівартості її виготовлення.

Об'єкт дослідження:

ТП механічної обробки складальної одиниці типу корпус для автономних дихальних апаратів.

Предмет дослідження:

можливість підвищення ефективності механічної обробки складальної одиниці типу корпус за рахунок використання заготовки, отриманої методом гарячого штампування.

1.3 Висновки

1) Складальні одиниці типу корпус Р30.00.920-01 СБ (див. рис. 1.4) сигнального пристрою відносяться до категорії деталей зі складною геометрією, вони виконують наступні функції:

- по перше, це платформа для установки усіх складових елементів сигнального пристрою;

– по друге, корпус є несучою конструкцією вузла, що приймає на себе більшу частину зусиль, виникаючих у наслідок високого тиску медичного кисню.

2) Якість та швидкість обробки складальної одиниці, яка розглядається, визначає строки виготовлення та собівартість готового респіратора.

3) Аналіз базового ТП обробки складальної одиниці, який реалізовується в умовах серійного напівавтоматичного виробництва, дозволив зробити висновок, що від способу виготовлення корпусу, насамперед, способу отримання заготовки, залежать точність, якість поверхонь деталі і витрати на обробку в цілому [9].

4) На базі результатів виконаного аналізу сформульовані: мета і завдання досліджень.

2 АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ СПОСОБІВ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ КОРПУСУ СИГНАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

2.1 Чинники, що викликають необхідність зміни типу заготовки

Існуючий метод отримання заготовки корпусу сигнального пристрою, а саме з латунного прутка круглого перетину ($\varnothing 55$ мм), є максимально простим, але разом з простотою заготовка такого типу:

- знижує продуктивність процесу механічної обробки комплектуючих в зв'язку з необхідністю проведення великої кількості токарно-фрезерних підготовчих операцій, спрямованих на формування зовнішньої геометрії корпусу сигнального пристрою;

- призводить до підвищеної витрати матеріалу, необхідного для виготовлення комплектуючих.

Проблематика використання заготовки у вигляді латунного прутка круглого перетину докладно розкрита у першому розділі даної роботи.

2.2 Аналіз властивостей матеріалу корпусу сигнального пристрою та можливих способів отримання заготовки з нього

Матеріалом розглянутої складальної одиниці (типу корпус) є латунь марки ЛС 59-1. Даний матеріал характеризується тим, що володіє хорошими пластичними властивостями та добре піддається обробці тиском, зокрема, методом гарячого штампування [11].

Незважаючи на те, що заготовки з латуні можна отримувати методом лиття, в даній роботі перевага віддається методам обробки тиском, тому що дані методи, зокрема метод гарячого штампування, дозволяють досягти зміцнення матеріалу [12], а це важливий плюс, враховуючи специфіку і умови роботи вузла (під дією надлишкового тиску до 20 МПа), до складу якого входить розглянута складальна одиниця типу корпус.

В даній роботі буде проведено порівняння двох типів заготовок, а саме: базовий варіант: пруток круглого перетину $\varnothing 55$ мм (рис. 2.1Б), та варіант, отриманий за допомогою методу гарячого штампування (рис. 2.1А).



Рисунок 2.1 – Варіанти заготовок корпусу сигнального пристрою

Проаналізувавши рис. 2.1, можна зробити декілька висновків:

– по перше, для реалізації переходу на заготовку, отриману методом гарячого штампування (див. рис. 2.1А), необхідна адаптація КД на корпусну деталь, а саме це неможливо зробити без зміни зовнішньої геометрії корпусу сигнального пристрою;

– по друге, запропонований спосіб отримання заготовки дозволяє практично повністю остаточно сформувати зовнішні поверхні корпусу, що фактично зводить процес механічної обробки складальної одиниці до отримання внутрішніх камер вузла, та каналів, які поєднують їх. Це обумовлено тим, що розглянута складальна одиниця не потребує великої точності виготовлення зовнішніх поверхонь, тому точності метода гарячого штампування цілком достатньо для виконання поставлених завдань;

– по третє, запропонований спосіб отримання заготовки дозволяє знизити витрату латуні (на стадії отримання заготовки корпусу) на 83%. Так заготовка з прутка круглого перетину важить 1050 г, а заготовка, отримана способом гарячого штампування, 173 г (рис. 2.2).

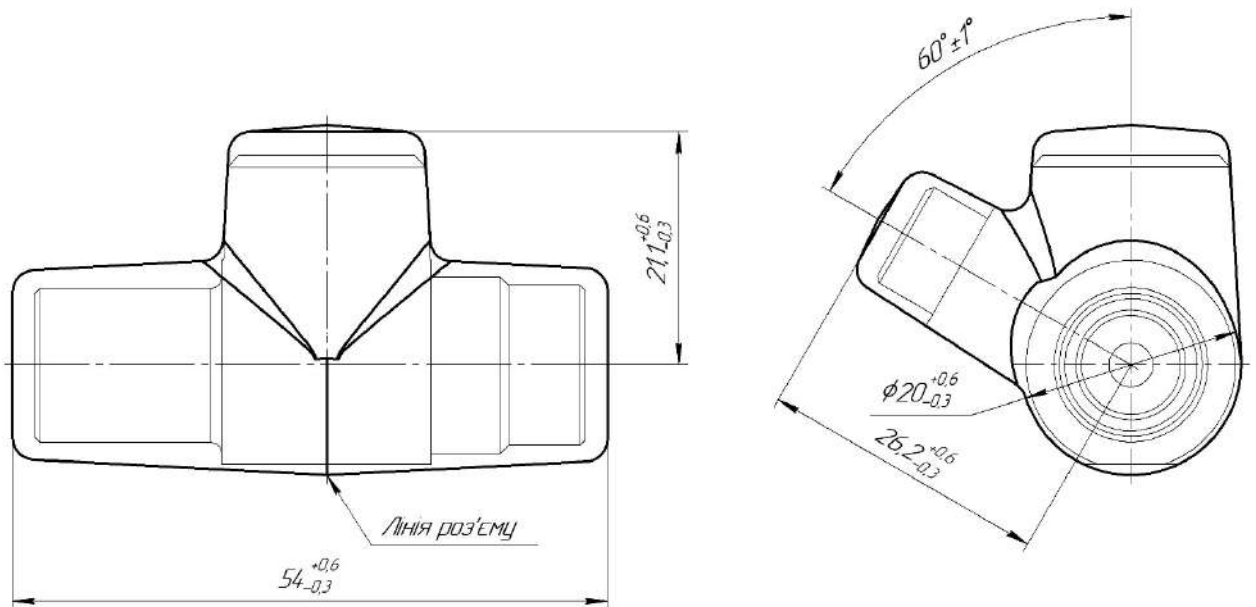


Рисунок 2.2 – Заготовка корпусу, отримана способом гарячого штампування

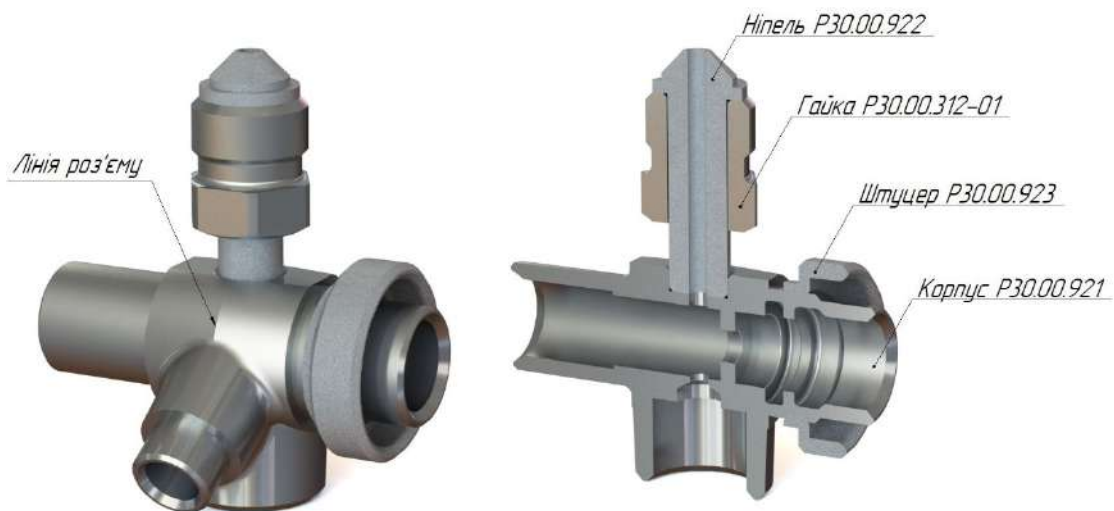
2.3 Необхідні зміни конструкторської документації на корпус сигнального пристрою для переходу на інший тип заготовки

Специфікою виготовлення заготовок методом гарячого штампування є те, що комплектуючі виготовляються за допомогою спеціалізованої оснастки у вигляді штампа [13,14], яка складається з двох так званих плит (верхньої і нижньої). Для вилучення заготовки з штампа, на стадії проектування КД, в деталі передбачається місце для лінії роз'єму (місце змикання плит штампа), а також штампувальні ухили, які становлять близько 3°. Лінію роз'єму як правило розміщують на неробочій поверхні деталі, так як дане місце не може бути виконано з достатньою точністю, і воно вимагає подальшого (слюсарного) доопрацювання з метою видалення надлишків матеріалу.

Якщо проаналізувати геометрію існуючої складальної одиниці, а зокрема корпусу Р30.00.921-01 (рис. 2.3Б), то видно, що дана деталь абсолютно не адаптована під метод гарячого штампування.

Кутасті форми корпусу говорять про те, що конструктор, на стадії проектування КД, передбачав виготовлення корпусу Р30.00.921-01 шляхом виконання токарно-фрезерних операцій. Лінійність і кутастість зовнішніх поверхонь корпусу пов'язана з фактором кінематичних можливостей оброблювальних центрів, на яких виготовлюються розглянуті комплектуючі.

А – Складальна одиниця з штампованим варіантом корпусу Р30.00.921



Б – Складальна одиниця з токарно-фрезерним варіантом корпусу Р30.00.921-01

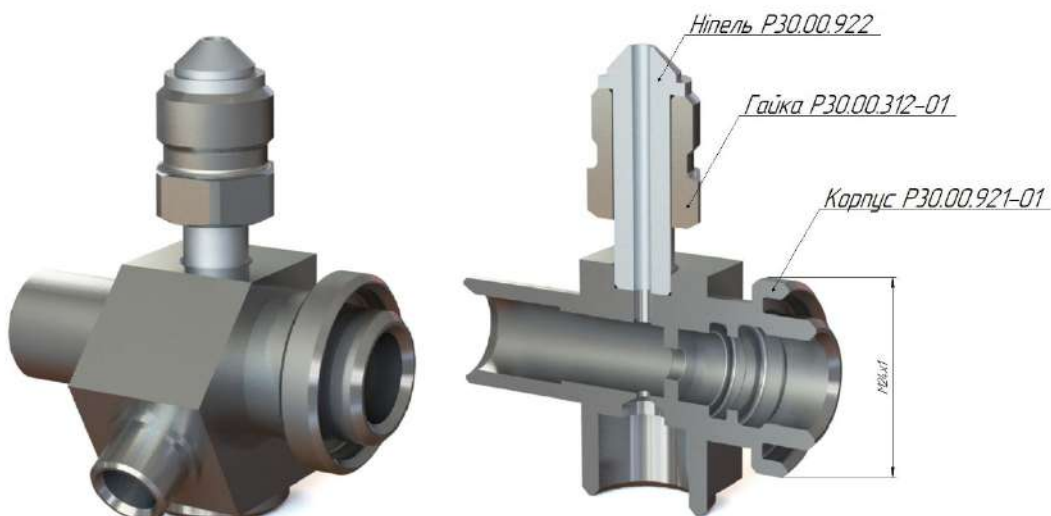


Рисунок 2.3 – Конструктивні варіанти корпусу сигнального пристрою в залежності від типу заготовки

На рис. 2.3А також можна ознайомитися з запропонованим в даній роботі варіантом конструкції складальної одиниці типу корпус, яка адаптована під метод гарячого штампування.

Основними відмінностями запропонованого варіанту конструкції складальної одиниці, в порівнянні з базовою конструкцією (виготовленою за допомогою токарно-фрезерних операцій), є наступне:

- по перше, зовнішня геометрія корпусу Р30.00.921 (див. рис. 2.3А) не передбачає у своєму складі гострих кутів, а також великої кількості лінійних поверхонь, що дозволяє: незначно знизити вагу складальної одиниці, а також спростити виготовлення елементів штапу (верхньої і нижньої плити). Також видно що запропонована конструкція корпусу Р30.00.921 має у своєму складі усі необхідні елементи (лінія роз'єму, а також штапувальні ухили), які необхідні для можливості використання методу гарячого штампування для отримання заготовки;

- по друге, для зниження металоємкості заготовки до складу корпусу був включений різьбовий штуцер Р30.00.923 (М24х1). Наявність у конструкції вузла штуцера Р30.00.923 (див. рис. 2.3А) призведе до появи другого паяного з'єднання. Конструктивно це можливо реалізувати за рахунок: послідовності проведення пайки, та використання різних марок припою з різною температурою плавлення, а саме:

- а) найбільш відповідальним і першим, з точки зору послідовності виконання операцій, буде з'єднання ніпеля Р30.00.922 з корпусом Р30.00.921 (див. рис. 2.3А) за допомогою припою марки ПСР 45, температура плавлення якого досягає 730°C [8];

- б) менш відповідальним і другим, з точки зору послідовності виконання операцій, буде з'єднання штуцера Р30.00.923 з корпусом Р30.00.921 (див. рис. 2.3А) за допомогою припою марки ПОС 40, температура плавлення якого досягає 238°C [15].

2.4 Аналіз впливу зміни конструкцій корпусу сигнального пристрою на його властивості з точки зору міцності

Необхідно брати до уваги те, що розглянута складальна одиниця типу корпус підпадає під вимоги нормативного документа, який регламентує правила експлуатації судів, що працюють під надлишковим тиском [16]. Виходячи з цього висновку, можна виділити наступне: до корпусу сигнального пристрою мають бути висунуті особливі вимоги по міцності.

Сосуди, що працюють під дією надлишкового тиску, а також їх конструктивні елементи повинні піддаватися випробуванням на міцність з урахуванням наступних вимог:

- комплектуючі повинні піддаватися гідравлічним випробуванням з періодичністю раз у п'ять років;
- тиск при випробуваннях повинен бути в 1,5 раз вище робочого, так званий пробний тиск [16].

Результатом аналізу вимог нормативних документів, які поширюються на розглянуту складальну одиницю типу корпус, є висновок про те, що будь-які конструктивні зміни деталей мають бути підкріплені розрахунком на міцність. У даному випадку складальна одиниця альтернативної конструкції повинна витримувати навантаження, які виникають за рахунок дії пробного тиску 30 МПа. Враховуючи те, що адаптація складальної одиниці призводить до необхідності зміни лише однієї деталі, а саме корпусу P30.00.921, то доцільно зробити розрахунок на міцність лише для корпусу P30.00.921 (див. рис. 2.3А).

Розрахунок на міцність корпусу P30.00.921 був проведений за допомогою можливостей сучасної CAD системи, а саме шляхом використання можливостей модулю SOLIDWORKS SIMULATION.

Результати розрахунку показали, що зміни геометрії корпусу P30.00.921 не призвели до погіршення експлуатаційних характеристик деталі, а саме характеристик, які пов'язані з міцністю корпусу.

На рис. 2.4 можна побачити значення коефіцієнту міцності окремих поверхонь корпусу P30.00.921, при цьому показники коефіцієнту чітко прив'язані до певного кольору. Під коефіцієнтом міцності треба розуміти наступне – це величина, що показує здатність конструкції витримувати прикладені до неї навантаження вище розрахункових. Його значення – це відношення границі міцності матеріалу до дійсного механічного напруження [17].



Рисунок 2.4 – Розрахункова схема щодо визначення запасу міцності корпусу P30.00.921

Згідно з рис. 2.4 більша частина поверхонь корпусу, яка позначена червоним кольором, має мінімальний коефіцієнт міцності, який становить 1,2, у свою чергу цей показник є задовільним результатом.

Варто розуміти те, що здатність корпусу P30.00.921 витримувати вплив зусиль, викликаних пробним надлишковим тиском (величиною 30 МПа), вже говорить про наявність коефіцієнту міцності, величина якого складає 1,5, про що говорить термін пробного тиску. Той факт, що навіть при впливі пробного тиску, мінімальний коефіцієнт міцності корпусу P30.00.921 складає 1,2 говорить про надлишкову міцність деталі.

Повний звіт з розрахунком на міцність (Додаток Г), виконаний за допомогою модуля SOLIDWORKS SIMULATION, включає до свого складу наступні частини:

- розрахунок напружень;
- розрахунок переміщення;
- розрахунок деформації;
- розрахунок запасу міцності.

2.5 Висновки

1) Порівняльний аналіз декількох способів отримання заготовки корпусу P30.00.921-01 (P30.00.921) дозволив обрати максимально ефективний спосіб, з точки зору виготовлення, а саме: гаряче штампування.

2) Оцінка обсягів зміни конструкції корпусу, пов'язаних з адаптацією складальної одиниці, в рамках переходу на новий метод отримання заготовки, дозволила розробити алгоритм зміни КД на розглянуту складальну одиницю.

3) Розрахунок корпусу P30.00.921 зміненої конструкції на міцність показав більш ніж достатній запас міцності деталі.

3 РОЗРОБКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ КОРПУСУ СИГНАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

3.1 Розрахунок припусків на обробку зовнішніх поверхонь корпусу

З огляду на те, що заготовка корпусу Р30.00.921 (див. рис. 2.2) повнотіла, доцільно проводити розрахунок припусків, лише для зовнішніх поверхонь, що підлягають механічній обробці.

Розрахунок припусків на механічну обробку проводився аналітичним методом.

Припуск на механічну обробку аналітичним методом визначається за формулою [18]:

$$2Z_{\min i}=2(R_{zi-1}+H_{i-1}+\sqrt{\rho_{\Sigma i-1}^2+\varepsilon_{yi}^2}),$$

де R_{zi-1} – шорсткість поверхні на попередньому переході, мкм;

H_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм;

$\rho_{\Sigma i-1}$ – сумарна похибка взаємного положення поверхонь на попередньому переході, мкм;

ε_{yi} – похибка установки на виконуваному переході, мкм.

Похибки, що входять в формулу, визначаються за довідником технолога-машинобудівника [18].

Для заготовки, отриманої в пресах, R_{zi-1} і H_{i-1} складають 80 мкм і 150 мкм.

При отриманні заготовки можливо просторове зміщення штампа і викривлення корпусу. Сумарні відхилення рівні: $\vec{\rho}=\vec{\rho}_1+\vec{\rho}_2+\vec{\rho}_3$

$$\rho=\sqrt{\rho_{зм}^2+\rho_{вик}^2},$$

де $\rho_{зм}$ – відхилення зміщення, $\rho_{вик}$ – відхилення викривлення.

В табл. 3.1 наведені розрахункові значення величини припусків, а також розміри: оброблюваної складальної одиниці і заготовки.

Таблиця 3.1 – Розрахункові значення величини припусків

Розмір складальної одиниці, мм / шорсткість, мкм	Припуск, мм	Розмір заготовки, мм
Ø14,5 h14 / Ra 6,3	1,84	Ø20 ^{+0,6} _{-0,3}
M16x1-8g / Ra 3,2	1,26+0,12	Ø20 ^{+0,6} _{-0,3}
M14x1-8g / Ra 3,2	1,26+0,12	Ø20 ^{+0,6} _{-0,3}
M10x0,75-6g / Ra 3,2	1,26+0,12	Ø11,6 ^{+0,5} _{-0,2}

З урахуванням отриманих мінімальних значень припусків, необхідних для проведення процесу механічної обробки складальної одиниці, було розроблено креслення заготовки корпусу P30.00.921, отриманої методом гарячого штампування (Додаток Д).

3.2 Розробка оснащення для отримання заготовки корпусу

З огляду на специфіку експлуатації оснащення, а саме штампа, необхідного для отримання заготовок корпусу методом гарячого штампування, необхідно підібрати марку сталі, яка буде здатна витримувати ударні навантаження протягом тривалого періоду часу. В іншому випадку, низькі ресурсні можливості оснащення призведуть до втрати економічної доцільності виготовлення дорогого оснащення, в конкретному випадку штампа.

Основні вимоги, що пред'являються до сталі для виготовлення штампів, такі [13]:

- висока міцність, достатній опір удару і висока зносостійкість при підвищених температурах, щоб штампи не руйнувалися і зберігали свою форму під час роботи;

- хороша теплопровідність для швидкого відведення тепла від робочої поверхні в глиб штампа;

- значна прокалюваність (що особливо важливо для великих штампів);

– висока опірність виникненню тріщин розпалу, що виникають на робочій поверхні внаслідок періодичності нагріву і охолодження штампів.

Для виготовлення штампів, які працюють у важких умовах, найбільш часто застосовується сталь 5ХНМ або її замінник сталь 5ХГМ. Нікель в сталі 5ХГМ замінений марганцем, який, зберігаючи глибоку прокалюваність сталі, трохи зменшує ударну в'язкість. Для отримання необхідної в'язкості штампи зі сталі 5ХГМ відпускають при більш високій температурі, ніж штампи зі сталі 5ХНМ.

Необхідно розуміти, що конструкція штампа включає в себе ряд деталей, але максимальні ударні навантаження діють на так звані напівматриці (рис. 3.1), які фактично формують усі зовнішні поверхні даної заготовки корпусу. Відповідно особливі вимоги до вибору матеріалу в більшій мірі стосуються саме напівматриць штампу. Для виготовлення менш відповідальних елементів оснащення цілком підходять часто використовувані марки конструкційних сталей, наприклад, такі марки сталей як: Ст3; Ст20; Ст45.

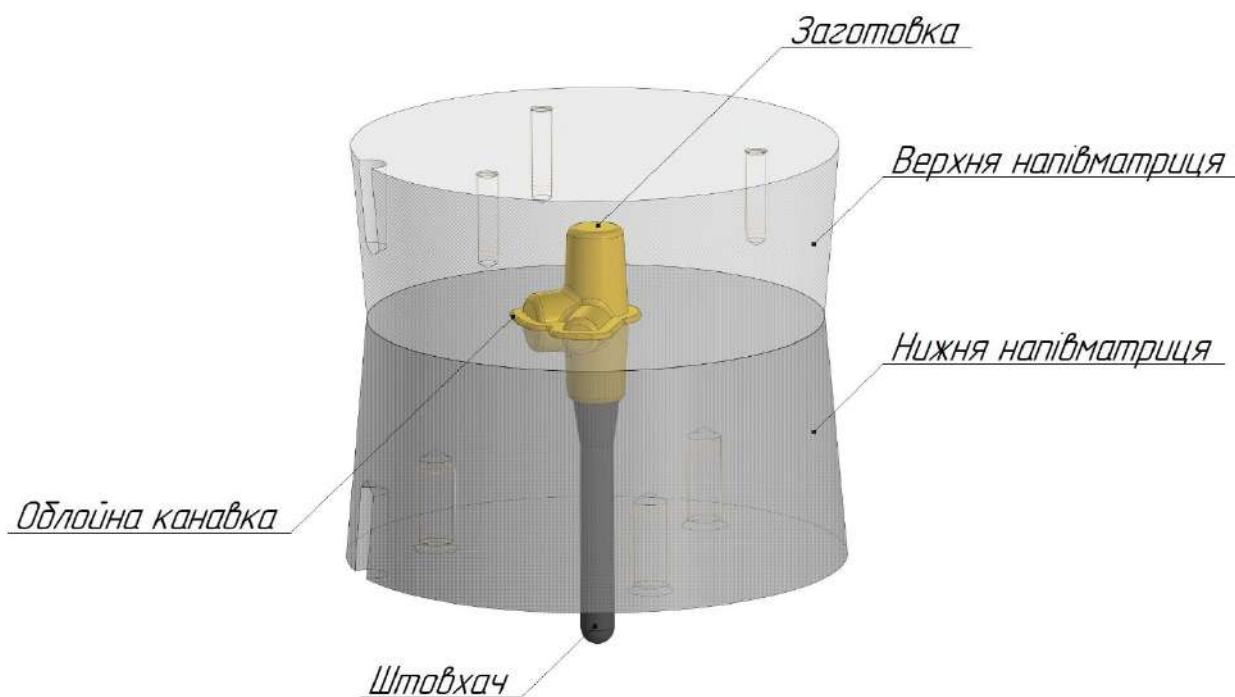


Рисунок 3.1 – Блок формують напівматриць штампу

Що стосується виготовлення напівматриць штампа, то, як було сказано раніше, оптимальним матеріалом для їх виготовлення буде використання сталі марки 5ХНМ по ГОСТ 5950-2000.

У табл. 3.2 наведені дані щодо хімічного складу сталі 5ХНМ [19].

Таблиця 3.2 – Хімічний склад в % матеріалу сталь 5ХНМ

Середній вміст елементів, %								
Вуглець C	Хром Cr	Мідь Cu	Марганець Mn	Молібден Mo	Нікель Ni	Фосфор P	Сірка S	Кремній Si
0,5-0,6	0,5-0,8	≤ 0,3	0,5-0,8	0,15-0,3	1,4-1,8	≤ 0,03	≤ 0,03	0,1-0,4

Розшифровка марки сталі 5ХНМ: наявність цифри 5 на початку марки говорить про те, що в сталі міститься 0,5% вуглецю, а літери Х, Н і М свідчать про присутність в сталі відповідно хрому, нікелю і марганцю в кількості, яка не перевищує 1,5 %. Таким чином перед нами легована сталь.

Сталь 5ХНМ застосовується для виготовлення поковок деталей загального машинобудування, молотових штампів пароповітряних і пневматичних молотів масою падаючих частин понад 3 т, пресових штампів і штампів машинного швидкісного штампування при гарячому деформуванні легких кольорових сплавів, блоків матриць для вставок горизонтальних кувальних машин, суцільнокатаних кілець різного призначення.

У Додатку Є з урахуванням усіх вимог проектування оснащення було розроблено креслення штампу для гарячого штампування заготовки корпусу Р30.00.921.

3.3 Розрахунок машинного часу першого етапу механічної обробки заготовки корпусу

Враховуючи те, що зміна типу заготовки впливає лише на геометрію зовнішніх поверхонь корпусу сигнального пристрою, запропоновані зміни

конструкції заготовки корпусу вплинуть на машинний час механічної обробки в розрізі так званого першого етапу (обробка ряду розмірів заготовки корпусу до пайки з ніпелем). Етапи механічної обробки корпусу детально описані у першому розділі даної роботи. Подальша механічна обробка заготовки корпусу (після пайки з ніпелем) залишається без змін по наступним причинам:

- вимоги до каналів та камер корпусу сигнального пристрою залишилися без змін;

- запропонований варіант ТП передбачає використання тих самих оброблювальних центрів, а також різального інструменту та режимів обробки в порівнянні з вихідним варіантом ТП.

На базі вищесказаного, в даній роботі був проведений розрахунок машинного часу обробки корпусу сигнального пристрою, лише для першого етапу механічної обробки (обробка заготовки корпусу до пайки з ніпелем).

Перехід на заготовку корпусу, отриману методом гарячого штампування, зводить перший етап механічної обробки корпусу, до отримання наступних розмірів деталі: різьби M16x1-8g; фаски під кутом 45°, на початку різьби M16x1-8g; торцевої поверхні, для отвору Ø8H11; отвору Ø8H11 глибиною 3 мм (рис. 3.2). У Додатку Ж наведена КД на корпус сигнального пристрою, отриманого за допомогою гарячого штампування.

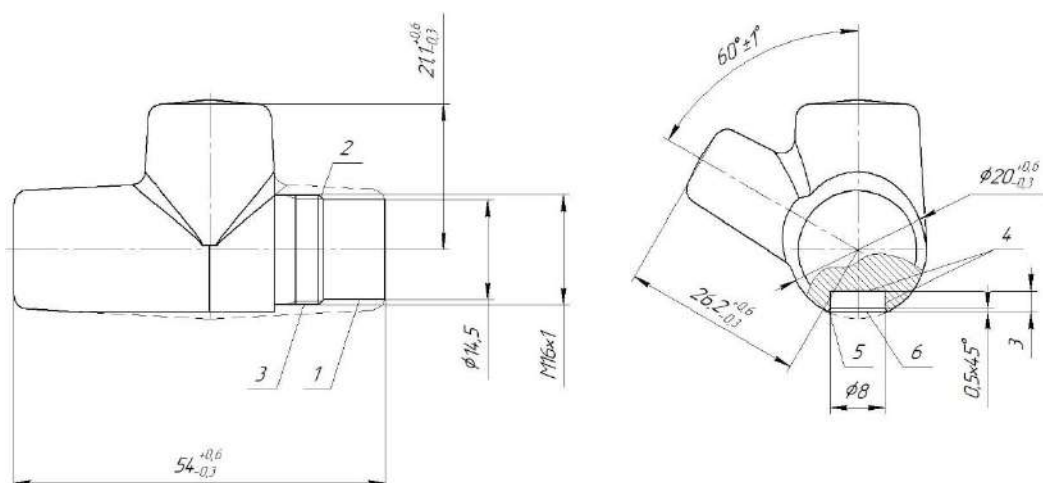


Рисунок 3.2 – Проміжна заготовка корпусу Р30.00.921 з позначенням нумерації поверхонь, оброблених на першому етапі (підготовча обробка корпусу перед складальною операцією)

Перший етап механічної обробки буде проводитися на токарному центрі Doosan Lynx-220MC (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Зображення токарного центру Doosan Lynx-220MC

Верстати серії LYNX-220 – це компактні токарні центри. Дана серія була розроблена для виготовлення невеликих деталей з високою точністю і швидкістю обробки, крім цього верстати цієї серії опціонально можуть бути оснащені подавачем прутка.

Конструктивно горизонтальний токарний центр оснащений:

- однією револьверною головкою, при цьому висока продуктивність верстата досягається завдяки револьверній голівці, яка швидко індексується, з сервоприводом, а швидкість і точність досягаються за рахунок використання роликів напрямних з підвищеною жорсткістю;

- 8-ми дюймовим патроном, розрахованим на прутки $\varnothing 65$ мм.

Токарні центри Lynx-220 постачаються компанією Mills разом з пристроями автоматичного налагодження інструментів, уловлювачами готових деталей, задніми бабками (для верстатів без допоміжного шпинделя) та інструкцією щодо експлуатації / діалоговою системою програмування, в стандартній комплектації.

В силу складної геометрії зовнішніх поверхонь заготовки корпусу сигнального пристрою, отриманої методом гарячого штампування, для кріплення даної заготовки у верстаті буде потрібно спеціальне пристосування. Конструктивно воно буде виглядає наступним чином: замість кулачків до патрона верстата буде кріпитися планшайба [20] з «опорним майданчиком», передбаченим для подальшої установки призми і конічної оправки. Зверху, в одне з штатних місць кулачка, буде встановлений упор (на рейці), який приводиться до руху рейкою, а вона в свою чергу переміщається за рахунок гідравлічної системи верстата. З конструкцією пристосування більш детально можна ознайомитися в Додатку 3. Перший етап механічної обробки заготовки (отриманої методом гарячого штампування), в силу її складної геометрії, буде проводитися за два установи:

- установ А: токарна обробка і нарізування різьби;
- установ Б: фрезерна обробка, а також отримання отвору під ніпель.

Машинний час механічної обробки розраховується за формулами [18]:

- для точіння, а також нарізання різьби:

$$T_{\text{м}} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \text{ хв};$$

- для фрезерування:

$$T_{\text{м}} = \frac{L \cdot i}{S_{\text{хв}}}, \text{ хв};$$

- для свердлення, зенкерування, зенкування:

$$T_{\text{м}} = \frac{L}{n \cdot S}, \text{ хв},$$

де: L – розрахункова довжина шляху різального інструменту, мм;

i – кількість проходів інструменту;

n – величина обертів, об/хв;

S – обертова подача, мм/об;

$S_{\text{хв}}$ – хвилинна подача, мм/хв.

Розрахункова довжина шляху різального інструменту розраховується за формулами:

– для точіння, нарізання різьби, фрезерування, зенкерування та зенкування:

$$L=l+l_1+l_2, \text{ мм};$$

– для свердлення:

$$L=l_0+0,3\cdot D, \text{ мм},$$

де: l – величина обробки, мм;

l_1 – величина врізання, мм;

l_2 – вихід (перебіг) інструменту, мм;

l_0 – глибина свердлення, мм;

D – діаметр отвору, мм.

Величина врізання розраховується за формулою:

$$l_1=t\cdot\text{ctg}\varphi^\circ,$$

де: t – глибина різання, мм;

φ° – головний кут у плані інструменту.

Величина обертів розраховується за формулою:

$$n=\frac{1000\cdot V}{\pi\cdot D}, \text{ об/хв},$$

де: V – швидкість різання, м/хв;

D – діаметр обробки, мм.

Швидкість різання розраховується за формулами:

– для точіння:

$$V=\frac{C_v}{T^m\cdot t^x\cdot S^y}\cdot K_v, \text{ м/хв};$$

– для нарізання різьби:

$$V=\frac{C_v\cdot i^x}{T^m\cdot S^y}\cdot K_v, \text{ м/хв};$$

– для фрезерування:

$$V=\frac{C_v\cdot D^q}{T^m\cdot t^x\cdot S_z^y\cdot B^u\cdot Z^p}\cdot K_v, \text{ м/хв};$$

– для свердлення:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \text{ м/хв};$$

– для зенкерування, зенкування:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/хв},$$

де: C_v – коефіцієнт, який залежить від механічних властивостей та структури оброблюваного матеріалу, матеріалу ріжучої частини інструменту, а також від умов обробки;

T – стійкість різального інструменту, хв;

t – глибина різання, мм;

S – обертова подача, мм/об;

S_z – подача на зуб, мм/об;

i – кількість проходів інструменту;

D – діаметр обробки або інструменту, мм;

B – глибина (або ширина) фрезерування в залежності від схеми різання, мм;

z – число зубів фрези;

m, x, y, u, p – показники ступенів при змінних параметрах, які залежать від механічних властивостей та структури оброблюваного матеріалу, матеріалу ріжучої частини інструменту, а також від умов обробки;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт.

Загальний поправочний коефіцієнт розраховується за формулами:

– для точіння, нарізання різьби, фрезерування:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv};$$

– для свердлення, зенкерування, зенкування:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{iv},$$

де: K_{mv} – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання;

K_{pv} – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання;

K_{iv} – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання;

K_{lv} – поправочний коефіцієнт на швидкість різання під час свердління, враховуючий глибину обробки отвору.

В табл. 3.3 наведені розрахункові значення режимів різання, а також машинного часу для першого етапу механічної обробки заготовки корпусу, отриманого методом гарячого штампування. Нумерація оброблюваних поверхонь вказана згідно з рис. 3.2.

Таблиця 3.3 – Розрахункові значення режимів різання та машинного часу механічної обробки заготовки корпусу

Найменування		Інструмент	Параметри режиму різання					D, мм	L, мм	T_m , хв
Операція	Переход		t, мм	i	S, мм/об	v, м/хв	n, об/хв			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Токарно-фрезерна	Установ А									
	Точіння пов.1,2	Різець прохідний ГОСТ 18879-73	1,5	1	0,4	157	2500	20	17	0,017
	Точіння пов.1	Різець прохідний ГОСТ 18879-73	1,25	1	0,2	188	3526	17	7,58	0,011
	Точіння пов.2	Різець прохідний ГОСТ 18879-73	0,75	1	0,2	205	3852	17	0,75	0,001
	Точіння пов.3	Різець прохідний ГОСТ 18879-73	0,5	1	0,2	227	4255	17	10	0,012
	Нарізання різби пов.3	Різець різбовий ГОСТ 18885-73	-	5	1	42	840	16	9,3	0,055
	Установ Б									
	Фрезерування пов.6	Фреза кінцева ГОСТ 17025-71	1	1	$S_z=0,1$ мм/зуб	47	1652	9	13,12	0,029
	Свердлення отвору пов.4	Свердло спіральне ГОСТ 10902-77	3,75	1	0,3	58	2456	7,5	3,75	0,005
	Зенкерування отвору пов.4	Зенкер ГОСТ 12489-71	0,25	1	0,5	89	3543	8	3,5	0,005
	Зенкування фаски пов.5	Зенковка ГОСТ 14953-80	0,5	1	0,5	80	3185	8	3,5	0,002
										$\Sigma 0,137$

На рис. 3.4 і 3.5 наведені схеми карти наладки заготовки корпусу, отриманої методом гарячого штампування.

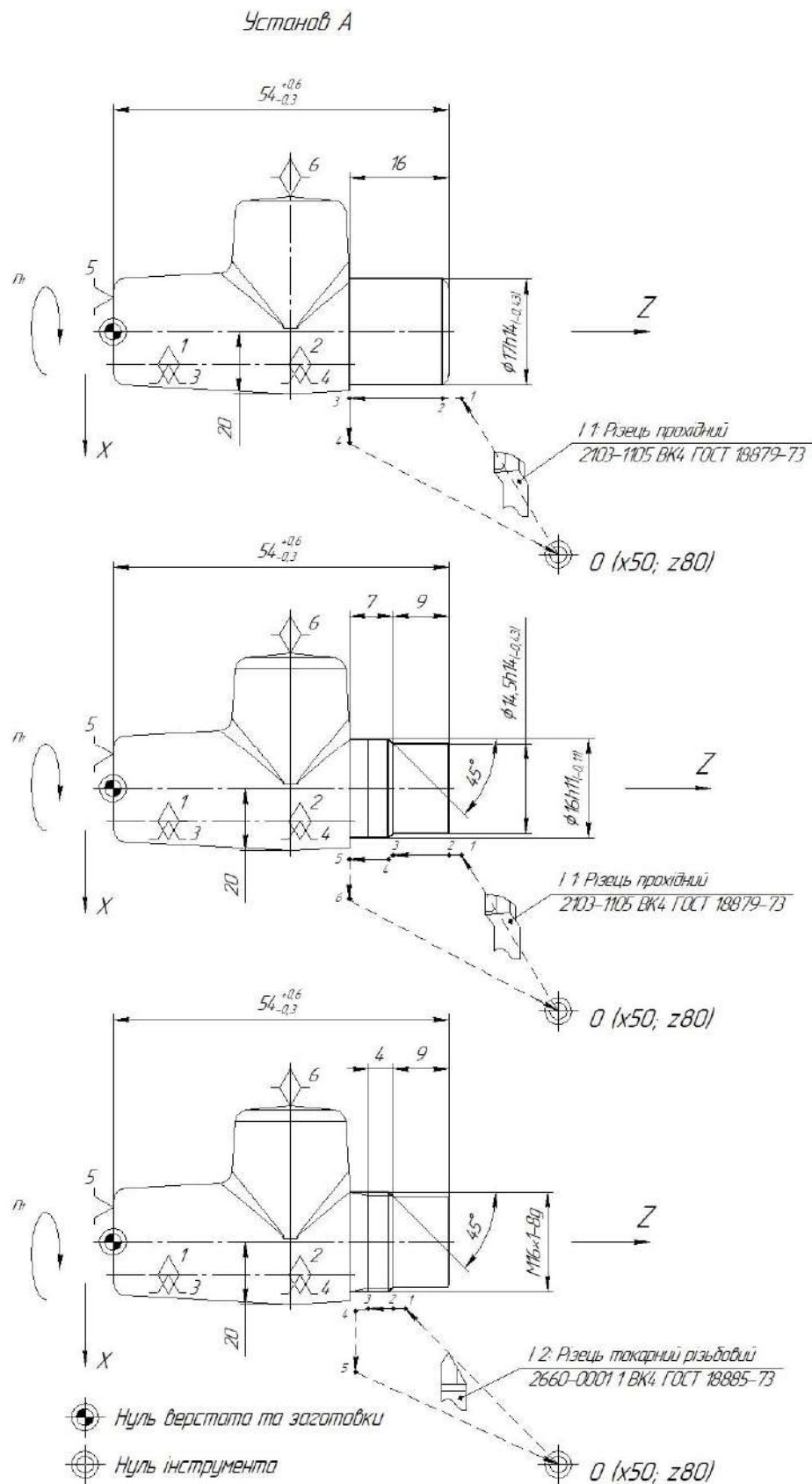


Рисунок 3.4 – Схема карти наладки (установ А)

Установ Б

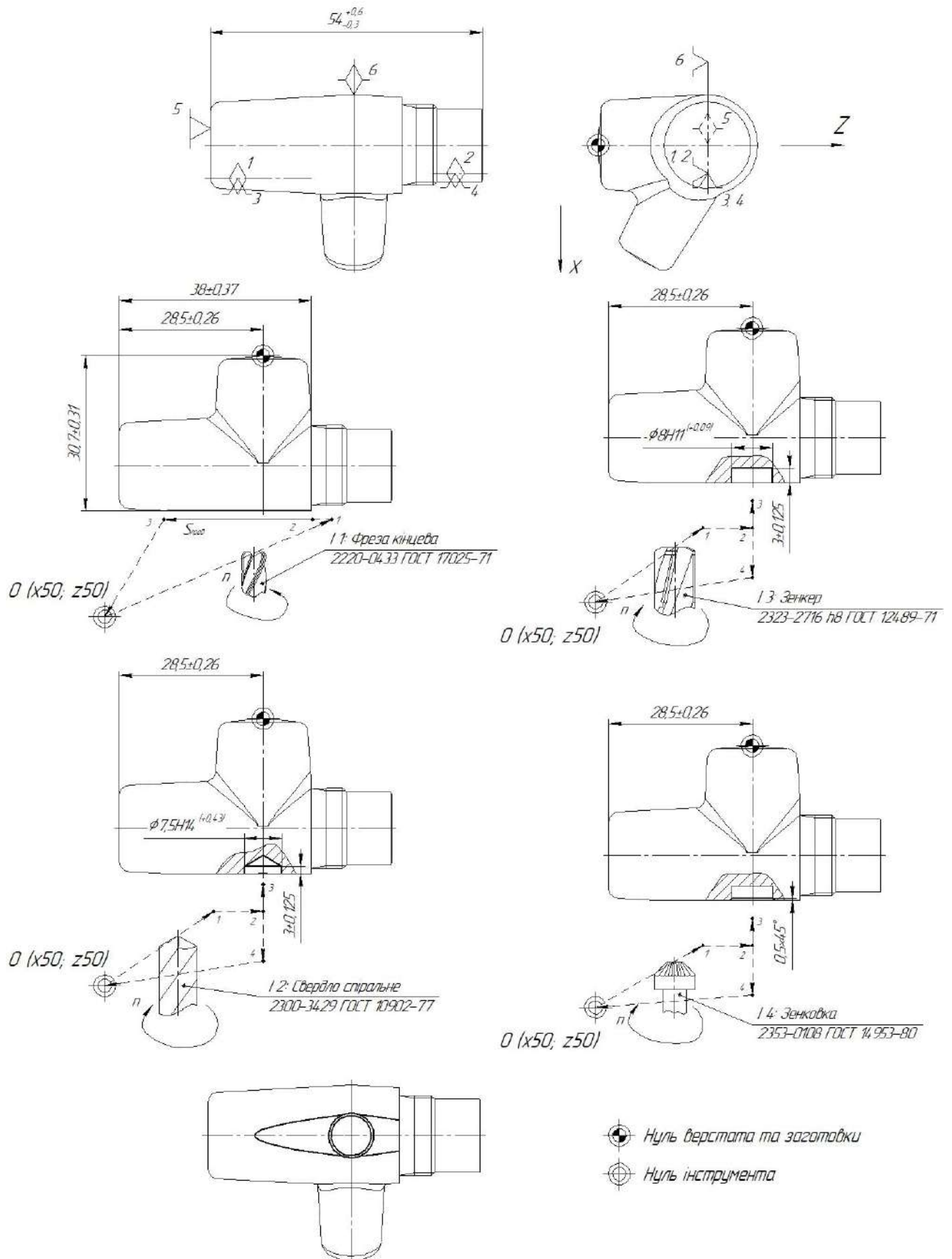


Рисунок 3.5 – Схема карти наладки (установ Б)

Technical drawing of a mechanical part, showing a cross-section and a detail view.

The main drawing shows a cross-section of a part with a central hole. The part is labeled with numbers 1 through 12. The detail view, shown in a dashed circle, is a magnified view of the top surface of the part, showing a circular feature with a central hole and a small rectangular slot. The detail view is labeled with numbers 6 through 11.

Below the drawing, the text $\phi 55 \text{ мм}$ – Розмір заготовки (Raw material size $\phi 55 \text{ мм}$) is written.

В силу того, що заготовка (пруток Ø55 мм) передбачає великі припуски на обробку, даний процес займає значний машинний час, величина якого становить 9,47 хв.

52

3.4 Висновки

1) Розрахунок припусків на механічну обробку дозволив розробити креслення заготовки корпусу Р30.00.921, отриману методом гарячого штампування.

2) Аналіз умов експлуатації штампу для гарячого штампування заготовки корпусу дозволив, на етапі розробки КД, підібрати максимально підходящу марку сталі, для виготовлення напівматриць оснащення: сталь марки 5ХНМ по ГОСТ 5950-2000.

3) Результати розрахунку сумарного машинного часу, необхідного для проведення першого етапу механічної обробки заготовки корпусу (отриманої гарячим штампуванням), дозволяють зробити висновок про те, що:

– перехід на новий тип заготовки у значній мірі знизив об'ємність першого етапу механічної обробки розглянутої комплектуючої. Так, для виконання першого етапу механічної обробки вихідного варіанту заготовки (прутка Ø55 мм) було необхідно 9 хв 28 с, для заготовки отриманої гарячим штампуванням цей час складає 9 с, тобто машинний час був знижений на 9 хв. 19 с;

– враховуючи те, що запропонований варіант ТП фактично відрізняється від вихідного варіанту ТП лише першим етапом механічної обробки заготовки корпусу, можна сказати, що сумарний машинний час обробки розглянутої складальної одиниці Р30.00.920 СБ також знизиться на 9 хв. 19 с.

4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗМІН

4.1 Теоретична частина

Метою даної роботи є підвищення ефективності процесу механічної обробки корпусної деталі зі складними геометричними формами за рахунок зміни ТП, зокрема шляхом використання інноваційних способів отримання заготовки корпусу.

Розрахунок собівартості продукції потребує аналізу витрат, необхідних для виробництва. Витрати поділяють на постійні та змінні. Змінні витрати – це витрати, які змінюються в залежності від випуску продукції, постійні ж витрати не залежать від об'ємів її випуску [22].

Змінні витрати:

- 1) витрати на використовувані матеріали;
- 2) заробітна платня працівників;
- 3) витрати на експлуатацію устаткування;
- 4) витрати на використання інструментів;
- 5) витрати на амортизацію технологічного обладнання.

Постійні витрати:

- 1) заробітна платня керуючого персоналу (технічного персоналу);
- 2) витрати по переналагодженню верстатів;
- 3) оплата податків та комунальних послуг;
- 4) амортизація підприємства.

Сучасне машинобудування спрямовано на підвищення автоматизації виробництва, та максимальне зниження витрат, необхідних для виробництва продукції, що у свою чергу призводить до зниження собівартості готової продукції.

Під технологічною собівартістю прийнято розуміти наступне – це сума витрат на здійснення технологічного процесу виготовлення продукції, цей тип

собівартості включає до свого складу прямі витрати, а також витрати, що йдуть на обладнання.

Для розрахунку технологічної собівартості можуть бути використані змінні витрати, при цьому постійні залишаються незмінними.

Технологічна собівартість складається з наступних показників [22]:

1) Простої обладнання C_1 , які розраховують за формулою:

$$C_1 = x \cdot T_L,$$

де: x – вартість 1 хв простою конкретного верстату;

T_L – час простою на одну деталь.

2) Витрати на машинний час C_2 , які розраховують за формулою:

$$C_2 = x T_c,$$

де: x – вартість 1 хв машинного часу;

T_c – машинний час, хв.

3) Витрати на зміну інструменту C_3 , які розраховують за формулою:

$$C_3 = x \cdot T_d \cdot \left(\frac{T_{ac}}{T} \right),$$

де: T_d – час, що витрачають на зміну інструменту;

T_{ac} – час, який припадає на обробку деталі;

T – нормативна стійкість інструменту.

4) Вартість інструменту C_4 , яка розраховують за формулою:

$$C_4 = y \left(\frac{T_{ac}}{T} \right),$$

де y – вартість інструменту на ріжуче лезо.

Вартість інструменту на ріжуче лезо при точінні, свердленні, фрезеруванні, та інших видах механічної обробки, розраховують за формулою:

$$y = \frac{\text{вартість пластини}}{\text{число ріжучих граней}} + \frac{\text{вартість державки}}{\text{число ріжучих граней, які приходяться на одну державку}}$$

Враховуючи усі витрати робимо висновок, що технологічну собівартість можна визначити за наступною формулою [22]:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5,$$

де C_5 – вартість матеріалу заготовки.

На базі аналізу теоретичної частини, можна зробити висновок, що на технологічну собівартість впливає багато факторів, а саме: простої обладнання, вибір інструменту, витрати матеріалів та інші.

Зниження витрат, необхідних для виробництва готової продукції, досягається комплексними діями, починаючи з використання сучасного обладнання, закінчуючи розробкою раціонального ТП. У даній роботі зниження собівартості реалізується як раз за рахунок оптимізації ТП процесу механічної обробки, а саме за рахунок зміни типу заготовки (перехід на гаряче штампування).

4.2 Розрахункова частина

Враховуючи те, що запропоновані у даній роботі шляхи оптимізації ТП, за рахунок зміни методу отримання заготовки корпусу, призводять до змін лише на першому етапі механічної обробки, доцільно проводити розрахунки собівартості саме в розрізі першого етапу механічної обробки заготовки корпусу сигнального пристрою.

Для початку необхідно відмітити те, що запропоновані зміни призводять до зниження показників машинного часу на першому етапі обробки заготовки.

Підсумуємо машинний час на першому етапі механічної обробки заготовки корпусу для двох варіантів (базового, та запропонованого у даній роботі):

1) базовий варіант (заготовка у вигляді латунного прутка Ø55 мм):

$$T_6=9,47 \text{ хв};$$

2) запропонований варіант (заготовка отримана методом гарячого штампування):

$$T_3=0,137 \text{ хв.}$$

Найкращий варіант ТП механічної обробки, в розрізі вибору типу заготовки, варто обирати за принципом мінімізації витрат на виробництво

готової продукції. Кожен з розглянутих у даній роботі варіантів заготовки корпусу має як переваги так і недоліки.

Різні варіанти заготовок корпусу потребують використання різної кількості матеріалу, електроенергії, машинного часу, та інструменту.

Кожен з розглянутих методів розроблюється під багатосерійне виробництво, тому слід приділити увагу і фактору серійності виробництва, який теж впливає на рівень собівартості виготовлення продукції.

Технологічна собівартість C_T розраховується за наступною формулою:

$$C_T = C_M + C_{з.п.} + C_{а.об.} + C_{ін.} + C_e + C_p + C_{інш.},$$

де: C_M – витрати на матеріал;

$C_{з.п.}$ – витрати на заробітну плату;

$C_{а. об.}$ – витрати на амортизацію обладнання;

$C_{ін}$ – витрати, що враховують експлуатацію різального інструмента;

C_e – витрати на електроенергію;

C_p – витрати, що включають в себе ремонт та обслуговування устаткування;

$C_{інш}$ – інші витрати.

Розрахуємо амортизацію обладнання та витрати на електроенергію для кожного варіанту ТП, що відрізняються використанням різних типів заготовки, та занесемо результати до табл. 4.1.

Обидва розглянутих варіантів ТП (базовий та запропонований) передбачають використання токарного центру Doosan Lynx-220MC для виконання токарно-фрезерних операцій.

Вартість токарного центру Doosan Lynx-220MC становить 1 700 000 грн.

Амортизацію обладнання на одну хвилину роботи розрахуємо за формулою:

$$C_{а.об} = \frac{Ц_{об} \cdot H_a}{\Phi_B \cdot 100\%}, \text{ грн/хв},$$

де: $Ц_{об}$ - вартість обладнання, грн;

H_a – норма амортизації обладнання, %; $H_a = 15\%$;

Φ_B – фонд робочого часу за рік, хв.; $\Phi_B=120120$ хв.

Формула витрат на електроенергію за 1 годину роботи:

$$C_{\text{ел}} = \frac{M_{\text{об}} \cdot C_{\text{кВт}}}{60}, \text{ грн/хв,}$$

де: $M_{\text{об}}$ – потужність обладнання, кВт/год (потужність токарного центру становить $M_{\text{об.ток.}}=11$ кВт/год);

$C_{\text{кВт}}$ – вартість 1 кВт електроенергії, грн ($C_{\text{кВт}}=1,2335$ грн – для підприємства).

Враховуючи те, що другий варіант ТП, передбачає використання штампу для гарячого штампування заготовок, вартість якого складає 60 000 грн, а ресурсні можливості оснащення (штампу) дозволяють отримати 6000 заготовок, то до витрат на обладнання треба додати витрати на амортизацію штампу, які складають 1,5 грн/шт.

Таблиця 4.1 – Основні витрати на обладнання

№ варіанта	Вартість обладнання, грн	Амортизаційні відрахування, грн/хв	Вартість електроенергії, грн/хв	Заробітна плата, грн/хв	Машинний час обробки, хв	$C_{\text{заг.обл.}}$, грн/шт
1	1700000	2,13	0,23	0,4	9,47	26,14
2	1700000	2,13	0,23	0,4	0,137	0,38+1,5

Розрахуємо витрати, пов'язані з експлуатацією інструмента. Вартість інструмента для обробки однієї деталі розраховується а формулою:

$$C_{\text{ін}} = \frac{C_{\text{ін.нов.}} \cdot T_o}{T \cdot kn}, \text{ грн/шт,}$$

де: $C_{\text{ін.нов.}}$ – вартість нового інструменту, грн;

T_o – машинний час, хв;

T – стійкість, хв;

kn – кількість перестановок ріжучої пластинки.

Враховуючи те, що запропоновані зміни не впливають на ТП механічної обробки корпусу, в розрізі отримання отвору $\varnothing 8H11^{(+0,09)}$, доцільно вести

розрахунок лише для токарно-фрезерних операцій, де в залежності від варіанту ТП, відрізняються умови експлуатації різального інструменту.

Беручи до уваги токарну-фрезерну операцію, вартість інструмента складається з наступних позицій:

– вартість різця з твердосплавною ріжучою пластинкою складає 150 грн. Стійкість твердосплавних ріжучих пластинок становить $T = 60$ хв., для попереднього розрахунку приймемо кількість їх перестановок рівною $k_n = 1$;

– вартість кінцевої фрези з твердосплавними зубами складає 200 грн. Стійкість твердосплавної робочої частини фрези становить $T = 80$ хв.

Витрати на зміну інструменту розрахуємо за формулою:

$$C_{\text{зм.інстр.}} = 0,09 \cdot C_{\text{ін}}, \text{ грн./шт.}$$

Отримані результати, пов'язані з експлуатацією інструменту, занесемо до табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Загальна вартість інструменту

№ варіанту	$C_{\text{ін}},$ грн./шт.	$C_{\text{зм.ін}},$ грн./шт	$C_{\text{інст.}},$ грн./шт
1	23,7	2,13	25,83
2	0,32	0,03	0,35

Ще одним фактором, що впливає на собівартість деталі, є інші витрати, які складають 25% від витрат на обладнання, та розраховуються за наступною формулою:

$$C_{\text{інш}} = 0,25 \cdot T_0 (C_{\text{з.п.}} + C_{\text{а.об}} + C_{\text{е}}), \text{ грн./шт.}$$

Останнім фактором, що впливає на собівартість деталі є витрати на матеріал, обидва варіанти ТП передбачають використання латуні марки ЛС 59-1, але:

– у першому випадку заготовка має вагу 1,05 кг і відповідно витрати на матеріал складають 188,7 грн/шт (з урахуванням оптової вартості латуні, яка складає 179,70 грн/кг);

– у другому випадку заготовка має вагу 0,17 кг і відповідно витрати на матеріал складають 30,55 грн/шт.

Розрахуємо повну технологічну собівартість для двох типів заготовки корпусу, результати розрахунку занесені до табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Технологічна собівартість першого етапу механічної обробки заготовки корпусу

№ варіанту	T _о , хв.	C _{заг.об.} , грн./шт	C _{інст.} , грн./шт	C _{інш.} , грн./шт	C _м , грн./шт	C _т , грн./шт
1 (базовий варіант)	9,47	26,14	25,83	6,54	188,7	247,21
2 (запропонований варіант)	0,137	1,88	0,35	0,47	30,55	33,25

На базі даних табл. 4.3 можна зробити висновок, що мінімальна технологічна собівартість першого етапу механічної обробки корпусу досягається, при використанні другого варіанту ТП, який передбачає використання заготовки корпусу, отриманої методом гарячого штампування.

4.3 Висновки

1) Ознайомлення з поняттям та методами розрахунку технологічної собівартості дозволили провести математичний розрахунок собівартості отримання розглянутої деталі.

2) Аналіз отриманих даних дозволив визначити витрати, які є визначальними при формуванні собівартості деталі, а саме:

– витрати на обладнання та інструмент, які у свою чергу прямо пропорційно залежать від показників машинного часу;

– витрати на матеріал.

3) Розрахункові показники собівартості дозволяють констатувати, що другий варіант ТП, який передбачає використання заготовки корпусу, отриманої методом гарячого штампування, більш економічний. Незважаючи на те, що штампована заготовка потребує додаткового оснащення у вигляді штампу, технологічна собівартість була знижена на 213,96 грн на одиницю

продукції у порівнянні з базовим варіантом (котрий передбачає використання заготовки у вигляді латунного прутка Ø55 мм).

ВИСНОВКИ

1) Україна вважається державою багатою на корисні копалини. У світовому рейтингу видобувних країн Україна займає 28 місце. На першому місці у внутрішньому рейтингу держави знаходиться видобуток кам'яного вугілля, основним родовищем якого є Донбас, так званий Донецький басейн.

Окрім вугільних шахт у країні є ще ціла низка машинобудівних підприємств, призначенням яких є забезпечення шахт Донбасу необхідними механізмами та обладнанням, серед яких значне місце займають ЗІЗОД. В даній роботі була розглянута можливість підвищення ефективності процесу механічної обробки складальної одиниці типу корпус, яка є складовою частиною сигнального пристрою автономного дихального апарату, призначеного для захисту органів дихання споживача від непридатного для дихання повітряного середовища, що є актуальним питанням.

2) Аналіз базового ТП обробки розглянутої складальної одиниці, в умовах серійного напіваавтоматичного виробництва, дозволив запропонувати спосіб підвищення ефективності процесу механічної обробки за рахунок зміни типу заготовки.

3) Проведений порівняльний аналіз декількох способів отримання заготовки корпусу дозволив обрати максимально ефективний спосіб, з точки зору виготовлення, а саме: гаряче штампування.

Оцінка необхідних змін конструкції корпусу для адаптації деталі під новий метод отримання заготовки дозволив зробити висновки щодо:

- обсягів робіт, пов'язаних з переходом на метод гарячого штампування;
- розрахункових показників міцності корпусної деталі, адаптованої під метод гарячого штампування.

4) Розробка альтернативного ТП механічної обробки корпусу сигнального пристрою супроводжувалася наступними діями та дозволила зробити наступні висновки:

- проведений розрахунок припусків на механічну обробку, у результаті чого розроблено: креслення заготовки корпусу (отриманої методом гарячого штампування) і КД (адаптована під метод гарячого штампування) на корпусну складальну одиницю;

- проведений аналіз умов експлуатації штамп для гарячого штампування заготовки корпусу, у результаті чого: підібрана марка сталі, для виготовлення напівматриць оснащення і розроблена КД на штамп;

- проведений аналіз можливостей закріплення заготовки зі складною геометрією, у результаті чого розроблена КД на спеціальне пристосування, яке працює по принципу планшайби;

- проведений розрахунок сумарного машинного часу, необхідного для проведення першого етапу механічної обробки заготовки корпусу (отриманої гарячим штампуванням), дозволив зробити висновок про те, що перехід на заготовку, отриману методом гарячого штампування, знизив сумарний машинний час обробки на 9 хв. 19 с.

5) Результати розрахунку технологічної собівартості дозволили обґрунтувати запропоновані в даній роботі зміни ТП, з точки зору економічної доцільності, а саме:

- перехід на отримання заготовки корпусу методом гарячого штампування дозволив знизити собівартість виготовлення однієї одиниці продукції на 213,96 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ EN 145:2003 Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Автономные регенерирующие дыхательные аппараты со сжатым кислородом или со сжатым кислородом и азотом. Требования, испытания, маркировка (EN 145:1997/A1:2000, IDT). Изменение № 1:2015 / Державний стандарт. – Киев: Госнадзор Украины, 2001. – 30 с.
2. Диденко Н. С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ / Н. С. Диденко. – Москва: Недра, 1990. – 159 с.
3. Иванов Б.А. Безопасность применения материалов в контакте с кислородом / Б. А. Иванов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1984. - 272 с.
4. ГОСТ 15527-2004 Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением / Межгосударственный стандарт. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2004. – 10 с.
5. Осинцев О.Е. Медь и медные сплавы: отечественные и зарубежные марки / О.Е Осинцев, В.Н. Федоров – Москва: Машиностроение, 2004. – 336 с.
6. ГОСТ 9833-73 Кольца резиновые круглого сечения для гидравлических и пневматических устройств / Межгосударственный стандарт. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 60 с.
7. Калафатова Л.П. Особливості виготовлення корпусу сигнального пристрою резервного запасу кисню в балоні ізолюючого регенеративного респіатора / Л.П. Калафатова, Б.Б. Талах / Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем. Матеріали X міжнародної науково-практичної конференції м. Чернігів, 29-30 квітня 2020 р. – Чернігів: ЧНТУ, 2020, Т. 1. – С. 56-58.
8. ГОСТ 19738-2015 Припои серебряные / Межгосударственный стандарт. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 7 с.

9. Калафатова Л.П. Вплив організації технологічного процесу оброблення відповідальних деталей ізолюючого регенеративного респіратора на експлуатаційні характеристики виробу / Л.П. Калафатова, Б.Б. Талах / Нові технології в освіті, науці та виробництві. II Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція м. Покровськ, 16 квітня 2020 р. – Покровськ: ДВНЗ ДонНТУ, 2020, С. 27-30.

10. Серебrenицкий П.П. Высокоскоростная механическая обработка [Електронний ресурс] / П.П. Серебrenицкий – Мир-Пром – Режим доступу до ресурсу: <https://mirprom.ru/public/vysokoskorostnaya-mehanicheskaya-obrabotka.html>.

11. Смирягин А.П. Промышленные цветные металлы и сплавы / А.П. Смирягин – 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1956. — 560 с.

12. Жолобов В.В. и др. Обработка цветных металлов и сплавов давлением / Жолобов В.В., Боговленский К.Н., Зубцов М.Е., Ландихов А.Д., Лекаренко Е.М., Постников Н.Н. – Москва: Металлургиздат, 1955. — 487 с.

13. Титов Ю.А. Проектирование штампов для объемной штамповки: учебное пособие / Ю.А. Титов, А.Ю. Титов. – Ульяновск: УлГТУ, 2012. – 116 с.

14. Владимиров В.М. Справочник молодого слесаря по штампам и пресс формам/ В. М. Владимиров, К. В. Высоцкий. – Москва: Высшая школа, 1979. – 248 с.

15. ГОСТ 21930-76 Припой оловяно-свинцовые в чушках / Межгосударственный стандарт. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 1976. – 10 с.

16. ДНАОП 0.00-1.07-94 Правила устройства и безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением / Государственный стандарт. – Киев: Госнадзор Украины, 1998. – 85 с.

17. Вікіпедія. Вільна енциклопедія. Коефіцієнт запасу міцності [Електронний ресурс] / Вікіпедія. Вільна енциклопедія. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт_запасу_міцності.
18. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – Москва: Машиностроение, 1985. – Т 1-2 – 656 с.
19. ГОСТ 5950-2000 Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали / Межгосударственный стандарт. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 35 с.
20. Кузнецов Ю.И. Оснастка для станков с ЧПК: справочник / Ю.И Кузнецов, А.Р. Маслов, А.Н. Байков. – М.: Машиностроение, 1990. – 12 с.
21. Воеводов А.А. Современное станкостроение: обзор / А.А. Воеводов, А.Р. Маслов. – М.: ИТО, 2004. – 44 с.
22. Дмитриев В.А. Экономическое обоснование выбора технологического процесса механической обработки: Метод указ. к практич. занятиям, курсовому и дипломному проектированию/ В.А. Дмитриев, О.А. Бабордина, В.А. Ахматов. – Самара: Самар. гос. техн. ун – т, 2012. – 51 с.