

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня
бакалавр

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення
корпусу ЖВМ22.122.11

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МП-41
спеціальності G9 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Шабатівський Т.М. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Васильків В.В. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Дячун А.Є. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Окіпний І.Б. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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

Факультет Інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2025 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю G9 “Прикладна механіка”
(шифр і назва спеціальності)

студенту Шабатівському Тарасу Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу виготовлення корпусу ЖВМ22.122.11

Керівник роботи Васильків Василь Васильович, доктор технічних наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 23 » 01 2025_ року № 4/7 -44

2. Термін подання студентом завершеної роботи

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі, інформація про технологічні можливості машинобудівного підприємства (перелік устаткування тощо), крупносерійний тип виробництва

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

1. Розробити ТП виготовлення деталі та вибрати необхідне спорядження.

2. Розробити ескізи операцій

3. Вибрати пристосування для контролю радіального биття

4. Розробити схему наладки

5. Визначити показники кількості засобів пожежогасіння для розміщення на ділянці виготовлення корпусу ЖВМ22.122.11 та описано основні заходи щодо зниження рівня шуму на механообробній ділянці при реалізації розробленого технологічного процесу виготовлення деталі.

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

1. Креслення заготовки – 1 лист А1,

2. Верстатно-інструментальна наладка – 1 лист А1;

3 Креслення ескізів операцій – 1 лист А1,

4. Креслення контрольного пристрою – 1 лист А1,

5 Креслення універсально-складеного спорядження – 1 лист А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Комар Р.В.		

7. Дата видачі завдання 3.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Загально-технічна частина</i>	02.02.2025	
	<i>Технологічна частина</i>	14.22.2025	
	<i>Конструкторська частина</i>	09.03.2025	
	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	06.03.2025	
	<i>Виконання графічної частини</i>	14.05.2025	
	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	18.05.2025	
	<i>Подання роботи до кафедри та попередній захист</i>		
	<i>Захист бакалаврської роботи</i>	27.06.2025	

Студент

(підпис)

Шабатівський Т.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Васильків В.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Зміст кваліфікаційної роботи на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення корпусу ЖВМ22.122.11 висвітлено у чотирьох розділах та додатках, а також проілюстровано графічним матеріалом. Загальний обсяг основної частини кваліфікаційної роботи – 59 сторінок формату А4. Графічний блок роботи охоплює 5 аркушів формату А1. У додатках подано рисунки, програму для верстату з ЧПК, специфікацію та комплект технологічної документації стосовно механічної обробки корпусу: маршрутна карта, операційні карти, карта контролю, карта ескізів.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення технологічного процесу виготовлення корпусу ЖВМ22.122.11, який би забезпечував відповідність вимогам технічної документації та умовам крупносерійного виробництва з урахуванням технологічних можливостей підприємства.

Для досягнення поставленої мети у роботі розглянуто: аналіз службового призначення та конструкції корпусу; виконано оцінку його технологічності; проведено вибір та проектування заготовки; здійснено визначення типу виробництва; побудований маршрут механічної обробки; розраховано режими різання та пронормовано технологічні операції; виконано обґрунтування вибраної конструкції універсально-складального спорядження для обробки деталі на верстаті моделі IP800M1Ф4-29; а також описано заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності на ділянці виготовлення такого виробу.

Пояснювальна записка в основній частині містить 19 таблиць, 3 рисунки та перелік посилань з 29-ти одиниць.

Ключові слова: корпус, технологічний процес, універсально-складальне спорядження, механічне оброблення, інструмент, заготовка.

ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

- 1.1 Аналіз службового призначення та конструкції корпусу ЖВМ22.122.11
- 1.2 Технічний контроль робочого креслення
- 1.3 Аналіз технологічності корпусу
- 1.4 Визначення типу виробництва табличним методом
- 1.5 Визначення конструкторсько-технологічного коду корпусу та на його основі пошук відповідного типового технологічного процесу
- 1.6 Висновки до розділу та задачі розроблень

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

- 2.1 Техніко – економічне обґрунтування вибору початкової заготовки
- 2.2 Проектування литої заготовки
- 2.3 Базування оброблюваної заготовки
- 2.4 Розробка структури переходів механічного оброблення для забезпечення точності і якості поверхонь
- 2.5 Розроблення технологічного маршруту оброблення корпусу
- 2.6 Розроблення структури технологічних операцій оброблення різанням корпусу
- 2.8 Розроблення плану оброблення поверхонь та визначення їх міжопераційних розмірів
- 2.7 Розрахунок припусків внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 145H7^{(+0.040)}$ корпусу аналітичним методом
- 2.9 Розрахунок режимів різання
- 2.10 Нормування технологічних операцій
- 2.11 Розрахунок складу та кількості верстатного устаткування
- 2.12 Уточнення типу виробництва
- 2.13 Висновки до розділу

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

- 3.1 Загальне поняття про універсально-складальне пристосування для верстату IP800M1Ф4-29

3.2 Розрахунок сил затискування оброблюваного корпусу, розміщеного в універсально-складальному спорядженні

3.3 Вибір конструктивних елементів УСС

3.4 Розрахунок точності універсально-складального спорядження

3.5 Вибір контрольного пристрою для вимірювання радіального биття поверхні

$\emptyset 145H7(^{+0.040})$

3.6 Висновки до розділу

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Показники кількості засобів пожежогасіння для розміщення на ділянці виготовлення деталі

4.2 Основні заходи щодо зниження рівня шуму на ділянці

4.3 Висновки до розділу

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТКИ

ВСТУП

Сучасне машинобудування стрімко розвивається у напрямку підвищення точності, продуктивності, ефективності та надійності виготовлення деталей, що входять до складу складних технічних систем. Однією з ключових умов досягнення цих цілей є розроблення раціональних технологічних процесів механічної обробки, які забезпечують не лише відповідність готових виробів конструкторській документації, а й оптимальне використання матеріальних, енергетичних та трудових ресурсів з урахуванням технологічних можливостей виробництва.

Корпус ЖВМ22.122.11 є відповідальною деталлю, яка входить до складу машини для обприскування сільськогосподарських угідь. Його конструкція вимагає необхідної точності взаємного розташування поверхонь, дотримання геометричних форм і розмірів, що вимагає ретельного підходу до формування технологічного маршруту та вибору режимів обробки. Особливості форми, матеріалу та умов експлуатації корпусу зумовлюють необхідність ґрунтовного аналізу конструкції, технологічності деталі, типу виробництва, розрахунків технологічних режимів оброблення та проектування відповідного спорядження.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення ТП виготовлення корпусу ЖВМ22.122.11, який би забезпечував відповідність вимогам технічної документації та умовам крупносерійного виробництва на заданому підприємстві.

Для досягнення поставленої мети у роботі розглянуто: аналіз службового призначення та конструкції корпусу; оцінку технологічності деталі; вибір та проектування заготовки; визначення типу виробництва; побудову маршруту механічної обробки; розрахунок режимів різання та нормування операцій; розробку конструкції універсально-складального спорядження для обробки деталі на верстаті IP800M1Ф4-29; а також заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності на ділянці виготовлення.

Результати роботи мають практичну цінність і можуть бути використані на машинобудівних підприємствах для впровадження або удосконалення технологічних процесів виготовлення корпусних деталей подібної конструкції.

ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз службового призначення та конструкції корпусу ЖВМ22.122.11

Корпус ЖВМ22.122.11 є важливим елементом конструкції оприскувача сільськогосподарських угідь. Він входить в склад вузла подачі мастила у гідравлічну систему згаданого оприскувача.

Особливістю вимог до такої деталі є жорсткість та вібростійкість, міцність та точність діаметральних розмірів, форми і висока якість його внутрішніх поверхонь. Торцеві поверхні є елементами спряження з іншими деталями для забезпечення герметичності внутрішньої порожнини такого корпусу.

Матеріалом такого корпусу ЖВМ22.122.11 є сталь DIN 1.6511, аналогом якої є вітчизняна марка 35 ХМЛ ГОСТ 977-75, а також закордонні сталі: SAE 4135, AISI 8640, BS 4135 (British Standard). Вона містить хром та молібден.

Такі матеріали здебільшого використовують для виготовлення деталей, що працюють під великими механічними навантаженнями та при високих температурах (до 450 – 500°C), таких як корпуси машин, осі, зубчасті колеса, шестерні та інші компоненти.

У її складі хімічний елемент Cr (0,80-1,10%) забезпечує стійкість сталі до корозії та збільшує її твердість, а також підвищує зносостійкість. Молібден (Mo) з його вмістом 0,15-0,25% покращує стійкість до високих температур, а також зміцнює сталь при термічній обробці. Марганець (Mn) з вмістом 0,60-0,90% покращує механічні властивості сталі, зокрема її міцність та твердість. Силіцій (Si) з вмістом 0,20-0,35% сприяє покращенню процесу лиття та знижує схильність сталі до утворення тріщини під час охолодження. Вуглецю у такій сталі 0,32-0,38%.

Механічні властивості згаданої сталі DIN 1.6511 є такими:

Міцність на розтяг (Rp0,2): 600–850 МПа (при відповідній термічній обробці).

Тягнене навантаження (R_m): 800–1000 МПа (для матеріалу, що був підданий термічній обробці).

Питомий модуль пружності (E): 200-210 ГПа.

Витривалість за циклами до руйнування залежить від конкретної обробки, зазвичай для компонентів, що піддаються циклічним навантаженням, така витривалість може бути в межах 200–250 МПа (залежно від частоти навантаження та умов експлуатації).

Твердість (за шкалою Бринеля): 220–300 НВ в залежності від процесу термічної обробки.

Пластичність: відносне подовження: близько 20–30% після розриву, що вказує на середню пластичність сталі.

Ударна в'язкість (Charpy V-notch): за кімнатної температури перевищує 40 Дж (показник може змінюватися залежно від обробки сталі).

Сталь DIN 1.6511 зазвичай проходить термічну обробку, зокрема відпуск, загартування та нормалізацію для досягнення потрібних механічних властивостей.

Вона також піддається загартуванню при температурі 830–860°C з подальшим охолодженням в маслі або воді, що дає хорошу міцність і зносостійкість.

Опис основних поверхонь деталі та відповідних показників точності і якості наведено у таблиці 1.1.

Загалом у конструкції деталі існує багато поверхонь без особливих вимог до їх виконання.

Точність поверхонь знаходиться в інтервалі 7-14 квалітетів. Показник точності відстані між поверхнями 20 та 23 становить 0,02...0,5 мм.

При цьому, точність порядку 0,02÷0,6мм повинна бути забезпечена для відстані від осі головного отвору до базувальної площини 5.

Таблиця 1.1 - Опис основних поверхонь деталі ЖВМ22.122.11 та відповідних показників точності та якості

№ з/п	Номіналь-ний розмір у мм		Поле допуску	Квалітет точності	Величина допуску або відхилення розміру у мм	Шорсткість Ra у мкм	Вид поверхні та особливі вимоги	
1	2		3	4	5	6	7	8
3	Плоска поверхня 225		IT	14	+ 8×10 ⁻¹	6.30	Відхилення від площинності та паралельності 0,02-0,08мм	Основні базуючі поверхні
4	Ø19		H	9	+ 5,4×10 ⁻²	3,20		
6, 7	M20x1.5			6	+ 2,4×10 ⁻¹			
10	Ø108,0		h	12	- 3,6×10 ⁻¹	1,60		Допоміжні поверхні
5	Ø19				6,30×10 ⁻¹	12.50		
17	3,5×30°		IT		1,20×10 ⁻¹	1,60		
15	Ø75		h		- 3,0×10 ⁻¹			
12	Ø98,0				+3,5×10 ⁻¹			
19	Різьбовий отвір	M20	H	6	+4,0×10 ⁻¹	3,20	Позиційне відхилення осей 0,4 мм	
21		M27						
13, 24		M16						
6		M10						
25	Ø145,0			7	+4,2×10 ⁻²	1,60	Радіальне биття	
26	Ø116,0				+3,5×10 ⁻²		0,015 мм відносно бази H	

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	
27	118			$+3,50 \times 10^{-2}$	1,60	Базова поверхня		
22	105					Радіальне биття 0,016 мм відносно бази Н		
20, 23	560		14/2	1,750	6,30	-	Допоміжні поверхні	
18	3,5	ІТ		$2,50 \times 10^{-1}$		1,60		-
11	6,0			$3,60 \times 10^{-1}$				-
9, 14	405			1,560	1,60	-		
28	$5,0 \times 45^\circ$			300×10^{-1}		-		
16	4,5			6,30	-			
29	$1,0 \times 45^\circ$			$2,50 \times 10^{-1}$	12,5	-		
30	28 поверхня Д							Торцеве биття відносно діаметру різи 0,08 мм

1.2 Технічний контроль робочого креслення

Креслення деталі ЖВМ22.122.11 у масштабі 1:2 містить усі необхідні вигляди, розміри та допоміжні види, місцеві перетини.

Чітко показано необхідні характеристики якості та розміри розташування поверхонь. Наведено відомості щодо базових розмірів для отримання заготовки.

Лінійні розміри та показники шорсткості виконані відповідно рядам номінальних значень переважних чисел з урахуванням ГОСТ 6636 – 69.

Після отримання деталі здійснюють її маркування 5-им шрифтом та покриття сірою емаллю ПФ – 115 згідно ГОСТ 6485 – 76 IV УХЛ 1.

На основі побудови 3D моделі деталі визначаємо її вагу згідно методик [23-26]. Таким чином вага корпусу ЖВМ22.122.11 становить 82 кг, що відповідає значенню, яке вказане на кресленні.

1.3 Аналіз технологічності корпусу

Корпус ЖВМ22.122.11 належить до класу корпусних виробів призматичного типу [20]. Так як матеріал, з якого його отримують – це сталь DIN 1.6511, то згідно з [1, 27, 29] його можна отримувати литтям у піщано-глиняні форми з застосуванням ступінчатих стержнів та з машинною формовкою металевими або дерев'яними моделями.

Деталь характеризується зручними технологічними базами, якими є площина основи 3 та два наскрізних отвори 4.

Конструкція та розташування отворів забезпечують їх механічне оброблення на одному верстаті, що забезпечує реалізацію принципу єдності та постійності баз. Оброблення загалом усіх поверхонь не складає технологічних

Таблиця 1.2 - Кількісне оцінювання показників технологічності конструкції корпусу ЖВМ22.122.11

№ з/п	Опис параметра	Позначення параметру та розрахункова формула
1	2	3
1	Вага корпусу у кг	$Q=82$
2	Вага матеріалу початкової заготовки у кг .	$Q= 98,8$
3	Коефіцієнт використання матеріалу	$K_{ум} = \frac{q}{Q} = \frac{82}{98,8} = 0,798$
4	Квалітет точності	IT
5	К-сть поверхонь з однією точністю	n

1	2	3
6	Загальна к-сть поверхонь	Nn
7	Середня точність деталі	$IT_{cp} = \frac{\sum ni \cdot IT_i}{Nn} = \frac{10 \cdot 14 + 6 \cdot 12 + 2 \cdot 9 + 8 \cdot 7 + 40 \cdot 6}{56} = 9,4$
8	К-сть поверхонь з однією шорсткістю	nsh
9	Шорсткість поверхні	Ra
10	Середня шорсткість	$Ra_{cp} = \frac{\sum nsh_i \cdot Ra_i}{N} = \frac{3 \cdot 12,5 + 4 \cdot 6,3 + 36 \cdot 3,2 + 13 \cdot 1,6}{56} = 3,5$
11	Кількість уніфікованих елементів корпусу у шт.	$Q_{y.e}$
12	Загальна кількість конструктивних елементів корпусу у шт.	Q_e
13	Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів	$K_y = \frac{Q_{y.e}}{Q_e} = \frac{2 + 2 + 4 + 4 + 8 + 8 + 8}{56} = 0.64$

труднощів і дозволяє використовувати багатоцільові верстати та високопродуктивні режими механічного оброблення.

У таблиці 1.2 наведено розрахунки кількісних показників технологічності. Попередньо визначено наближене значення ваги заготовки на основі урахування показників точності поверхонь та орієнтовних значень припусків і напусків.

Із таблиці бачимо, що деталь ЖВМ22.122.11 є технологічною за показниками точності та шорсткості її поверхонь.

1.4 Визначення типу виробництва табличним методом

Визначення типу виробництва табличним методом виконують за методикою, описаною в працях [4, 12, 17, 21].

Вихідними даними для такого розрахунку є показник річного обсягу виробництва ($N_v = 1400$ шт.) та масу деталі ($q_d = 82$ кг) за таблицею залежності типу виробництва від обсягу випуску та маси виробу бачимо, що рекомендований тип виробництва є крупносерійним, що є відповідним зазначеному в технічному завданні.

1.5 Визначення конструкторсько-технологічного коду корпусу та, на його основі, пошук відповідного типового технологічного процесу

Визначення повного конструкторського коду корпусу ЖВМ22.122.11 (табл. 1.3) виконуємо відповідно до ГОСТ 14 – 301 на основі класифікації з кодуванням на основі стандартних ілюстрованих класифікаторів ЄСКД для класів 71-76.

За таким кодом 73-го класу на основі нормативної документації підприємства визначаємо типовий технологічний маршрут механічної обробки корпусів [20] такого вигляду.

- | | |
|--|---|
| 1 Переміщення. | 8 Фрезерування канавок. |
| 2 Фрезерування площини основи. | 9 Повертання деталі на 180° . |
| 3 Свердління кількох отворів. | 10 Розточування виточок в отворах та фасок. |
| 4 Фрезерування площини бобишок. | 11 Фрезерування канавок. |
| 5 Свердління отворів та нарізання різей. | 12 Притуплення гострих крайок. |
| 6 Фрезерування торців. | 13 Технічний контроль. |
| 7 Розточування виточок в отворах та фасок. | 14 Нанесення покриття. |
| | 15 Маркування. |

Таблиця 1.3 – Визначення конструкторсько-технологічного коду корпусу

№ з/п	Опис характеристики конструкторсько-технологічного коду		Кодове позначення згідно класифікатора
1	Корпусна деталь (клас)		73...
2	без поверхні роз'єму (підклас)		73 1
3	з плоскою основною опорною частиною (група)		73 1 3...
4	з плоскими допоміжними базами і кількома базовими отворами (підгрупа).		73 1 3 7...
5	комбінованого виду		73 1 3 7 8...
6	групи габариту за шириною		73 1 3 7 8 А...
7	групи габариту за довжиною		73 1 3 7 8 А 9...
8	групи габариту за висотою		73 1 3 7 8 А 9 Б...
9	групи матеріалу		73 1 3 7 8 А 9 Б 12...
10	за технологічним методом оброблення різанням		73 1 3 7 8 А 9 Б 12 4...
11	з початкової заготовки у формі виливки		731 378 А 9 Б 12 4 11...
12	точності розмірів поверхні	зовнішньої	73 1 3 7 8 А 9 Б 12 4 11 1...
13		внутрішньої	73 1 3 7 8 А 9 Б 12 4 11 1 4..
14	групи шорсткості середньої		73 1 3 7 8 А 9 Б 12 4 11 1 4 4...
15	ступеню точності середньої		73 1 3 7 8 А 9 Б 12 4 11 1 4 4 4...
16	виду допоміжної обробки		73 1 3 7 8 А 9 Б 12 4 11 1 4 4 4 1...
17	вагою групи К. Повний конструкторсько – технологічний код		73 1 3 7 8 А 9 Б 12 4 11 1 4 4 4 1 К

Для реалізації ТП часто використовують універсально-складальне спорядження (УСС) та багатоцільові верстати з ЧПК, чи агрегатні верстати які споряджені інструментальними магазинами.

1.6 Висновки до розділу та задачі розроблень

У розділі проведено аналіз службового призначення та конструкції корпусу ЖВМ22.122.11, його технологічності, виконано технічний контроль його робочого креслення. Також встановлено тип виробництва табличним методом. Визначено конструкторсько-технологічний код корпусу та на його основі виконано пошук відповідного типового технологічного процесу.

На основі цього та технічного завдання сформульовано такі задачі проектування:

1. Виконати техніко – економічне обґрунтування вибору початкової заготовки.
2. Спроекувати конструкцію литої заготовки корпусу.
3. Розробити схеми базування оброблюваної заготовки та структуру технологічних переходів механічного оброблення для забезпечення точності і якості поверхонь.
4. Синтезувати технологічний маршрут оброблення корпусу та структуру технологічних операцій механічного оброблення його різанням.
5. Розробити план механічного оброблення поверхонь та визначити їх міжопераційні розміри.
6. Виконати розрахунок режимів різання та аналітичним методом розрахунок припусків внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 145H7(^{+0.040})$ корпусу.
7. Провести нормування технологічних операцій та, на його основі, розрахунок складу та кількості верстатного устаткування.
8. Уточнити тип виробництва на основі уточнених даних.
9. Підібрати конструкцію універсально-складального спорядження (пристосування) для закріплення оброблюваного корпусу, виконати розрахунок

сил затискування оброблюваного корпусу, розміщеного в такому спорядженні. На основі цього вибрати конструктивні елементи УСС та розрахувати точність згаданого спорядження.

10. Вибрати контрольний пристрій для вимірювання радіального биття поверхні $\varnothing 145H7(^{+0.040})$.

11. В рамках тематики розділу стосовно безпеки життєдіяльності та охорони праці визначити показники кількості засобів пожежогасіння для розміщення на ділянці виготовлення корпусу ЖВМ22.122.11 та систематизувати основні заходи щодо зниження рівня шуму на згаданій ділянці.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Техніко – економічне обґрунтування вибору початкової заготовки

Заготовку корпусу ЖВМ22.122.11 доцільно отримувати двома способами: лиття в піщано-глиняні форми з формовкою за допомогою металічних моделей, або ж комбінованою зварною (спосіб зварювання з елементарних деталей, на які структуровано корпус). Результати порівняння таких способів за методиками [13, 14] наведено у таблиці 2.1.

Як бачимо, другий зазначений спосіб сприяє економії матеріальних ресурсів, однак є не прийнятним для заявленої програми випуску та визначеного крупносерійного типу виробництва та технологічних можливостей підприємства.

Таблиця 2.1-Порівняння способів отримання початкової заготовки

№ з/п	Опис параметра		Позначення параметру та розрахункова формула
1	Ціна одного кілограму матеріалу	заготовки	P_m
		відходів	P_ϵ
2	Коефіцієнти, які враховують відповідно масу корпусу, групу складності та обсяг його виробництва		K_m, K_{ck}, K_{am}
3	Маса готової деталі		q_d
4	Вага початкової заготовки		Q_b
5	Вартість початкової заготовки, отриманої способом лиття у піщано-глиняні форми, а також зварювання (зварна комбінована початкова заготовка)		$C = Q_b \cdot P_m \cdot K_m \cdot K_{ck} \cdot K_{am} - (Q_b - q_d) P_\epsilon$ $C_1 = 100.8 \cdot 3.52 \cdot 0.86 \cdot 0.82 \cdot 0.92 - (99.8 - 82.0) \cdot 0.45 = 218 \text{ грн}$ $C_2 = 102,2 \cdot 2,3 \cdot 0,831 \cdot 1,0 \cdot 1,15 - (102,2 - 85,4) = 212,65 \text{ грн}$
6	Обсяг річного випуску виробів		N
7	Річний економічний ефект		$E = (C_1 - C_2) N = 7460 \text{ грн}$

2.2 Проектування литої заготовки

На основі аналізу конструкції заготовки бачимо, що основними характеристиками литої заготовки із урахуванням рекомендацій [12, 22] є наступне.

1. Отримання виливки на роз'ємній моделі, яка містить одну плоску поверхню роз'єму.

2. Просторове розміщення виливки повинно забезпечувати горизонтальне розташування осей патрубків з вертикальним розміщенням фланців.

3. Точність способу лиття: СТ13 згідно ГОСТ 26645-85.

Симетричні відхилення усіх розмірів.

Клас точності розмірів 9.

У таблиці 2.2 наведено значення розмірних характеристик заготовки.

Технічні вимоги є такими.

Заготовку виготовляти литтям у піщані форми з машинною формовкою по металевим моделям.

Матеріал заготовки – сталь DIN 1.6511 (аналог 20ХН3А).

Точність виливка за ГОСТ 26645-85 – 2-13-1-1:

Тип розміру 2: внутрішні розміри (отвори, кишені тощо);

Клас точності 13: стандартний клас точності для машинної формовки;

Тип обробки форми 1: піщана форма;

Тип моделі 1: металева модель.

Неробочі необроблювані поверхні – з припусками згідно ГОСТ 26645-85.

Нахили на литих поверхнях:

– для зовнішніх поверхонь – 1,5–2,2°,

– для внутрішніх отворів – 2–3,5°.

Литі поверхні повинні бути очищені від формувальної суміші, раковин і видимих дефектів. Відхилення від прямолінійності та площинності не повинні перевищувати допусків згідно з ГОСТ 26645-85, клас точності СТ13.

Граничне відхилення відносного положення осей отворів – повинно не перевищувати 1,2 мм.

Таблиця 2.2 – Значення розмірних характеристик заготовки

Розмір у мм чи елемент конструкції корпусу	Допуск розміру у мм	Припуск	Допоміжний припуск для компенсації відхилення внаслідок зміщення	Значення	Розміри відливки з граничними відхиленнями та обґрунтування
1	2	3	4	5	6
Відношення габаритного розміру min 305мм до max 560мм				0,544	
$\varnothing 105H7(^{+0.035})$	2,40	4,0	0 (є меншим за половину допуску за кожним розміром відливки)		$\varnothing 105 - 4,0 \cdot 2 = 97,0\text{мм}$; $\varnothing 97 \pm 1,2\text{мм}$
$\varnothing 116H7(^{+0.035})$					$\varnothing 116 - 4,0 \cdot 2 = 108,0\text{мм}$; $\varnothing 108 \pm 1,2\text{мм}$
$\varnothing 118H7(^{+0.035})$					$\varnothing 118 - 4,0 \cdot 2 = 110,0\text{мм}$; $\varnothing 110 \pm 1,2\text{мм}$
$\varnothing 145H7(^{+0.040})$					$\varnothing 145 - 4,0 \cdot 2 = 137,0\text{мм}$; $\varnothing 137 \pm 1,2\text{мм}$
Лінійний розмір 408	3,60	4,2			$408 + 4,2 \cdot 2 = 416,4 \text{ мм}$; $416,4 \pm 1,8\text{мм}$.
Граничне відхилення зсуву				0,80 мм	Відстань між центрувальними елементами форми не перевищує 630 мм
Лінійний габаритний розмір	3,60	4,2	-	562,0	$562 + 4,2 \cdot 2 = 570,4\text{мм}$ $570,4 \pm 1,8\text{мм}$

Закінчення таблиці 2.2

1		2	3	4	5	6
Формувальний	нахил			-	1°30'	568,4×413,4мм
	радіус			-	5,5 та 8	
Ступінь короблення					4	Відливка з чорних сплавів
Граничне відхилення короблення габаритного розміру 560мм					± 0,3 _{мм}	
Клас точності маси					10	
Верхнє граничне відхилення маси					4,5%	

Виливні канали, отвори та виступи, які не підлягають механічному обробленню, повинні мати заокруглені країки завдяки технологічному прийому зняття гострих крайок на слюсарній операції.

Виливок підлягає контролю зовнішнього вигляду та основних розмірів після очищення та промивання.

2.3 Базування оброблюваної заготовки

Базування оброблюваної заготовки “Корпус ЖВМ22.122.11” направлене в основному на забезпечення точності розміщення центрального отвору з витримуванням розмір $2 \pm 0,08$.

Опис елементів базування згідно рекомендацій [4, 20] наведено у таблиці 2.3.

Окремі схеми базування проілюстровані на рисунках А1-А3.

Таблиця 2.3 – Базування оброблюваної заготовки

№ з/п	Елементи базування		Поверхні	Технологічне спорядження, яке забезпечує базування та контроль та їх особливості
1	Основна конструкторська база		Площина основи 3 та два перпендикулярні до неї отвори 4	УСС для верстату з ЧПК, накладний контрольний пристрій. Точний розмір між віссю отвору до установчої технологічної бази забезпечує оправа, яка встановлена на поверхні 27.
2	Технологіч-на база	установча база	3 - 5	
		подвійна опорна база	6, 7	
		опорна база	8	
3	Вимірjuвальна база		27 (база Б)	
4	Технологічна база на першій операції механічного оброблення		3 - 5 – установча база	
5	Вид схеми базування		Площина з двома пальцями	

2.4 Розробка структури переходів механічного оброблення для забезпечення точності і якості поверхонь

Метою розроблення структури переходів механічного оброблення є забезпечення точності і якості поверхонь згідно технічних вимог. На основні використання матеріалів праць [4, 12, 20] нами розроблено структурована інформація щодо кожної поверхні корпусу (таблиця 2.4), які відповідно про ідентифіковані числовим позначенням.

Закінчення таблиці 2.4

№ пов.	Розмір- іденти- фікатор поверхні	Технологічні переходи для забезпечення точності і якості		Шорсткість Ra				Квалітет точності розміру							
				1,6	3,2	6,3	12,5	6	7	8	9	10	11	12	14
9, 11, 8, 14, 16, 18	408 3,5 4,5	Точіння торця	чорнове			+									+
			чистове	+											+
12 22 25	Ø98H12 Ø105H7 Ø145H7	Роз- точу- вання	чорнове			+									+
			чистове		+					+			+	+	
26 27	Ø116H7 Ø118H7		тонке	+					+						
28 29	5×45° 1×45°	Розточування фаски					+								+
10 15	Ø108h12	Точіння	чорнове			+									+
			чистове		+					+			+	+	
			тонке	+					+						
25 26 27	Ø145H7 Ø116H7 Ø118H7														
4	Ø19H9	Свердління					+							+	+
	2 отв.	Зенкерування				+					+				
5	Ø19 2 отв.	Зенкування					+								+
		Розвертання			+						+				
17	3,5×30°	Точіння фаски				+	+							+	+

2.5 Розроблення технологічного маршруту оброблення корпусу

На основі використання структури базового технологічного процесу та структури переходів механічного оброблення корпусу для забезпечення точності і якості його поверхонь нами розроблений відповідний технологічний маршрут (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Технологічний маршрут оброблення корпусу ЖВМ22.122.11

№ операції	Найменування операції	Позначення поверхонь які обробляють	Позначення базових поверхонь	Технологічне та інше устаткування
1	2	3	4	5
Технологічні операції лиття				
001-040	Комплекс операцій забезпечення лиття та очищення відливки			Ливарний комплекс 359-7904
059	Переміщення			ЕК-2
Технологічні операції термічного оброблення				
01-030	Комплекс операцій термооброблення			Установка 356-8465
Технологічні операції механічного оброблення				
005	Переміщення			ЕК-2
010	Агрегатна	1 - 7	9, 23	Горизонтальний оброблювальний центр IP800M1Ф4-29
015	Горизонтально – розточна	9-19	3, 4	Горизонтально-розточний верстат 2А622Ф4

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5
020	Агрегатна	20 -29		Горизонтальний свердлильно- фрезерно- розточувальний оброблювальний центр моделі IP800M1Ф4-29
025	Слюсарна			Верстак 4690-89
030	Промивання			Мийна машина 560-890
040	Технічний контроль			Стіл ВТК 57-97
045	Нанесення антико- розійного покриття			Установка гальванічна 598- 520
050	Маркування гравіюванням			Установка гравірувальна 5980-5020

2.6 Розроблення структури технологічних операцій оброблення різанням корпусу

На основі даних таблиць 2.4 і 2.5 нами розроблена структура технологічних операцій 010, 015 та 020 оброблення різанням корпусу ЖВМ22.122.11. Результати подані у таблицях 2.6-2.8.

Таблиця 2.6 – Структура технологічного процесу на операцію 010 “Автоматна” яку здійснюють на основі використання оброблюючого центра IP800ПМ1Ф4-29

Технологічного переходу		Розміри у мм		Назва інструменту чи спорядження і нормативний документ	Номер інструменту чи спорядження
№	назва				
1	Фрезерування площини основи	$b = 308,0;$ $L = 380,0.$		Фреза торцева згідно ГОСТ 9473 – 80	2214 – 0157
				Оправа ОСТ 2 П14 – 6 – 84	50 – 50 321,8
				Штангенрейсмус	ШР60 – 600 – 0,1
2	Свердління отвору	Ø18.5		Свердло Ø18.5 ГОСТ22736 – 77.	10903 – 77
3	Цекування поверхні	чорнове	Ø46	Цековка спеціальна	Ø46 5680-7834
4		чистове			
5	Зенкування фаски	$1.6 \times 45^\circ$		Зенкер спеціальний	$\angle 90^\circ$ 4580-7869
				Втулка згідно ОСТ2 П12 – 9 – 84	2 – 48 – 144
				Державка згідно ОСТ2 П12 – 8 – 84	50 – 48 – 231,8
6	Нарізання різі	$M 20 \times 1.5 - 6H$		Мітчик ГОСТ 3266 – 81	Мітчик М20 – 6Н
				Патрон для мітчика ГОСТ 22627 – 77 .	6161 – 0176
7	Послідовне свердління 2-х отворів	Ø17		Свердло згідно ГОСТ 22736 – 77.	2301 – 1407
8	Послідовне зенкерування 2-х отворів	Ø18.5		Зенкер спеціальний	Ø18,5 5690-3491
9	Зенкування	Ø34		Зенківка спеціальна	6905-5604
10	Розвертання 2-х отворів послідовне	Ø19H9		Розвертка спеціальна	Ø19, 3487-7890
				Втулка ОСТ2 П12 – 8 – 84	2 – 48 – 144

Технологічного переходу		Розміри у мм	Назва інструменту чи спорядження і нормативний документ	Номер інструменту чи спорядження
№	назва			
11	Послідовне свердління 2-х отворів	Ø19	Свердло згідно ГОСТ 10903 – 77	Ø19, 5890-5698
12	Зенкування	Ø34	Зенківка спеціальна	6905-5604
			Втулка згідно ОСТ2 П12 – 9 – 84	2 – 48 – 144
			Державка згідно ОСТ2 П12 – 8 – 84	50 – 48 – 231,8
13	Послідовне свердління 4-х отворів та зенкування	Ø8.5 1.6×45° M10 – 7H	Свердло – зенківка комбіноване спеціальне каліброване	Ø8.5 ∠90°, 4659-6795
14	фаски		Втулка згідно ОСТ2 П12 – 7 – 84	50 – 2
	Послідовне нарізання різі у 4 отворах		Патрон згідно ГОСТ 14074 – 73	6251 – 0186 .
			Мітчик згідно ГОСТ 3266 – 81	M10, 4567-7899
			Патрон для мітчика згідно ГОСТ 22627 – 77	6161 – 0173
			Контроль розмірів	Калібр – пробка різьова

Таблиця 2.7 – Структура технологічного процесу на операцію 015
 “Горизонтально – розточна” яку здійснюють на горизонтально-розточному
 верстаті моделі 2А622 Ф4

Технологічного переходу		Розміри у мм		Назва інструменту чи спорядження і нормативний документ	Номер інструменту чи спорядження
№	назва				
1	2	3		4	5
1	Підрізання торця	чорнове	Ø109 _{мм}	Різець згідно ГОСТ 18871 – 73	2112 – 0037
2		чистове	мм		
3	Розточування отвору	чорнове	Ø93H14 _{мм}		
4		чистове	Ø95H12 _{мм}		
5	Підрізання торця		Ø180		
6, 7	Точіння	чорнове	Ø110h14 _{мм}		
8		чистове	Ø109h12 _{мм}		
9,	Підрізання торця	чорнове	Ø75 _{мм}		
10,		чистове	Ø98 _{мм}		
11			Ø165 _{мм}		
12	Точіння	чорнове	Ø77h14 _{мм}		
13		чистове	Ø75h12 мм		
14	Точіння фаски	чорнове			
15	з ∠30°	чистове			
16	Послідовне свердління 8-ми отв.	Ø17.5 _{мм}		Свердло ГОСТ 10903 – 77	Ø17,5
17	Зенкування фаски	1.6 × 45° мм		Зенкер спеціальний	∠90° 5680-8750
				Втулка ГОСТ 13598 – 85	6100 – 0146

Закінчення таблиці 2.7

1	2	3	4	5
18	Послідовне нарізання різі у 8-ми отворах	M20 – 6H	Мітчик згідно ГОСТ 3266 – 81	M20, 3490- 5869
			Патрон для мітчика ГОСТ 22627 – 77	6161 – 0176.
19	Свердління отвору	Ø18.5мм	Свердло згідно ГОСТ 10903 – 77	Ø18,5, 5609- 9678
20	Цекування чорнове	Ø46мм	Зенківка спеціальна (оброблення опорних поверхонь)	Ø46 , 1259- 56987
21	Цекування чистове	Ø46мм		Ø46 , 1259-56987
22	Зенкування фаски	1.6 × 45° мм	Зенкер спеціальний	5679-6057
			Втулка згідно ОСТ2 П12 – 9 – 84	2 – 48 – 144
			Державка згідно ОСТ2 П12 – 8 – 84	50 – 48 – 231,8
23	Нарізання різі	M20 × 1.5 – 6H	Мітчик згідно ГОСТ 3266 – 81	M20, 3490- 5869
			Патрон для мітчика ГОСТ 22627 – 77	4589-6796
24	Послідовне свердління 4-х отворів	Ø14мм	Свердло згідно ГОСТ 10903 – 77	Ø14, 6905- 5694
25	Зенкування фаски	1,6 × 45° мм	Зенкер спеціальний	∠90° 5679-6057
			Втулка ГОСТ 13548 – 85	6100 – 0146
26	Послідовне нарізання різі у 4-х отворах	M20 – 6H	Мітчик згідно ГОСТ 3266 – 81	M16, 5670- 8795
			Патрон для мітчика ГОСТ 22627 – 77	6161 – 0176.

Таблиця 2.8 – Структура технологічного процесу на операцію 020

“Автоматна” яку здійснюють на оброблюючому центрі IP800M1Ф4-29

Технологічного переходу		Розміри у мм		Назва інструменту чи спорядження і нормативний документ	Номер інструменту чи спорядження
№	назва				
1	2	3	4	5	6
1	Фрезерування торця	Чистове	Ø262	Фреза торцева ГОСТ 9473 – 80. Замінник: фреза 326R08-B25100VM-TH	2214 – 0159
2			Ø262 _{мм}		
3			Ø180 _{мм} 2		
4		Чистове Ø180 _{мм}		Оправа згідно ОСТ2 П14 – 6 – 84	50 – 50 – 221,8
5	Розточування отвору чорнове	Ø144.6H11		Різець згідно ГОСТ 9795 – 84	2142 – 0150
6		Ø114.8H11			
7		Ø112.8H11			
8		Ø101.8H11		Оправа згідно ГОСТ 21225 – 75	6300 – 0877
9	Послідовне центрування 8-ми отворів	за Ø205 _{мм}		Свердло спеціальне центрувальне	4567-8723
10		за Ø140 _{мм}			
				Патрон згідно ГОСТ 14077 – 83	6251 – 0186
11	Послідовне свердління 8-ми отворів	Ø14 _{мм} , l = 35 мм		Свердло згідно ГОСТ 10903 – 77	Ø14.
12		Ø24 _{мм}			Ø24
13	Розточування отвору чистове тонке	Ø144.88H8		Різець згідно ГОСТ 9795 – 84	2142 – 0150
14		Ø117.8H8			
15		Ø115.8H8 _{мм}		Оправа згідно ГОСТ 21225– 75	6300 – 0877
16		Ø104.8H8 _{мм}			
17		Ø145H7 _{мм} , l = 25 мм			

Закінчення таблиці 2.8

1	2	3-4	5	6
18	Розточування отвору тонке	$\varnothing 118H7_{mm}; l = 25 \text{ мм}$	Різець згідно ГОСТ 9795 – 84	. 2142 – 0150
19		$\varnothing 116H7_{mm}; l = 25 \text{ мм}$		
20		$\varnothing 105H7_{mm}; l = 60 \text{ мм}$	Оправа згідно ГОСТ 21225 – 75	6300 – 0877
21	Нарізання внутрішньої фаски	$5 \times 45^\circ_{mm}$	Різець згідно ГОСТ 9795 – 84	$\angle 45^\circ$ 2142 – 0397
22		$1 \times 45^\circ_{mm}$		$\angle 45^\circ$ 2142 – 0397
			Оправа згідно ГОСТ 21226 – 85	6300 – 0921
23	Послідовне нарізання різі у 8-ми отворах	M16 – 6H	Мітчик згідно ГОСТ 3266 – 81	M16, 5670- 8795
24		M27 – 6H		M27
			Патрон-мітчи- ко-тримач згідно ГОСТ 22627 – 77	6161 – 0176

2.7 Розрахунок припусків внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 145H7(^{+0.040})$ корпусу аналітичним методом

У таблиці 2.9 подано розрахунок припусків внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 145H7(^{+0.040})$ аналітичним методом. Для цього використано методики, які описані в працях [4, 11, 16, 21].

Таблиця 2.9 - Розрахунок припусків внутрішньої циліндричної поверхні

Ø145H7(^{+0.040}) корпусу ЖВМ22.122.11 аналітичним методом

№ з/п	Опис показника (параметра)		Позначення параметру, розрахункова формула, значення
1	2		3
1	Сумарне значення Rz та h поверхні литої заготовки корпусу		700 мкм
2	Допуск базової поверхні		$T\delta, T$
3	Діаметр та довжина отвору відповідно		d та L
4	Величина питомого короблення для відливки		$\Delta_{\kappa} = 0,7 \text{ мкм/мм}$ –
5	Сумарне зміщення у мкм внаслідок зсуву частин корпусу		$\rho_{cm} = \sqrt{(T\delta/2)^2 + (T/2)^2}$ $\rho_{cm} = \sqrt{(1300/2)^2 + (800/2)^2} = 762$
6	Величина короблення у мкм		$\rho_{kon} = \sqrt{(\Delta_{\kappa} \cdot d)^2 + (\Delta_{\kappa} \cdot l)^2}$ $\rho_{kon} = \sqrt{(0,7 \cdot 145)^2 + (0,7 \cdot 560)^2} = 405$.
7	Сумарне значення просторових відхилень для початкової заготовки		$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\rho_{kon}^2 + \rho_{cm}^2}$; $\Delta_{\Sigma} = \sqrt{405^2 + 762^2} = 864 \text{ мкм}$
8	Величини залишкового просторового відхилення після розточування отвору	чорнового	$\Delta_1 = 0,05 \cdot 864 = 43 \text{ мкм}$
9		чистового	$\Delta_2 = 0,04 \cdot 864 = 33 \text{ мкм}$
10		тонкого	$\Delta_3 = 0,03 \cdot 864 = 25 \text{ мкм}$
11	Допуск	на діаметр пальця	$T_{(19q6)} = 13 \text{ мкм}$
12		розміру отвору	$T_{(19H9)} = 52 \text{ мкм}$
13	Найбільший просвіт між отворами та пальцями		$S_{\max} = T_{(19H9)} + T_{(19q6)} + S_{\min}$
14	Нижнє граничне відхилення на розмір отвору		$EI = 0$

1	2		3
15	Верхнє відхилення на розмір пальця		$es = -7$
16	Мінімальний просвіт у мкм між діаметром пальця та поверхнею отвору		$S_{\min} = EI - eS$ $S_{\min} = 0 - (-7) = 7 \text{ мкм}$
17	Відстані між базовими отворами у мм		l та δ
18	Максимальний кут повертання заготовки на пальцях (визначено як відношеннями максимального просвіту при повертанні в сторону відносно середнього позиційного розміщення до величини відстані між базовими отворами)		$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{\sqrt{l^2 + \delta^2}}$ $\operatorname{tg} \alpha = \frac{0.052 + 0.013 + 0.007}{\sqrt{300^2 + 245^2}} = 0.0002$
19	Похибка закріплення заготовки у мкм		$\varepsilon_3 = 175 \text{ мкм}$
20	Похибка базування у мкм на довжині отвору (через перекося заготовки у горизонтальній площині при її встановленні на пальці пристосування)		$\varepsilon_B = l \cdot \operatorname{tg} \alpha$ $\varepsilon_B = 560 \cdot 0,0002 = 0,112 \text{ мм} = 112 \text{ мкм}$
21	Похибка встановлення заготовки для чорнового розточування		$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2}$ $\varepsilon_1 = \sqrt{112^2 + 175^2} = 207 \text{ мкм}.$
22	Залишкова похибка встановлення для розточування	чистовому (складає 5%)	$\varepsilon_2 = 0.05 \cdot 207 = 10 \text{ мкм}$
23		тонкому (складає 4%)	$\varepsilon_3 = 0,04 \cdot 207 = 8 \text{ мкм}$
24	Значення Rz у мкм для розточування	чорнового	25,0
25		чистового	15,0
26		тонкого	5,0
27	Мінімальні граничні значення міжопераційних припусків		$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2})$
28	Загальні граничні припуски		$Z_{0\min}, Z_{0\max}$

2.8 Розроблення плану оброблення поверхонь та визначення їх міжопераційних розмірів

Таблиця 2.9 – Структура реалізації процесу оброблення поверхонь та міжопераційні розміри та припуски на їх механічне оброблення

№ пов.	Основна розмірна характеристика	Найменування переходу	Шорсткість Ra у мкм	Точність: квалітет	Допуск T_d у мм	Припуск t_p у мм	Межопераційний розмір у мм
1	2	3	4	5	6	7	8
3	Плоска поверхня $225^{+0.8}$	Початкова заготовка Фрезерування	25 6,3	16 14	2,9 0,800	4,20	$\varnothing 13,4 \pm 1,45$ $\varnothing 409,2 \pm 0,78$
4	$\varnothing 19H9$ Отвір	Свердління Зенкерування Зенкування Розгортання	12,5 6,3 12,5 3,2	12 10 14 9	0,210 0,084 0,620 0,052	8,50 0,75 7,75 0,25	$\varnothing 17^{+0.210}$ $\varnothing 18.5^{+0.084}$ $\varnothing 34 \pm 0.310$ $\varnothing 19H9(^{+0.052})$
5	$\varnothing 19$ Отвір	Свердління Зенкування	12,5	12 14	0,210 0,620	9,5 7,5	$\varnothing 19^{+0.210}$ $\varnothing 34 \pm 0.310$
6	M10 – 7H Отвір різьбовий	Свердління Зенкування Нарізання різі M10-7H	6,3 12,5 3,2	12 14 7	0,150 0,250 0,300	4,25 1,60 0,75	$\varnothing 85^{+0.150}$ $1.6 \times 45^\circ$ $M10 - 7H(^{+0.300})$
7 8	M20 × 1.5 – 6H Отвір різьбовий	Свердління Цекування чорнове чистове	6,3 6,3 3,2	12 14 14	0,210 0,250 0,250	9,25 1,50 0,50	$\varnothing 18,5 + 0,210$ $\varnothing 46 \ell = 1.5$ $\varnothing 46 \ell = 2$

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8
9, 14	L=405 Фаски	Нарізання фасок $M20 \times 1.5 - 6H$	12,5 3,2	14 6	0,250 0,220	1,6 0,75	$1,6^0 \times 45$ $M20 \times 1.5 - 6H(^{+0.220})$
10	Ø109 Торцева поверхня	Підрізання чорнове чистове	6,3 1,6	15 14	2,550 1,550	3,0 1,2	406.2 ± 0.775 405 ± 0.755
11	Циліндрична зовнішня	Точіння чорнове чистове	6,3 1,6	14 12	0,870 0,350	0,5	$\Phi 110_{-0.870}$ $\Phi 109h12_{(-0.350)}$
12	Торцева поверхня Ø95	Підрізання	6,3	14	0,300	6,0	6 ± 0.150
13	Отвір	Розточування чорнове чистове	6,3 1,6	14 12	0,870 0,350	1,9	$\Phi 93^{+0.870}$ $\Phi 95H12(^{+0.350})$
14	Отвір з фаскою Ø75	Свердління Зенкування фаски	6,3 12,5	12 14	0,180 0,250	7,0 1,6	$\Phi 14^{+0.180}$ $1.6 \times 45^\circ$
15	Отвір різьбовий M16	Нарізання різі M16-6H	3,2	6	0,300	1,0	$M16 - 6H(^{+0.300})$
16	Циліндрична зовнішня	Точіння чорнове чистове	6,3 1,6	14 12	0,740 0,300	1,0	$\Phi 77_{-0.740}$ $\Phi 75h12_{(-0.300)}$
17	Торець з фаскою $3 \times 30^\circ$	Точіння Точіння фаски чорнове чистове	6,3 6,3 1,6	14 14 12	0,300 0,250 0,100	4,0 3,0	$4_{-0.3}$ $3 \times 30^\circ$

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8
18	Торцева поверхня	Точіння	6,3	14	0,250	3,0	$3_{-0.250}$
19	Отвір різьбовий M20	Свердління Зенкування фаску Нарізання різі	6,3 12,5 6,3 25	12 14 6 16	0,210 0,250 0,400 3,60	8,75 1,6 1,25	$\varnothing 17.5^{+0.210}$ $1.6 \times 45^\circ$ M20-6H($^{+0.400}$) 568.4 ± 1.8
20	Плоска поверхня 560	Початкова заготовка Фрезерування чорнове чистове	6,3 1,6	14 14	1,75 1,75	2,60 1,60	$566.8_{-1.750}$ $564.2_{-1.750}$
21	Отвір різьбовий M27	Центрування Свердління Нарізання різі	12,5 6,3 3,2 25	12 12 6 16	0,120 0,400 0,400 2,4	1,575 12,0 1,50	$\varnothing 315 \pm 0.060$ $\varnothing 24^{+0.400}$ M 27 – 6H($^{+0.400}$) $\varnothing 97 \pm 1.2$
22	Отвір $\varnothing 105$	Початкова заготовка Розточування чорнове напівчистове чистове	6,3 3,2 1,6	11 8 7	0,220 0,057 0,035	2,40 1,50 0,10	$\varnothing 101.8^{+0.220}$ $\varnothing 104.8^{+0.057}$ $\varnothing 105H7(^{0.035})$
23	Плоска поверхня 560	Фрезерування чорнове чистове	6,3 1,6	14 14	1,75 1,75	2,60 1,60	$561.6_{-1.750}$ $560_{-1.750}$

Закінчення таблиці 2.9

24	Отвір різьбовий M16	Центрування	12,5	12	0,120	1,575	$\varnothing 3.15 \pm 0.060$
		Свердління	6,3	12	0,300	7,00	$\varnothing 14^{+0.300}$
		Нарізання різи	3,2	6	0,300	1,00	$M16 - 6H(^{+0.300})$
			25	16	2,4		$\varnothing 137 \pm 1.2$
25	Отвір $\varnothing 145$	Початкова	6,3	11	0,250	3,18	$\varnothing 144.69^{+0.250}$
		заготовка	3,2	8	0,063	0,190	$\varnothing 144.88^{+0.063}$
		Розточування	1,6	7	0,040	0,120	$\varnothing 145H7(^{+0.040})$
		чорнове	25	16	2,4		$\varnothing 108 \pm 1.2$
26	Отвір $\varnothing 116$	Початкова					
		заготовка	6,3	11	0,220		$\varnothing 112.8^{+0.220}$
		Розточування	3,2	8	0,057		$\varnothing 115.8^{+0.057}$
		чорнове	1,6	7	0,035		$\varnothing 116H7(^{+0.035})$
27	Отвір $\varnothing 118$	напівчистове	25	16	2,4	2,40	$\varnothing 110 \pm 1.2$
		чистове				1,50	
		тонке					
27	Отвір $\varnothing 118$	Початкова	6,3	11	0,220	0,10	$\varnothing 114.8^{+0.220}$
		заготовка	3,2	8	0,057		$\varnothing 117.8^{+0.057}$
		Розточування	1,6	7	0,035		$\varnothing 118H7(^{+0.035})$
		чорнове					
		напівчистове					
		чистове тонке					

2.9 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання здійснюємо за методиками, які описані у навчально-методичній літературі [4, 12, 21, 18]. Порядок розрахунку наведено у таблиці 3.7.

Таблиця 2.10 – Розрахунок режимів різання розрахунково – аналітичним методом технологічної операції 010 чорнового фрезерування площини основи розміром 305мм на $\ell = 360\text{мм}$

№ з/п	Опис параметра		Позначення параметру та розрахункова формула
1	2		3
1	Глибина різання (чорнова обробка поверхні без корки отриманої литтям у піщані форми)		4,20 мм
2	Параметри інструменту		Торцева фреза 2214 – 0157 ГОСТ 9473–80 діаметром D=160 мм. Матеріал ріжучої частини ТТ15К6. Кількість зубів Z = 16, кут $\varphi = 67^\circ$.
3	Уточнюючий коефіцієнт, що ураховує	твердість матеріалу заготовки	$KS_m = 0.9$
4		матеріал ріжучої частини фрези	$KS_n = 1.0$
5		головний кут в плані	$KS_\varphi = 1.0$
6		спосіб кріплення пластин та наявність його покриття	$KS_p = 1.1$
7		схему встановлення фрези	$KS_c = 1.0$
8		відношення фактичної ширини фрезерування до його нормативного значення	$KS_\phi = 0.8$
9		групу оброблюваного матеріалу	$KS_o = 1.0$
10	Подача таблична		$S_{zm} = 0.16 \text{ мм/зуб}$
11	Подача уточнена		$S_z = S_{zm} \cdot KS_m \cdot KS_n \cdot KS_\varphi \cdot KS_p \cdot KS_c \cdot KS_\phi \cdot KS_o$; $S_z = 0.16 \cdot 0.9 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.1 \cdot 1.0 \cdot 0.8 \cdot 1.0 = 0.13 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$

1	2		3
12	Нормативне значення подачі за критерієм забезпечення шорсткості поверхні.		$Sz' = 0.25\text{мм} / \text{зуб}$
13	Уточнюючий коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу		$(K'S_m = 1,2)$
14	Уточнене значення подачі за критерієм забезпечення шорсткості поверхні.		$Sz = S'z \cdot KS'_m$; $Sz = 0.25 \cdot 1.2 = 0.3\text{мм} / \text{зуб}$
15	Подача прийнята		$Sz = 0.13\text{мм} / \text{зуб}$
16	Табличне значення швидкості різання у залежності від матеріалу заготовки, глибини різання та обраної подачі		$\vartheta_T = 266\text{м} / \text{хв}$
17	Уточнюючий коефіцієнт, що враховує	твердість оброблюваного матеріалу	$K_{vm} = 0,9$
18		матеріал ріжучої частини фрези	$K_{vu} = 1,0$
19		стан поверхні	$K_{vn} = 1.0$
20		значення головного кута в плані	$K_{v\varphi} = 1.0$
21		показник відношення ширини фрезерування до діаметру фрези	$K_{v\psi} = 1,0$
22		спосіб закріплення пластини	$K_{vp} = 1.15$
23		період стійкості ріжучої частини фрези	$K_{vt} = 0.8$
24		наявність охолодження	$K_{v\kappa} = 1,0$
		групу оброблюваного матеріалу	$K_{vo} = 1.0$
	Уточнене значення швидкості різання		$\vartheta = \vartheta_T \cdot K_{vm} \cdot K_{vu} \cdot K_{vn} \cdot K_{v\varphi} \cdot K_{v\psi} \cdot K_{vp} \cdot K_{v_T} \cdot K_{v\kappa} \cdot K_{vc}$ $\vartheta = 266 \cdot 0.9 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.15 \cdot 0.8 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 220.25 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

Закінчення таблиці 2.10

1	2	3
	Чистота обертання шпинделя верстату	$n = \frac{1000 \cdot g}{\pi \cdot D}$ $n = \frac{1000 \cdot 220.25}{3.14 \cdot 160} = 438.4 \text{ об / хв}$
	Хвилинна подача	$S_M = S_Z \cdot Z \cdot n;$ $S_M = 0.13 \cdot 16 \cdot 438.4 = 911 \text{ мм / хв}$
	Табличне значення потужності різання у залежності від матеріалу, глибини різання та обраного значення подачі	$N_T = 2.12 \text{ кВт}$
	Уточнюючий коефіцієнт, що урахує	твердість оброблюваного матеріалу $K_{NM} = 1.0$
		значення головного куту у плані $K_{N\phi} = 1.0$
		відношення ширини фрезерування до діаметру фрези $K_{NB} = 1.2$
	Уточнене значення потужності різання	$N = N_T \cdot K_{NM} \cdot K_{N\phi} \cdot K_{NB}$ $N = 21.2 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.2 = 2544 \text{ Вт}$
	Точність оброблення поверхні	$IT_{14}: 409,2 \text{ h}_{14}$
	Шорсткість поверхні Ra	6,30

Розраховані режими різання заносимо у комплект технологічної документації, яка наведений у додатку В.

2.10 Нормування технологічних операцій

Нормування технологічних операцій здійснюємо за методиками, які описані у навчально-методичній літературі [4, 12, 21, 18].

У таблиці 2.11 наведено розрахунок елементів нормування технологічної операції 010. Він базується на розрахунках довжин підведення, врізання та перебігу для кожного робочого ходу ріжучого інструменту.

Таблиця 2.11 – Розрахунок елементів нормування технологічної операції 025

№ з/п	Опис параметра		Позначення параметру, аналітична формула та результати розрахунків у хв
1	2		3
1	Довжина у мм	оброблюваної поверхні	$\ell_0 = 305\text{мм}$
2		підводу	$\ell_1 = 31\text{мм}$
3		врізання та перебігу	$(\ell_2 + \ell_3) = D + \ell_1 = 160 + 31 = 191\text{мм}$
4	Хвилинна подача у мм/хв. .		$S_M = 911\text{мм/хв},$
5	Основний час роботи верстату у хв		$T_0 = \frac{\ell_0 + \ell_1 + \ell_2 + \ell_3}{S_M}$ $T_0 = \frac{(305 + 31 + 191.0) \cdot 2}{911.0} = 1.6\text{хв}$
6	Відстань від нульової точки до точки виходу фрези за осями координат верстату		$\Delta X = 100\text{мм}; \Delta y = 100\text{мм}; \Delta Z = 300\text{мм}$
7	Траєкторія переміщення фрези від одного уступу до іншого відносно опорних координат		$y = 0; Z$ (величина переміщення 160 мм) та X (величина переміщення 250 мм)
8	Подача холостого ходу.		$S_M = 6000\text{мм/хв}$
9	Довжина холостого ходу		$L_{x,x} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta Z^2};$ $L_{x,x,1} = \sqrt{100^2 + 100^2 + 300^2} = 332\text{мм};$ $L_{x,x,2} = \sqrt{250^2 + 160^2 + 0^2} = 297\text{мм}.$
10	Машинно-допоміжний час	на автоматичну заміну верстатом інструменту	$T_{MBH} = 0$
11		на виконання верстатом автоматичних допоміжних ходів та технологічних пауз.	T_{MBX}

1	2		3
12	Машинно – допоміжний час		$T_{MB} = T_{MBH} + T_{MBX}$ $T_{MB} = T_{MBX} = \frac{332}{6000} + \frac{297}{6000} = 0,2хв$
13	Основний час роботи устаткування в цілому		T_0
14	Час циклу автоматичної роботи устаткування на заданому тех. перех.		$T_{Ц.А} = T_0 + T_{MB}$ $T_{Ц.А} = 1,6 + 0,2 = 1,8хв$
15	Час циклу автоматичної роботи устаткування усієї операції		$T_{Ц.А} = 12,5хв$
16	Допоміжний час	на встановлення та зняття оброблюваної заготовки	$T_{вст} = 4,8хв$
17		повний	$T_0 = T_{зз} + T_{B.on} + T_{вим}$
18		на закріплення та зняття оброблюваної заготовки	$T_{зз} = 8,0хв$
19		на виконання операції	$T_{в.оп} = 1,5 \cdot 15 + 0,2 \cdot 3 + 1,5 \cdot 4 + 2 +$ $+ 1,5 \cdot 4 + 0,7 \cdot 12 + 1,5 + 1 \cdot 14 = 63,4хв$
20		контрольного вимірювання	$T_{вим} = 4хв$
21	Сумарний час	на організаційного та технічного обслуговування робочого місця, а також на відпочинок та особисті потреби	$a_{tex} + d_{opz} + d_{omg} = 8\%$
22		допоміжний	$T_0 = 4,8 + 8,0 + 63,4 + 4,0 = 80,2хв$
23	Норма штучного часу		$T_{шт} = (T_{ЦА} + T_0) \cdot (1 + \frac{d_{tex} + d_{opz} + d_{amg}}{100})$ $T_{шт} (12,5 + 80,2) \cdot (1 + \frac{8}{100}) = 103,14хв.$

2.11 Розрахунок складу та кількості верстатного устаткування

Розрахунок складу та кількості верстатного устаткування здійснюємо за методиками, які описані у навчально-методичній літературі [17, 21].

У таблиці 2.12 наведено розрахунок для трьох технологічних операцій.

Таблиця 2.12 – Розрахунок складу та кількості верстатного устаткування

№ з/п	Опис параметра	Позначення параметру та розрахункова формула
1	Штучно калькуляційний час операції у годинах	$T_{шт.к}$
2	Програма випуску у шт.	$N=1400$
3	Працемісткість виготовлення корпусу	$Tr = T_{шт.к} \cdot N$ $T_{p1} = 103.6 \cdot 1400 = 15540 / 60 \text{ рік} = 2590 \text{ рік}$ $T_{p2} = 100.1 \cdot 1400 = 15015 / 60 \text{ рік} = 2500,25 \text{ рік}$ $T_{p3} = 119.1 \cdot 1400 = 17865 / 60 \text{ рік} = 2970,75 \text{ рік}$ $Tr = (15540 + 15015 + 17865) / 60 = 8070 \text{ рік}$
4	Дійсний фонд роботи верстатного устаткування у год.	$Fd.c.$
5	Кількість змін	$m=1$
6	Нормативний коефіцієнт завантаження	$\eta_z=0.8$
7	Розрахункова кількість устаткування для операції: 010 Агрегатна, верстат моделі IP800M1Ф4-29 015, Горизонтально-розточна, верстат моделі 2A622Ф4 020 Агрегатна, верстат моделі IP800M1Ф4-29	$Sp = \frac{Tr}{Fd.c. \cdot m \cdot \eta_z}$ $S_{p1} = \frac{259}{3890 \cdot 1 \cdot 0.8} = 0.0842_{шт}$ $S_{p2} = \frac{250.25}{4060 \cdot 1 \cdot 0.8} = 0.0639_{шт}$ $S_{p3} = \frac{297.75}{3890 \cdot 1 \cdot 0.8} = 0.0948_{шт}$

Підсумок:		
8	Операція, модель верстатного устаткування	Необхідна кількість верстатного устаткування
9	Операція 010 Агрегатна, верстат моделі IP800M1Ф4-29	1
10	Операція 015 Горизонтально-розточна, верстат моделі 2A622Ф4	1
11	Операція 020 Агрегатна, верстат моделі IP800M1Ф4-29	1

2.12 Уточнення типу виробництва

У таблиці 2.13 наведено розрахунок типу виробництва згідно методик [21].

Таблиця 2.13 – Уточнений розрахунок типу виробництва

№ з/п	Опис показника	Позначення параметру, його значення та розрахункова формула
1	Штучно – калькуляційний час у хв:	$T_{ш.к}$
	Операція 010	103,60
	Операція 015	100,10
	Операція 020	119,10
2	Коефіцієнт завантаження	$\eta_n = 0,8$
3	Місячна програма випуску у шт	N_m
4	Кількість операцій на кожному металообробному устаткуванні	$\Pi_{oi} = \frac{13182 \cdot \eta_n}{T_{ш.к.} \cdot N_m}$ $\Pi_{01} = \frac{13182 \cdot 0.8}{103.6 \cdot 62.5} = 1.7$ $\Pi_{02} = \frac{13182 \cdot 0.8}{100.1 \cdot 62.5} = 1.7$ $\Pi_{03} = \frac{13182 \cdot 0.8}{119.1 \cdot 62.5} = 1.6$

5	Сумарна кількість операцій, які виконують на дільниці протягом 1-го повного місяця	$\Sigma \Pi_{oi} = \Pi_{01} + \Pi_{02} + \Pi_{03}$ $\Sigma \Pi_{oi} = 1,7 + 1,7 + 1,6 = 5$
6	Розрахункова кількість робітників, які обслуговують одне технологічне устаткування	$P_i = 0,96 \cdot \eta_n$ $P_i = 0,96 \cdot 0,8 = 0,76$
7	Розрахункова необхідна кількість робітників механообробної дільниці	$\Sigma P_i = P_1 + P_2 + P_3$ $\Sigma P_i = 0,76 + 0,76 + 0,76 = 2,28$
8	Коефіцієнт закріплення операцій	$K_{з.о.} = \frac{5}{2,28} = 2,2$
9	Підсумок: тип виробництва	Крупносерійний, зміннопотоковий

2.13 Висновки до розділу

У розділі виконано техніко-економічне обґрунтування вибору початкової заготовки, спроектовано конструкцію литої заготовки корпусу. Розроблено технологічний процес механічної обробки різанням такої заготовки в рамках якого розроблено схеми базування оброблюваної заготовки та структуру технологічних переходів механічного оброблення для забезпечення точності і якості поверхонь, синтезовано технологічний маршрут оброблення корпусу та структуру технологічних операцій механічного оброблення його різанням, розроблено план механічного оброблення поверхонь та визначено їх міжопераційні розміри. Також виконано розрахунок припусків внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 145H7(^{+0.040})$ корпусу аналітичним методом та розрахунок режимів різання. Проведено нормування технологічних операцій та на його основі виконано розрахунок складу та кількості необхідного технологічного устаткування. Також уточнено тип виробництва.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Загальне поняття про універсально-складальне пристосування для верстату моделі IP800M1Ф4-29

Універсально-складальне спорядження (УСС) для верстату з ЧПК моделі IP800M1Ф4-29 призначене для реалізації агрегатної багатоцільової операції № 020.

На рисунку 3.1 наведена схема конструкції плити такого технологічного спорядження. Вузол УСС встановлюють у робочому просторі 800×800 верстату на його столі. На опорній плиті такого вузла для закріплення оброблюваної заготовки передбачено 45 різьбових отворів М20, відстань між якими 125 мм.

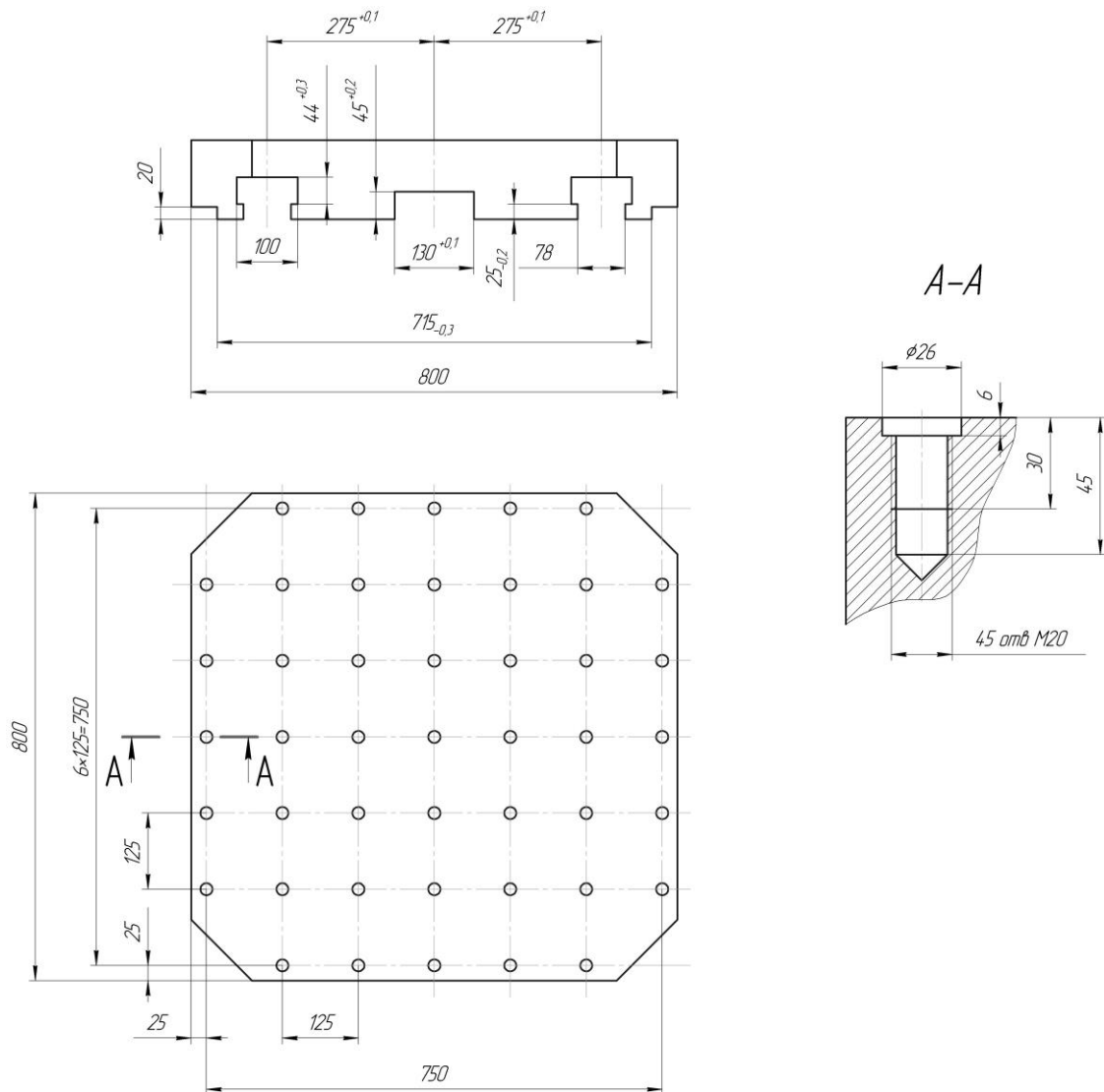


Рисунок 3.1 - Схема конструкції опорної плити УСС

Така плиту розміщують на столі верстату завдяки Т-подібним канавкам.

Під час реалізації операції найбільшими силовими характеристиками відзначається процес фрезерування торцевої поверхні $\varnothing 262$ мм корпусу. Для цього використовують торцеву фрезу діаметром 280 мм та шириною 70 мм. При цьому мають місце такі силові фактори: зусилля різання $P_{різ} = 10,634 \text{ кН}$ та крутний момент, спричинений такими силами різання.

Оброблювану заготовку корпусу базують на площині (позбавлення трьох ступенів вільності) та два пальці (відповідно позбавлення двох ступенів вільності та однієї).

На рисунку А1 додатку показано схему базування оброблюваного корпусу та конструктивне виконання його розміщення та закріплення в одномісному УСС з ручним механізмом.

3.2 Розрахунок сил затискування оброблюваного корпусу, розміщеного в універсально-складальному спорядженні

На рисунку 3.2 показано схему дії на оброблювану заготовку силових факторів, внаслідок реалізації процесу різання та схема затискування каліброваним одномісним затискним механізмом, що містить гвинтовий та важільний елементи.

Така схема є відповідною варіанту закріплення оброблюваної заготовки, яка подана на рис. А.3.

У таблиці 3.1 показано розрахунок необхідної сили затиску оброблюваної деталі.

Закінчення таблиці 3.1

1	2	3
5	Крутний момент спричинений силами різання	$M_{кр}$
6	Умова рівноваги заготовки у процесі її механічного оброблення	$T_1 \cdot \ell_1 + T_2 \cdot \ell_2 + T_4 \cdot \ell_2 = \kappa M_{кр}$ $f_1 \cdot W \cdot \ell_1 + f_2 \cdot W \cdot \ell_1 + f_3 \cdot \ell_2 \cdot W +$ $+ f_4 \cdot \ell_2 \cdot W = K \cdot P_z \cdot D / 2;$
7	Необхідна сумарна сила затиску заготовки	$W = K \cdot f \cdot P_{пиз};$ $W = \frac{\kappa P_z \cdot D / 2}{(f_1 \cdot \ell_1 + f_2 \cdot \ell_1 + f_3 \cdot \ell_2 + f_4 \cdot \ell_2)};$ $W = \frac{2.3 \cdot 10634 \cdot 315 / 2}{(0.25 \cdot 225 + 0.25 \cdot 200) \cdot 2} = 1631.5H$
8	Необхідна сила затиску, створювана одним затискним елементом	$W_0 = \frac{W}{2} = \frac{1631.5}{2} = 815.7H$
9	Коефіцієнт корисної дії (ККД) механізму затиску з урахуванням загальних втрат на тертя	$\eta = 0.85$
10	Сила, яку необхідно прикласти до важільного механізму технологічного затискного спорядження	$Q = \frac{W_0 \cdot (\ell_1 + \ell_2)}{\ell_1 \eta};$ $Q = \frac{815.7(90 + 100)}{0.000.85} = 2025H$

3.3 Вибір конструктивних елементів УСС

Вибір конструктивних елементів технологічного спорядження виконують за показниками технологічних режимів механічного оброблення та розмірних характеристик оброблюваної заготовки [5-7].

Схема компонування такого пристрою подано на рисунку А.2, а склад конструктивних його елементів з відповідними основними розмірами представлено у таблиці 4.2.

Таблиця 3.2 – Склад конструктивних елементів універсально-складального спорядження з відповідними основними розмірами

№ з/п	Назва елементу конструкції	Нормативний документ, що визначає конструктивне виконання	Основні характеристикні розміри у мм			
			Довжина	Ширина	Висота	Діаметр
1	Прямокутна плита	Тип виконання №2 3489-6789 ГОСТ 27218-87	600	360	90	-
2	Опорна пластина	4560-8764 ГОСТ 4743 – 68	100	16	10	-
3	Циліндричний палець	6789-7543 ГОСТ 12211 – 66	-	-	40	19
4	Зрізаний палець	4670-865 ГОСТ 12212 – 66	-	-	40	19
5	Болт пазовий тип 2	5689-864 ГОСТ 1491-80	-	-	-	16
6	Притиск накладний	Серія 2 459-687 ГОСТ 7798-70				

3.4 Розрахунок точності універсально-складального спорядження

Розрахунок точності універсально-складального спорядження наведено у таблиці 3.3 згідно аналітичних формул, наведених у працях [5-7].

Таблиця 3.3 – Розрахунок точності технологічного спорядження для затиску оброблюваної заготовки

№ з/п	Опис параметра		Позначення параметру та розрахункова формула
1	2		3
1	Номінальне значення та точність розміру, який повинно забезпечити спорядження		$225^{+0.8} \text{ мм}$
2	Похибка	базування заготовки	$\delta_{\delta} = 112 \text{ мкм}$
3		закріплення заготовки	$\delta_3 = 0,01 \text{ мм}$
4		взаємного зношення елементів технологічного спорядження	0

Закінчення таблиці 3.3

1	2	3
5	Похибка розміщення технологічного пристрою у робочому просторі устаткування	0,005
6	Коефіцієнт, що враховує відхилення від закону нормального розподілу усіх складових елементів, що визначають похибку закріплення.	$K = 1,20$
7	Результуюча сумарна похибка механічного оброблення	$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{\delta_{\delta}^2 + \delta_{p.n.}^2 + \delta_3^2 + \delta_{n.o}^2}$ $\delta_{\Sigma} = 1,2 \sqrt{0,112^2 + 0,005^2 + 0,01^2} = 0,0005$

3.5 Вибір контрольного спорядження для вимірювання радіального биття поверхні $\varnothing 145H7(^{+0,040})$

На рисунку А.3 показано схему розмірів корпусу ЖВМ22.122.11 в позиції вимірювання радіального биття поверхні $\varnothing 145H7(^{+0,040})$. Базовою поверхнею є отвір $\varnothing 118H7(^{+0,040})$.

Визначення точності вимірювального елемента базується на величині допустимої граничної похибки контролю, яку вибирають в межах $8 \div 30\%$ від величини допуску контрольованого розміру.

Таким чином, точність вимірювального елемента контрольного спорядження $[\sigma] = 30 \cdot 0,040 \cdot 100 = 0,012 \text{ мм}$.

На рисунку 3.3 показано схему конструкції такого контрольного спорядження.

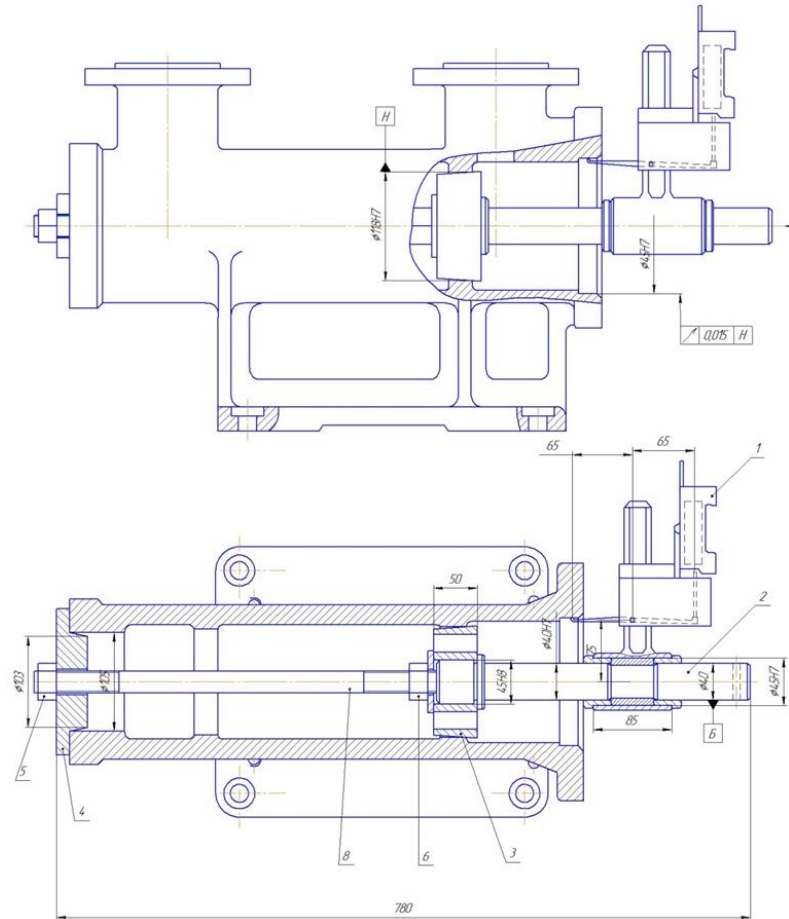


Рисунок 3.3 - Схема конструкції контрольного спорядження

3.6 Висновки до розділу

У розділі описано загальне поняття про універсально-складальне спорядження (УСС) для верстату IP800M1Ф4-29, виконано розрахунок необхідних сил затискування оброблюваного корпусу, розміщеного в такому спорядженні. На основі цього проведено вибір конструктивних його елементів та розрахунок його точності. Також виконано вибір контрольного спорядження для вимірювання радіального биття поверхні $\varnothing 145H7(^{+0.040})$.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Показники кількості засобів пожежогасіння для розміщення на дільниці виготовлення деталі

До первинних засобів пожежогасіння відносяться вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати) та пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

Для визначення видів та кількості первинних засобів пожежогасіння слід враховувати фізико-хімічні та пожежо-небезпечні властивості горючих речовин, їх взаємодію з вогнегасними речовинами, а також розміри площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків та установок.

Необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння визначають окремо для кожного поверху та приміщення, а також для етажерок відкритих установок.

Якщо в одному приміщенні знаходиться декілька різних за пожежною безпекою виробництв, не відділених одне від одного протипожежними стінами, усі ці приміщення забезпечують вогнегасниками, пожежним інвентарем та іншими видами засобів пожежогасіння за нормами найбільш небезпечного виробництва.

Покривала повинні мати розмір не менше як 1м×1м. Вони призначені для гасіння невеликих осередків пожеж у разі займання речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря. У місцях застосування та зберігання горючих речовин розміри покривал можуть бути збільшені до величин: 2м×1,5м, 2м×2м. Покривала слід застосовувати для гасіння пожеж класів «А», «В», «D», (E).

Бочки з водою встановлюють у виробничих, складських та інших приміщеннях, спорудах у разі відсутності внутрішнього протипожежного водогону та за наявності горючих матеріалів, їх кількість у приміщеннях визначають з розрахунку установки однієї бочки на 250-300 м² захищеної площі.

Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння відповідно до ГОСТ 12.4.009-83 повинні мати місткість не менше $0,2 \text{ м}^3$ і бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше $0,008 \text{ м}^3$.

Пожежні щити (стенди) встановлюються на території об'єкта з розрахунку один щит (стенд) на площу 5000 м^2 .

До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщаються на ньому, слід включати: вогнегасники – 3 шт., ящик з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу розміром $2\text{м} \times 2\text{м}$ – 1 шт., гаки – 3 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

Ящики для піску повинні мати місткість $0,5$, $1,0$ або $3,0 \text{ м}^3$ та бути укомплектованими совковою лопатою.

Вмістилища для піску, що є елементом конструкції пожежного стенду, повинні бути місткістю не менше $0,1 \text{ м}^3$. Конструкція ящика (вмістилища) повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів.

Склади лісу, тари та волокнистих матеріалів слід забезпечувати збільшеною кількістю пожежних щитів з набором первинних засобів пожежогасіння, виходячи з місцевих умов.

Будівлі та споруди, які зводяться та реконструюються, мають бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння з розрахунку:

- на 200 м^2 площі підлоги – один вогнегасник (якщо площа поверху менша 200 м^2 – два вогнегасники на поверх), бочка з водою, ящик з піском;
- на кожні 20 м довжини риштування (на поверхах) – один вогнегасник (але не менше двох на поверсі), а на кожні 100 м довжини риштування – бочка з водою;
- на 200 м^2 площі перекриття з горючим утеплювачем або горючими покрівлями – один вогнегасник, бочка з водою, ящик з піском;
- на кожну люльку агрегату для будівництва градирень – по два вогнегасники;
- у місці встановлення теплогенераторів, калориферів – два вогнегасники та ящик з піском на кожний агрегат.

У вищезазначених місцях слід застосовувати вогнегасники пінні чи водяні місткістю 10 л або порошкові місткістю не менше 5 л.

На території будівництва, в місцях розташування тимчасових будівель, складів, майстерень встановлюють пожежні щити (стенди) та бочки з водою.

Вибір типу та визначення потрібної кількості вогнегасників здійснюється згідно з таблицями в залежності від їх вогнегасної спроможності, граничної площі, класу пожежі горючих речовин та матеріалів у захищуваному приміщенні або на об'єкті (стандарт ISO №3941-77).

Вибір типу вогнегасника (пересувний чи переносний) обумовлений розмірами можливих осередків пожеж; у разі збільшення їх розмірів рекомендується використовувати пересувні вогнегасники .

Для гасіння великих площ горіння, коли застосування ручних та пересувних вогнегасників є недостатнім, на об'єкті мають бути передбачені додатково ефективні засоби пожежогасіння.

З наведених нижче рекомендацій, а також скориставшись даними таблиць (стандарт ISO №3941-77), призначаємо наступну кількість засобів пожежогасіння для проектного цеху:

У відділеннях механічної обробки, заготівельних і складських приміщеннях, пожежні щити на відстані 50 м один від одного, оснащені: вогнегасники – 3 шт.; покривало з негорючого матеріалу розміром 2м×2м – 1шт.; гаки – 3 шт.; лопати – 2 шт.; ломи – 2 шт.; сокири – 2 шт.; ящик з піском – 1 шт.

Відділення по збереженню палива і мастильних речовин, а також у фарбувальному цеху, додатково оснастити пересувними порошковими вогнегасниками місткістю 50л., а також бочками з водою, по одній на відділення.

4.2 Основні заходи щодо зниження рівня шуму на ділянці

Спосіб захисту робітника від шуму, який супроводжує виробничі процеси, має визначальний вплив на продуктивність праці та культуру виробництва. Для зменшення негативного впливу шумових ефектів від роботи

верстатного та допоміжного обладнання використовують різноманітні засоби та методи [8, 9]. Один із високоефективних способів – це заміна шумових, ударних виробничих процесів безшумними. Наприклад, зворотно-поступальний рух пресів, по можливості, замінюють обертовим. У випадках надмірного шуму від контакту співударних елементів машин контактні елементи футерують демпфуючими матеріалами на основі гуми, поліуретану, бітуму або високов'язких мастил. Також ефективним заходом є почергове межування металевих деталей із полімерними чи пластиковими. Для зменшення шумових ефектів у направляючих елементах їх оснащують додатковими демпфуючими пристроями, буферами, які суттєво зменшують вібрації та шум при контакті деталей у таких вузлах.

У машинах, які містять вентилятори, повітропроводи та інші аналогічні установки з повітряними потоками, переходи та з'єднання між каналами рекомендовано виготовляти із прогумованої тканини, гуми та інших демпфуючих матеріалів. Системи змащування також ефективно протидіють шумам у двигунах, редукторах та коробках передач. Якщо ж джерело шуму неможливо, з технічних причин, усунути або знизити до допустимого рівня – то проводять його ізоляцію спеціальними матеріалами. Ефективними заходами є розміщення у звукоізолюючих кожухах таких вузлів, як електричні двигуни, редуктори, коробки передач із виведенням до оператора органів їх керування. Також окремі шумові вузли (ланцюгові чи пасові передачі, контактні ударні деталі) розміщують у спеціальних шумоізольованих боксах чи кожухах, обклеюють їх корпуси шумоізолюючими матеріалами. Пневмосистеми обладнують додатковими каналами, які гасять шум повітряних потоків.

Правильний підбір та монтаж вентилятора забезпечує безшумну або ж у межах норм вентиляцію виробничих цехів а дільниць. Системи вентиляції оснащуються вентиляторами із двигунами, які мають значну швидкість обертання (2500 і більше об/хв.). При непрофесійному встановленні такі швидкості спричиняють вібрації у системах вентиляції. Відповідно до шуму повітряного потоку додаються шумові вібрації, які поширюються у суміжні дільниці по каналах вентиляції, через перестінки а перегородки, а також через

спільні конструктивні елементи цеху. Для запобігання таким явищам використовують малооборотні вентилятори, монтаж вентиляторів на гумові чи поліуретанові подушки, регулятори частоти їх обертання.

Ефективно забезпечує зниження акустична обробка приміщення чи споруди [8, 9]. Дана обробка передбачає облицювання стін та стелі звукоізолюючими панелями на основі звукоізолюючого поролону, спіненого каучуку, мінеральною чи скловатою. Ці матеріали активно гасять коливання звукових хвиль. Додаткове гасіння звуку забезпечує використання таких штучних поглиначів хвиль як звукопоглинальні та резонаторні екрани, щити, поглиначі у вигляді конусів, кубів. Ефективність такої акустичної обробки дільниць чи цехів залежить від звукопоглинальних властивостей використовуваних матеріалів, особливостей їх розташування, об'єму приміщення, співвідношення геометричних розмірів, а також місць розташування шумових джерел.

Технологічні заходи для зниження шуму доцільно передбачати ще на стадії проєктування дільниці промислового цеху. У випадку використання обладнання, яке не закладалося у проєкт на стадіє розробки, проводять модернізацію об'єкту з метою приведення шумових ефектів до прийнятих норм. Ефективним та поширеним рішенням щодо зменшення шуму на дільниці є розміщення шумного обладнання у окремо винесених за межі цеху приміщення. Це стосується компресорних, вентиляційних установок, організації окремих ковальсько-пресових цехів. Це дозволяє забезпечити зниження виробничого шуму з мінімальними витратами коштів, обладнання та матеріалів.

4.3 Висновки до розділу

У розділі визначено показники кількості засобів пожежогашіння для розміщення на дільниці виготовлення корпусу ЖВМ22.122.11 та описано основні заходи щодо зниження рівня шуму на механообробній дільниці.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі була розроблена раціональна технологія виготовлення корпусу ЖВМ22.122.11, що відповідає вимогам крупносерійного виробництва, забезпечує необхідну точність обробки, економічну доцільність застосування з урахуванням технологічних можливостей виробництва.

В рамках розробки виконано техніко-економічне обґрунтування вибору початкової заготовки, спроектовано конструкцію литої заготовки корпусу. Розроблено технологічний процес механічної обробки різанням такої заготовки в рамках якого розроблено схеми базування оброблюваної заготовки та структуру технологічних переходів механічного оброблення для забезпечення точності і якості поверхонь, синтезовано технологічний маршрут оброблення корпусу та структуру технологічних операцій механічного оброблення його різанням, розроблено план механічного оброблення поверхонь та визначено їх міжопераційні розміри. Також виконано розрахунок припусків внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 145H7(^{+0.040})$ корпусу аналітичним методом та розрахунок режимів різання. Проведено нормування технологічних операцій та на його основі виконано розрахунок складу та кількості необхідного технологічного устаткування. Також уточнено тип виробництва. Також описано загальне поняття про універсально-складальне пристосування для верстату IP800M1Ф4-29, виконано розрахунок необхідних сил затискування оброблюваного корпусу, розміщеного в універсально-складальному спорядженні (УСС). На основі цього проведено вибір конструктивних елементів УСС та розрахунок його точності. Також виконано вибір контрольного пристрою для вимірювання радіального биття поверхні $\varnothing 145H7(^{+0.040})$.

В рамках тематики розділу стосовно безпеки життєдіяльності та охорони праці визначено показники кількості засобів пожежогасіння для розміщення на дільниці виготовлення корпусу ЖВМ22.122.11 та систематизувати основні заходи щодо зниження рівня шуму на згаданій дільниці.

Таким чином успішно вирішено комплекс завдань, пов'язаних із проектуванням згаданого ТП. Результати можуть бути впроваджені на машинобудівних підприємствах для підвищення ефективності виробництва корпусу ЖВМ22.122.11 та подібних виробів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
2. Багрова І. В. Нормування праці : навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2003. 212 с.
3. Васильків В. В., Радик Д. Л. Експериментальні дослідження в технології машинобудування. Навч. посіб. з дисципліни "Наукові дослідження і теорія експерименту". Тернопіль : ТНТУ, 2012. 386 с.
4. Григурко І. О., Брендуля М. Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : навч. посіб. Львів : Новий світ, 2011. 768 с.
5. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль: ТДТУ, 2001. 277 с.
6. Дичковський М. Г. Спеціальна технологічна оснастка. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 243 с.
7. Дичковський М. Г., Радик М.Д. Розрахунок точності пристосувань. Тернопіль: ТНТУ, 2015. 28 с.
8. Жидецький В.Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.
9. Жидецький В.Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.
10. 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
11. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
12. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу "Технологія машинобудування". Тернопіль, 2001. 58 с.
13. Методичні вказівки для практичного заняття №1 на тему: Методи визначення ефективності інженерних рішень з дисципліни "Ефективність

інженерних рішень” / Укладачі: Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик, Ігор Ярема. — Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. — 25 с.

14. Методичні вказівки для практичного заняття №2 на тему: Оцінка ефективності та обґрунтування методу отримання заготовок з дисципліни “Ефективність інженерних рішень” / Укладачі: Василь Васильків, Лариса Данильченко, Дмитро Радик, Ліліана Джиджора. — Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. — 29 с.

15. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: Підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 556 с.

16. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.

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

18. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

19. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль: ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>

20. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей: навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 152 с.

21. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч. посібник – К.: ІСДО, 1996 – 300 с.

22. Терміни та визначення в технічній творчості та наукових дослідженнях. Методичний посібник / Уклад. Пилипець М.І, Васильків В.В., Радик Д.Л. – Тернопіль: Вид.-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2011. – 256 с.

23. Creating a 3D model. Study guides for lab classes № 4 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production“ course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 40 p.

24. Creating a parametric drawing in the automatic parameterization mode. Study guides for lab classes № 3 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production“ course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 28 p.

25. Creating Parametric Drawing. Study guides for lab classes № 2 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production“ course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 38 p.

26. Sketching by Non-parametric Drawing. Study guides for lab classes № 1 in the “CAM and CAE Systems of Machine Building Production“ course. Editors: Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. – Ternopil: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, 2021. – 28 p.

27. Vasylykiv V., Danylchenko L., Radyk D. Technological methods of workpieces manufacturing. Metal Casting: Manual / V. Vasylykiv, L. Danylchenko, D. Radyk. Edited by L. Dzhydzhora. – Ternopil: Osadtsa U.V., 2021. – 203 p.

28. Vasylykiv V., Pylypets M., Danylchenko L., Radyk D. (2021) Use of computer-integrated technologies in training of engineering specialists. In: Ternopil National Ivan Puluj Technical University, Proceedings of the International Conference Advanced Applied Energy and Information Technologies, Ternopil, December 15-17, 2021, pp. 74-80.

29. Vasylykiv V.V. Technologies of workpieces manufacturing by casting: manual / V.V. Vasylykiv, L.M. Danylchenko, D.L. Radyk. – Ternopil : Published TNTU named after Ivan Puluj, 2023. – 492 p.