

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)
Інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи

магістра

(освітній рівень)

на тему: Розроблення технології виготовлення
корпуса ОЛВ 52.122 з дослідженням програмних продуктів для
моделювання процесів обробки матеріалів тиском

Виконав: студент 6 курсу, групи МТм-61
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(шифр і назва спеціальності)

_____ Головатий О.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Васильків В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Ткаченко І.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Окіпний і.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет *Інженерії машин, споруд і технологій*

Кафедра *інжинірингу машинобудівних технологій*

Освітній ступінь *магістр*

Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)

Спеціальність *131 Прикладна механіка*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри *Окіпний І.Б.*

« » _____ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Головату Олександр Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Розроблення технології виготовлення корпусу
ОЛВ 52.122 з дослідженням програмних продуктів для моделювання процесів
обробки матеріалів тиском*

Керівник проекту (роботи) *Васильків Василь Васильович, д.т.н.*

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від « » вересня 2020 року №

2. Термін подання студентом проекту (роботи) _____
3. Вихідні дані до проекту (роботи) *Загальна інформація про деталь, програма випуску – 4000
шт., технічні умови (технологічні можливості підприємства)*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
*Аналітична частина, технологічно-конструкторська частина, охорона праці та безпека в
надзвичайних ситуаціях, науково-дослідна частина (розробити рекомендації для вибору
програмного продукту для моделювання процесів обробки матеріалів тиском)*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
*ілюстративний матеріал до науково-дослідної частини, креслення технологічного
спорядження для закріплення деталі на операціях 005 і 010.*

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>			
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>			

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	<i>Аналітична частина</i>		
	<i>Науково-дослідна частина</i>		
	<i>Технологічно-конструкторська частина</i>		
	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>		
	<i>Графічна частина</i>		
	<i>Опублікування матеріалів результатів досліджень</i>		
	<i>Захист магістерської роботи</i>	22.12.2020	

Студент _____
(підпис)

Головатий О.І. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис)

Васильків В.В. _____
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП

1. Аналітична частина

1.1 Аналіз стану питання за патентно-літературними джерелами

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

1.3 Висновки і постановка задачі на магістерську роботу

2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Методи моделювання процесів обробки металів тиском (МПІОТ)

2.2 Методика комп'ютерного моделювання процесів обробки металів тиском

2.3 Вибір програмного продукту для вирішення задач ОМТ

2.4. Використання програмного продукту "MPRIORITY 1.0" для вибору програмного продукту для дослідження технологічних операцій обробки металів тиском

2.5 Програмний продукт DEFORM. Основні етапи роботи

2.6 Висновки до розділу

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Встановлення типу та організаційної форми виробництва

3.2 Вибір способу отримання заготовки

3.3 План вибору технологічних баз

3.4 Автоматизований синтез маршруту обробки деталі

3.5 Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів, проектування заготовки

3.6 Розмірний аналіз технологічного процесу

3.7 Вибір різального та вимірювального інструменту

3.8 Розрахунок режимів різання

3.9 Технічне нормування спроектованого ТП

3.10 Вибір технологічного устаткування з визначенням ефективності його використання

3.11 Розрахунок сил затиску і визначення основних параметрів механізмів затиску деталі на операціях ТП

3.12 План дільниці цеху

3.13 Висновки до розділу

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз умов праці

4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1. Мікроклімат

4.2.2 Освітлення

4.2.3.Вібрації

4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

4.3.1 Електробезпека

4.3.2. Безпека виробничих процесів і обладнання

4.3.3 Протипожежні заходи

4.3.4 Розрахунок рівня шуму на ділянці. Заходи для його зниження

4.4 Застосування основних способів ведення рятувальних робіт на промислових підприємствах

4.5 Висновки до розділу

Висновки

Перелік посилань

Додатки

ВСТУП

Актуальність теми роботи. Інтенсифікація виробництва у машинобудуванні пов'язана з необхідністю переобладнання і модернізації засобів виробництва на базі реалізації сучасних науково-практичних досягнень. Сучасні тенденції у машинобудуванні зводяться до модифікації вже існуючих пристосувань та використання устаткування з ЧПК, яке мало залежить від кваліфікації робітника. Це дозволяє забезпечити стабільно високу якість оброблених деталей.

В загальному об'ємі виробництва значне місце займають операції обробки металів тиском, які в значній мірі визначають продуктивність виробництва, рівень використання матеріалів та кількість відходів.

Впровадження технологій комп'ютерного моделювання розкрило широкі можливості для скорочення часу підготовки виробництва, порівняння отриманих варіантів розрахунку з точки зору продуктивності і економії енергетичних витрат, спростило методику аналізу можливостей виникнення дефектів та відповідного відлагодження технології, дозволило прорахувати варіанти обробки деталі з отриманням кінцевого виробу з максимальною техніко-економічною ефективністю.

Багатоманітність і широкі сфери використання програмних продуктів для дослідження технологічних операцій обробки металів тиском ускладнює рішення вибору для конкретного машинобудівного підприємства.

Мета роботи: розроблення технології виготовлення корпусу ОЛВ52.122 з дослідженням програмних продуктів для моделювання процесів обробки матеріалів тиском.

Об'єкт дослідження. Основним об'єктом дослідження є технологічний процес виготовлення корпусу ОЛВ52.122 та програмні продукти для моделювання процесів обробки матеріалів тиском.

Методи досліджень: основи технології машинобудування і теорії різання, інженерної творчості, методи та засоби патентних дослідження, системного аналізу, Розрахунки проведені шляхом використання сучасних математичних методів та обчислювальних засобів.

Отримані результати:

1. Проаналізовано програмні продукти для моделювання процесів обробки матеріалів тиском.

2. Розроблено ТП виготовлення корпусу ОЛВ52.122 в рамках якого визначено серійність виробництва, обрано спосіб отримання заготовки та розраховано її основні розміри та допуски і припуски, здійснено автоматизований синтез маршруту обробки такої деталі у середовищі програмного продукту «ТехноПро», виконано розмірний аналіз технологічного процесу, здійснено вибір різального та вимірювального інструменту, визначено режими різання з технічним нормуванням спроектованого ТП, здійснено вибір технологічного устаткування з визначенням ефективності його використання, спроектовано верстатне спорядження для закріплення деталі на технологічній операції механічної обробки, представлено схему розміщення устаткування на дільниці, розроблено заходи щодо забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях для реалізації такого ТП.

3. Запропоновано методику вибору програмних продуктів для моделювання процесів обробки матеріалів тиском та програмний продукт для технологічного бюро машинобудівного підприємства.

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблено ТП виготовлення корпусу ОЛВ52.122, а також методику вибору програмних продуктів для моделювання процесів обробки матеріалів тиском. Запропоновано програмні продукти для технологічного бюро машинобудівного підприємства.

Апробація. Результати наукових досліджень доповідались на ХІХ міжнародній науково-практичній конференції „Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука-виробництва“ (м. Суми, 25-26 листопада 2020р.).

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4-х частин, висновків, переліку посилань із 47 найменувань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 88 арк. формату А4, графічна частина – 8 аркушів формату А1.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз стану питання за патентно-літературними джерелами

У сучасному машинобудуванні проектування технологічних процесів виготовлення деталей методом обробки деталей тиском (ОМТ) здійснюють з використанням САД/САЕ-систем. Впровадження технологій комп'ютерного моделювання розкрило широкі можливості для скорочення часу підготовки виробництва, порівняння отриманих варіантів розрахунку з точки зору продуктивності і економії енергетичних витрат, спростило методику аналізу можливостей виникнення дефектів та відповідного відлагодження технології, дозволило прорахувати варіанти обробки деталі з отриманням кінцевого виробу з максимальною техніко-економічною ефективністю [6]. Це у свою чергу призвело до зростання інтересу і обсягу патентування (лідерами є Китай, Японія, США) технологій виготовлення деталей методом ОМТ (табл. 1.1, рис. 1.1-1.5) та виникнення різноманітних програмних продуктів для їх комп'ютерного моделювання. Про це свідчать результати патентних досліджень [47], що були проведені на основі використання системи WIPO (таблиця 1.1, рис. 1.1).

Таблиця 1.1 Зведені результати досліджень у системі “WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION (WIPO)” документів інтелектуальної власності 5-ти міжнародних патентних відомств (ОАПІ, ЄПО, ЕСАРІПО, ЄАПО, ВОІВ) у 120-ти країнах світу

Країни		Заявники		Винахідники		МПК коди		Дата публікації	
China	313.604	NIPPON STEEL CORP	5.870	THE INVENTOR HAS WAIVED THE RIGHT	1.451	B21D	457.179	2011	20.281
Japan	200.973	POSCO	5.001	BE MENTIONED		B21B	179.160	2012	26.903

Країни	Заявники	Винахідники	МПК коди	Дата публікації	Країни	Заявники	Винахідники	МПК коди	Дата публікації
United States of America	119.972	KAWASAKI STEEL CORP	2.943	WANG WEI	565	B21C	145.405	2013	32.191
				WANG JUN	506	B21J	82.557	2014	33.864
Germany	58.674	AMADACO LTD	2.759	ZHANG WEI	473	B21F	65.709	2015	34.514
Russian Federation[USSR data]	44.595	KOBE STEEL LTD	2.661	LI WEI	472	B21K	45.515	2016	37.333
		SUMITOMO METAL LTD	2.651	POTAPOV IVAN	449	C21D	34.524	2017	40.651
Republic of Korea	36.637	JFE STEEL CORP	2.636	NIKOLAEVICH		C22C	29.339	2018	55.411
France	33.003	NIPPON STEELS	2.157	OGAWA SHIGERU	431	B23P	28.604	2019	53.613
United Kingdom	31.349	SUMITOMO METAL CORPORATION		LIU WEI	403	B23K	28.077	2020	54.148
European Patent Office	30.087	SMS DEMAG AG	1.816	ZHANGJUN	377				
PCT	23.863	MANNESMANN AG	1.756	WANGJIAN	351				

- Africa
 African Regional Intellectual Property Organization (ARIPO) Kenya South Africa
- ARABPAT
 Egypt Jordan Morocco Saudi Arabia Tunisia
- Americas
 Canada United States of America
- LATIPAT
 Argentina Brazil Chile Colombia Costa Rica Cuba Dominican Republic Ecuador
 El Salvador Guatemala Honduras Mexico Nicaragua Panama Peru Uruguay
- Asia-Europe
 Australia Bahrain Bulgaria China Denmark
 Estonia Eurasian Patent Organization European Patent Office France Georgia
 Germany Germany(DDR data) Greece India Israel
 Italy Japan Latvia Lithuania Portugal
 Republic of Korea Romania Russian Federation Russian Federation(USSR data) Spain
 United Arab Emirates United Kingdom
- Asean
 Brunei Darussalam Cambodia Indonesia Lao People's Democratic Republic Malaysia
 Philippines Singapore Thailand Viet Nam

Рисунок 1.1 – Список країн світу та патентних організацій у системі WIPO

Із рисунка 1.2 бачимо таке ранжування підкласів МПК за обсягами патентування технічних рішень:

- “Механічна обробка тиском листового, сортового, профільного матеріалу або труб; перфорація” (B21D);
- “Прокатування металу” (B21B);
- “Виробництво листового матеріалу, дроту, сортової сталі, труб та інших профілів без прокатування; допоміжні операції, що застосовуються при обробці металів без зняття стружки” (B21C);
- “Кування; штампування; пресування; клепання; ковальські горни” (B21J);
- “Обробка дроту і виготовлення виробів з нього” (B21F);
- “Виготовлення виробів куванням або штампуванням, наприклад заклепок, болтів, коліс” (B21K);
- “Інші способи обробки; комбіновані способи обробки; універсальні верстати” (B23P);
- “Паяння; зварювання; плакування різання шляхом місцевого нагрівання, обробка металу лазерним променем” (B23K).

Динаміка патентування демонструє тенденцію росту інтересу до вдосконалення технологій обробки тиском листового, сортового, профільного матеріалу а також труб.

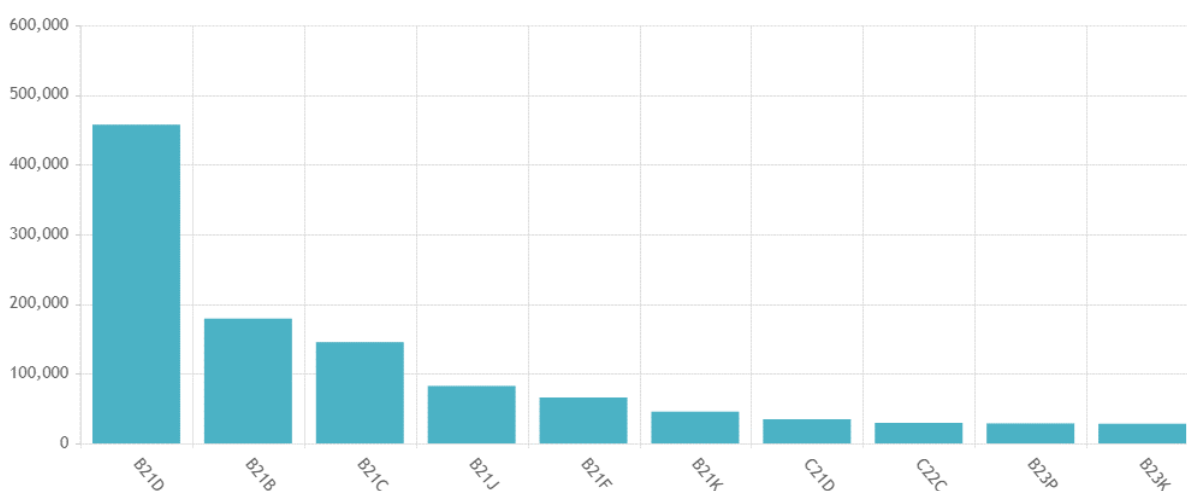


Рисунок 1.2 - Стан патентування технологій виготовлення деталей методом ОМТ за підкласами МПК B21

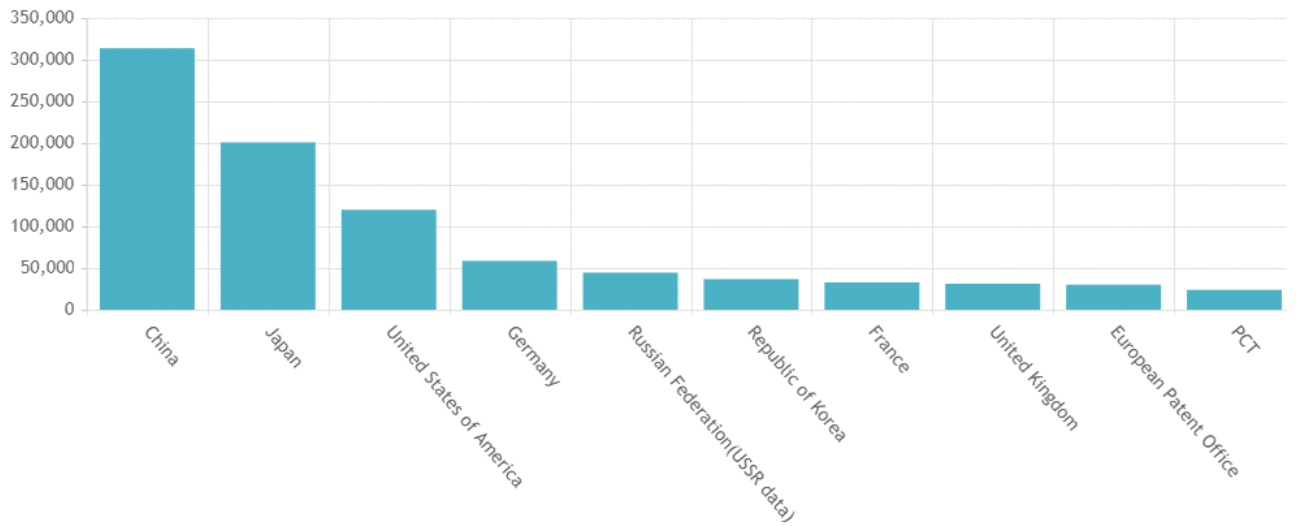


Рисунок 1.3 - Динаміка патентування у різних країнах світу технологій виготовлення деталей методом обробки металів тиском за МПК В21

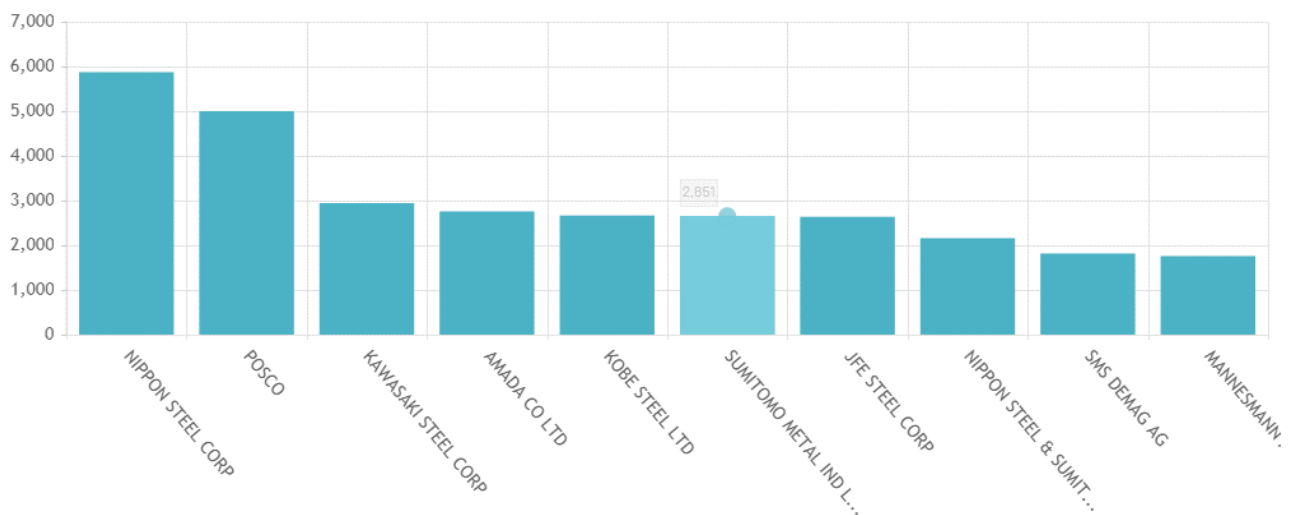


Рисунок 1.4 - Обсяг патентування технологій виготовлення деталей методом обробки металів тиском різними світовими фірмами-заявниками

Таким чином технології ОМТ займають вагоме місце у машинобудівному виробництві. Інтерес до технологічних операцій обробки металів тиском продиктований понад усе потребами автомобілебудування та оборонного комплексу.

Саме остання структура США перебуває у джерел створення першого програмного продукту ALPID (Analysis of Large Plastic Incremental Deformation) для моделювання згаданих процесів.

Сьогодні дослідження процесів ОМТ здійснюють методом кінцевих елементів, який покладений в основу більшості спеціалізованих програмних продуктів таких як QFORM (фірми “Quantor-Form Ltd”), DEFORM (фірми “Scientific Forming Technologies Corporation”), NAGFORM і NAGSIM (фірми “Metal Forming Systems, Inc”), AutoForm (фірми AutoForm), SUPERFORG/SUPERFORM (колишня програма “MarcAutoForge” фірми “SUPERFORG”), PAMSTAMP, HyperForm, J-Stamp, ROLLING, Pam-2G, BALKA, Forming Suite, Stampack. QuickStamp, FORGE (фірми “Transvalor”) і COLDFORM (фірми “Transvalor”) та багатофункціональних CAD/CAM/CAE-систем типу ANSYS (фірми “Ansys ltd”) і LS-DYNA (фірми “Livermore Software Technology Corporation (LSTC)”), SIMULIA Abaqus, MSC Nastran та ін. Найменше згадок про використання Blank Works/FastForm для Solid Works [6].

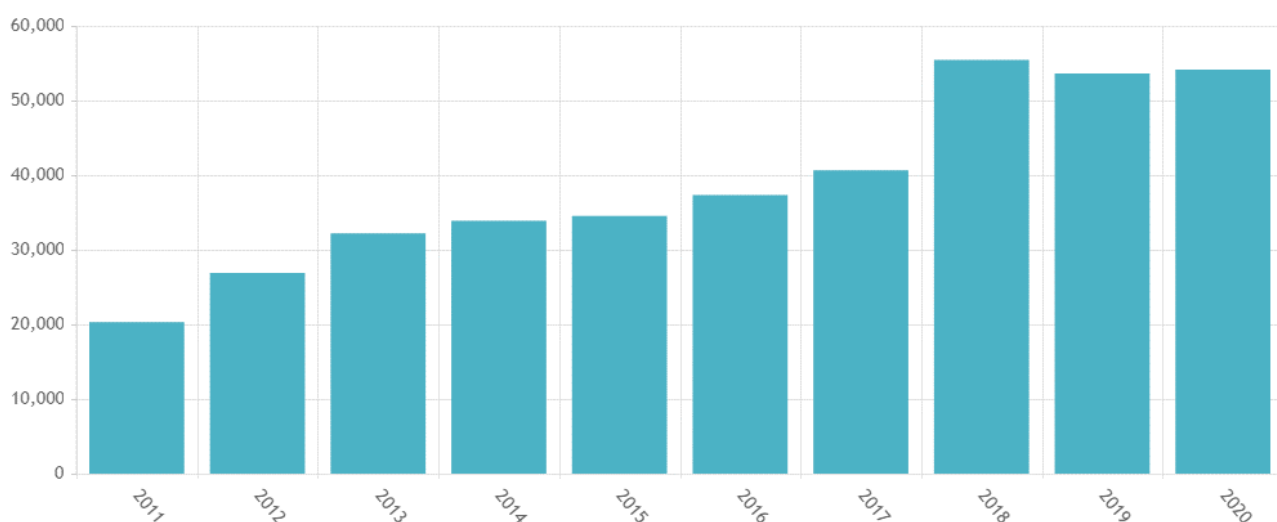


Рисунок 1.5 - Динаміка патентування технологій виготовлення деталей методом обробки металів тиском за датою публікування документів інтелектуальної власності

Через таку різноманітність існує проблема вибору комп'ютерної програми через її функціональні можливості, інтерфейс тощо. Зокрема рідше використовують програми FORGE, SIMULIA ABAQUS и ANSYS через їх складний інтерфейс і необхідності у значних теоретичних знаннях з області теорій пружності, пластичності, в'язкості тощо. До того ж ANSYS

WORKBENCH (модуль “Static Structural”) використовують здебільшого для моделювання процесів ОМТ при наявності пружних та пружно-пластичних деформацій (для порівняння, наприклад, в QFORM відсутня пружно-пластична модель матеріалу). При наявності пластичних деформацій, використання згаданої програми призведе до значних похибок в результатах. Найпростішим в цьому плані і найдешевшим є QFORM. Водночас необхідно відзначити складність імпорту графічних зображень в QFORM із таких систем як SolidWorks, CATIA, Pro/ENGINEER. А різноманітність даних виводу результатів комп’ютерного моделювання у DEFORM (<http://www.deform.com>) є ширшою ніж у QFORM (<http://www.qform3d.ru>). Водночас така програма FORGE, незважаючи на високу вартість, широко використовується у Франції, так як має значну державну підтримку. Також на ринку не виявлено нові версії програмного продукту SUPERFORG/SUPERFORM, що свідчить про припинення діяльності щодо його вдосконалення. До прикладу пакет DEFORM бере свій початок ще з 1993 року, а QFORM з 2004 р і до тепер проводяться розробки по їх вдосконаленню, про що свідчить поява нових версій таких програмних продуктів.

У більшості систем передбачена можливість імпорту графічних об’єктів у форматах:

- Keyword Files (*.key *.KEY)
- Database Files (*.db *.DB)
- STL Files (*.stl *.STL)
- AMGGEO Files (*.geo *.GEO)
- PATRAN Files (*.pda *.PDA)
- NASTRAN Files (*.nas *.NAS)
- IDEAS Files (*.unv *.UNV)
- 2D IGES Files (*.iqs *.IGS)

Створення 3D- об’єктів можна здійснювати у таких CAD-системах

A9CAD	www.a9tech.com
Alibre	www.alibre.com
AutoCad	usa.autodesk.com
BobCAD-CAM	www.bobcad.com
DeltaCad	www.deltacad.com
Dolphin Partmaster	www.dolphincadcamusa.com
Mastercam	www.mastercam.com
SketchUp Pro	sketchup.google.com
SolidWorks'	www.solidworks.com
TurboCad	www.turbocad.com
VCarve Pro	www.vectric.com

Окрім згаданих часто використовують такі програмні продукти як Компас, 3DMax, Blender CAD, OpenSCAD, GraphiteOne CAD, LibreCAD, KiCAD ZCAD, Techne CAD/CAM, JustCAD, CopyCAD, T-FLEX CAD/CAM, NanoCAD, A9 CAD, eCabinet, gCAD3d, Google Sketchup CAD, Minos CAD, Wings 3D CAD, Solid Edge Free 2D Drafting CAD, Heeks CAD/CAM.

У згаданих вище програмних продуктах для дослідження процесів ОМТ реалізовані такі способи моделювання

1. Лагранжа метод (Updated Fagrangian).
2. Стационарний метод (Steady-State).
3. Лагранжа-Ейлера метод (Arbitrary Fagrangian Eulerian).

На даний час все актуальнішими є питання використання технологій наскрізного проектування. Однак не всі програмні продукти дозволяють реалізувати такі новітні виклики [3].

Позаяк на підприємствах Volkswagen, Volvo, Fiat, Ford Europe, SEAT, JAGUAR, BMW, RENAULT, MITSUBISHI, NISSAN, AIRBUS використовують здебільшого AutoForm, Pam-Stamp DYNAform, Qform, Deform у поєднанні з SYSWELD для зварних операцій.

Доля інших програмних продуктів для дослідження операцій за різними методами отримання деталей машин є значно меншою. Для прикладу набагато рідше використовують програму VISI Flow для дослідження операцій лиття

пластмас, програму PROCUST для дослідження лиття металів і сплавів тощо.

Багатоманітність і широкі сфери використання програмних продуктів для дослідження технологічних операцій обробки металів тиском продиктовано потребами автомобілебудування, авіабудування.

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Основні задачі, які вирішуються при аналізі технологічності зводяться до оцінки чинників зменшення трудомісткості та металомісткості, можливості обробки деталі високопродуктивними методами.

Як відомо, оцінка рівня технологічності конструкції виробу або складальної одиниці має на меті встановити пристосованість конструкції до умов автоматизованого виробництва, ступінь економічності та вибір найбільш раціональних технологічних методів виготовлення.

В результаті аналізу технологічності конструкції деталі корпус ОЛВ52.122 з врахуванням особливостей її обробки на багатоцільовому верстаті встановлено наступне.

1. Механічному обробленню піддаю 6 сторін деталі, причому чотири з яких можуть оброблятися послідовно при повороті стола навколо вертикальної осі із технологічним пристосуванням, на якому встановлена така деталь. Інші дві сторони повинні оброблятися окремо із базуванням деталі на попередньо оброблених сторонах.

2. Стандартна геометрична фігура, у яке може бути вписана оброблювана деталь є паралелепіпед. Ускладнення процесу обробки деталі може бути зумовлено наявністю розміщеного під кутом різьбового отвору для заливання мастила, який однак не є індикатором рівня мастила. Тому з метою обмеження кількості додаткових рухів ріжучого інструменту та деталі при обробці, а отже і відповідних ускладнень наладки, можна рекомендувати змінити конструкцію вилучивши згаданий отвір, передбачивши його у конструкції кришки до згаданого корпусу.

3. Опорні поверхні деталі мають значну площу і габарит, що, у

поєднанні зі значною масою деталі, забезпечує необхідну стійкість деталі.

4. Основні оброблювальні поверхні доступні для підводу і проходу різальних інструментів і можуть бути отримані завдяки наскрізному проходу інструменту в одному напрямку та переміщенні вздовж контуру.

5. У конструкції у зовнішніх стінках передбачено декілька отворів, обробка яких може бути реалізована недовгомірними жорсткими консольними інструментами.

6. У деталі виконано конструктивні елементи, які дозволяють здійснювати її встановлення на технологічному спорядженні та в подальшому закріплювати на складальних операціях.

7. Деталь містить три різьбові отвори різного діаметру М6, М8 і М10, які можуть бути виконані мітчиками без додаткових технологічних налаштувань.

З усього викладеного можна зробити висновок, що корпус ОЛВ52.122 є достатньо технологічною і не викликає значних труднощів при його виготовленні.

Кількісну оцінку технологічності здійснювали за абсолютними та відносними показниками (таблиця 1.2) на основі формул і методик, викладених у працях [17, 44, 45].

Таблиця 1.2 – Абсолютні та відносні показники оцінки технологічності отримання деталі

Показник оцінки технологічності	Формула для розрахунку та порядок розрахунку	Опис параметрів
Показник оброблюваності матеріалу	Шкала для визначення показника ґрунтується на розрахунку відносної оброблюваності відносно еталонного матеріалу (сталь 45). $K_{om} = 35 / 25 = 1,4$	При свердлінні і діаметрі інструменту 6-10 мм для сталі 45 $T = 25$ хв.; для чавуну $T = 35$ хв.
Показник складності конструкції деталі	$K_{ск} = 0,25 \cdot (K_k + K_p + K_g + K_c)$ $K_{ск} = 0,25 \cdot (0,3 + 0,4 + 0,4 + 1) = 0,525$	K_k, K_p, K_g, K_c - коефіцієнти, що визначаються як $K_i = 1 - A_i$, причому A_i - уточнення.

Продовження таблиці 1.2

Показник оцінки технологічності	Формула для розрахунку та порядок розрахунку	Опис параметрів
Коефіцієнт K_{κ}	$K_{\kappa} = 0,3$.	Залежить від кількості поверхонь на вхідній заготовці, з яких одночасно знімається шар матеріалу при виготовленні деталі.
Коефіцієнт K_p	$K_p = 1 - A_p$, $A_p = 0,1 \cdot \sum_{j=1}^n m_j$ $A_p = 0,1 \cdot 6 = 0,6$; $K_p = 1 - 0,6 = 0,4$.	m_j - кількість заданих на кресленні даних щодо забезпечення необхідних точності форми і взаємного розташування поверхонь в межах 0,05 мм.
Коефіцієнт K_e	$K_e = 1 - A_e$, $A_e = 0,1 \cdot \sum_{j=1}^n m_j$ $A_e = 0,1 \cdot 6 = 0,6$; $K_e = 1 - 0,6 = 0,4$	m_j - кількість різних видів обробки різанням.
Коефіцієнт K_c	$A_c = 0,1 \cdot 0 = 0$, $K_c = 1 - 0 = 1$	Враховує відповідність точності і шорсткості поверхонь деталі певним оптимальним величинам (рекомендованим економічно і конструктивно обґрунтованим величинам).
Коефіцієнт точності шорсткості поверхні $K_{нов}$	$K_{нов} = 1 - \frac{m}{N}$; $N = 51$; $K_{нов} = 1 - 4/51 = 0,92$	m - кількість прецизійних поверхонь; N - загальна кількість поверхонь
Коефіцієнт уніфікації елементів K_{ye}	$K_{ye} = \frac{N_{ye}}{N_e} - 0,1 \cdot n$ $N_{ye} = 15$; $N_e = 20$; $n = 5$; $K_{ye} = 15/20 - 0,1 \cdot 5 = 0,25$	N_e і N_{ye} - відповідно загальна кількість та кількість уніфікованих конструктивних елементів в деталі; n - кількість не уніфікованих елементів
Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) $K_{вм}$	$K_{вм} = \frac{M_{\delta}}{M_3}$; $M_{\delta} = 21,5$ кг; $M_3 = 23$ кг; $K_{вм} = 21,5/23 = 0,93$	M_{δ} та M_3 - відповідно маса деталі та заготовки.
Комплексний показник технологічності	$K_m = \frac{\sum_{i=1}^n \kappa_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}$; $K_m = \frac{2,724}{3,5} = 0,78$	K_m - комплексний показник технологічності; φ_i - коефіцієнт вагомості часткового показника технологічності; κ_i - частковий показник технологічності; n - кількість часткових показників технологічності.

Результати розрахунків показників технологічності зведені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Зведені показники технологічності деталі

№ з.п.	Ккоефіцієнт	Вагове знач. показника	Числове значення
1	оброблюваності матеріалу $K_{ом}$	0,45	1,42
2	складності конструкції $K_{ск}$	0,67	0,54
3	точності і шорсткості $K_{пов}$	0,7	0,93
4	конструктивних елементів	0,65	0,26
5	КВМ K_{ye}	1,0	0,92
	Комплексний показник $K_{вм}$	K_m	0,78

Оскільки визначений комплексний показник технологічності $K_m = 0,78$ не перевищує нормативне граничне значення $K_m = 0,8$, то конструкція даної деталі задовольняє умовам технологічності.

1.3 Висновки і постановка задачі на магістерську роботу

На основі аналізу програмних продуктів для моделювання процесів обробки матеріалів тиском визначено наступне.

1. Динаміка патентування демонструє тенденцію росту інтересу до вдосконалення технологій обробки тиском.

2. Встановлено перелік підприємств, розробки яких присвячені дослідженням операцій обробки металів тиском. Інтерес до вдосконалення технологічних операцій обробки металів тиском продиктований понад усе потребами автомобілебудування, авіабудування.

3. Домінантна роль у вдосконаленні технологічних операцій обробки металів тиском належить Китаю, Японії, США, Німеччині.

4. Визначено перелік спеціалізованих програмних продуктів, які знайшли використання для моделювання процесів обробки металів тиском. Проаналізовано їх переваги та недоліки.

5. В рамках необхідності вирішення задачі розроблення технології

виготовлення корпусу ОЛВ52.122 з урахуванням типу виробництва та технологічних можливостей підприємства, зокрема на основі використання багатоцільового верстату з ЧПК проведено аналізу технологічності такої деталі за кількісними та якісними показниками, які показали, що шукане проектне рішення повинно базуватися на мінімізації використання спеціально оснащення, застосуванні оброблюючих центрів, реалізації одночасних схем обробки декількох поверхонь, впровадження раціонального способу одержання заготовки.

Метою роботи є: розроблення технології виготовлення корпусу ОЛВ52.122 з дослідженням програмних продуктів для моделювання процесів обробки матеріалів тиском.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати такі завдання:

- визначити серійність виробництва;
- обрати спосіб отримання заготовки та розрахувати її основні розміри та допуски і припуски;
- здійснити автоматизований синтез маршруту обробки деталі у середовищі програмного продукту «ТехноПро»;
- виконати розмірний аналіз технологічного процесу;
- здійснити вибір різального та вимірювального інструменту;
- визначити режими різання з технічним нормуванням спроектованого ТП;
- здійснити вибір технологічного устаткування з визначенням ефективності його використання; розробити план розміщення устаткування на ділянці;
- описати принцип роботи двох верстатних споряджень для закріплення деталі на технологічних операціях механічної обробки, виконати розрахунок сил затиску і визначення основних розмірів елементів механізмів затиску деталі на двох операціях ТП;
- розробити заходи щодо забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях для реалізації ТП виготовлення корпусу «ОЛВ52.122».
- розробити методику вибору програмних продуктів для моделювання процесів обробки матеріалів тиском. Запропонувати програмний продукт для технологічного бюро машинобудівного підприємства.

2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Методи моделювання процесів обробки металів тиском (МПОТ)

Найбільшого поширення набули такі методи МПОТ [29]:

1. Математичне моделювання методом скінченних елементів (МСЕ).
2. Фізичне моделювання на основі застосування теорем подібності.
3. Моделювання за допомогою нейромереж.
4. Фізичне моделювання із застосуванням пластометів.
5. Статистичні моделі.

У зв'язку з розвитком ІТ-технологій найбільшого поширення набув перший метод, так як дозволяє автоматично розбивати об'єкт досліджень на певну кількість елементів, скласти і вирішити систему диференціальних рівнянь, кількість яких дорівнює кількості невідомих значень у вузлах меж елементів з виділенням значень функцій на таких границях.

Метод дозволяє визначити енергосилові та температурні параметри процесу у різних перерізах об'єкту досліджень з представленням даних у вигляді кольорової гама просторових зображень та графіків.

У методі фізичного моделювання на основі застосування теорем подібності використовують міні аналоги реального виробу та обробляють отримані результати методами планування експерименту. .

Фізичне моделювання із застосуванням пластометів виконують багатоетапно на спеціально відібраних зразках за певних умов зі створенням залежностей напруження-деформації за різних умов при фіксації мікроструктури та обробленням синтезованих кривих в спеціальних програмних продуктах.

Статистичні моделі базують на обробці великого масиву виробничих даних із застосуванням методів статистики.

Використання нейромереж у дослідженнях вимагає спеціальної фахової підготовки, однак набуває усе більшого поширення.

Враховуючи обмежені часові рамки досліджень найпродуктивнішим методом є математичне моделювання методом скінченних елементів.

2.2 Методика комп'ютерного моделювання процесів обробки металів тиском

Вихідними даними для комп'ютерного моделювання є:

- креслення робочих елементів технологічного устаткування;
- геометричні параметри початкової та кінцевої заготовок;
- відомості про опір деформації матеріалу заготовки;
- технологічні характеристики використовуваного устаткування;
- характеристики мастильних матеріалів.

Методика комп'ютерного моделювання включає такі етапи:

1. Створення геометричних моделей в CAD-системах, їх збереження здебільшого у форматі .STL.
2. Завантаження файлів .STL в Pre-processor.
3. Позичювання 3D-моделей заготовки та інструменту один відносно одного.
4. Задання: фактору тертя Зібеля для різних пар спряжень заготовка-інструмент, матеріалу і температури заготовки, наявності чи відсутності теплообміну між заготовкою та деформуючим чи(і) направляючим інструментом.

Результати рішення включають значення деформацій, температур, напружень, переміщень, швидкостей і т.д. Науковий інтерес мають закономірності зміни форми заготовки в різних перерізах та оцінювання зміни енергосилових факторів у процесі деформування. Цього досягають за результатами спостереження формозміни деформівного тіла у відповідності з заданим кроком розрахунку, аналізу графічного зображення результатів рішення у вигляді епюр на заготовці, а також отриманих матеріалів у вигляді графіків залежностей результатів рішення від часу розрахунку з використанням системи відображення даних у вигляді

гістограми.

Необхідно відзначити, що у дослідженнях ряду науковців (Дмитрієв А. М., Коробова Н. В., Аксененко А. Ю., Толмачов Н. С.) [3, 28] стосовно порівняння розрахунково-аналітичних та комп'ютерних методів моделювання процесів обробки металів тиском показано розходження результатів, що пояснюється наявними припущеннями, невизначеністю напружень у кожний момент часу через нерівномірний розподіл контактних деформацій.

Загалом точність розрахунків визначається ступенем відповідності задання початкових умов комп'ютерного моделювання фізичним умовам процесу формоутворення.

2.3 Вибір програмного продукту для вирішення задач ОМТ

Вибір програмного продукту для вирішення задач ОМТ доцільно здійснювати на основі використання програми MPRIORITY 1.0 (<http://www.tomakechoice.com/mpriority.html>), у середовищі якої програмно реалізований метод аналізу ієрархії (метод Сааті), що відомий під назвою the Analytic Hierarchy Process, MAI, який часто застосовують для підтримки прийняття рішень [5].

В рамках реалізації такого методу, структурування проблеми можна провести у вигляді домінантної ієрархії (рис. 1.1).

Основні етапи досліджень такі (рис. 1.2):

- a) створення ієрархічної структури задачі,
- b) попарні порівняння критеріїв вибору програмного продукту,
- c) попарні порівняння альтернатив програмних продуктів за кожним із критеріїв,
- d) розрахунки векторів пріоритетів та узагальнених або глобальних пріоритетів (значимості), індексу узгодженості.

При проведенні порівняння і побудови матриць парних порівнянь рекомендують використовувати не більше 7 ± 2 елементів на кожному рівні (число Мюллера) з метою мінімізації похибки розрахунків.

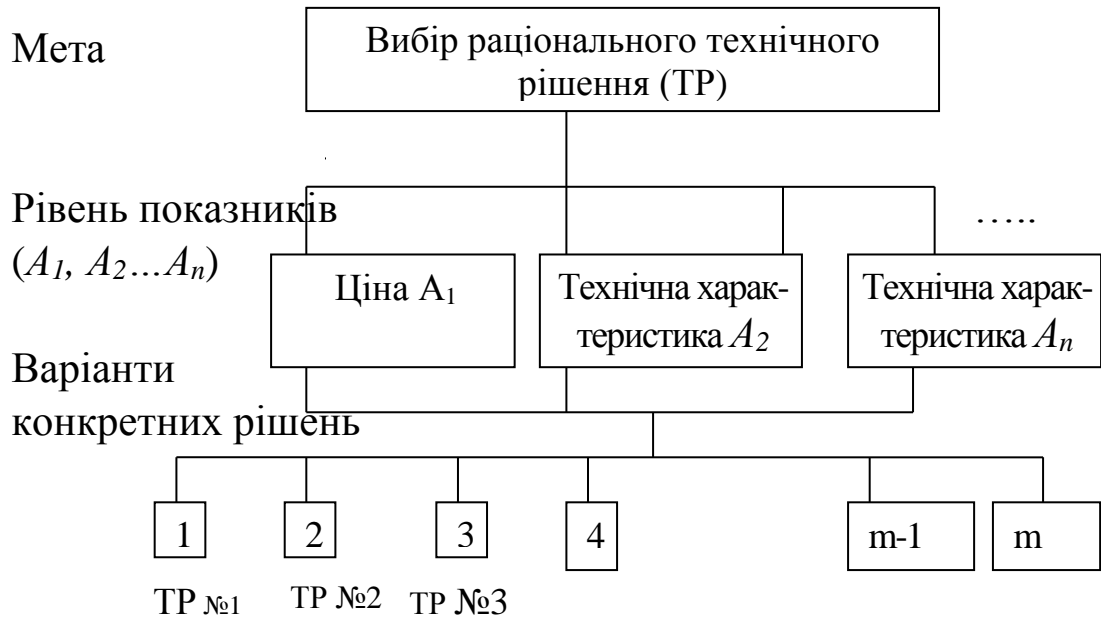


Рисунок 2.1. Схема доміантної ієрархії у МАІ



Рисунок 2.2 - Схема реалізації методу аналізу ієрархій

Критерії вибору програмного продукту такі: ціна (вартість програми DEFORM - \$60'000USD, PAM-STAMP – 150 тис. євро), інтерфейс, умови створення та імпорту графічних об'єктів, обсяг охоплення технологічних операцій ОМТ (див. рис. 2.3), ступінь деталізації результатів моделювання, рівень користувацького інтересу до програмного продукту за наявними публікаціями в інтернеті за даними системи Google trends (див. рис. 2.10-2.14), швидкість моделювання, об'єм програми тощо.

Альтернативами можуть бути згадані у розділі 1.1 програмні продукти.



Рисунок 2.3. Фрагмент ієрархії вибору програмного продукту для дослідження технологічних операцій обробки металів тиском

Програмні продукти повинні забезпечувати можливість досліджень щонайменше таких технологічних операцій: кування, штампування, поздовжнє і поперечно-гвинтове вальцювання, розкатування, пресування, прошивання.

Використання наявного в програмній системі механізму шаблонів (шаблон - готова ієрархія для одного із завдань прийняття рішень), дозволяє користувачеві адаптувати програмну систему під область своєї діяльності.

Програмна система MPRIORITY 1.0 активується запуском файла `mai.exe`.

У програмі прийнято такі позначення: СЗ - максимальне власне число λ_{\max} , ІС - індекс узгодженості ІУ, ОС - оцінка відносної узгодженості ВУ.

2.4. Використання програмного продукту "MPRIORITY 1.0" для вибору програмного продукту для дослідження технологічних операцій обробки металів тиском

Методика використання програмного продукту "MPRIORITY 1.0" описана в працях [5, 31, 39].

На рисунку 2.2 показано заповнення діалогового вікна " *Мета проекту*" - Вибір програмного продукту.

На другому рівні ієрархії розмістимо наступні під цілі: ціна, простота інтерфейсу, обсяг охоплення технологічних операцій ОМТ (див. рис. 2.4), ступінь деталізації результатів моделювання.

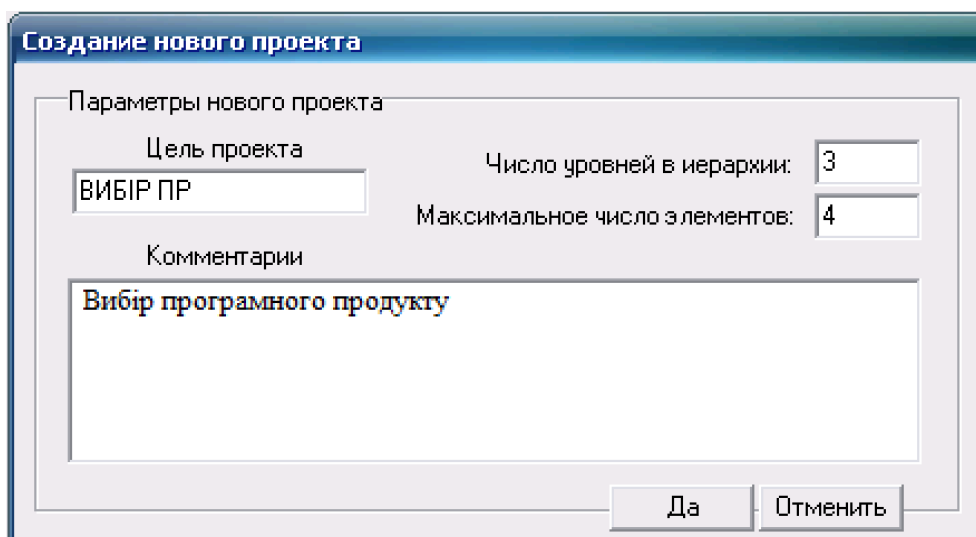


Рисунок 2.4 - Діалогове вікно "Создание нового проекта"

Після редагування елементів другого рівня, створюють елементи третього (нижнього) рівня ієрархії. На цьому рівні ми розташуємо альтернативи - варіанти програмних продуктів. У підсумку ми отримаємо ієрархію, зображену на рис. 2.5.

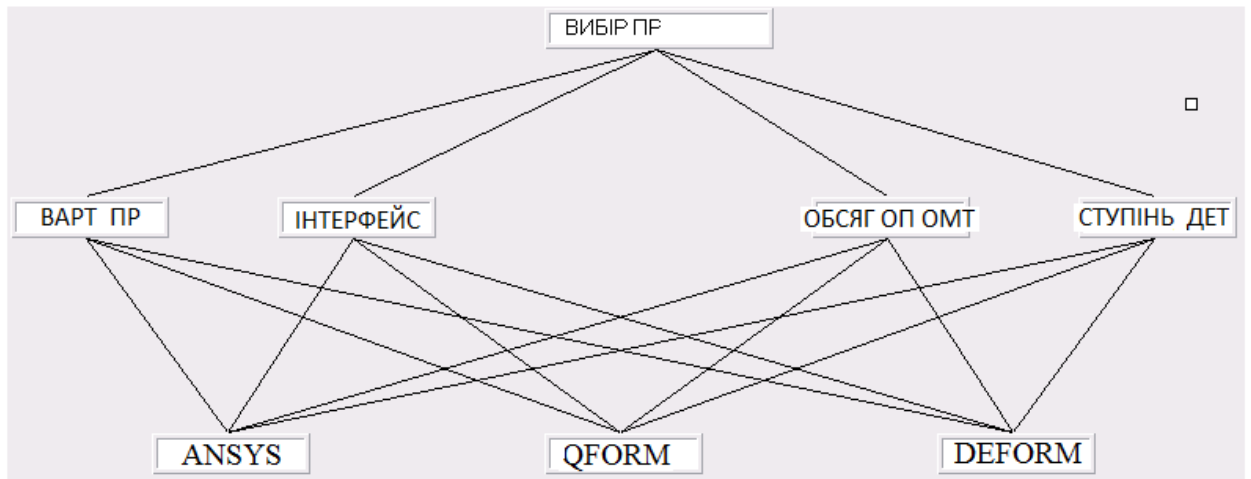


Рисунок 2.5 - Підсумкова ієрархія для завдання "Вибір програмного продукту"
(Вибір ПР)

Потім здійснюємо попарні порівняння обраних критеріїв між собою та програмних продуктів за кожним із критеріїв на основі шкали Кернсона (рис. 2.7).

Робота експерта

Производим попарные сравнения относительно объекта
ВИБІР_ПР

	1.	2.	3.	4.	Приоритет
1. ІНТЕРФЕЙС	1	4	2	1/2	0,2629
2. СТУПІНЬ ДЕТ	1/4	1	1/3	1/6	0,0638
3. ОБСЯГ ОП ОМТ	1/2	3	1	1/6	0,1314
4. ВАРТ ПР	2	6	6	1	0,5416

СЗ: 4,1022 Применить

ИС: 0,034 Закреть

ОС: 0,0378 Отмена

Исследовать

Рисунок 2.6 - Діалогове вікно здійснення попарних порівнянь елементів другого рівня, щодо мети "ВИБІР ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ"

Кожна клітинка таблиці, наведеної на рис. 2.6, є результатом парного порівняння двох елементів. Наприклад, комірка розташована на перетині рядка 2 і стовпця 3, зберігає результат парного порівнянь двох підцілей: "Ступінь деталізації розрахунків" і "Обсяг операцій ОМТ". Відповідно, осередок, розташована на перетині рядка 3 і колонки 2 зберігає результат, зворотний

результату попередньої комірки. Елементи таблиці, розташовані на головній діагоналі, виділені сірим кольором і завжди дорівнюють 1 (результат порівняння об'єкта самим з собою).

Як експерти для здійснення попарних порівнянь при виборі програмного продукту для моделювання операцій обробки тиском були залучені інженери-конструктори та інженери-технології компанії «Теролінг-Техно».

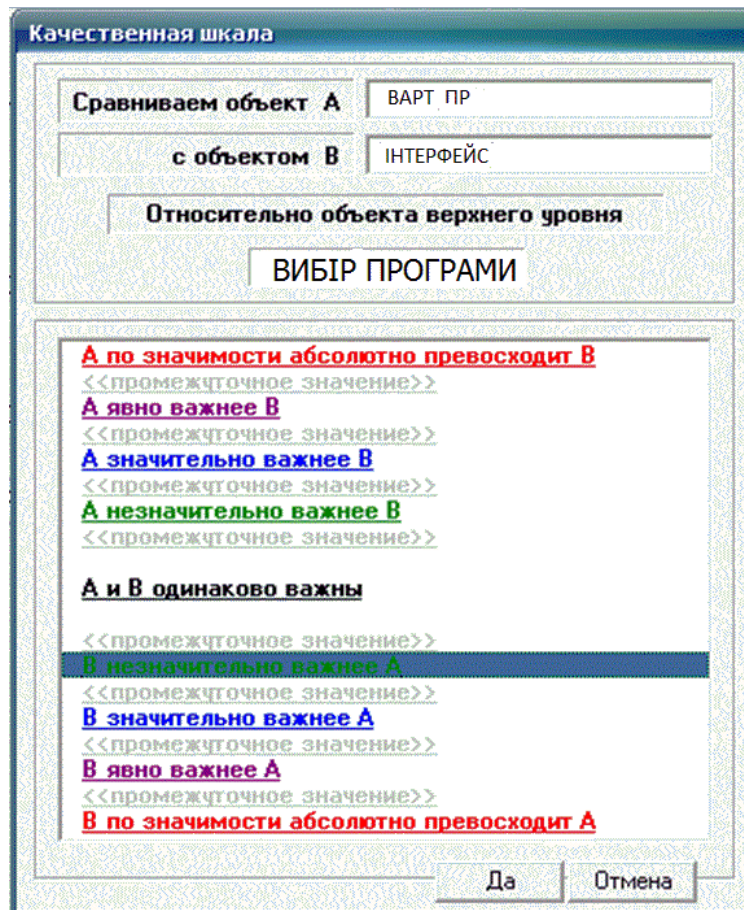


Рисунок 2.7 - Парні порівняння в режимі "Експерт"

Оцінка правильності прийнятих рішень здійснювалась на основі значень ІС - індекс узгодженості ІУ, показника відносної узгодженості ВУ. У разі якщо ВУ перевищує значення 0.2, слід переглянути результати порівнянь для досягнення умови $VY < 0.2$ (оптимальним є варіант, коли $VY < 0.1$).

Вектор пріоритетів, розташований у правій частині діалогового вікна (рис. 2.6, 2.8), показує переваги порівнюваних об'єктів щодо мети.

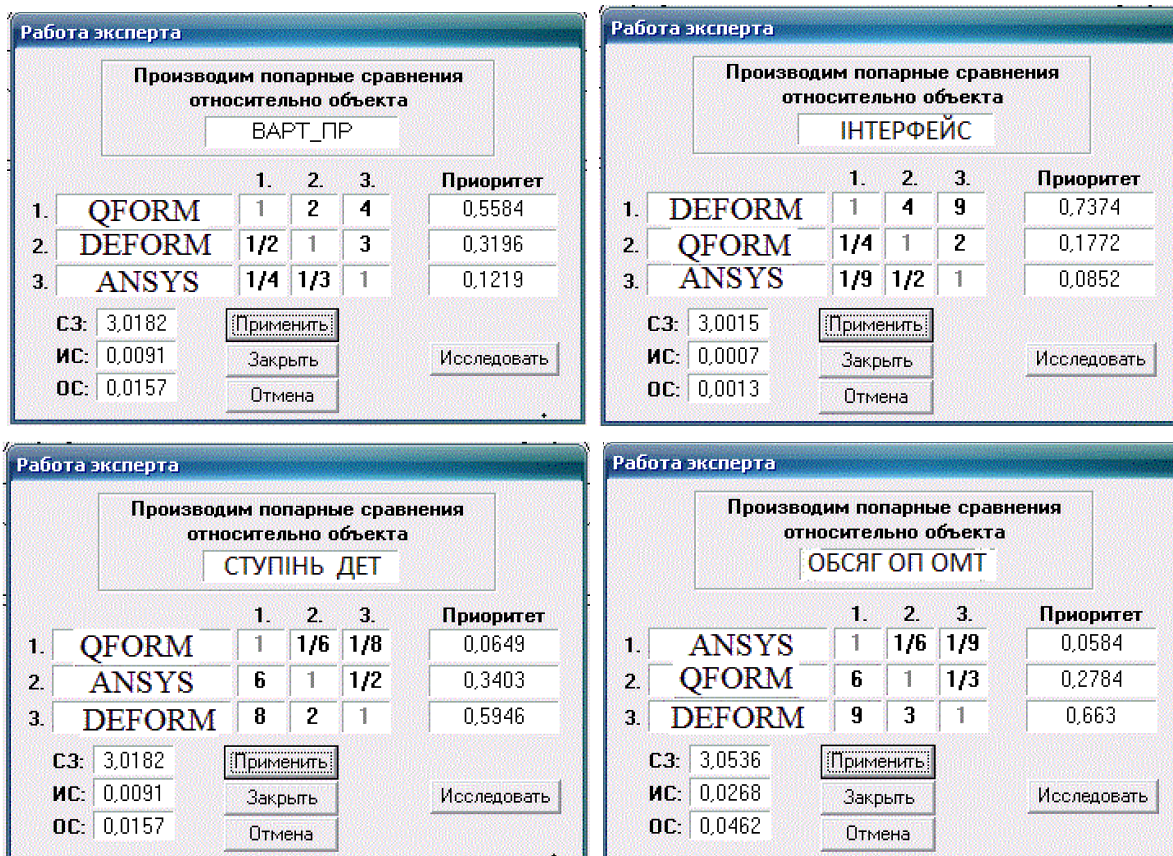



Рисунок 2.8 - Діалогові вікна попарних порівнянь програмних продуктів щодо їх характеристик

Після попарних порівнянь всіх елементів ієрархії нами отримано підсумковий результат - рішення задачі "Вибір програмного продукту для дослідження технологічних операцій обробки деталей тиском".

За результатами проведених порівнянь кращим вважається програмний продукт DEFORM.

Створений проект можна зберегти () в файлі, як проект програми "MPRIORITY 1.0" або у вигляді шаблону, щоб в подальшому використовувати цей шаблон для вибору найкращого програми з урахуванням технологічних можливостей, розміру, потреб конкретного машинобудівного підприємства чи інжинірингової компанії.

В результаті досліджень встановлено, що вибір конкретного продукту залежить від номенклатури задач у вирішенні яких існує необхідність (тобто від значення вектору пріоритетів від попарного порівняння критеріїв). Зокрема у

випадку існування необхідності у додаткових розрахунках на міцність, вирішенні температурних задач, доцільно використовувати SIMULIA Abaqus, ANSYS LS-DYNA. Остання відзначається складністю у використанні технологіями та не професійними фахівцями. Якщо комп'ютерне моделювання обмежене лише списком операцій ОМТ, то найоптимальнішим результатом вибору програмного продукту для інженерів технологів є DEFORM.



Рисунок 2.9 - Підсумковий результат - рішення задачі "Вибору програмного продукту для дослідження технологічних операцій обробки деталей тиском "

У таблиці 2.1 наведено перелік програмних продуктів з відповідним списком операцій у дослідження яких їх доцільно використовувати.

На основі використання інформаційної системи <https://trends.google.com/trends/?geo=US> нами досліджено динаміку популярності до згаданого програмного продукту (рис. 2.10). Така динаміка визначена на основі масиву запитів про таку програму у мережі інтернет.

Таблиця 2.1 - Перелік програмних продуктів з відповідним списком операцій у дослідження яких їх доцільно використовувати.

Технологічні операції ОМТ	Програмні продукти
Процеси гарячого і холодного об'ємного штампування	Qform, і Deform HT, SuperForm, MSC Nastran
Процеси гарячого і холодного об'ємного кування	Qform, Deform HT, Deform 3F, SuperForge, COLDFORM, MSC Nastran
Процеси холодного об'ємного штампування	Forge і COLDFORM
Листове штампування (не глибоке витягування великогабаритних деталей)	Autoform, Pam-Shtamp, Deform, MSC Nastran
Листове штампування (процеси витяжки та згинання деталей простої форми та інші не складні процеси)	LS-Dyna, Ansys, Abaqus, Deform, MSC Nastran
Листове штампування тонколистових деталей	Autoform, Pam-Shtamp, LS-Dyna, Ansys, Abaqus.
Листове штампування товстолистових деталей	LS-Dyna, Qform, Deform, MSC Nastran
Холодне та гаряче прокатування деталей зі сталі та сплавів	WinColdRolling, ANSYS/LS-DYNA, BALKА, SPP, CoilTemper3D, Qform, HRSPProfileControl, Deform, для моделювання стану інструменту - TRollCS ©. TRollHSM ©, AUSEVOL1+, AusTran

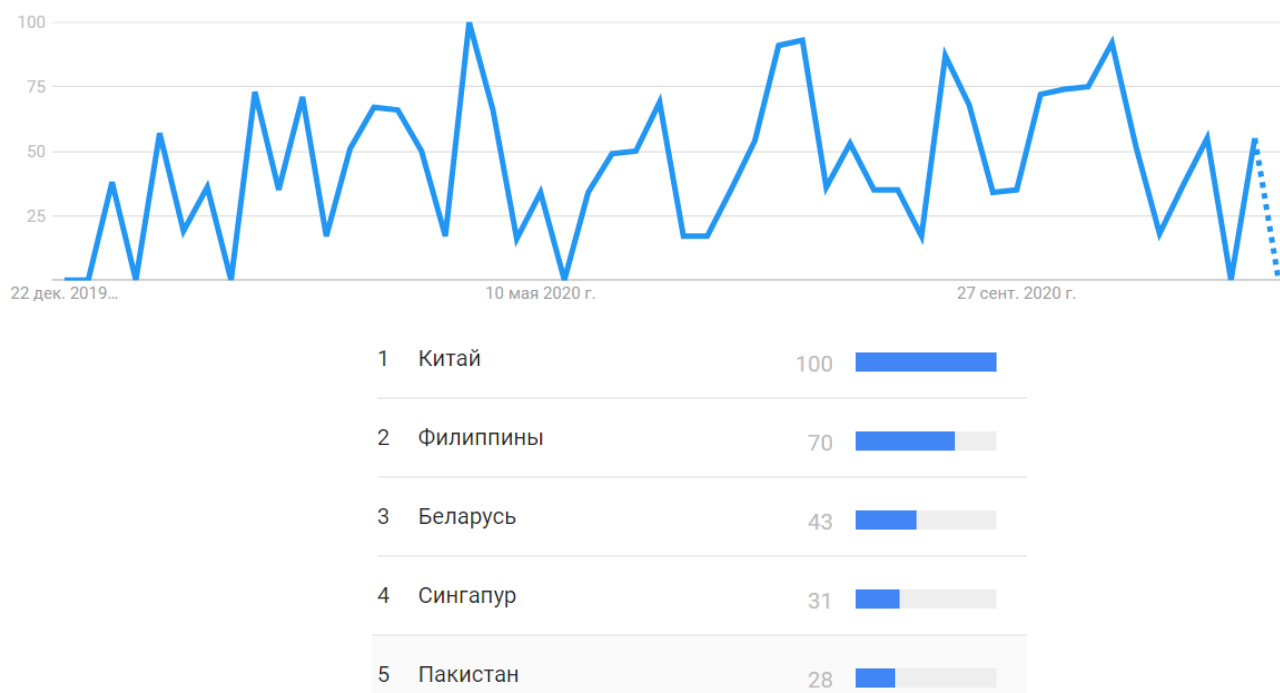


Рисунок 2.10 - Динаміка популярності програмного продукту DEFORM у світі

Для порівняння на рис. 2.11-2.14 показано динаміку запитів щодо програмних продуктів Ansys, QForm, SIMULIA Abaqus, COLDFORM.

Опитування думок студентів ТНТУ які поєднують навчання з практичною роботою на машинобудівних підприємствах показала зростання зацікавленості роботодавців в інженерах, які володіють сучасними спеціалізованими програмними продуктами на зразок QForm чи Deform 3D і вміло, поєднують ці навички зі знаннями в області обробки металів тиском. Тому застосування згаданих сучасних програм в процесі навчання в ТНТУ дозволяє молодим фахівцям набиратися досвіду такої роботи і ставати хорошими інженерами.

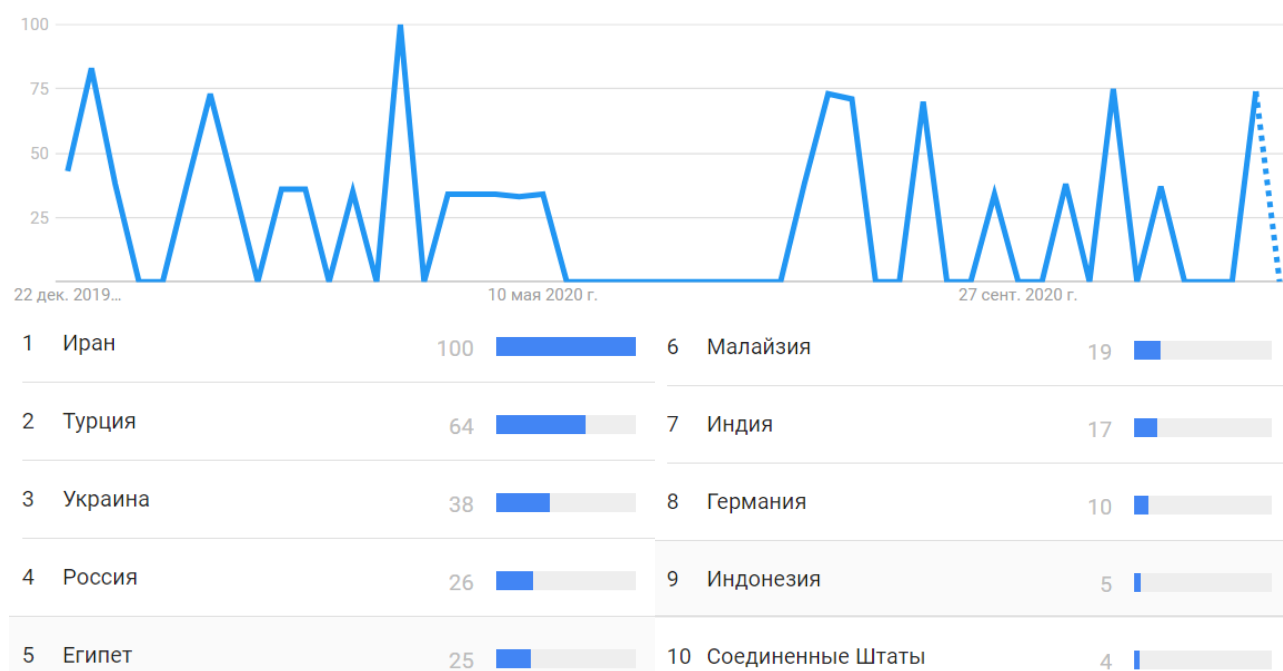


Рисунок 2.11 - Динаміка популярності програмного продукту Ansys у світі за рік



Рисунок 2.12 - Динаміка популярності програмного продукту QForm у світі за останні 5 років

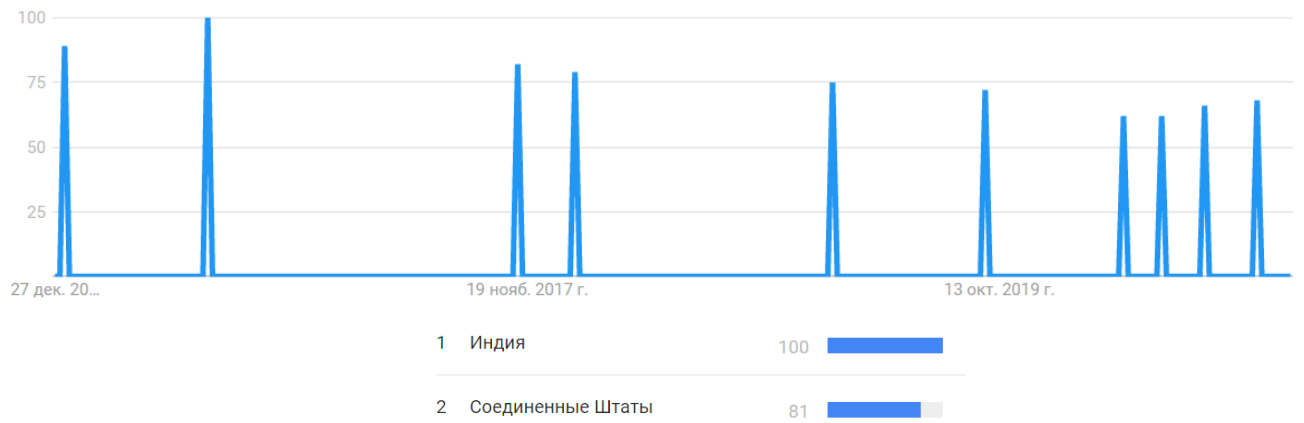


Рисунок 2.13 - Динаміка популярності програмного продукту SIMULIA Abaqus у світі за рік

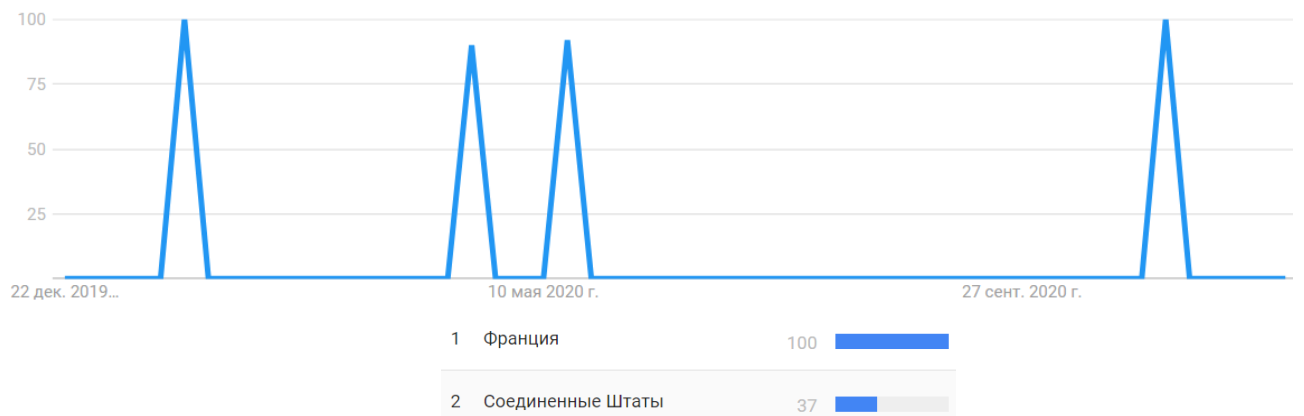


Рисунок 2.14 - Динаміка популярності програмного продукту COLDFORM за рік

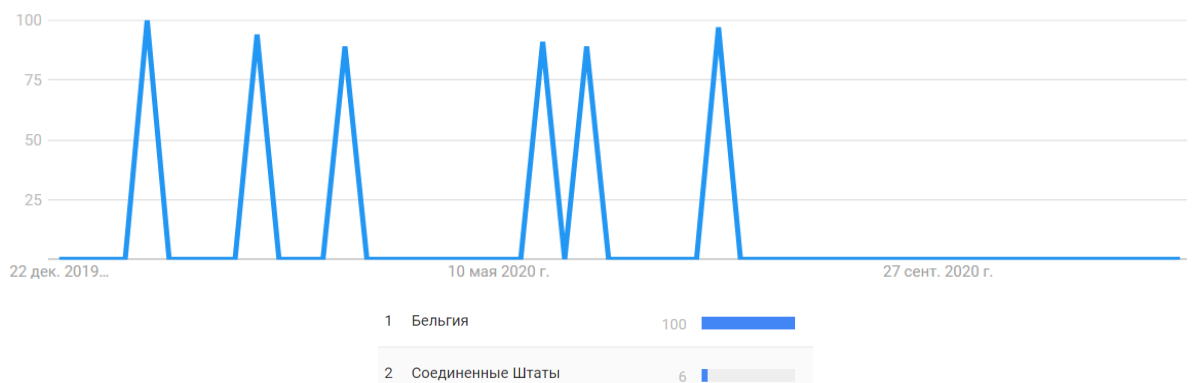
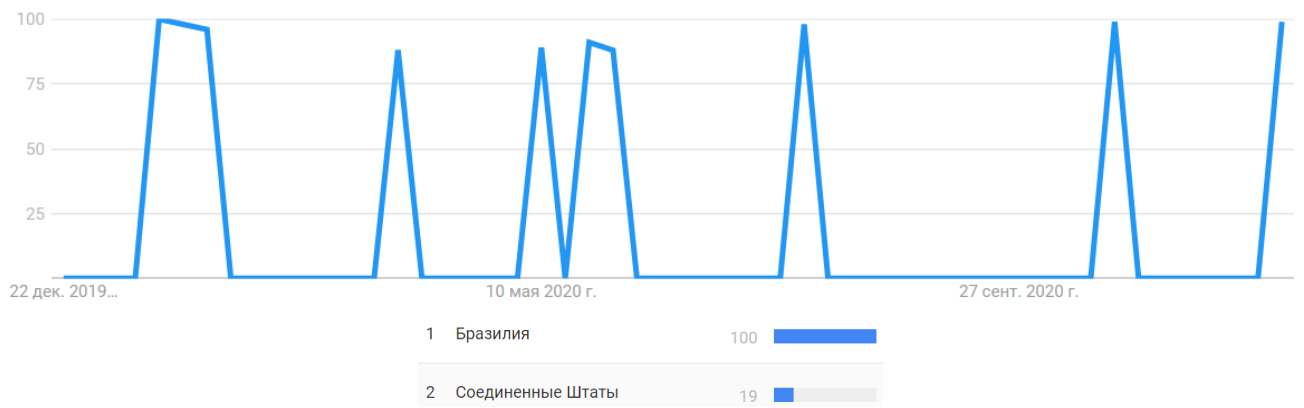


Рисунок 2.14 - Динаміка популярності програмних продуктів HyperForm і QuickStamp за рік

Крім цього, на думку студентів, “з кожним днем ми переконуємося що CAD/CAM/CAE є основними інструментами роботи у машинобудуванні, а володіючи їхнім великим розмаїттям ми підвищуємо свою компетентність в інженерних роботах або наукових дослідженнях тим самим розвиваємо нашу країну”.

2.5 Програмний продукт DEFORM. Основні етапи роботи

Перевагою програмного продукту Deform є можливість задання різних моделей середовищ, зокрема таких як в'язке, вязкопластичне або пружновязке середовище, а також пружне, пружнопластичне або ідеально пластичне середовище. До того ж у його середовищі можна створювати геометричні моделі без додаткового використання CAD-систем.

Ефективність застосування Deform для вирішення широкого кола задач процесів різання, термічної обробки та обробки тиском (формозмінні та роздільні операції) (рис. 2.15) підтверджена багатьма дослідниками як на промислових підприємствах, так і в науково-дослідних інститутах і технічних університетах через велику кількість наукових та навчально-методичних публікацій.

DEFORM характеризується модульною структурою. Це дозволяє підібрати оптимальну конфігурацію системи для будь-якого підприємства.

Методика комп'ютерного моделювання в середовищі DEFORM включає такі етапи.

1. Створення геометричних моделей в CAD-системах, їх збереження у форматі .STL. 2D креслення можна створювати у спеціальному вікні DEFORM.
2. Завантаження в Pre-processor файлів .STL, або відкоректованих примітивів з бази даних DEFORM.
3. Позиціонування 3D-моделей заготовки та інструменту один відносно одного.
4. Задання розміру кінцевих елементів і генерування сітки кінцевих елементів.
5. Задання фактору тертя по Зібелю для різних пар спряжень заготовка-

інструмент.

6. Визначення кроку розв'язання задачі та критеріїв автоматичної зупинки розрахунку.

7. Задання матеріалу і температури заготовки, а також, за необхідності, пружно-пластичних, пластичних тощо характеристик матеріалу.

8. Задання наявності чи відсутності теплообміну між заготовкою та деформуючим чи(і) напрямлюючим інструментом

9. Задання напрямку і режимів переміщення робочого інструмента;

Результатами досліджень є

- формозміни деформівного тіла у відповідності з заданим кроком розрахунку в різних перерізах;

- графічне зображення результатів рішення у вигляді епюр на заготовці та графіків (відображення даних у вигляді гістограми) зміни силових факторів на інструменті та заготовці;

- значення деформацій, температур, напружень, переміщень, швидкостей і т.д.

Результати розрахунків записуються в спеціальний файл бази даних.

Нижче на рис. 2.16-2.27 показано елементи використання програмного продукту DEFORM для дослідження технологічної операції осадки циліндричної заготовки у відкритому штампі, оснащеному підкладними кільцями (рис. 2.16, 2.18).

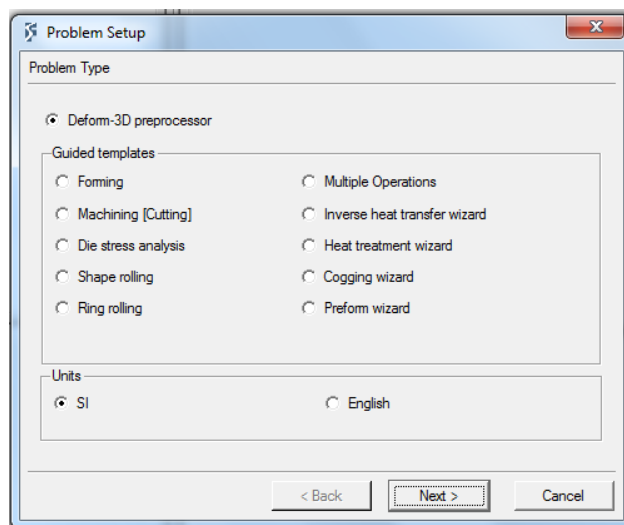


Рисунок 2.15 - Діалогове вікно переліку технологічних операцій, доступних для моделювання

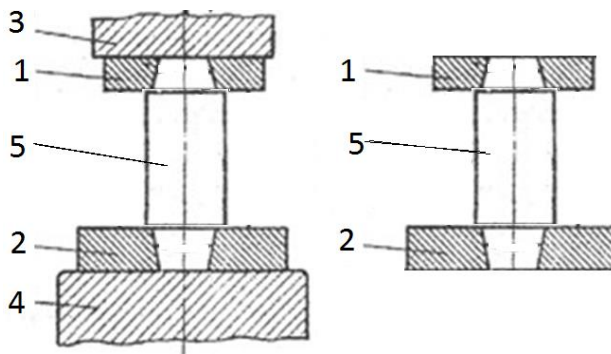


Рисунок 2.16 - Комп'ютерна модель відкритого штампа: 1, 2 – відповідно верхнє і нижнє підкладні кільця, 3 – пуансон, 4 – матриця, 5 - заготовка

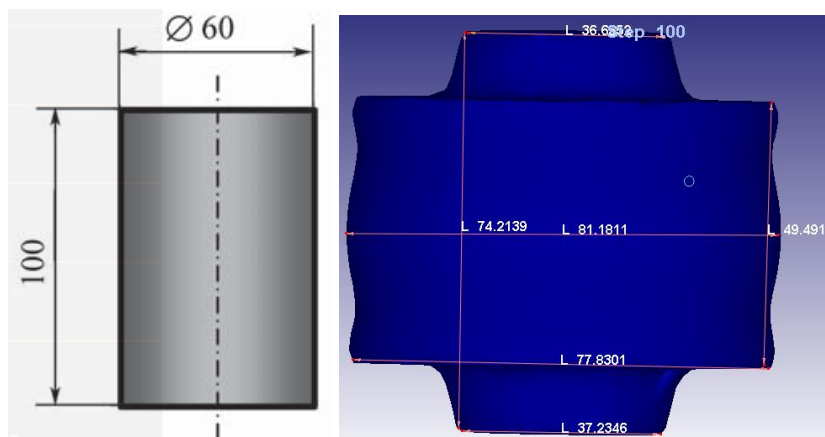


Рисунок 2.17 - Вигляд початкової заготовки та кінцевої заготовки

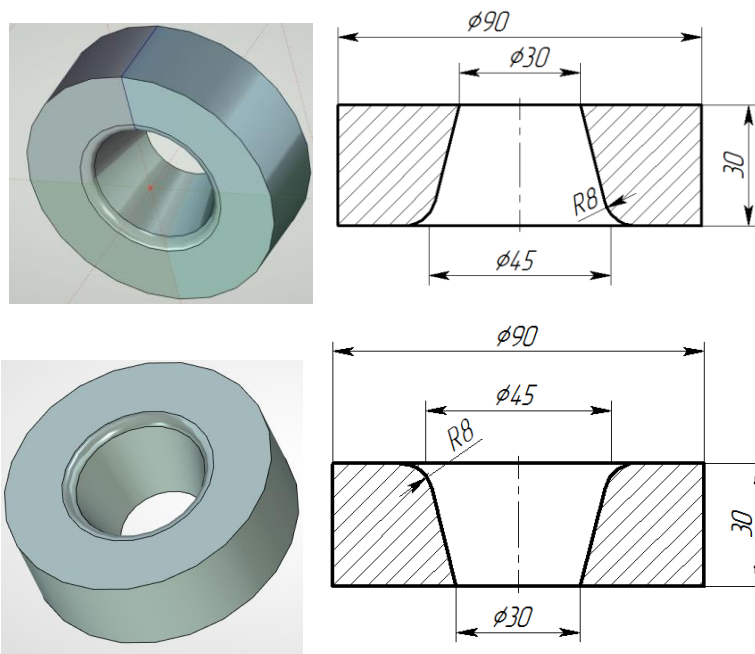


Рисунок 2.18 - Комп'ютерна модель та креслення підкладних кілець відкритого штампа

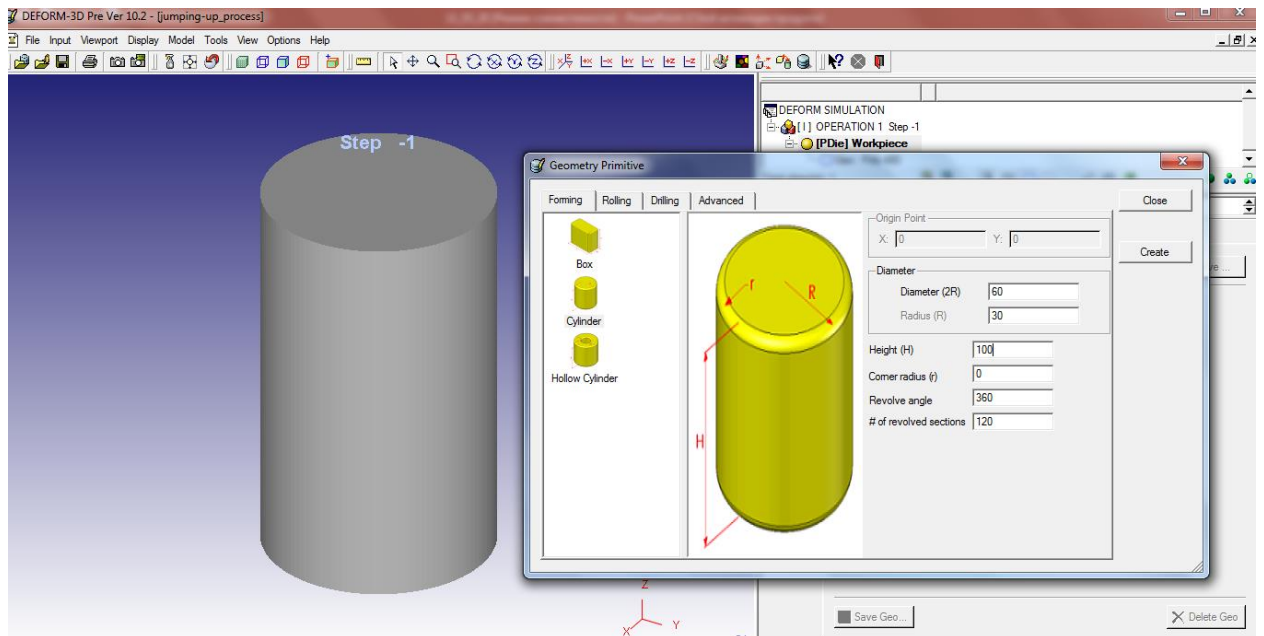


Рисунок 2.19 - Діалогове вікно задання геометричних параметрів заготовки на основі використання засобів створення геометричних примітивів

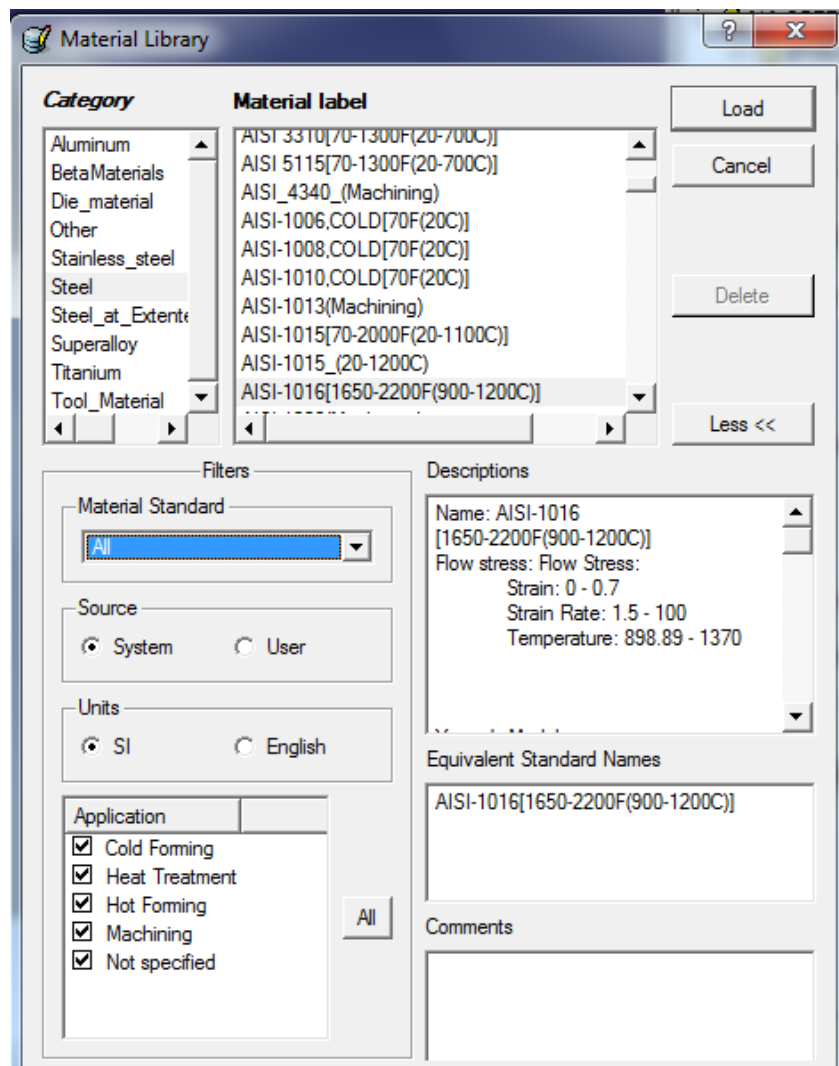


Рисунок 2.20 - Діалогове вікно задання матеріалу

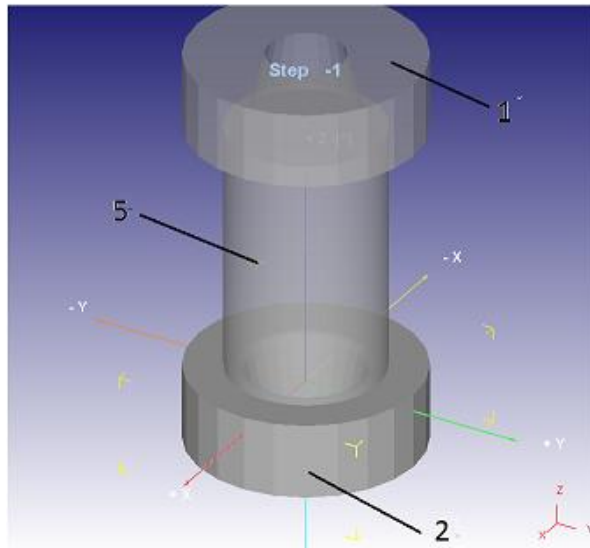


Рисунок 2.21 - Комп'ютерна модель робочих елементів відкритого штампа

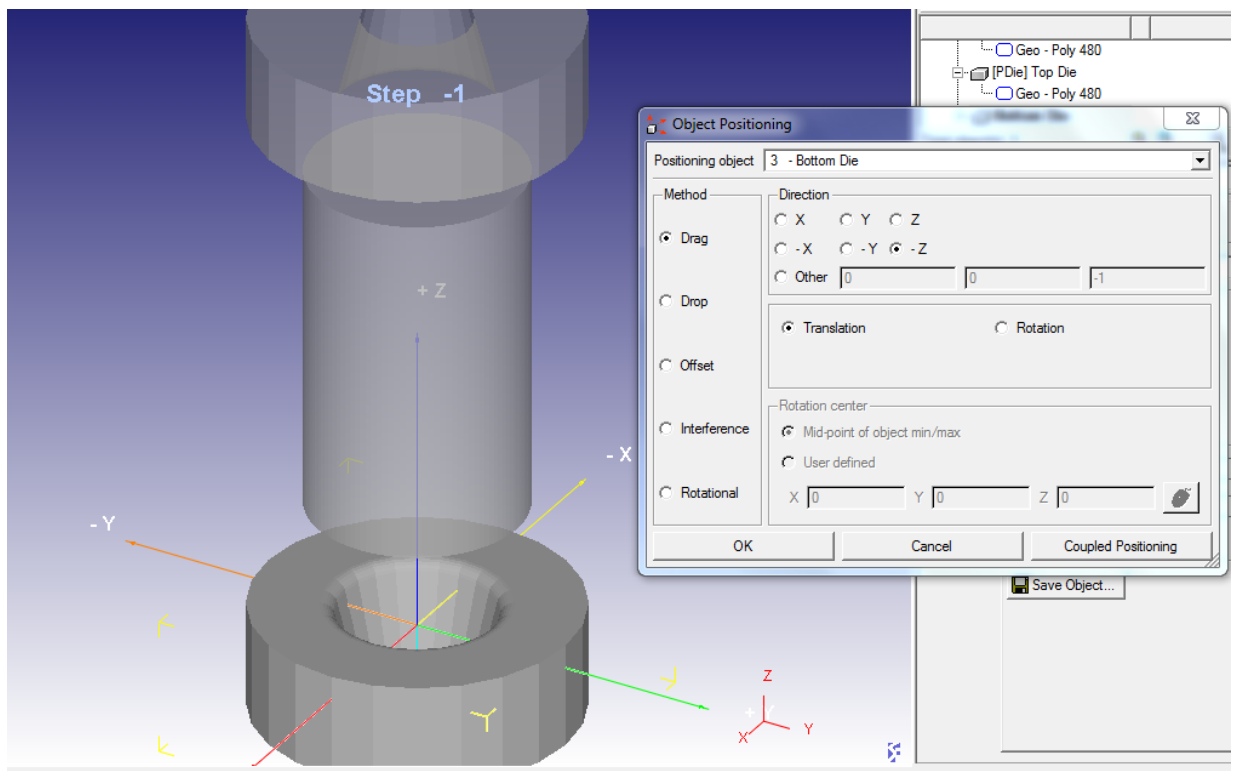


Рисунок 2.22 - Діалогове вікно позиціонування заготовки та інструментів

Програмний продукт DEFORM можна використовувати для моделювання процесу отримання заготовки корпусу ОЛВ 52.122 способом витягування за умови реалізації дрібносерійного типу виробництва, або ж при виготовленні ділянок корпусу, що прилягають до отворів великого діаметру. Для цього спочатку будують розгортку корпусу, а деталі, що виконані у вигляді 4-х фланців виготовляють штампуванням, а потім їх приварюють до корпусу.

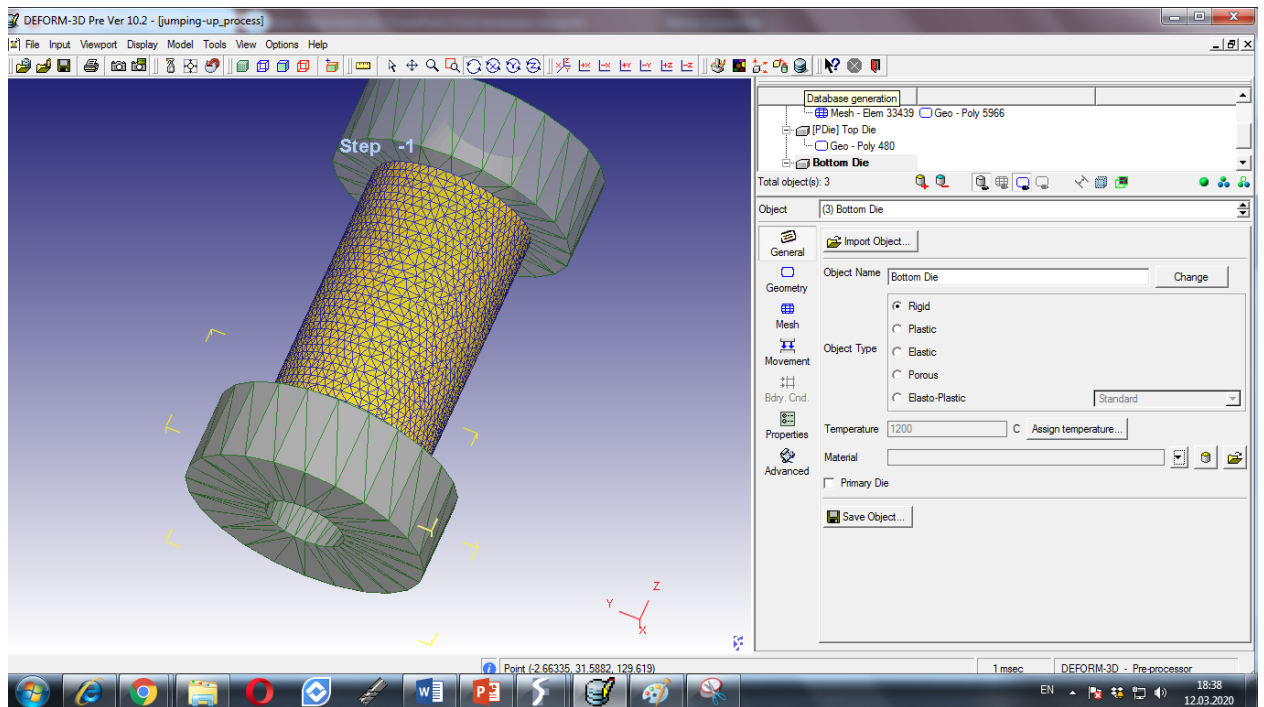


Рисунок 2.23 - Діалогове вікно генерації сітки

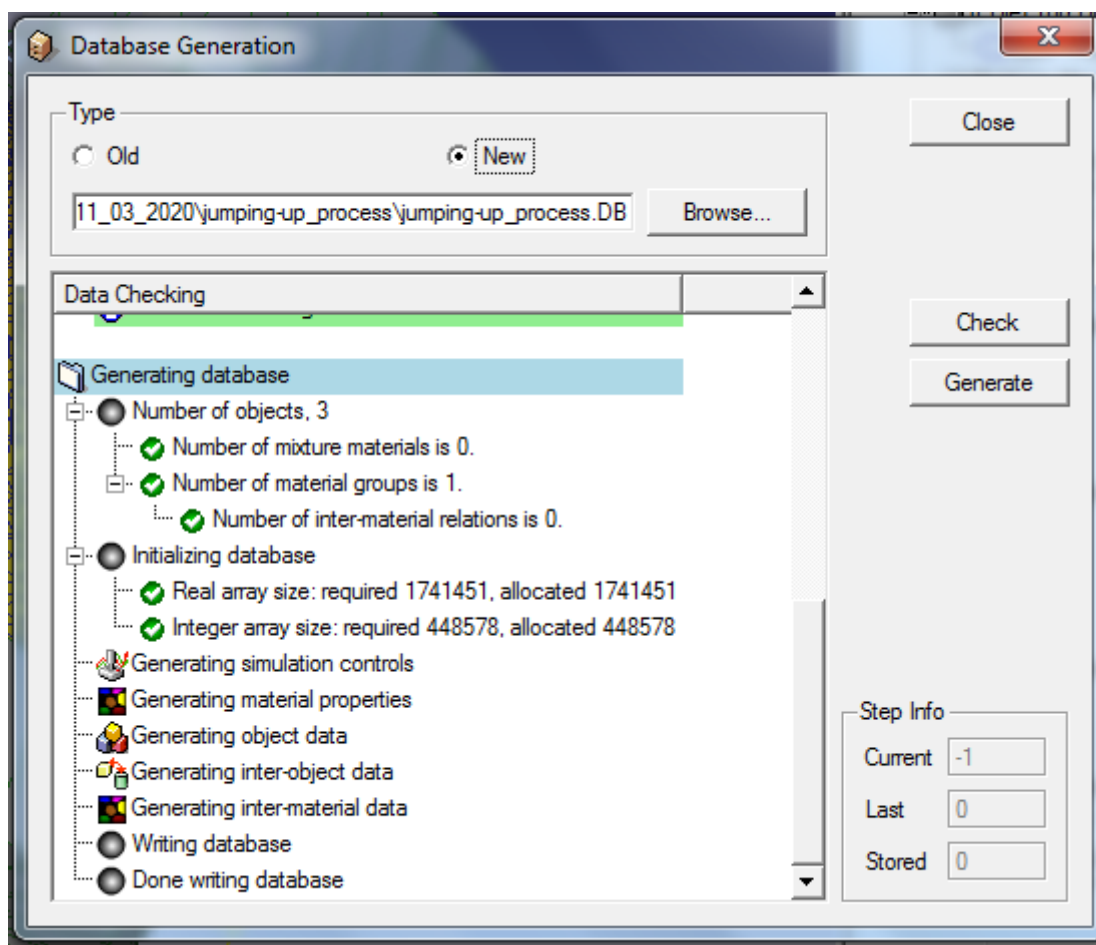


Рисунок 2.24 - Вікно, що демонструє створення бази даних

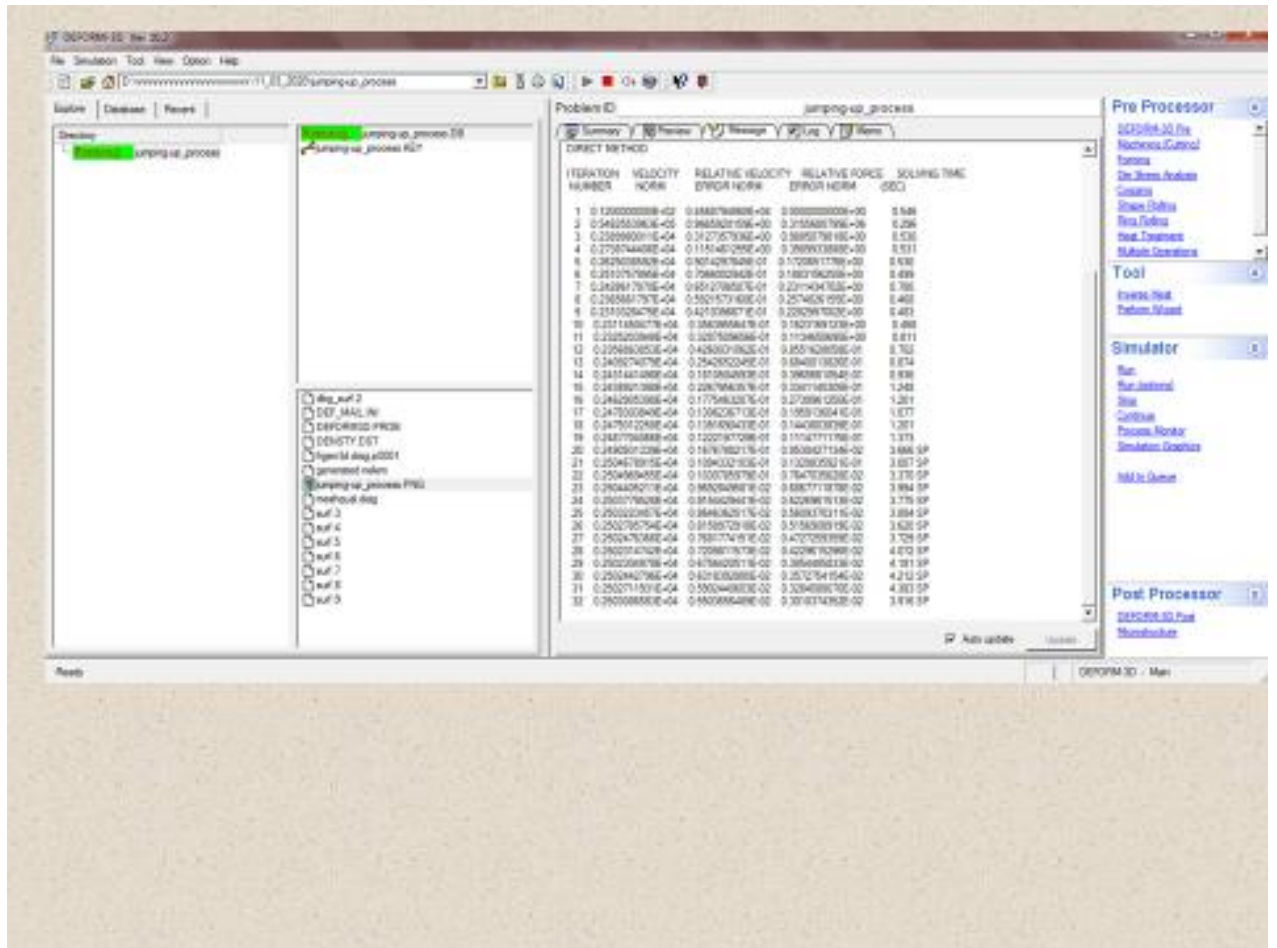


Рисунок 2.25 - Вікно покрового розрахунку

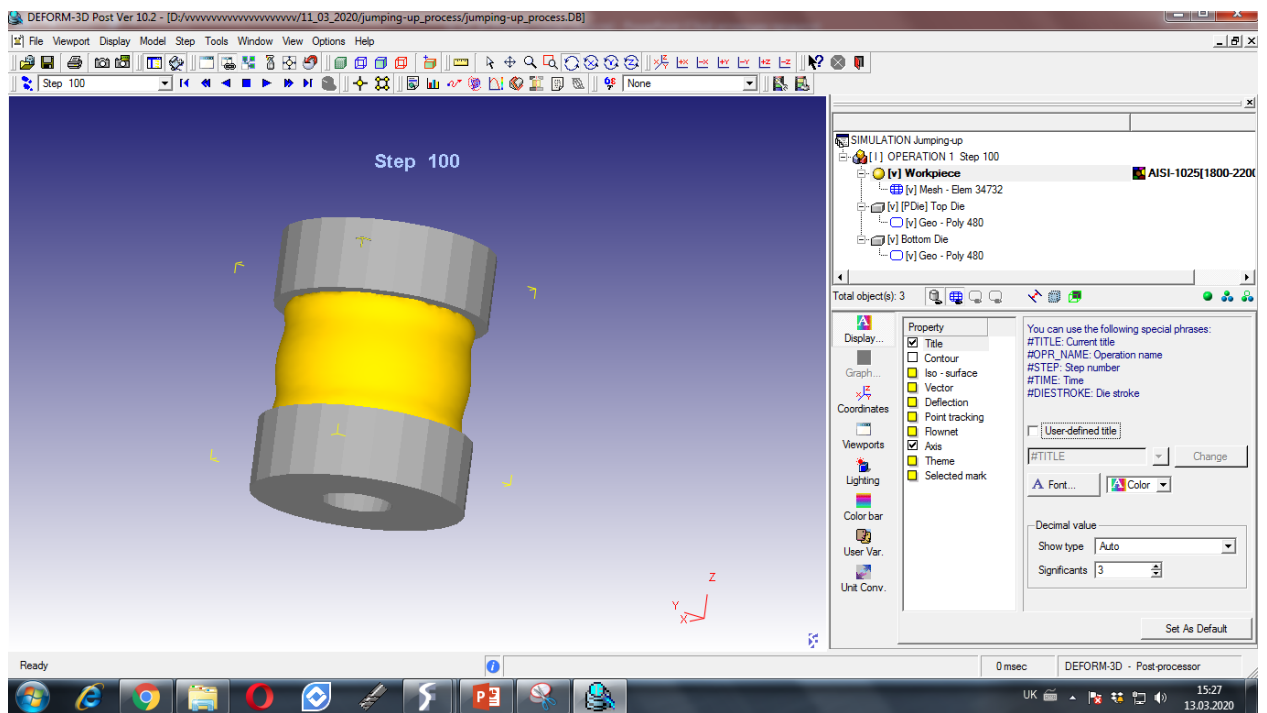


Рисунок 2.26 - Вигляд розміщення заготовки в штампі на кінцевому етапі деформування

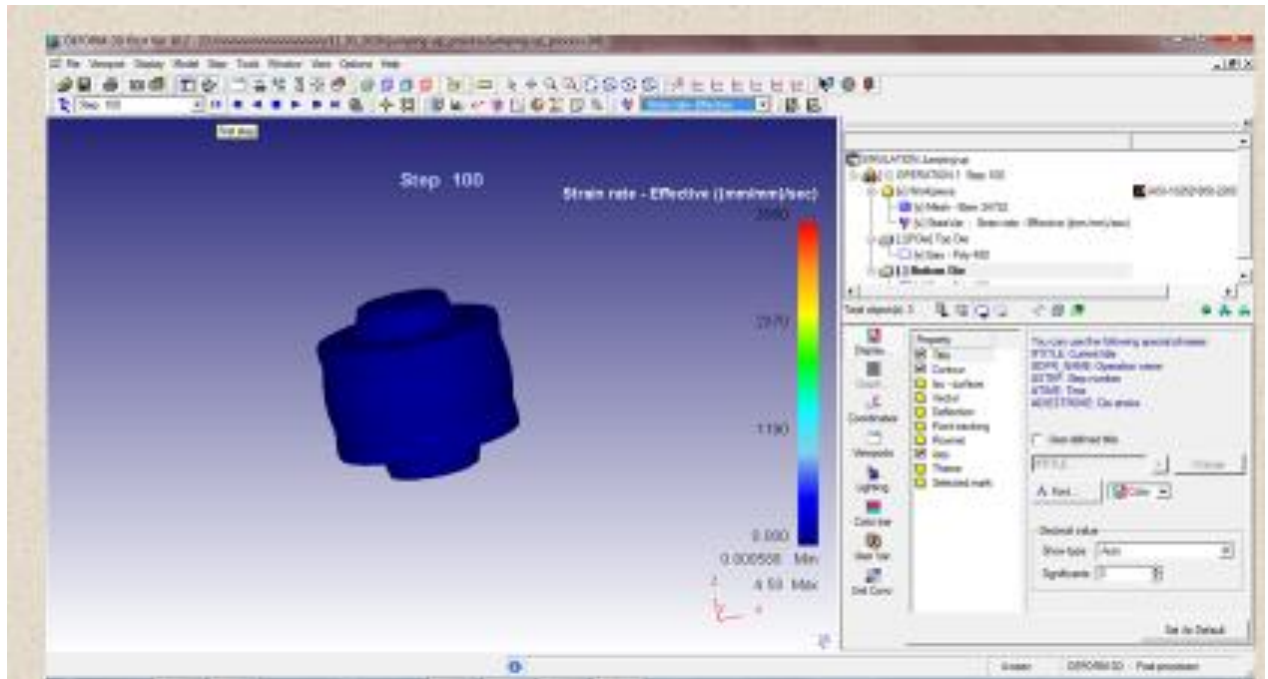


Рисунок 2.27 - Вигляд заготовки у фоновому вигляді на кінцевому етапі деформування

2.6 Висновки до розділу

1. Серед методів моделювання (моделювання за допомогою нейромереж, фізичне моделювання із застосуванням пластометрів, статистичні моделі тощо) процесів обробки металів тиском найпродуктивнішим є метод кінцевих елементів.

2. Використання універсальних програмних продуктів Ansys, LS-DYNA, Nastran, вимагають значного досвіду роботи в них і значних теоретичних знань. в області теорій пружності, пластичності, в'язкості тощо Тому їх доцільно використовувати в наукових дослідженнях в університетах, науково-дослідних установах, у навчальному процесі підготовки докторів філософії.

3. На основі використання програмного продукту MPRIORITY 1.0, що базується на методі аналізу ієрархій, розроблено методику вибору програмного продукту для дослідження технологічних операцій обробки металів тиском для машинобудівного підприємства. На основі використання такої методики доведено, що на виробництві доцільно використовувати спеціалізовані програмні продукти на зразок DEFORM. Популярність такої програми

підтверджена великою кількістю пошукових запитів, що визначені у системі Google trends. Однак вибір конкретного продукту залежить від номенклатури задач у вирішенні яких існує необхідність (тобто від значення вектору пріоритетів від попарного порівняння критеріїв) на конкретному машинобудівному підприємстві, його фінансових і технологічних можливостей.

4. Якщо комп'ютерне моделювання обмежене лише списком операцій ОМТ, термічної обробки та процесів різання то найоптимальнішим результатом вибору програмного продукту для інженерів технологів є DEFORM.

5. Програмний продукт DEFORM можна використовувати для моделювання процесу отримання заготовки корпусу ОЛВ 52.122 способом витягування за умови реалізації дрібносерійного типу виробництва, або ж при виготовленні ділянок корпусу, що прилягають до отворів великого діаметру. Для цього спочатку будують розгортку корпусу, а деталі, що виконані у вигляді 4-х фланців виготовляють штампуванням, а потім їх приварюють до корпусу.

6. Обмежене впровадження програмних продуктів в Україні зумовлено відносно високою вартістю спеціалізованого програмного забезпечення (вартість програми DEFORM - \$60'000USD, PAM-STAMP – 150 тис. євро), та необхідністю залучення до його використання кваліфікованих фахівців високого професійного рівня.

7. Вивчення програмного продукту DEFORM рекомендовано здійснювати в ТНТУ імені Івана Пулюя у навчальних курсах “Генеративний дизайн та оптимізація у виробничих технологіях”, “CAD/CAM/CAE –системи”.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Встановлення типу та організаційної форми виробництва

Вихідними даними для розрахунків є річна програма випуску деталей ($N = 4000$ шт.) і режим роботи виробничого підприємства - 2 зміни на добу.

Як відомо, тип виробництва визначають згідно з ГОСТ 3.1108-74 на основі значення коефіцієнту закріплення операцій (КЗО).

У таблиці нижче наведені необхідні розрахунки типу виробництва. В результаті встановлено, що тип виробництва крупносерійний.

Таблиця 3.1 - Розрахунки типу виробництва

№ з/п	Параметр, що розраховується	Формула для розрахунку [8, 17]	Опис складових формул	Розрахунок
	Коефіцієнт закріплення операцій	$K_{zo} = \frac{t_B}{T_{ум.ср}}$	t_B - такт випуску деталей; $T_{ум.ср}$ - середній штучний час за операціями ТП.	$K_{zo} = \frac{120,5}{13,78} = 8,7$
	Такт випуску деталей	$t_B = \frac{F_D \cdot 60}{N}$	дійсний річний фонд часу роботи устаткування $F_D = 4015$ год.	$t_B = \frac{4015 \cdot 60}{4000} = 60 \text{ хв} / \text{шт}$
	Кількість опер.			$n = 3$
	Сумарний штучний час по всіх операціях		$T_{шт1}=12,05$ хв., $T_{шт2}=27,92$ хв. (операції 005 і 010 Комплексна на оброблюючих центрах з ЧПК); $T_{шт3}=1,4$ хв. (операція 005 Слюспрана)	$\sum T_{ум} = 12,03 + 27,92 + 1,39 = 41,34$ хв.
	Середній штучний час	$T_{ум.ср} = \frac{\sum T_{ум}}{n}$		$T_{ум.ср} = \frac{41,34}{3} = 13,78 \text{ хв}$
	Кількість деталей в партії	$n = \frac{N \cdot a}{F}$	К-ть робочих днів в році $F = 253$ дні. Періодичність запуску деталей у виробництво $a = 12$ днів.	$n = \frac{4000 \cdot 12}{253} = 190 \text{ шт}$

3.2 Вибір способу отримання заготовки

Вихідними даними для розрахунку способу отримання заготовки є марка матеріалу деталі (СЧ 20 ГОСТ 1412-85), маса деталі ($q = 21,5$ кг), обсяг річної програми ($N = 4000$ шт.), такт випуску ($t_B = 60,9$ хв/шт).

Вибираємо два способи лиття в піщано-глиняні форми та литво в оболонкові форми. Обидва способи мають однаковий 3-ий клас точності та 4-а група складності, але різну масу Q (відповідно 24,5 кг. і 23 кг)

Розрахунок вартості проводимо за відомою формулою [8, 17]

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot \kappa_T \cdot \kappa_C \cdot \kappa_B \cdot \kappa_M \cdot \kappa_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (3.1)$$

де C_i , Q , q , $\kappa_T, \kappa_C, \kappa_B, \kappa_M, \kappa_{II}$ - відповідно базова вартість тони заготовок, маса заготовки, маса деталі та коефіцієнти класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і об'єму виробництва заготовок.

Прийнявши $C_1 = C_2 = 15000$ грн., $S_{відх} = 700$ грн., $\kappa_T = 1,03$, $\kappa_M = 1$, $\kappa_C = 1,2$, $\kappa_B = 0,8$, $\kappa_{II} = 1$ [2] отримаємо відповідно для 1-го і 2-го способів

$$S_{заг1} = \left(\frac{15000}{1000} \cdot 24,5 \cdot 1,03 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (24,5 - 21,5) \cdot \frac{700}{1000} = 362 \text{ грн.}$$

$$S_{заг2} = \left(\frac{15000}{1000} \cdot 23 \cdot 1,03 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (23 - 21,5) \cdot \frac{700}{1000} = 336 \text{ грн.}$$

Отже перевагу слід надати технології отримання лиття в оболонкові форми.

3.3 План вибору технологічних баз

Так як більшість поверхонь деталі отримують на операціях механічного оброблення, то усі отвори можуть бути оброблені за два установи з використанням горизонтального поворотного столу за умови реалізації повороту навколо однієї з вертикальних осей.

Використовуючи рекомендації, що викладені в праці [36], базування таке: база - плоска поверхня однієї з необроблених бокових стінок (поверхня ϵ) за якої обробляють поверхню основи A – що є база для наступних операцій та розміщені по діагоналі отвори B , призначені для кріплення корпусу у складальному вузлі.

3.4 Автоматизований синтез маршруту обробки деталі

Автоматизований синтез маршруту обробки деталі здійснювали з використанням програмного продукту „ТехноПро”. Фрагмент початкової інформації наведено у таблиці 3.2 нижче.

Таблиця 3.2 – Фрагмент інформації про корпус ОЛВ 52.122 для автоматизованого проектування ТП його виготовлення у середовищі ПП «ТехноПро»

Назва пов.	Вид і тип поверхні	К-сть	Розміри поверхні, мм	Розміри, що витримуються, мм	Шорсткість
$E1$	Площ.1 зверху	1	$L = 880, B = 25$	$Z = 290 \pm 0,5$	$Rz40$
A	Площ.1 знизу	1	$L = 510, B = 48$	$Z = 16 \pm 1,5$	$Rz80$
ϵ	Площ.1 справа	1	$B = 66, L = 135$	$X = 20 \pm 1,5$	$Rz40$
III, I'	Площ.2 справа і зліва	1	$B = 61, L = 69$	$Y = 2js17, Z = 60 \pm 0,8, X = 150js14$	$Rz80$
III	Площ.1 зліва	1	$B = 80, L = 147$	$X = 246h12$	$Rz40$

Етапи автоматизованого синтезу проілюстровані рисунками рис. 3.1-3.10, наведеними нижче. Синтезований маршрут механічної обробки деталі реалізують на двох операціях “Комплексна на оброблюючих центрах з ЧПК” на основі використання верстату $IP500IPM\Phi4$. На першій операції базовими є поверхні ϵ, III , а на другій - $A, B, E1$.

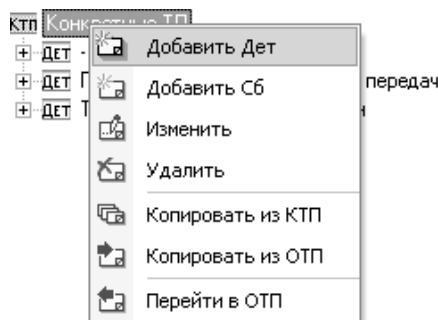


Рис. 3.1 – Діалогове вікно створення нового проекту

Конкретные ТП
 ДЕТ · КОРПУС
 ДЕТ ОЛВ 52.122 Корпус коробки передач
 ДЕТ Технолог №3 механообработки

Взять с чертежа Взять из файла Для остальных поверхностей:
 Шероховатость Rz40 4
 Квалитет 14

Сведения1 | Сведения2 | Сведения3 | В карты | Характеристики | Документы

Наименование изделия: Оприскувач
 Обозначение сб. единицы: ОЛВ 52.122
 Обозначение детали: ОЛВ 52.122.1
 Наименование детали: Корпус коробки передач
 Материал: 10516002 ЧИСТЫЙ ЧУГУН СЧ-20 ГОСТ 14
 Заготовка/Сортамент: Литье
 Профиль и размеры: 235x215x290
 Твердость детали: 30-34 ННСз
 Масса детали: 21.5 Объем партии: 1000
 Масса заготовки: 23
 Заказ: Предельная твердость: 0

Не пересчитывать номер операций

Рис. 3.2 – Діалогове вікно внесення відомостей про деталь (зі штампу креслення деталі і з технічних умов)

Параметры | Элемент

Код: 500104
 Вид: вНЦилиндрическая
 Тип: правая
 Номер: 04
 Название: Отверстие4 справа
 Шерохов-сть: 2,5 6 Класс шероховатости
 Сопряжен: 650901 Заготовка отв1 пролитые справа




Рис.3.3 – Діалогове вікно внесення поверхні до списку

Параметры | Элемент

	Имя	Значени	Вал.доп.	Отв.доп.	Верхний	Нижний	Квал.
	SIM	0					
	D	47		H9	0,062	0	9
	Sverlo	0		H9			C
	Z	101,25		JS9	0,14	-0,14	
	SOS	0,08		D10			
	K	1		H10			r
	X	0		JS10			
	L	20		A11			
	...			B11			
				C11			

Рис. 3.4 – Діалогове вікно внесення розмірів поверхні

	Код, наименование	Сопряжен
▶	400103 Плос1 справа обраб на ОБРАБ ЦЕНТ	
▶	400104 Плос2 справа обраб на ОБРАБ ЦЕНТ	
▶	400203 Плос1 слева обраб на ОБРАБ ЦЕНТР	
▶	400204 Плос2 слева обраб на ОБРАБ ЦЕНТР	
▶	400303 Плос1 сверху обраб на ОБРАБ ЦЕНТР	
▶	400403 Плос1 снизу обраб на ОБРАБ ЦЕНТР	
▶	400901 ЗАГОТОВКА (задать габарит размер	
▶	500101 Отверстие1 справа напроход	
▶	500102 Отверстие2 справа напроход	
▶	500104 Отверстие4 справа	Заготовка отв1 пролитые спрае
▶	500105 Отверстие5 справа	Заготовка отв1 пролитые спрае
▶	500201 Отверстие1 слева напроход	
▶	500205 Отверстие5 слева	Заготовка отв1 пролитые слева
▶	500206 Отверстие6 слева	Заготовка отв2 пролитые слева

Рис. 3.5 – Діалогове вікно коду і списку поверхонь

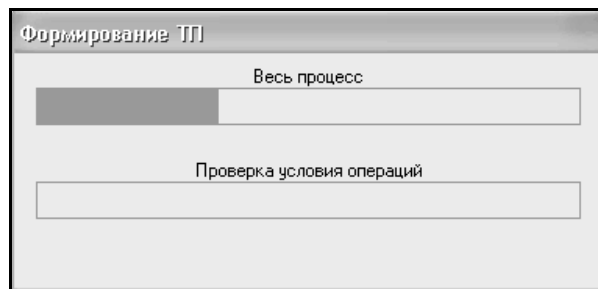


Рис. 3.6 – Діалогове вікно процесу синтезу ТП

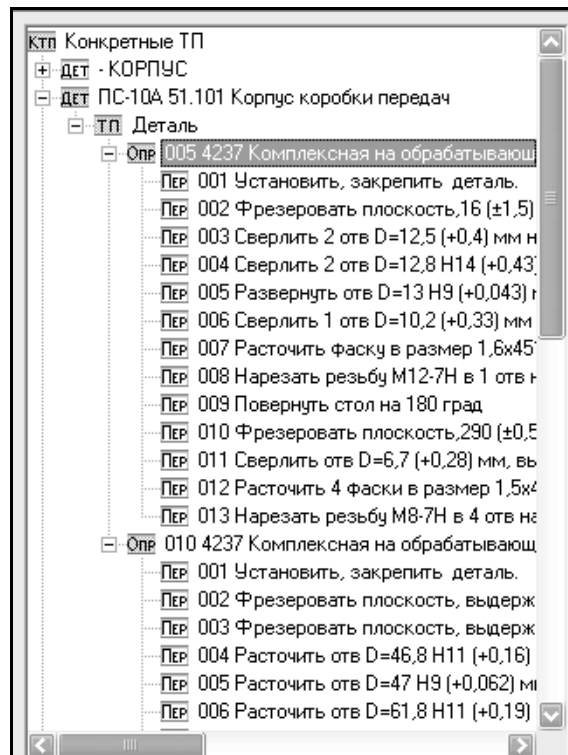


Рис. 3.7 – Діалогове вікно переліку операцій і переходів у вікні дерева класифікації

На першій операції здійснюють фрезерування поверхні *A*, послідовне свердління 2 отв. *B* і *Б*, послідовне розвертання 2 отв. *Б*, свердління отв *Г* і зенкування фаски *Е*, нарізання різі *Д*, послідовне свердління 4 отв. *Й*, послідовне зенкування фаски *Ч* в 4-х отв. та послідовне нарізання різі *К* в 4-х отв. На іншій операції розточують фаску *Г1* та *Д1*, фрезерують поверхню *Є* і поверхню *И1*, розточують отв. *И* і *З* (чорнова обробка) та отв. *И* і *З* (чистова обробка). Далі нарізають різь *Р*, розточують фаску *Г1* і *Д1*, фрезерують поверхні *Є* і *И1*, розточують отв. *И* і *З* (чорнова обробка) та отв. *И* і *З* (чистова обробка). Потім свердлять отв. *У* і 8 отв. *Щ*, послідовно зенкують фаску *Ц* в 8-ми отв., послідовно нарізають різь *Х* в 8-ми отв., послідовно розточують фаски *Б1* і *В1*, свердлять отв. *Є1*, розвертають отв. *Є1*, свердлять отв. *Я*, розвертають отв. *Я* і зенкують фаску *А1*.

На кінцевому етапі свердлять отв. *У*, 2 отв. *Ф*, 8 отв. *Щ*, послідовно зенкують фаску *Ц* в 8-ми отв., послідовно нарізають різь *Х* в 8-ми отв., послідовно розточують фаски *Б1* і *В1*, свердлять, розвертають отв. *Є1*, свердлять, розвертають отв. *Я*, зенкують фаску *А1*.

Схеми базування на згаданих операціях наведено на рисунках 2.8 і 2.9.

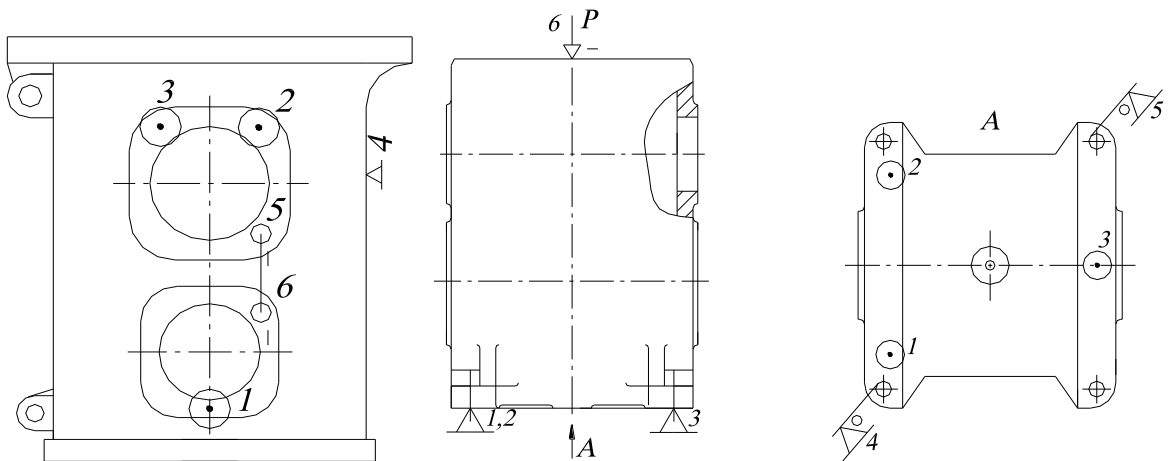


Рис. 3.8 - Схема базування на операціях 005 і 010

3.5 Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів, проектування заготовки

Методика розрахунків припусків і міжопераційних розмірів [8, 17, 44, 45] з урахуванням [20, 21] наведена у таблиці 3.3 а порядок розрахунку на її основі - у таблиці 3.4.

Таблиця 3.3 - Методика розрахунків припусків і міжопераційних розмірів

№	Параметр розрахунку	Формула	Опис параметрів
1	Сумарне значення просторового відхилення оброблюваної деталі	$\rho = \sqrt{\rho_{жол.}^2 + \rho_{зм.}^2}$	ρ - сумарні значення просторових відхилень, мкм; $\rho_{жол.}$ - жолоблення заготовки, мкм; $\rho_{зм.}$ - сумарні похибки зміщення поверхонь виливка, мкм.
2	Величина жолоблення отвору в діаметральному та осьовому перерізах	$\rho_{жол.} = \sqrt{(\Delta_K \cdot D)^2 + (\Delta_K \cdot L)^2}$	Δ_K - питома кривизна заготовки, мкм/мм; D - діаметр отвору, мм; L - довжина отвору, мм.
3	Сумарне зміщення отвору у виливку відносно зовнішньої її поверхні	$\rho_{зм.} = \sqrt{\left(\frac{\delta_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_\Gamma}{2}\right)^2}$	δ_B і δ_Γ - допуски на розміри від основи і бокової стінки відносно центру отвору за класом точності
4	Остаточне просторове відхилення після чорнового розточування	$\rho_1 = K_{y1} \cdot \rho$	ρ_1 - просторове відхилення після чорнового розточування, мкм; K_{y1} - коефіцієнт уточнення
5	Похибка встановлення при чорновому розточуванні	$\varepsilon_{y1} = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2}$	ε_{y1} , ε_δ , ε_3 - похибка відповідно встановлення, базування та закріплення при чорновому розточуванні, мкм.
6	Найбільша щілина між отворами і пальцями	$S_{max} = \delta_A + \delta_B + S_{min}$	S_{max} - найбільша щілина між отворами і пальцями, мм; δ_A , δ_B - допуски відповідно на діаметр отвору, діаметр пальця ($\delta_B = 0,011$), мм; S_{min} - розмір мінімальної щілини між діаметрами отвору і пальця, мм

№	Параметр розрахунку	Формула	Опис параметрів
7	Похибка базування на довжині оброблюваного отвору	$\varepsilon_{\delta} = L \cdot \operatorname{tg} \alpha$	
8	Похибка встановлення на операції чистого розточування	$\varepsilon_{y2} = \varepsilon_{y1} \cdot K_{y1}$	
9	Мінімальні значення міжопераційних припусків	$2Z_{\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2})$	
10	Діаметральні розміри (ДР) для переходів	$D_{pi-1} = D_{\max \text{ дет}} - 2 \cdot Z_{\min.i}$	$D_{\max \text{ .дет}}$ - максимальний розмір деталі, мм; $Z_{\min.i}$ - мінімальне значення міжопераційного припуску, мм.
11	Граничні ДР $D_{\min.i}$ за технологічними переходами	$D_{\min.i} = D_{\max.i} - \delta_i$	
12	Граничні значення припусків $2 \cdot Z_{\min.i}$, $2 \cdot Z_{\max.i}$	$2 \cdot Z_{\max.i} = D_{\min.i} - D_{\min.i-1}$; $2 \cdot Z_{\max.i} = D_{\max.i} - D_{\max.i-1}$	
13	Загальний номінальний припуск $2 \cdot Z_{\text{заг.ном}}$ та номінальний розмір заготовки $D_{\text{заг.ном}}$	$2 \cdot Z_{\text{заг.ном}} = 2 \cdot Z_{\text{заг.мін}} + ES_{\text{заготовки}} - ES_{\text{деталі}}$ $D_{\text{заг.ном}} = D_{\text{дет.ном}} - 2 \cdot Z_{\text{заг.ном}}$	$ES_{\text{заготовки}}$ найбільше і $ES_{\text{деталі}}$ найбільше відхилення розміру отвору відповідно заготовки та деталі, мм. $D_{\text{дет.ном}}$ - номінальний розмір отвору деталі, мм
14	Умова правильності проведених розрахунків	$2 \cdot Z_{\max.i} - 2 \cdot Z_{\min.i} = \delta_{i-1} - \delta_i$	

У таблиці 3.5 наведено результати розрахунку припусків отвору $\varnothing 47\text{H}9^{(+0,062)}$ (поверхні *II*), яку отримують шляхом чорнового і чистового розточування при базуванні на площину основи *A* і два попередньо отримані отвори *B*, які встановлюють на пальці пристрою для закріплення.

Тому шорсткість та дефектний шар виливки $R_z = 40$ мкм, $T = 260$ мкм; після чорнового і чистового розточування значення R_z дорівнюють відповідно 50 і 10 мкм.

Припуски на інші поверхні ($A, C, Ш, Ж, I, E1$) визначені з використанням ППП „ТехноПро”.

Таблиця 3.4 – Порядок розрахунку припусків і міжопераційних розмірів

Розрахункові параметри	Порядок розрахунку
Жолоблення отвору	$\Delta_K = 0,7$ мкм/мм; $D = 47$ мм; $L = 20$ мм; $\rho_{жол.} = \sqrt{(0,7 \cdot 47)^2 + (0,7 \cdot 20)^2} = 36$
Сумарне зміщення отвору	$\delta_B = 2000$ мкм, $\delta_T = 2000$ мкм $\rho_{зм.} = \sqrt{\left(\frac{2000}{2}\right)^2 + \left(\frac{2000}{2}\right)^2} = 1414$ мкм
Сумарне просторове відхилення заготовки	$\rho = \sqrt{36^2 + 1414^2} = 1414$ мкм
Остаточне просторове відхилення після чорнового розточування	$K_{y1} = 0,05$ $\rho_1 = 0,05 \cdot 1414 = 71$ мкм
Найбільша щілина між отворами і пальцями	$\delta_A = 0,043$; $\delta_B = 0,011$; Палець $\varnothing 13g6\left(\begin{smallmatrix} -0,006 \\ -0,017 \end{smallmatrix}\right)$ мм $S_{min} = 0,006$ мм
Найбільший кут повороту заготовки на пальцях	$tg\alpha = \frac{0,06}{\sqrt{185^2 + 215^2}} = 0,0002$
Похибка базування на довжині оброблюваного отвору	$\varepsilon_\delta = 20 \cdot 0,0002 = 4$ мкм
Похибка встановлення при чорновому розточуванні	$\varepsilon_3 = 90$ мкм $\varepsilon_{y2} = 90 \cdot 0,05 = 5$ мкм
Похибка встановлення при чорновому розточуванні	$\varepsilon_{y1} = \sqrt{4^2 + 90^2} = 90$ мкм
Мінімальний припуск під чорнове розточування	$2Z_{min.1} = 2(40 + 260 + \sqrt{1414^2 + 90^2}) = 2 \cdot 1717$ мкм
Мінімальний припуск під чистове розточування	$2Z_{min.2} = 2(50 + \sqrt{71^2 + 5^2}) = 2 \cdot 121$ мкм.
ДР поверхні для чистового розточування	$D_{p2} = D_{max.дет} =$ мм $= 47 + 0,062 = 47,062$
ДР поверхні для чорнового розточування	$D_{p1} = D_{p2} - 2 \cdot Z_{min.2} =$ мм $= 47,062 - 0,242 = 46,820$

Розрахункові параметри	Порядок розрахунку
ДР поверхні для чистового розточування	$D_{p2} = D_{\max.дет} = 47 + 0,062 = 47,062$ мм
ДР поверхні для чорнового розточування	$D_{p1} = D_{p2} - 2 \cdot Z_{\min.2} = 47,062 - 0,242 = 46,820$ мм
ДР заготовки	$D_{p.заг} = D_{p1} - 2 \cdot Z_{\min.1} = 46,82 - 3,434 = 43,386$ мм
Максимальні ДР $D_{\max.i}$ за переходами: чистове розточування чорнове розточування початкова заготовка	$D_{\max.2} = 47,07$ мм; $D_{\max.1} = 46,82$ мм; $D_{\max.заг} = 43,39$ мм
Мінімальні ДР за переходами: чистове розточування чорнове розточування початкова заготовка	$\delta_2 = 62$ мкм; $\delta_1 = 620$ мкм; $\delta_{заг} = 1600$ мкм $D_{\min.2} = D_{\max.2} - \delta_2 = 47,07 - 0,062 = 47,01$ $D_{\min.1} = D_{\max.1} - \delta_1 = 46,82 - 0,62 = 46,20$ $D_{\min.заг} = D_{\max.заг} - \delta_{заг} = 43,39 - 1,6 = 41,79$
Граничні значення припусків за переходами: чистове розточування чорнове розточування початкова заготовка	$2 \cdot Z_{\max.2} = D_{\min.2} - D_{\min.1} = 47,01 - 46,20 = 0,81$ $2 \cdot Z_{\min.2} = D_{\max.2} - D_{\max.1} = 47,07 - 46,82 = 0,25$ $2 \cdot Z_{\max.1} = D_{\min.1} - D_{\min.заг} = 46,20 - 41,79 = 4,41$ $2 \cdot Z_{\min.1} = D_{\max.1} - D_{\max.заг} = 46,82 - 43,39 = 3,43$
Загальні припуски $2 \cdot Z_{заг.макс}$ і $2 \cdot Z_{заг.мін}$	$2 \cdot Z_{заг.макс} = \sum 2 \cdot Z_{\max.i} = 0,81 + 4,41 = 5,22$ $2 \cdot Z_{заг.мін} = \sum 2 \cdot Z_{\min.i} = 0,25 + 3,43 = 3,68$
Загальний номінальний припуск $2 \cdot Z_{заг.ном}$ та номінальний розмір заготовки $D_{заг.ном}$	$2 \cdot Z_{заг.ном} = 3,68 + 0,51 - 0,062 = 4,25$ мм; $D_{заг.ном} = 47 - 4,25 = 42,75$ мм
Умови достовірності проведених розрахунків	1. $2 \cdot Z_{\max.1} - 2 \cdot Z_{\min.1} = 4,41 - 3,43 = 0,98$ мм; $\delta_{заг} - \delta_1 = 1,6 - 0,62 = 0,98$ мм. 2. $2 \cdot Z_{\max.2} - 2 \cdot Z_{\min.2} = 0,81 - 0,25 = 0,56$ мм; $\delta_1 - \delta_2 = 0,62 - 0,062 = 0,56$ мм

Таблиця 3.5 - Розрахункові припуски на механічну обробку отвору

$\varnothing 47^{+0,062}$

Назва технологічного переходу $\varnothing 47^{+0,062}$	Елементи припуску, мкм				$2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір D_p , мм	δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мм	
	R_z	T	ρ	ε_y				D_{\min}	D_{\max}	Z_{\min}	Z_{\max}
Заготовка	40	260	141			43,386	160	41,79	43,39		
Розточування:			4		2·17		0				
чорнове	50	-		90	17	46,820		46,20	46,82	3,43	4,41
чистове	10	-	72	5	2·12	47,062	620	47,01	47,07	0,25	0,81
Всього			-		1		62			3,68	5,22

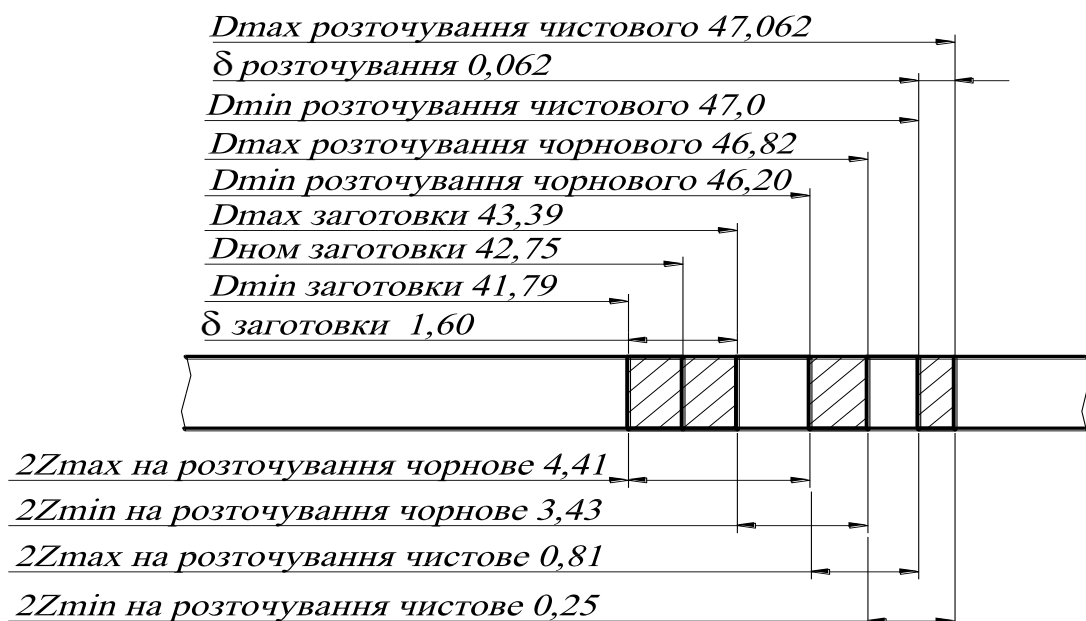


Рис. 3.9 – Схема розміщення припусків і допусків на обробку отвору $\varnothing 47^{+0,062}$, (розміри в мм)

Інші припуски оброблюваних поверхонь деталі визначені з використанням програмного продукту „ТехноПро”, а допуски на основі довідкового матеріалу [2, 3, 44, 45] (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 - Припуски і допуски на оброблювані поверхні деталі згідно ГОСТ 855-55 (розміри в мм).

Поверхня	Розмір	Припуск	Допуск	Новий розмір
<i>A</i>	290	2	$\pm 1,0$	$295 \pm 2,5$
<i>Є, Ш</i>	246	2	$\pm 0,9$	$250^{+1,8}_{-3,26}$
<i>Ж</i>	$\varnothing 62$	2·2,2	$\pm 0,8$	$\varnothing 57,6 \pm 0,8$
<i>Ї, И1</i>	150	1,8	$\pm 0,6$	$153,6 \pm 0,6$
<i>E1</i>	290	2	$\pm 1,0$	$294 \pm 2,5$

3.6 Розмірний аналіз технологічного процесу

Метою розмірного аналізу (рис. 3.10) є визначення розмірів заготовки $A_{\text{заг.1}}$ і $A_{\text{заг.2}}$, на основі забезпечення необхідних розмірів припусків z_1 і z_2 (вихідні ланки) (рис. 3.11).

Розрахунок проводимо, використовуючи методики, що викладені в працях [19, 44, 45]. Порядок розрахунку зведено у таблиці 3.7 і 3.8.

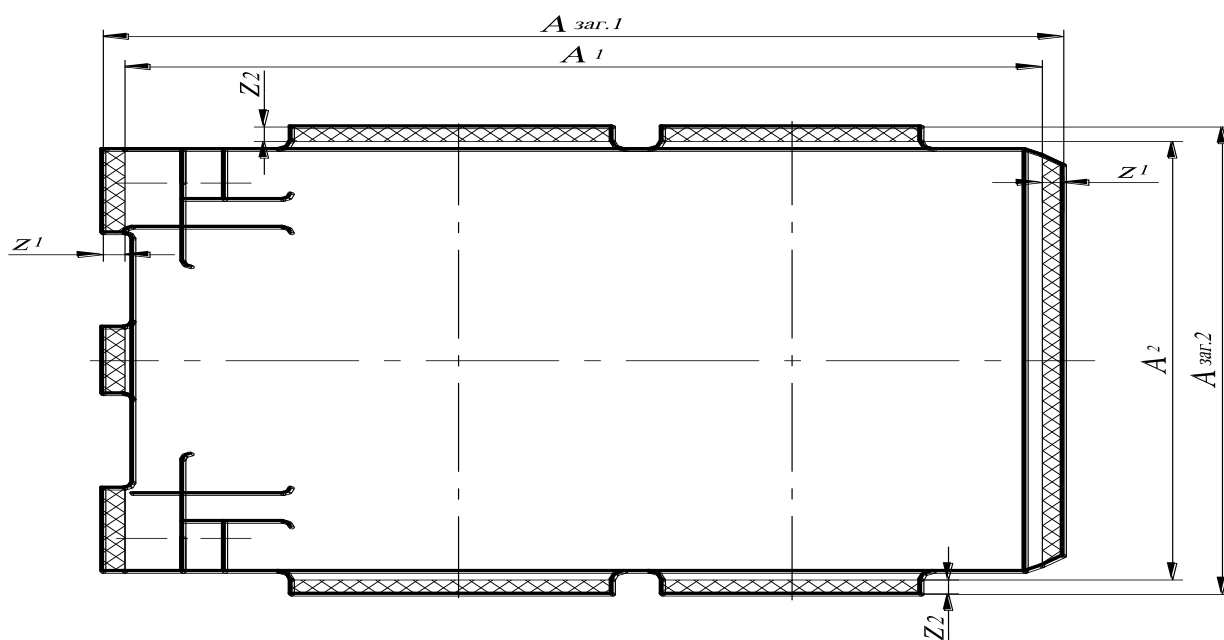


Рис. 3.10 – Розмірна схема оброблюваної деталі

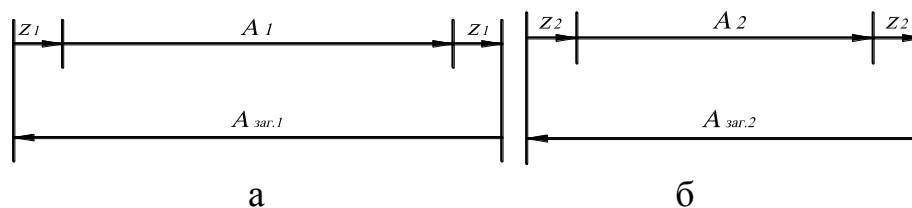


Рисунок 3.11 – Розмірні ланцюги для визначення: а - розміру $A_{зар.1}$; б - розміру $A_{зар.2}$

Таблиця 3.7 - Методика розрахунку розмірних ланцюгів

Розрахункові параметри	Формула для розрахунку	Опис параметрів
Номінальні розміри заготовки	$A_{заг.1} = A_1 + 2 \cdot z_1;$ $A_{заг.2} = A_2 + 2 \cdot z_2$	A_1, A_2 – номінальні розміри, мм; z_1, z_2 – номінальні припуски
Граничні максимальні і мінімальні розміри заготовки	$A_{заг.1}^{max} = A_1^{max} + 2 \cdot z_1^{max};$ $A_{заг.1}^{min} = A_1^{min} + 2 \cdot z_1^{min};$ $A_{заг.2}^{max} = A_2^{max} + 2 \cdot z_2^{max};$ $A_{заг.2}^{min} = A_2^{min} + 2 \cdot z_2^{min}$	$A_1^{max}, A_1^{min}, A_2^{max}, A_2^{min}$ - граничні значення відповідно розмірів A_1 і A_2 , z_1^{max} і z_1^{min} , z_2^{max} , z_2^{min} - граничні значення відповідно припусків z_1, z_2
Величина допусків розмірів заготовки	$TA_{заг.1} = TA_1 + 2 \cdot Tz_1;$ $TA_{заг.2} = TA_2 + 2 \cdot Tz_2$	$TA_{заг.1}, TA_{заг.2}$ - допуски розмірів $A_{зар.1}$ і $A_{зар.2}$; TA_1, TA_2 - допуски розмірів A_1 і A_2 ; Tz_1, Tz_2 - допуски припусків z_1 і z_2
Граничні відхилення розмірів заготовки	$ESA_{заг.1} = ESA_1 + 2 \cdot ESz_1;$ $EIA_{заг.1} = EIA_1 + 2 \cdot EIZ_1;$ $ESA_{заг.2} = ESA_2 + 2 \cdot ESz_2$ $EIA_{заг.2} = EIA_2 + 2 \cdot EIZ_2$	$ESA_{заг.1}, EIA_{заг.1}, ESA_{заг.2}, EIA_{заг.2}$ - граничні відхилення відповідних розмірів $A_{зар.1}$ і $A_{зар.2}$; $ESA_1, EIA_1, ESA_2, EIA_2$ - верхні і нижні граничні відхилення відповідних розмірів A_1 і A_2 ; $ESz_1, EIZ_1, ESz_2, EIZ_2$ - граничні відхилення припусків z_1, z_2 .

Таблиця 3.8 – Порядок розрахунку елементів розмірного ланцюга (розміри в мм)

Розрахункові параметри	Порядок розрахунку (розміри в мм)
Номінальні значення розмірів заготовки	$A_1=290\pm 0,5$; $A_2=245_{-0,46}$; $z_1=2\pm 1$; $z_2=2\pm 0,8$. $A_{заг.1} = 290 + 2 \cdot 2 = 294$; $A_{заг.2} = 246 + 2 \cdot 2 = 250$
Найбільші і найменші граничні розміри	$A_{заг.1}^{\max} = 290,5 + 2 \cdot 3 = 295,5$; $A_{заг.1}^{\min} = 289,5 + 2 \cdot 1 = 291,5$; $A_{заг.2}^{\max} = 246 + 2 \cdot 2,9 = 251,8$; $A_{заг.2}^{\min} = 245,54 + 2 \cdot 1,1 = 247,74$.
Величини допусків на розміри	$TA_{заг.1} = 1 + 2 \cdot 2 = 5$; $TA_{заг.2} = 0,46 + 2 \cdot 1,8 = 4,06$.
Граничні відхилення розмірів	$ESA_{заг.1} = 0,5 + 2 \cdot 1 = 2,5$; $EIA_{заг.1} = -0,5 + 2 \cdot (-1) = -2,5$; $ESA_{заг.2} = 0 + 2 \cdot 0,9 = 1,8$; $EIA_{заг.2} = -0,46 + 2 \cdot (-0,9) = -3,26$

Таким чином із таблиці бачимо шукані розміри $A_{заг.1} = 294_{-2,5}^{+2,5}$ мм, $A_{заг.2} = 250_{-3,26}^{+1,8}$ мм.

3.7 Вибір різального та вимірювального інструменту

Вибір виду і конструкції різального і вимірювального інструменту здійснюємо, враховуючи тип виробництва, конфігурацію і матеріал оброблюваної заготовки, метод формоутворення поверхні, тип верстату *IP500ПМФ4* (свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПК), розмір, необхідну якість поверхні, точність обробки. Позаяк вибираємо стандартний інструмент (таблиця 3.9), використовуємо інформаційні ресурси ППП „ТехноПро” та праці [44, 45].

Отримані дані заносимо в технологічну документацію згідно [38].

3.8 Розрахунок режимів різання

У таблиці 3.9 наведено розрахунок режимів різання розрахунково-аналітичним методом [8, 17], інші режими визначаємо за емпіричними формулами на основі довідкових матеріалів [33].

Таблиця 3.9 - Розрахунково-аналітичний метод розрахунку режимів чорнового розточування отворів *И, З, З1*.

Розрахунковий параметр	Стандартні аналітичні залежності	Значення складників аналітичних залежностей та їх розрахунок
Глибина різання	$t = \frac{D_{\text{ном.ч.р.}} - D_{\text{ном.заг}}}{2}$	$D_{\text{ном.ч.р.}} = 46,51 \text{ мм}; D_{\text{ном.заг}} = 42,75 \text{ мм.}$ $t = \frac{46,51 - 42,75}{2} = 1,88 \text{ мм.}$
Вибір подачі		$s = 0,2 \text{ мм/об.}$
Швидкість різання	$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v;$ $K_{mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{n_v}$	$C_v = 292; m = 0,20; x = 0,5;$ $y = 0,20; n_v = 1,3; K_{mv} = \left(\frac{190}{190}\right)^{1,3} = 1;$ $K_{nv} = 0,8; K_{uv} = 1; K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8;$ $v = \frac{292}{45^{0,2} \cdot 1,88^{0,5} \cdot 0,2^{0,2}} \cdot 0,8 = 109,8 \text{ м/хв.}$
Стійкість інструмента		$T = 45 \text{ хв.}$
Частота обертання шпинделя	$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$	$n = \frac{1000 \cdot 109,8}{3,14 \cdot 46,51} = 752 \text{ об/хв.}$
Хвилинна подача		$s_m = n \cdot s = 752 \cdot 0,2 = 150,4 \text{ мм/хв.}$
Потужність різання. Сила різання	$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60};$ $P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot k_p$ $k_p = k_{mp} \cdot k_{\varphi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{\lambda p} \cdot k_{rp}$	$k_p = 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 1,023. C_p = 92;$ $x = 1,0; y = 0,75; n = 0. k_{mp} = 1;$ $k_{\varphi p} = 1; k_{\gamma p} = 1,1; k_{\lambda p} = 1; k_{rp} = 0,93.$ $P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1,88^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 109,8^0 \cdot 1,023 = 530 \text{ Н}$ $N = \frac{530 \cdot 109,8}{1020 \cdot 60} = 0,95 \text{ кВт.}$
Необхідна потужність двигуна	$N_{\text{дв.}} = \frac{N}{\eta}$	$\eta = 0,85; N_{\text{дв.}} = \frac{0,95}{0,85} = 1,2 \text{ кВт.}$
Основний час роботи	$T_o = \frac{L}{s_m}$	$L = 52 \text{ мм}; T_o = \frac{52}{150,4} = 0,35 \text{ хв.}$

3.9 Технічне нормування спроектованого ТП

Як відомо, норму штучно-калькуляційного часу визначають як суму основного часу T_{oi} обробки при виконанні i -го переходу, часу $T_{x.xi}$ холостих ходів верстата, необхідного при виконанні i -го переходу, допоміжного часу T_{δ} , часу на обслуговування робочого місця $T_{об}$, часу T_n перерв на відпочинок та особисті потреби, підготовчо-заключного часу T_{nz} з урахуванням кількості m деталей в партії ($n = 95$ шт.) [41]

$$T_{ук} = \sum_{i=1}^k T_{oi} + \sum_{i=1}^k T_{x.xi} + T_{\delta} + T_{об} + T_n + \frac{T_{nz}}{m}, \quad (3.2)$$

У розрахунках сумарного основного часу для операції 010 необхідно врахувати час T_{zi} на зміну інструмента на i -му переході ($T_z = 0,24$ хв), часу T_{nci} на переміщення стола з деталлю на i -му переході, часу T_{uni} на швидке підведення і відведення шпинделя з інструментом на i -му переході [34]

$$\sum_{i=1}^k T_{oi} = 15,71 \text{ хв.}$$

$$\sum_{i=1}^k T_{x.xi} = \sum_{i=1}^k T_{zi} + \sum_{i=1}^k T_{nci} + \sum_{i=1}^k T_{uni}, \quad (3.3)$$

$$\text{Тому } \sum_{i=1}^k T_{x.xi} = 8,4 + 0,95 + 0,48 = 9,83 \text{ хв.}$$

Час на встановлення деталі на горизонтальну площину і два пальці і зняття її, а також на фіксацію і відкріплення деталі в пристосуванні рукояткою пневматичного затискача $T_{\delta z} = 0,167 + 0,024 = 0,19$ хв.

Інші параметри наведені нижче у таблиці 3.10.

Отже

$$T_{ук} = 15,71 + 9,83 + 0,20 + 1,54 + 0,65 + \frac{22}{95} = 28,16 \text{ хв.}$$

У таблицях 3.10 і 3.11 наведено зведені результати розрахунків параметрів нормування спроектованого ТП.

Таблиця 3.10 – Розрахунок елементів нормування ТП

Вид часу	Розрахунок норми часу
Час керування верстатом	$T_k = 0,01 \text{ хв.}$ $T_\delta = T_{\text{вз}} + T_k = 0,191 + 0,01 = 0,20 \text{ хв.}$
Оперативний час	$T_{on} = T_o + T_\delta + T_{x.x} = 15,71 + 0,20 + 9,83 = 25,74 \text{ хв.}$
Час на обслуговування робочого місця	$T_{об} = T_{on} \cdot 0,06 = 25,74 \cdot 0,06 = 1,54 \text{ хв.}$
Час перерв на відпочинок та особисті потреби	$T_n = T_{on} \cdot 0,025 = 25,74 \cdot 0,025 = 0,65 \text{ хв.}$
Підготовчо-заклучний час	$T_{n.з} = 22 \text{ хв.}$

Таблиця 3.11 – Норми часу (хв.) операцій спроектованого ТП

Номер і назва операції	T_o	$T_{x.x.}$			T_δ	
		T_z	T_{nc}	T_{nu}	$T_{\text{вз}}$	T_k
005 Комплексна на оброблюючих центрах з ЧПК	7,22	2,54	0,68	0,38	0,18	0,01
010 Комплексна на оброблюючих центрах з ЧПК	15,68	8,5	0,96	0,47	0,19	0,01
015 Слюсарна	1,13	-	-	-	0,16	-

Номер і назва операції	T_{on}	$T_{об}$	T_n	$T_{n.з}$	$m, \text{ШТ.}$	$T_{шк}$
005 Комплексна на оброблюючих центрах з ЧПК	11,1	0,67	0,28	24	93	12,26
010 Комплексна на оброблюючих центрах з ЧПК	25,68	1,55	0,65	22	95	28,16
015 Слюсарна	1,29	0,07	0,04	10	96	1,50

3.10 Вибір технологічного устаткування з визначенням ефективності його використання

Вибір устаткування з визначенням ефективності його використання здійснюють на основі розрахунків коефіцієнтів [12] завантаження верстату η_z , використання верстату за основним часом η_o та за потужністю η_N , середніх значень згаданих коефіцієнтів (відповідно $\eta_{z.cp}$, $\eta_{o.cp}$, $\eta_{N.cp}$) (табл. 3.12). На обох операціях використовують верстати мод. *ИР500ПМФ4*.

Значення згаданих коефіцієнтів визначають за відомими формулами

$$\eta_z = \frac{m_p}{m_n} \cdot 100\%; \quad \eta_o = \frac{T_o}{T_{um}} \cdot 100\%; \quad \eta_N = \frac{N_p}{N_e} \cdot 100\%$$

У розрахунках прийнято $t_e = 60$ хв.

Таблиця 3.12 – Розрахунок коефіцієнтів завантаження верстатів

Номер операції	N_e , кВт	N_p , кВт	T_{um} , хв.	T_o , хв.	Розрахункова кількість верстатів $m_p = \frac{T_{um}}{t_e}$	Прийнята кількість верстатів m_n	η_z , %	η_o , %	η_N , %
005	7,5	2,7	12,02	7,18	0,20	1	20	61	35
010	7,5	3,18	28,12	15,69	0,47	2	24	56	43

Середні значення згаданих коефіцієнтів

$$\eta_{z.cp} = \frac{20 + 23}{2} = 21,5 \%; \quad \eta_{o.cp} = \frac{60 + 56}{2} = 58\%; \quad \eta_{N.cp} = \frac{34 + 43}{2} = 39\%$$

Тому існує необхідність у дозавантаженні верстатів протягом року декількома деталями. Однак, η_o є достатньо високий.

3.11 Розрахунок сил затиску і визначення основних параметрів механізмів затиску деталі на операціях ТП

Опис призначення, будови і роботи пристрою.

Пристрій КРМ19-442.03.00 СК призначений для закріплення деталі на операції 005 у якій обробка усіх поверхонь проводиться послідовно з чотирьох сторін.

Він складається з корпусу КРМ19-442.03.40 на якому розміщено два пальці 7030-0907/13,0 гб (виконані згідно ГОСТ 12209-69) для встановлення і орієнтації на них деталі по двох, попередньо оброблених, отворах. Після повертання ручки пневморозподільника 3 стиснене повітря подається від цехової мережі через рукав Б-10-16-27-У ГОСТ 18698-79 у пневмоциліндр 10. Внаслідок цього шток пневмоциліндру разом із тягами 6 переміщується вниз. Тяги встановлені з можливістю взаємодії з плитою 3 і з притискачем 4, яка переміщається і притискає деталь до поверхні корпусу. Транспортування пристрою та встановлення його верстаті здійснюють за допомогою двох ремболтів М12 ГОСТ 4751-73.

У такому пристрої заготовку встановлюють на два пальці і площину (рис. 3.12). Затиск здійснюється притисканням деталі зверху до основи пристрою.

Похибка встановлення деталі в пристрої $\varepsilon_{y1} = 90$ мкм.

У процесі обробки заготовка, що попередньо закріплена силою P , знаходиться під дією колової сили P_z (рис. 3.13). Перший силовий фактор момент M_{piz} намагається повернути заготовку навколо її осі, а інший - сила P_x - зсунути заготовку.

На основі рекомендацій [18, 1] визначена умова фіксації заготовки в пристосуванні є такою

$$K \cdot M_{piz} = M_{TP}; M_{TP} = (P + G) \cdot 2 \cdot f \frac{l}{2}, \quad (3.4)$$

де $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$ - комплексний коефіцієнт запасу, що

враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях, збільшення сил різання від затуплення різального інструменту. ударне навантаження на інструмент, затискний механізм з точки зору надійності, зручність розміщення ручок, наявність моментів, які намагаються повернути заготовку при гарантованому коефіцієнту запасу $K_0 = 1,5$;

$M_{різ}$ і $M_{ТР}$ - моменти різання і тертя: $M_{різ} = P_z \cdot \frac{l}{2}$ Н·м;

P і G - відповідно сила затиску і вага деталі: $G = 210$ Н;

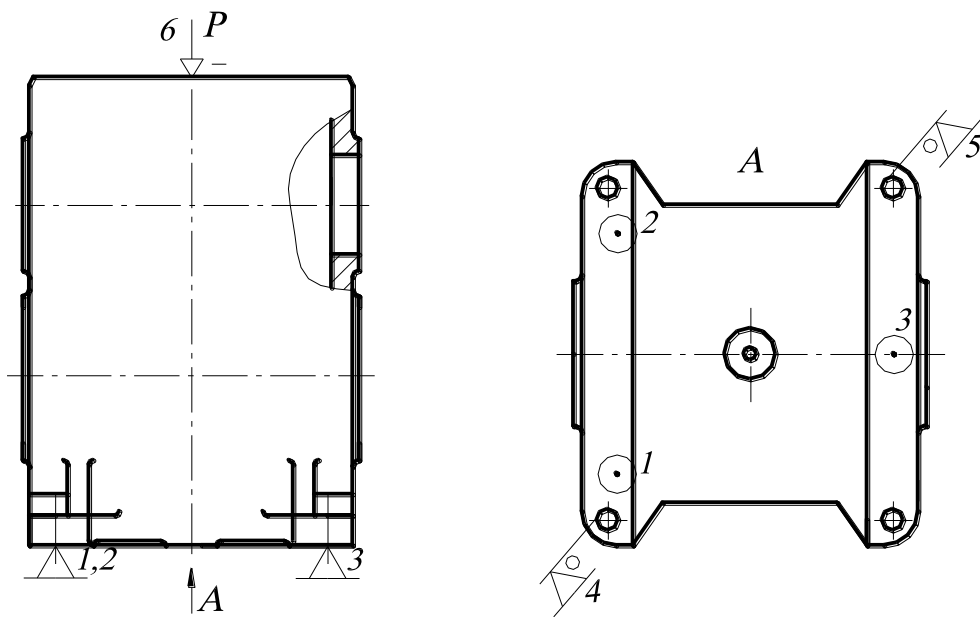


Рис. 3.12 – Схема базування деталі в технологічному пристосуванні

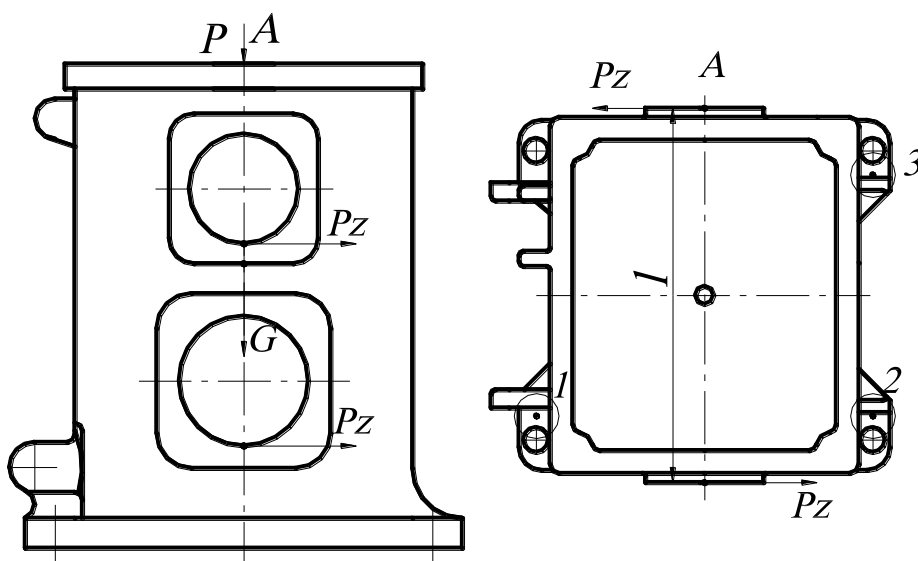


Рисунок 3.13 – Схема дії силових факторів на оброблювану деталь

f - коефіцієнт тертя;

l - відстань між точкою прикладання сили різання і центром деталі;

P_z - колова сила різання: $P = \frac{K \cdot P_z}{2 \cdot f} - G$.

Пристрій КРМ19-442.04.00СК призначений для закріплення деталі у процесі послідовної обробки різанням з двох сторін деталі корпус ОЛВ52.122 на операції 010 Комплексна на оброблюючих центрах з ЧПК.

Такий пристрій складається з корпусу 10 на якому встановлені два упори 3 для розміщення деталі по боковій поверхні. Затиск здійснюється наступним чином. Після спрацювання пневморозпрідільника стиснене повітря подається від цехової мережі через рукав Г-10-Ø 12 ГОСТ 18698-73 у пневмоциліндри 30. Внаслідок цього шток пневмоциліндра разом із тягами 2 переміщується вниз. Так як до тяг приєднано коромисло 1 з качалкою 4, то остання переміщується і притискає деталь до поверхні корпусу пристрою для затиску.

На операції 010 деталь у пристосуванні встановлюють боковою площиною. Затиск здійснюється в напрямку зверху до низу. Схема базування зображена на рисунку 3.14.

Похибка встановлення деталі в технологічному пристосуванні така ж, що і у попередньому випадку - $\epsilon_{y1} = 90$ мкм.

Результати розрахунків сил затиску та необхідних діаметрів пневмоциліндрів для пристроїв КРМ19-442.03.00СК і КРМ19-442.04.00СК наведено у таблиці 3.15.

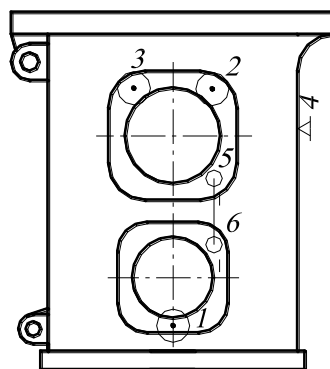


Рис. 3.14 – Схема базування деталі в технологічному пристосуванні

Таблиця 3.15 - Розрахунок сил затиску і визначення основних параметрів механізму затиску.

Код пристрою та значення колової сили різання P_z	Коефіцієнт запасу K	Сила затиску заготовки, Н	Діаметри пневмоциліндрів, мм
Пристрій КРМ19-442.03.00 СК; $P_z = 530$ Н	$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 3,37$	$P = \frac{3,37 \cdot 530}{2 \cdot 0,16} - 210 = 5582$	$D_{ц} = \frac{\sqrt{\frac{4 \cdot 5582 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}}}{2} = 74$
Пристрій КРМ19-442.04.00 СК; $P_z = 450$ Н	$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 = 4,04$	$P = \frac{4,04 \cdot 450}{2 \cdot 0,16} - 210 = 5681$	$D_{ц} = \frac{\sqrt{\frac{4 \cdot 5681 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85}}}{2} = 78$

Отже, для випадку тиску повітря у цеховій пневмережі $p = 0,4$ МПа і ККД приводу $\eta = 0,85$ приймаємо діаметр циліндра $D_{ц} = 80$ мм; кількість пневмоциліндрів $m = 2$.

3.12 План дільниці цеху

Розрахунок площ відділень цеху здійснюємо за методикою, яка викладена в працях [27, 30]. В результаті розрахунків визначено: кількість верстатів 2, необхідна площа для розміщення 2-х верстатів – 36 м², кількість верстатників- 2, кількість слюсарів і допоміжних робітників – 2.

Для реалізації ТП необхідні потреби у площах: необхідна площа механічного відділення - 77 м², площа складу заготовок і заготівельного відділення – 1 м², площа контрольного відділення – 4 м², площа заточного відділення – 2 м², склад масел – 1 м², допоміжна кладовка – 4 м², площа кладовки інструментального спорядження – 3 м², площа відділення для приготування ЗОР – 12 м².

На рисунку 3.15 наведено схему розміщення устаткування на дільниці механічної обробки корпусу ОЛВ52.122.

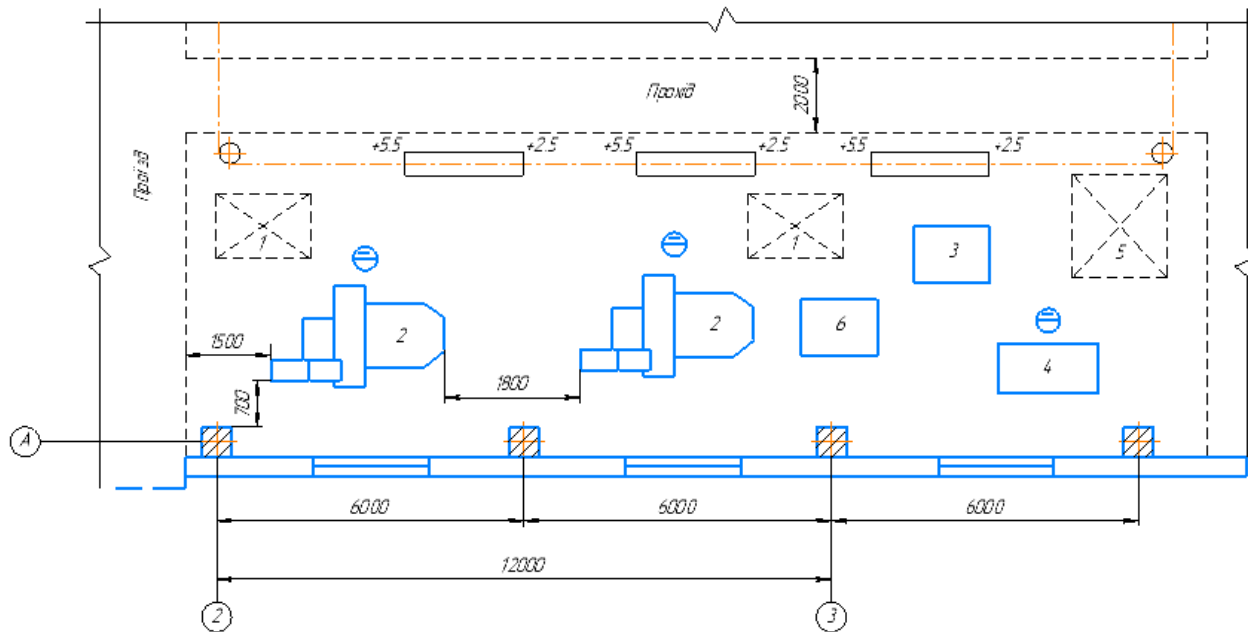


Рисунок 3.15 - План розміщення устаткування на дільниці механічної обробки корпусу ОЛВ52.122 (1, 5 – місця складування деталей, 2 – оброблюючий центр моделі *IP500ПМФ4*, 6 – слюсарний верстак, 4 – стіл для контролю, 5 – промивна машина)

Будівлю цеху компоуємо на основі використання уніфікованих типових секцій. Поруч з цехом рекомендоване розміщення двоповерхового адміністративно-побутового приміщення розміром 12х5 і висотою поверху 6 м.

3.13 Висновки до розділу

Розроблено ТП виготовлення корпусу ОЛВ52.122 в рамках якого визначено серійність виробництва, обрано спосіб отримання заготовки та розраховано її основні розміри та допуски і припуски, здійснено автоматизований синтез маршруту обробки такої деталі у середовищі програмного продукту «ТехноПро», виконано розмірний аналіз технологічного процесу, здійснено вибір різального та вимірювального інструменту, визначено режими різання з технічним нормуванням спроектованого ТП, здійснено вибір технологічного устаткування з визначенням ефективності його використання, спроектовано два верстатних спорядження для закріплення деталі на двох технологічних операціях механічної обробки, запропоновано план розміщення устаткування на дільниці механічної обробки такої деталі.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз умов праці

При механічній обробці металів при виготовленні корпусу ОЛВ52.122 виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних і біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів: рухомі частини виробничого устаткування, що пересуваються, вироби і заготовки; стружка оброблюваних матеріалів, уламки інструментів, висока температура поверхні оброблюваних деталей і інструмента; підвищена напруга в електромережі, при якій може відбутися замикання через тіло людини; фізичні небезпечні чинники. Так, при опрацюванні крихких матеріалів (чавуну, латуні, бронзи та ін.) на високих швидкостях різання, стружка від верстата розлітається на відстань (3-5 м). Металева стружка, особливо в'язких металів (сталей), що має високу температуру (400 -600 °С) і велику кінетичну енергію, має серйозну небезпеку не тільки для працюючого, але і для осіб, що знаходяться поблизу верстата. Найбільш поширеними у верстатників є травми очей.

Фізичними шкідливими виробничими факторами, характерними для процесу різання, є підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; високий рівень шуму і вібрації; недостатня освітленість робочої зони; наявність прямого і відбитого блиску; підвищена пульсація світлового потоку. При відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання при різанні крихких матеріалів може перевищувати гранично допустимі концентрації. При різанні латуні і бронзи кількість пилу в повітрі приміщення досить невелика (14,5 - 20 мг/м³). Проте деякі сплави (латунь ЛЦ40С і бронза Бр ОЦС) містять свинець, тому токсичність пилу, що утворюється при їхньому різанні може перевищувати ГДК.

При роботі тупим ріжучим інструментом відбувається інтенсивне

=

нагрівання внаслідок чого з змащувально-охолоджуючої речовини виділяються шкідливі гази, що є хімічним шкідливим виробничим фактором. Аерозоль нафтових масел, що входять до складу змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР), може викликати подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, сприяти зниженню імунобіологічної реактивності

До психофізіологічних шкідливих виробничих факторів процесів обробки матеріалів різанням можна віднести фізичні перевантаження при установці, закріпленні і зніманні деталей, перенапруження зору, монотонність праці.

До біологічних чинників відносяться хвороботворні мікроорганізми і бактерії, що виділяються при роботі з ЗОР.

Відповідно до визначених проблемних питань реалізації розробленого ТП виготовлення корпусу «ОЛВ52.122» нами визначено відповідні заходи щодо забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на основі прць [9, - 16, 22-26, 32, 35, 37, 40, 42, 46]

4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1. Мікроклімат

Оптимальні показники мікроклімату визначаються на всю робочу зону, допустимі - диференційовано для постійних і непостійних робочих місць. Якщо по технологічним вимогам, технічним і економічним причинам оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини показників мікроклімату.

Оптимальні і допустимі показники приведені в таблиці 5.1

Таблиця 4.1 – Оптимальні і допустимі показники мікроклімату.

Період Року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Доп.	Оптим.	Доп.	Оптим.	Доп.
Холодний	Пб	17-19	15-21	40-60	75	0,2	<0,4
Теплий	Пб	20-22	16-27	40-60	70-25°	0,3	0,2-0,5

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від відкритих джерел не повинно перевищувати 100 Вт / м² при опроміненні тіла до 25%. Це забезпечується тим, що працівникам видають спеціальний одяг, який захищає людину від теплового опромінення. Джерела інтенсивного теплового опромінення огорожуються захисними огорожами.

В приміщенні механічного цеху повинна бути встановлена система опалення на холодний період року, а саме: водяне опалення.

4.2.2 Освітлення

Нормування природного освітлення:

- характеристика зорової роботи: робота дуже високої точності;
- найменший розмір об'єкту розрізнення: від 0,15 до 0,3 мм;
- розряд зорової роботи: II б;
- вид природного освітлення: бокове;
- КПОн=2,5% (для суміщеного освітлення КПОн=1,5%);
- пояс світлового клімату-4 (північніше 50° широти), коефіцієнт світового клімату $m=0,9$;
- так як вікна орієнтовані на північ і південь, то азимут 90, звідки коефіцієнт сонячності $C=0.75$;
- нормоване значення КПО для даного поясу світлового клімату - 1, 125%.

Нормування штучного освітлення:

- характеристика зорової роботи: робота дуже високої точності;
- найменший розмір об'єкту розрізнення; від 0,15 до 0,3мм;
- розряд зорової роботи: IIб;
- характеристика фону: середній;
- контраст з об'єктом розрізнення- середній;
- освітленість при загальному освітленні повинна дорівнювати 750лк , при комбінованому 3000 лк,

На верстатах використовуємо для місцевого освітлення лампи розжарювання .

Розрахунок локального(місцевого) освітлення зони різання.

Розрахунок проводимо за точковим методом.

Необхідна освітленість:

$$E_{AI} = \frac{I_s \cdot \cos a}{r^2} = \frac{148 \cdot \cos(34,99)}{1,22^2} = 81,41 \text{ (лк)}.$$

Фактична освітленість:

$$E_{A\Phi} = E_{AI} \frac{\Phi \cdot \mu}{10^3 \cdot K} = 81,46 \cdot \frac{1180 \cdot 1,2}{1,22^2} = 76,86 \text{ (лк)}.$$

де I_s – сила світла в напрямку променя від джерела світла на розрахункову точку робочої поверхні, згідно (Кузнецов Ю.А. Справочник – М. Транспорт 1986); μ – коефіцієнт впливу віддалених світильників, приймаємо $\mu=1,2$.

Так як на розрахункову точку падає світло декількох світильників, то визначаємо сумарну освітленість за формолою:

$$\Sigma E = 2 \cdot E_{A\Phi} = 2 \cdot 76,89 = 153,78 \text{ лк} > 150 \text{ лк}$$

Отже вибираємо лампи ЛБ 20-4 з потужністю 20 Вт і світловим потоком $\Phi=1180$ тривалістю горіння $10 \cdot 10^3$ годин.

Природне освітлення проводиться через вікна розмірами 3,5 x 3,2м.

4.2.3.Вібрації

В механічному цеху має місце локальна вібрація, яка передається через руки робітника, що працює за верстатом.

По часовій характеристиці—вібрація непостійна. По направленню дії вібрація відноситься до направленої вздовж осі передпліччя. Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора верстату вказані в таблиці 4.2.

Так, як норми показників вібрації не дотримані, то для забезпечення віробезпеки потрібно використовувати вібродемпфування.

Таблиця 4.2 – Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора верстату.

Категорія вібрації по	Характеристика умов праці	Джерела вібрації
3 тип "а"	Технологічні вібрації діючі на операторів стаціонарного обладнання або що передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації	Металорізуючі верстати

Таблиця 4.3 – Санітарні норми однотипних показників вібраційного навантаження на оператора.

Вид вібрації	Категорії вібрації по санітарних нормах	Напрямок дії	Нормативні і коректовані по частоті і еквівалентні коректовані значення			
			Вібраційне прискорення		Віброшвидкість	
			М/с ²	рівень ДБ	М/с	рівень ДБ
Локальна			2,0	126	2,0	112
Загальна	3"а"	X,Y,Z	0,1	100	0,2	92

Вібродемпфування - рівень вібрації зменшується за рахунок перетворення енергії механічних коливань в теплову енергію . На віброуючі частини наноситься шар пружнов'язкого матеріалу.

4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

В цілях захисту верстатника від можливого отримання травми, пов'язаних з виділенням металічних частинок (стружки, осколків інструмента при його поломці), а також з розбризкуванням змащувально-охолоджувальної рідини при роботі на верстаті, передбачається і індивідуальний захист працюючого - наявність захисного екрану, захисних окулярів. Робоче місце верстатника повинно бути закрито екраном для запобігання вилітання частинок стружки і уламків інструменту.

4.3.1 Електробезпека

Експлуатація більшості машин в механічному цеху пов'язана з використанням електричної енергії.

По ступіню ураження електричним струмом згідно ПУЕ механічний цех належить до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом тому, що підлога бетонна, тобто струмоведуча.

В цілях захисту робочих проводять організаційні міри, такі як проведення інструктажів по техніці безпеки (ввідного, первинного, при необхідності повторного - позапланового, цільового), нанесення символів і інших запобіжних надписів на електроустановках. Верстат підключений до трифазного чотирьох провідного джерела з заземленою нейтраллю змінного струму напругою 220/380В, тому необхідно використовувати занулення.

4.3.2. Безпека виробничих процесів і обладнання

Розробка технологічної документації, організація і виконання технологічним процесів різання повинні відповідати вимогам системі стандартів безпеки праці.

Для охолодження зони різання допускається використовувати мінеральне мастило з температурою спалаху не нижче 150 С, вільне від кислот і вологи. ЗОР повинна попадати в зону різання методом розпилення.

Ріжучий інструмент і елементи його кріплення (болти, гайки, фланці) повинні бути закриті кожухами, міцно закріпленими на верстаті.

Після закінчення роботи потрібно прибрати робоче місце стружко приймачем.

4.3.3 Протипожежні заходи

В якості робочої рідини використовується мінеральне мастило. Температура спалаху у нього більше 61 °С тому дане виробництво слід віднести до категорії "В". В відповідності з ДБН В.2.1.1-2002 приміщення має ступінь вогнестійкості - II, допустиме значення поверхів - фактично 1, площа поверху не обмежується. Межі вогнестійкості будівлі II ступеня стійкості:

Таблиця 4.4 – Межі вогнестійкості стін

Стіни	Межа вогнестійкості
Несучі і сходові клітки	2
Само несучі	1
Зовнішні не несучі	0,25
Колони	2
Сходові площадки, ступені, балки	1
Плити, настили і інші перекриття	0,25
Елементи покриття	
Плити, настили, прогони	0,25
Балки, ферми, арки	0,25

Для забезпечення гасіння пожежі в початковому стані його джерело треба встановити найшвидше, тому встановлюємо внутрішній пожежний кран.

З метою забезпечення пожежобезпеки слід контролювати установку по допускній температурі, т.к. в ній використовується мінеральне мастило, а також не допускати перегріву електродвигунів.

В приміщенні висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менша 2,2 м , Висота від підлоги до низу виступаючих частин конструкцій і обладнання у місцях регулярного проходження людей і на шляхах евакуації - не менше 2 м.

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, що знаходяться в приміщеннях споруд, через евакуаційні виходи. Кількість евакуаційних виходів з будівель слід приймати не менше двох. Відстань від найбільш віддаленого робочого місця приміщення до евакуаційного виходу із будівлі для даного приміщення згідно ДБН В.2.1.1-2002 не обмежується. Ширина виходу із приміщення: через двері 1м, через роздвижні ворота -2.5'м. Кількість людей па 1 метр складає близько 10 чоловік. Згідно ДБН В.2.1.1-2002 кількість до 120 чоловік. В приміщенні знаходиться пожежний щит з вогнегасником, сокирою, лопатою, відром, біля щита ящик з піском. Також передбачено розміщення в цеху двох пересувних вуглекислотних вогнегасників типу УП-2М.

4.3.4 Розрахунок рівня шуму на дільниці. Заходи для його зниження

Захист від шуму на проєктованій дільниці необхідно проєктувати на основі акустичного розрахунку, що дозволяє визначити в розрахункових точках очікувані рівні звукового тиску і співставити їх з нормативними вимогами. Виберемо розрахункову точку на робочому місці, віддалену від контуру верстата на відстань 1 м в зоні прямого і відбитого звуку, що створюється джерелом шуму.

Октавний рівень звукового тиску в розрахунковій точці приміщення, в якому декілька джерел шуму, визначимо за формулою:

$$L = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{\Lambda_i \cdot \chi_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4 \cdot \Psi}{B} \cdot \sum_{i=1}^n \Lambda_i \right), \quad (4.2)$$

де L - октавний рівень звукового тиску, дБ;

$\Lambda = 10^{0,1 \cdot L_p}$; L_p - октавний рівень звукової потужності, що створюється джерелом шуму, дБ;

χ - коефіцієнт, що враховує вплив найближчого акустичного поля;

Φ - фактор направленості джерела шуму; для джерел шуму з рівномірним поширенням звуку необхідно прийняти $\Phi = 1$;

S - площа уявної поверхні правильної геометричної форми, що оточує джерело і проходить через розрахункову точку, м²;

m - число джерел шуму, найближчих до розрахункової точки;

n - загальне число джерел шуму в приміщенні;

Ψ - коефіцієнт, що враховує порушення дифузності звукового поля в приміщенні;

B - постійна приміщення, м².

Джерело шуму – три верстати марки IP500ПМФ4, розташовані в один ряд на відстані 4,3 м один від одного.

Для верстата потужністю привода шпинделя 7,5 кВт і номінальної частоти обертання 1320 об/хв $L_p = 88$ дБ [11, табл. 5, с. 18].

$\chi = 3,7$ [11, рис. 9, с.53].

$$S = \pi \cdot r^2, \quad (4.3)$$

де r - відстань від центру джерела шуму до розрахункової точки, м.

Якщо розрахункова точка знаходиться між двома верстатами і рівновіддалена від них, то $r = 2,15$ м, $S = 3,14 \cdot 2,15 = 14,5$ м²; $m = 2$; $n = 3$; $\Psi = 0,4$ [11, рис. 10, с. 54]; $B = 54$ [11, табл. 16, с. 54].

$$L = 10 \cdot \lg \left(\frac{2 \cdot 10^{0,1 \cdot 88} \cdot 3,7}{14,5} + \frac{4 \cdot 0,4 \cdot 3}{54} \cdot 10^{0,1 \cdot 88} \right) = 85,8 \text{ дБ.}$$

Оскільки розрахований рівень звукового тиску вищий від допустимого ($L_{\text{дон}} = 80$ дБ [12]), то необхідно вжити заходів щодо його зниження.

Захист від виробничого шуму в цехах машинобудівних заводів має важливе значення для оздоровлення умов праці і підвищення її продуктивності.

Боротьба з шумом в джерелі його виникнення – найбільш дієвий спосіб боротьби з шумом. Створюються мал шумні механічні передачі, використовують способи зниження шуму в підшипникових вузлах. Якщо виникає шум від вібрації співударних деталей і окремих вузлів, треба окремі вузли зчленувати за допомогою матеріалів, що мають велике внутрішнє тертя (гуми, корку, бітумного картону, повсті, азбесту). Якщо не можна зменшити шум у самому джерелі його утворення до допустимого рівня, в конструкцію агрегату необхідно включити пристрої, що перешкоджають поширенню шуму назовні, тобто ізолюють чи вбирають його. Для цього необхідно: агрегати, що утворюють шум усією своєю поверхнею (двигуни, шестеренчасті редуктори), повністю замикати у звукоізолюючі кожухи з виводом назовні органів керування та контрольних приладів.

Проектуючи будівлю цехів, робота в яких пов'язана з сильним шумом, слід передбачити звукоізоляцію та звуковбирання, маючи на увазі, що навіть невеликі отвори і щілини сприяють проникненню шуму в сусідні приміщення. Акустична обробка приміщення передбачає вкривання стелі та верхньої частини стін звукопоглинальним матеріалом.

Якщо технічні заходи для послаблення шуму недостатні рекомендується користуватися індивідуальними захисними приладами, ізолюючими вухо від шуму, - протишумами. Існує два основних типи цих приладів: у вигляді навушників, пов'язок

чи шоломів, що зовні прикривають вушну раковину або всю привушну ділянку, і у вигляді заглушок, які закладають всередину слухового проходу.

Заходи щодо зниження шуму слід передбачати на стадії проектування механічного цеху та обладнання.

4.4 Застосування основних способів ведення рятувальних робіт на промислових підприємствах

Проблема запобігання виникнення надзвичайних ситуацій техногенного походження та ліквідація їх наслідків для України є однією з найактуальніших.

У післявоєнний період в Україні посилено розвивались виробництва хімічної промисловості, будувались атомні електростанції, впроваджувалися екологічно шкідливі технології. Незважаючи на велику кількість заходів, які здійснюються для забезпечення надійного функціонування промислових об'єктів, неможливо повністю виключити ризик виникнення аварійних ситуацій техногенного характеру.

Не випадково у статті 8 Закону України “Про Цивільну оборону України” наголошено, що “Керівництво підприємства, установ і організацій незалежно від форм власності і підпорядкування забезпечує своїх працівників засобами індивідуального і колективного захисту, організовує здійснення евакозаходів, створює сили для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та забезпечує їх готовність до практичних дій, виконує інші заходи з ЦО і несе пов'язані з цим матеріальні та фінансові витрати в порядку та обсягах, передбачених законодавством”. (Частина перша статті 8 в редакції Закону № 555-14 від 24.03.99).

Радіаційні, хімічні і вибухонебезпечні підприємства додатково створюють локальні системи виявлення загрози виникнення надзвичайної ситуації та оповіщення персоналу і населення, що проживає в зонах можливого ураження.

Керівництво підприємства, запроваджують інженерно-технічні заходи, що зменшують ступінь ризику виникнення аварій, пожеж та вибухів, і несуть витрати щодо їх здійснення в обсягах, передбачених відповідними нормативно-правовими

актами. (Частина друга статті 8 із змінами, внесеними згідно із Законом № 555-14 від 24.03.99).

Власники потенційно небезпечних об'єктів відповідають за захист населення, що проживає в зонах можливого ураження, від наслідків аварій на цих об'єктах. (Частина третя статті 8 із змінами, внесеними згідно із Законом № 555-14 від 24.03.99).

Суть рятувальних та інших невідкладних робіт – це усунення безпосередньої загрози життю та здоров'ю людей, відновлення життєзабезпечення населення, запобігання або значне зменшення матеріальних збитків. Рятувальні та інші невідкладні роботи включають також усунення пошкоджень, які заважають проведенню рятувальних робіт, створення умов для наступного проведення відновлювальних робіт. РІНР поділяють на рятувальні роботи і невідкладні роботи.

До рятувальних робіт відносяться:

- розвідка маршруту руху сил, визначення обсягу та ступеня руйнувань, розмірів зон зараження, швидкості і напрямку розповсюдження зараженої хмари чи пожежі;
- локалізація та гасіння пожеж на маршруті руху сил та ділянках робіт;
- визначення об'єктів і населених пунктів, яким безпосередньо загрожує небезпека;
- визначення потрібного угруповання сил і засобів запобігання і локалізації небезпеки;
- пошук уражених та звільнених їх з-під завалів, пошкоджених та палаючих будинків, із загазованих та задимлених приміщень;
- розкриття завалених захисних споруд та рятування з них людей;
- надання потерпілим першої допомоги та евакуації їх (при необхідності) у лікувальні заклади;
- вивіз або вивід населення із небезпечних місць у безпечні райони;
- організація комендантської служби, охорона матеріальних цінностей і громадського порядку;
- відновлення життєздатності населених пунктів і об'єктів;

- пошук, розпізнання і поховання загиблих;
- санітарна обробка уражених;
- знезараження одягу, взуття, засобів індивідуального захисту, територій, споруд, а також техніки;
- соціально-психологічна реабілітація населення.

До невідкладних робіт відноситься:

- прокладання колонних шляхів та улаштування проїздів (проходів) у завалах та зараженій території;
- локалізація аварій на водопровідних, енергетичних, газових і технологічних мережах;
- ремонт та тимчасове відновлення роботи комунально-енергетичних систем і мереж зв'язку для забезпечення рятувальних робіт;
- зміцнення або руйнування конструкцій, які загрожують обвалам і безпечному веденню робіт.

Рятувальні та інші невідкладні роботи здійснюються в три етапи.

На першому етапі вирішується завдання щодо екстреного захисту населення, запобігання розвитку чи зменшення впливу наслідків, з підготовки до виконання РІНР.

Основними заходами щодо екстреного захисту населення є оповіщення про небезпеку, використання засобів захисту, додержання режимів поведінки, евакуація з небезпечних у безпечні райони, здійснення санітарної, гігієнічної, протиепідемічної профілактики і надання медичної допомоги, локалізація аварій, зупинка чи зміна технологічного процесу виробництва, попередження (запобігання) і гасіння пожежі.

На другому етапі проводяться: пошук потерпілих; витягання потерпілих з-під завалів, з палаючих будинків, пошкоджених транспортних засобів; евакуація людей із зони лиха, аварій, осередку ураження; надання медичної допомоги; санітарна обробка людей; знезараження одягу, майна, техніки, території; проведення інших невідкладних робіт, що сприяють і забезпечують здійснення рятувальних робіт.

На третьому етапі вирішуються завдання щодо забезпечення життєдіяльності населення у районах, які потерпіли від наслідків НС: відновлення чи будівництво житла; відновлення енерго-, тепло-, водо-, газопостачання, ліній зв'язку; організація

медичного обслуговування; забезпечення продовольством і предметами першої необхідності; знезараження харчів, води, фуражу, техніки, майна, території; відшкодування збитків; знезараження майна, території, техніки.

Відновлювальні роботи ЦО не виконує, їх здійснюють спеціально створені підрозділи (бригади). Залежно від рівня надзвичайної ситуації (загальнодержавного, регіонального, місцевого чи об'єктового) для проведення РІНР залучаються сили і засоби ЦО центрального, регіонального або об'єктового підпорядкування.

"Стаття 12. Для забезпечення заходів з цивільної оборони, захисту населення і місцевостей від наслідків надзвичайних ситуацій та проведення спеціальних робіт у міністерствах, інших центральних органах виконавчої влади, місцевих державних адміністраціях, на підприємствах, в установах і організаціях незалежно від форм власності і підпорядкування створюються спеціалізовані служби цивільної оборони: енергетики, захисту сільськогосподарських тварин і рослин, інженерні, комунально-технічні, матеріального забезпечення, медичні, оповіщення і зв'язку, протипожежні, торгівлі і харчування, технічні, транспортного забезпечення та інші. Для проведення евакуаційних заходів в умовах надзвичайних ситуацій на базі місцевих державних адміністрацій створюються евакуаційні комісії.

У разі коли підприємством, установою, організацією не здійснюються ці заходи або допускаються порушення в технологічному процесі, не дотримуються правила зберігання, транспортування, використання, знешкодження та захоронення сильнодіючих отруйних, радіоактивних і вибухових речовин, що може призвести до надзвичайної ситуації, штаби цивільної оборони вносять відповідним органам пропозиції щодо застосування до цього підприємства (установи, організації) відповідних санкцій, а також притягнення посадових осіб, винних у порушеннях, до відповідальності згідно з чинним законодавством.

Для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у разі надзвичайних ситуацій застосовуються сили цивільної оборони: війська, спеціалізовані і невоєнізовані формування. Порядок повсякденного функціонування військ цивільної оборони та дії їх у надзвичайних ситуаціях визначаються

Статутом військ Цивільної оборони України.

Спеціалізовані формування цивільної оборони – це складова частина сил цивільної оборони, що призначена для виконання специфічних робіт, пов'язаних з радіаційною та хімічною небезпекою, значними руйнуваннями, аварійними ситуаціями на нафтогазодобувних промислах.

Локалізація і гасіння пожеж. Щоб проводити рятувальні роботи в будинках, необхідно в першу чергу забезпечити доступ формувань у вогнище поразки, локалізувати, а потім і згасити пожежі. Тому рятувальні роботи включають також активні дії по боротьбі з пожежами.

Роботи з локалізації і ліквідації вогнищ пожеж організуються протипожежною службою і проводяться протипожежними формуваннями (командами пожежегасіння і добровільних пожежних дружин) одночасно з іншими видами рятувальних робіт.

Надання першої медичної і першої лікарської допомоги ураженим. Надання медичної допомоги ураженим є одним з головних видів рятувальних робіт. Від своєчасного проведення цих робіт залежить життя багатьох людей.

Надання першої медичної і першої лікарської допомоги ураженим організується медичною службою і проводиться силами медичних формувань, що діють у тісній взаємодії з рятувальними й другими формуваннями ЦО.

Перша медична допомога у вогнищі ядерної поразки виявляється ураженим безпосередньо на місці їхнього виявлення. Порядок і способи надання медичної допомоги визначаються в залежності від їхнього стану. В міру надання першої медичної допомоги уражені евакуюються на медичний пункт.

Евакуація уражених на медичні пункти організується командиром формування і здійснюється вантажним і санітарним автотранспортом, що мається у формуванні, і транспортом, виділеним старшим начальником для цих цілей.

Локалізація аварій на електромережах. Руйнування електромереж може привести до короткого замикання, виникненню пожеж і поразці людей електричним струмом.

Локалізація аварій на електромережах високої напруги являє собою роботи, виконання яких може бути доручено головним чином фахівцям-електрикам. Ця

робота складається: у знеструмленні мереж і пристрої найпростіших заземлень при дерев'яних опорах і при металевих опорах у районі ведення рятувальних робіт, у розбиранні металевих і дерев'яних опор (щогл) для найшвидшого відновлення тимчасових ліній електропередач до найбільш відповідальних об'єктів (якщо збереглися електростанції). На мережах низької напруги ця робота складається: у відключенні від мережі ушкодженої ділянки рубильником, роз'єднанні чи запобіжників у відрізку проводів від мережі, у збиранні проводів із землі і підвіску їхній до тимчасових опор.

Для усунення аварій електроосвітлювальних мереж залучаються фахівці-електрики, що повинні бути забезпечені гумовими рукавичками, взуттям і іншими спеціальними засобами, а також спеціальним інструментом. Крім того, електрики повинні вміти робити допомога потерпілим від електричного струму.

Укріплення або обвалення конструкцій, які загрожують обвалом і безпеці руху, веденню рятувальних робіт. У процесі робіт необхідно попередити можливу небезпеку обвалення ушкоджених будинків на проїзну частину вулиць, або на укриття, що розкриваються. Для цього тимчасово чи зміцнюють обрушають конструкції будинків, що грозять обвалом.

Після огляду аварійного будинку й окремих конструкцій кріплення їх у залежності від висоти виробляється в такий спосіб: стіни висотою до 6 м зміцнюють установкою простих дерев'яних чи металевих підкосів під кутом 45—60° до обр'ю.

Стіни будинку висотою 12 м і більш зміцнюються подвійними підкосами. В обох випадках кількість підкосів визначається стійкістю будинку, що закріплюється. Звичайно підкоси встановлюються в кожному простінку будинку.

Для кріплення можуть використовуватися елементи зруйнованих будинків і конструкції (металеві і дерев'яні балки, бруси, диски п колоди). Стіни будинку й окремих конструкцій можуть зміцнюватися за допомогою розпірок на тросах. У випадках, коли можливе обвалення хитких частин будинку, їх обрушають за допомогою лебідки чи троса трактором. Для цього обстежують конструкцію, що грозить обвалом, і вибирають спосіб робіт. У район робіт сторонні не допускаються. Лебідку встановлюють на відстані не менш двох висот конструкції, що обрушується,

і закріплюють трос на конструкції. Потім, якщо необхідно, послабляють перетин стіни, роблячи горизонтальні і вертикальні борозни з боку, протилежної обваленню. По сигналі командира формування роблять натяг троса лебідкою й обрушають конструкцію. Обвалення хитливих конструкцій будинків можливо також способом підриву.

Тимчасове відновлення і ремонт ушкоджених ліній зв'язку. Зв'язок має важливе значення для керування силами ЦО в ході проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відбудовних робіт. Тому поряд із проведенням рятувальних і невідкладних аварійно – відновлювальних робіт здійснюється відновлення ушкоджених ядерним вибухом ліній зв'язку. Відбудовні роботи організуються начальником служби зв'язку, що використовує для цієї мети наявні формування зв'язку.

До відновлення ушкоджених ліній зв'язку для управління використовуються радіо і проводові засоби зв'язку, прокладені у вогнищі поразки за допомогою польового кабелю.

4.5 Висновки до розділу 4

Розроблено заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення корпусу «ОЛВ52.122». Зокрема описано мікроклімат, розраховано допустимий рівень шуму, освітлення, вібрацій. Визначені міри електробезпеки та вогнебезпеки, що дозволить створити безпечні умови праці під час виготовлення згаданої деталі. Описано основні способи ведення рятувальних робіт на промислових підприємствах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз сучасного стану використання та моніторинг ринку програмних продуктів для моделювання процесів обробки матеріалів тиском показав їх багатоваріантну структуру, внаслідок чого існує проблема вибору комп'ютерної програми через її функціональні можливості, інтерфейс тощо для конкретного підприємства. Крім цього існує необхідність у розробленні технології виготовлення корпусу ОЛВ52.122 з урахуванням типу виробництва та технологічних можливостей підприємства, зокрема на основі використання багатоцільового верстату з ЧПК. Таке проектне рішення повинно базуватися на мінімації використання спеціально оснащення, застосуванні обробних центрів, реалізації одночасних схем обробки декількох поверхонь, впровадження раціонального способу одержання заготовки.

В результаті проведених наукових пошуків в дипломній роботі проведено дослідження програмних продуктів для моделювання процесів обробки матеріалів тиском. В рамках чого зроблено такі висновки та отримані такі практичні результати.

1. Аналізом динаміки патентування технічних рішень продемонстровано тенденцію росту інтересу до вдосконалення технологій обробки тиском.
2. Встановлено перелік підприємств, розробки яких присвячені дослідженням операцій обробки металів тиском. Інтерес до вдосконалення технологічних операцій обробки металів тиском продиктований понад усе потребами автомобілебудування, авіабудування.
3. Показано, що домінантна роль у вдосконаленні технологічних операцій обробки металів тиском належить Китаю, Японії, США, Німеччині.
4. Визначено перелік спеціалізованих програмних продуктів, які знайшли використання для моделювання процесів обробки металів тиском. Проаналізовано їх переваги та недоліки.

5. На основі використання програмного продукту MPRIORITY 1.0, що базується на методі аналізу ієрархій, розроблено методику вибору програмного продукту для дослідження технологічних операцій обробки металів тиском для машинобудівного підприємства. На основі використання такої методики доведено, що на виробництві доцільно використовувати спеціалізовані програмні продукти на зразок DEFORM. Популярність такої програми підтверджена великою кількістю пошукових запитів, що визначені у системі Google trends. Однак вибір конкретного продукту залежить від номенклатури задач у вирішенні яких існує необхідність на конкретному машинобудівному підприємстві, його фінансових і технологічних можливостей.

6. Встановлено, що використання універсальних програмних продуктів Ansys, LS-DYNA, Nastran, вимагають значного досвіду роботи в них і значних теоретичних знань в області теорій пружності, пластичності, в'язкості тощо Тому їх доцільно використовувати в наукових дослідженнях в університетах, науково-дослідних установах, у навчальному процесі підготовки докторів філософії.

7. Якщо комп'ютерне моделювання обмежене лише списком операцій ОМТ, термічної обробки та процесів різання то найоптимальнішим результатом вибору програмного продукту для інженерів технологів є DEFORM.

8. Обмежене впровадження програмних продуктів в Україні зумовлено відносно високою вартістю спеціалізованого програмного забезпечення (вартість програми DEFORM - \$60'000USD, PAM-STAMP – 150 тис. євро), та необхідністю залучення до його використання кваліфікованих фахівців високого професійного рівня.

9. Вивчення програмного продукту DEFORM рекомендовано здійснювати в ТНТУ імені Івана Пулюя у навчальних курсах “Генеративний дизайн та оптимізація у виробничих технологіях”, “CAD/CAM/CAE –системи”.

10. В результаті проведених проектних розрахунків в дипломній роботі розроблено ТП виготовлення корпусу ОЛВ52.122 в рамках якого визначено серійність виробництва, обрано спосіб отримання заготовки та розраховано її основні розміри та допуски і припуски, здійснено автоматизований синтез маршруту обробки такої деталі у середовищі програмного продукту «ТехноПро»,

виконано розмірний аналіз технологічного процесу, здійснено вибір різального та вимірювального інструменту, визначено режими різання з технічним нормуванням спроектованого ТП, здійснено вибір технологічного устаткування з визначенням ефективності його використання, спроектовано два верстатних спорядження для закріплення деталі на двох технологічних операціях механічної обробки, розроблено план розміщення устаткування на ділянці механічної обробки. Також систематизовано заходи забезпечення умов праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях під час виготовлення корпусу «ОЛВ52.122». Зокрема описано мікроклімат, розраховано допустимий рівень шуму, освітлення, вібрацій. Визначені міри електробезпеки та вогнебезпеки, що дозволить створити безпечні умови праці під час виготовлення згаданої деталі. Систематизовано основні способи ведення рятувальних робіт на промислових підприємствах в кризових ситуаціях техногенного характеру.

11. Програмний продукт DEFORM можна використовувати для моделювання процесу отримання заготовки корпусу ОЛВ 52.122 способом витягування за умови реалізації дрібносерійного типу виробництва, або ж при виготовленні ділянок корпусу, що прилягають до отворів великого діаметру. Для цього спочатку будують розгортку корпусу, а деталі, що виконані у вигляді 4-х фланців виготовляють штампуванням, а потім їх приварюють до корпусу.

Перелік посилань

1. Ансеров М.А. Приспособление для металлорежущих станков. Справочник, изд. 5-е – М.: Машиностроение, 1966.-652 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: в 3-х т.: Т.2. -8-е. изд. перераб. и доп. Под. ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.
3. Аксененко А.Ю., Коробова Н.В., Дмитриев А.М. Анализ различных методов разработки процесса изготовления корпусных деталей комбинированным выдавливанием // Компьютерные исследования и моделирование, 2014, т. 6, № 6, с. 967-974
4. Безопасность производительных процессов: Справочник / Под общ. Ред. С.В.Белова. – М.: Машиностроение, 1985. - 448с.
5. Белов И. В. Использование программной системы MPRIORITY для принятия оптимального решения // Молодой ученый. — 2014. — №8. — С. 67-71.
6. Васильків В.В., Паращук В.Р., Головатий О.І. До питання вибору програмного продукту для моделювання процесів обробки металів тиском. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї-гаука-виробництво: зб. тез доповідей ХІХ міжнар. наук.-практ. конф. (Суми, 25–26 листоп. 2020.). – С.70-73.
7. Губський С.О., Чухліб В.Л., Біба М.В., та ін. Порівняння результатів моделювання прокатки в різних САЕ-системах // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні, , № 19 (1344) 2019- С. 69-72.
8. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов. – 5-е изд. М.: Альянс, 2007. – 256 с.
9. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
10. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1991.

11. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. Изменение №1 от 01.07.1988.
12. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Издательство стандартов, 1976, 25с.
13. ДБН В.1.1.7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003.
14. ДБН В.2.2-27:2010. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010.
15. ДБН В.2.5-27-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – К.: Мінбуд України, 2006.
16. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013.
17. Дипломне проектування по технології машинобудування. Під ред. В.В. Бабук. – Минск: Высшая школа, 1979.-462 с.
18. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.
19. Добробнев И.С. Курсовое проектирование по предмету «Технология машиностроения». – М.: Машиностроение, 1985-184с.
20. Допуски и посадки : справочник в 2 ч. / [Мягков В. Д., Палей М. А., Романов А. Б. и др.]. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, Ч. 2.— 1983. — 448 с.
21. Допуски и посадки. Справочник в 2 ч. / [Мягков В. Д., Палей М. А., Романов А. Б. и др.]. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, Ч. 1. — 1983. — 543 с.
22. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – К.: Держстандарт, 1999.

23. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. – К.: Держстандарт, 1999.
24. ДСН 3.36.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – К.: Держстандарт, 1999. – 31 с.
25. ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. № 379/1404.
26. Житецький В.Ц., Джиги рей В.С., Мельников О.В., Основи охорони праці. Навчальний посібник – Видання 4-те доп., Львів, вид-во «Афіша», 2000.
27. Капаціла Ю. Б., Комар Р. В. Проектування машинобудівних виробництв: методичні вказівки до курсової роботи для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія». Тернопіль: ТНТУ, 2017. 40 с.
28. К вопросу выбора программных продуктов для моделирования процессов обработки металлов давлением / Реж. дост.: <http://naukarus.com/k-voprosu-vybora-programmnyh-produktov-dlya-modelirovaniya-protsessov-obrabotki-metallov-davleniem>
29. Компьютерное моделирование процессов обработки металлов. Численные методы / В.Н. Данченко, А.А. Миленин, В.И. Кузьменко, В.А. Гринкевич. – Днепропетровск: «Системные технологии», 2005. – 448 с.
30. Мамаев В.С., Осипов Е.Г. Основы проектирования машиностроительных заводов. М.: Машиностроение, 1974. – 290 с.
31. Методичні вказівки до лабораторної роботи №4 на тему: "Оптимізаційний синтез технічних систем на основі використання теорії нечітких множин" з дисципліни "Наукові дослідження і теорія експерименту" / Укладачі: Васильків В.В., Радик Д.Л. — Тернопіль : ТНТУ , 2011 — 21 с.
32. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – К.: Укр. НДПБ, 2007.
33. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках

с программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания. — М. : Экономика, 1990. — 473 с.

34. Общестроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места, на работы выполняемые на МРС. НИИ Маш.-М., 1978.-314с.

35. Основы техники безопасности и противопожарной техники в машиностроении. Под ред. Гладких П.А. – М.: Машиностроение. 1966. – 288с.

36. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.

37. Пістун І.П., Трунова І.О., Стець Р.Є. Охорона праці в галузі машинобудуванні: навчальний посібник. Суми: Университетская книга, 2011. – 557 с.

38. Правила заповнення основних форм технологічних документів: навчально-методичний посібник. Уклад. Пилипець М.І, Ткаченко І.Г., Левкович М.Г., Васильків В.В., Радик Д.Л. – Тернопіль: Вид-во ТДТУ ім. І. Пулюя, 2009. – 110 с.

39. Программные системы поддержки принятия оптимальных решений MPRIORITY 1.0. URL: <http://www.tomakechoice.com/mpriority.html> (дата звернення 10.11.2019).

40. СН 181-70. Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1972.

41. Справочник нормовщика. Под. ред. Ахумова А.В. – Л.: Машиностроение, 1986. – 324 с.

42. Справочник по охране труда на промышленном предприятии / К.Н. Ткачук и др.. – К.: Техника, 1991. – 285с.

43. Справочник по технике безопасности Под ред. П.Д. Долина.-М.: Энергоиздат, 1982.-800с.

44. Справочник технолога-машиностроителя В2-х томах Т.2. Под. ред Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение, 1985 – 657 с.

45. Справочник технолога-машиностроителя. В2-х томах Т.1. Под. ред Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение, 1985 – 657 с.

46. Справочник по гигиене труда. Под ред. Карпова Б.Д., Ковшило В.Е. – Л.: Медицина, 1976, 536с.

47. 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.