

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри ММіР
к.т.н., доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

«Розробка оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн»»

Виконав здобувач вищої освіти 4 курсу
групи ПМ(ОТ)-21
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D-друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Микола МОСЬПАН

Керівник роботи к.т.н., доцент
_____ Віталій ШМЕЛЬОВ

Рецензент:

Кропивницький 2025

Факультет	Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра	Механіко-технологічний
Рівень вищої освіти	Машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Галузь знань	перший (бакалаврський)
Спеціальність	13 Механічна інженерія
Освітньо-професійна програма	131 Прикладна механіка
	Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D-друк

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ММР
_____ Андрій ГРЕЧКА

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА

Мосьпана Миколи Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн»

2. Керівник роботи: к.т.н., доцент, Віталій ШМЕЛЬОВ

3. Строк подання роботи до захисту « ____ » червня 2025 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Розробити оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн»

Завдання:

- Розрахувати геометричні параметри заготовки за переходами штампування
- Розрахувати розкрій металопрокату
- Розрахувати технологічні зусилля за операціями штампування та вибрати обладнання
- Розробити конструкції оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн»

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	При-мітка
1	ВСТУП	Травень 2025	
2	Основні розділи	Травень 2025	
3	ВИСНОВКИ	Червень 2025	
4	ДОДАТКИ	Червень 2025	
5	Графічна частина та оформлення	Червень 2025	

Дата видачі завдання « ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

Віталій ШМЕЛЬОВ

(підпис)

Завдання прийнято до виконання « ____ » _____ 2025 р.

Здобувач

Микола МОСЬПАН

(підпис)

АНОТАЦІЯ

Мосьпан М.М. Розробка оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн» : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. М. Шмельов ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2025. 40 с.

Кресленників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою даної роботи є розробка оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн».

В роботі виконано розрахунок геометричних параметрів заготовки за переходами штампування; розрахунок розкрою металопрокату; розрахунок технологічних зусиль за операціями; розроблено конструкції оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн».

Практичне значення: розроблено удосконалений технологічний процес виготовлення деталі «Кронштейн», розроблено конструкції оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн», що дозволило знизити собівартість її виготовлення .

штамп, пуансон, матриця, пуансон-матриця, кронштейн, переходи штампування, технологічний процес.

ANNOTATION

Mykola MOSPAN Development of equipment for manufacturing the "Bracket" part : qualifying bachelor's thesis: speciality 131 Applied mechanics / scientific director A. R. Aparakin; Central Ukrainian National Technical University - Kropyvnytskyi: CUNTU, 2025. 40 p.

Drawings - a total of 3 sheets of A1 format.

The purpose of this work is to develop equipment for the manufacture of the "Bracket" part. The work includes the calculation of the geometric parameters of the workpiece for stamping transitions; calculation of the cutting of rolled metal; calculation of technological efforts for operations; design of equipment for the manufacture of the "Bracket" part has been developed.

Practical significance: an improved technological process for the manufacture of the "Bracket" part has been developed, design of equipment for the manufacture of the "Bracket" part has been developed, which allowed to reduce the cost of its manufacture.

stamp, punch, matrix, punch-matrix, bracket, stamping transitions, technological process.

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

«Розробка оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн»»

КРБ.ПМ.25.14.12.00.00

Виконав здобувач вищої освіти 4 курсу
групи ПМ(ОТ)-21
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D-друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Микола МОСЬПАН

Керівник роботи к.т.н., доцент
_____ Віталій ШМЕЛЬОВ

Кропивницький 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
Розділ 1. Конструктивно – технологічний аналіз заготовки і проектування штампу.....	8
1.1 Аналіз технологічності деталі, вибір заготовки та схеми штампування	8
1.2 Вибір раціонального розкрою матеріалу	10
1.3 Вибір схеми штампування.....	13
1.4 Вибір технологічної схеми штампу.....	13
Розділ 2. Проектування штампу, вибір обладнання.....	14
2.1 Проектування штампу у системі автоматизованого проектування...	14
2.2 Деталь.....	16
2.3 Контрольна промальовка деталі.....	16
2.4 Проектування розкрійних планів.....	17
2.5 Розміщення контурів на смузї.....	17
2.6 Схема штампування (! Розрахунок зусилля).....	17
2.7 Додаткові пуансони у плані.....	19
2.8 Проектування пакету.....	19
2.9 Проектування блоку	20
2.10 Вибір преси.....	21
2.11 Проектування пуансонів.....	23
2.12.1 Деталювальне креслення.....	24
2.12.2 Розрахунок пуансонів на міцність.....	25
2.13 Проектування системи фіксації.....	26
2.14 Проектування системи кріплення.....	27
2.15 Проектування хвостовика.....	28
2.16 Проектування пуансона матриці	29
2.17 Проектування виштовхувала	29
2.18 Проектування буфера	30
2.19 Формування креслень.....	30
2.20 Робота зі специфікацією.....	31
2.21 Проставлення позицій.....	34
2.22 Допуски та посадки в конструктивних елементах штампу, що сполучаються.....	35
Розділ 3. Робота штампа.....	35
Розділ 4. Технологія зборки штампа.....	36
ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	38
ДОДАТКИ.....	40

ВСТУП

Холодне штампування – вид обробки металів тиском, що поєднує ряд процесів, що здійснюються холодною пластичною деформацією за допомогою різних видів штампів, що безпосередньо деформують метал та виконують необхідні операції.

У технологічному відношенні холодне штампування дозволяє:

- отримувати деталі складної форми, виготовлення яких іншими методами дуже важко;
- створювати міцні та жорсткі, але легкі за своїми масовими характеристиками деталі при невеликій витраті матеріалу;
- отримувати взаємозамінні деталі з високою точністю розмірів.

В економічному плані перевагами є:

- економічність використання матеріалу та невеликий відхід;
- низька вартість виготовлення виробів;
- висока продуктивність.

Розробку технологічного процесу листового штампування вестимемо за допомогою системи автоматизованого проектування, яка реалізується в середовищі Windows з креслярсько-конструкторського редактора. Система орієнтована на автоматизацію проектування штампів для різних операцій холодного листового штампування та забезпечує автоматизацію проектування штампів оригінальних та типових конструкцій.

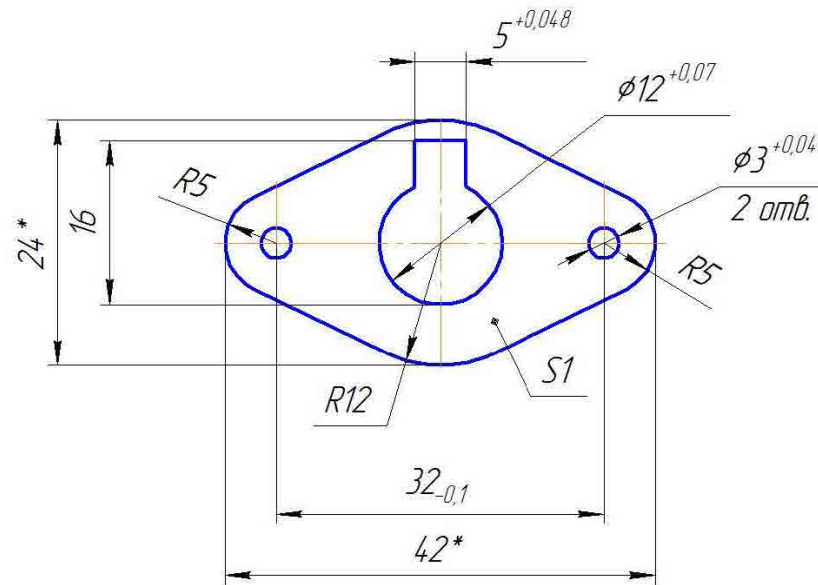
Система автоматизованого проектування використовує в якості засобу візуалізації, відтворення, редагування графічної інформації креслярсько-конструкторський редактор. Проектування складальних та креслень деталювання штампу ведеться серед редактора під керівництвом бібліотек проектування. Проект конструкції штампу формується конструктором шляхом вибору складових елементів конструкції із варіантів, що пропонуються системою.

Мета роботи: розробити оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн».

Для реалізації мети роботи необхідно виконати наступні завдання: Розрахувати геометричні параметри заготовки за переходами штампування; Розрахувати розкрій металопрокату; Розрахувати технологічні зусилля за операціями штампування та вибрати обладнання; Розробити конструкції оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн».

Розділ 1. КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАГОТОВКИ І ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПУ.

1.1 Аналіз технологічності деталі, вибір заготовки та схеми штампування



1. *Разміри для довідок
2. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
3. Матеріал: Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 4986-79

Рисунок 1.1 - Ескиз деталі

Таблиця 1 - Хімічний склад в % по ГОСТ 4986-79

Fe	Si	Mn	Cu	Ni	S	C	P	Cr	Ti
основа	0.8	2	0.3	9-11	0.02	0.12	0.035	17-19	0.6-0.8

Таблиця 2 – Механічні характеристики

Тимчасовий опір σ_b , МПа	Опір зрізу τ_{cp} , МПа	Межа плинності $\sigma_{0,2}$, МПа	Відносне подовження γ , %
520	540	210	39

Під технологічністю деталі розуміють поєднання конструктивних елементів, які забезпечують найбільш просте та економічне виготовлення деталі за дотримання технічних та експлуатаційних вимог [3]:

- найменша кількість та низька технологічність операцій;

- відсутність механічної обробки;
- збільшення продуктивності окремих операцій та цеху в цілому.

Загальні технологічні вимоги до конструкції плоских деталей, отриманих вирубкою та пробиванням:

- a) необхідно уникати складних конфігурацій з вузьким і подовженим вирізами контуру та прорізами ($b \leq 2S$);
- b) при застосуванні цілісних матриць сполучення в кутах внутрішнього контуру необхідно виконувати $r \geq 0,5S$;
- c) поєднання сторін зовнішнього контуру виконується круглими лише у випадку вирубки по всьому контуру;
- d) найменші розміри отворів, що пробиваються $0,8S$
- e) найменша відстань від краю отвору до прямокутного контуру не менше S для круглих отворів, не менше $1,5S$, якщо отвір паралельно контуру деталі.

Аналіз параметрів технологічності деталі:

- контур складається з частин кіл пов'язаних між собою і не є складним з точки зору його отримання;
- радіуси сполучення в кутах внутрішнього контуру цільної матриці $r > 2\text{мм}$;
- найменші розміри отвору, що пробивається, більше $0,8S$: $0,8 * 3 = 2,4\text{мм} > 1\text{мм}$;
- відстань від краю отвору до контуру деталі не менше $1,5S$: $1,5 * 1 = 1,5\text{мм}$;

Таблиця 3 - Аналіз параметрів технологічності

Критерії	Показники технологічності				
	a	b	c	d	e
оцінка	+	+	+	+	+/-

Аналіз параметрів технологічності деталі, передбачуваний метод отримання якої – листове штампування, показує, що деталь має задовільну технологічність, отже, її виробництво в заданих умовах доцільно на штампі суміщеної дії.

1.2 Вибір раціонального розкрою матеріалу

Для визначення розмірів заготовки необхідно знати розміри перемичок, які при штампуванні деталі зі смуги необхідні забезпечення міцності і жорсткості. При заданій товщині штаби $S=1$ та за умови ручної подачі, яка вибирається виходячи з економічних міркувань $m=2\text{мм}$, $n=2\text{мм}$.

Для отримання деталі застосовують звичайний однорядний розкрій штаби (так як при дворядному типі велика кількість матеріалу йде у відхід, або доведеться робити поворот штаби або робити груповий штамп одночасно штампує дві деталі.):



Рисунок 1.2 – Тип розкрою

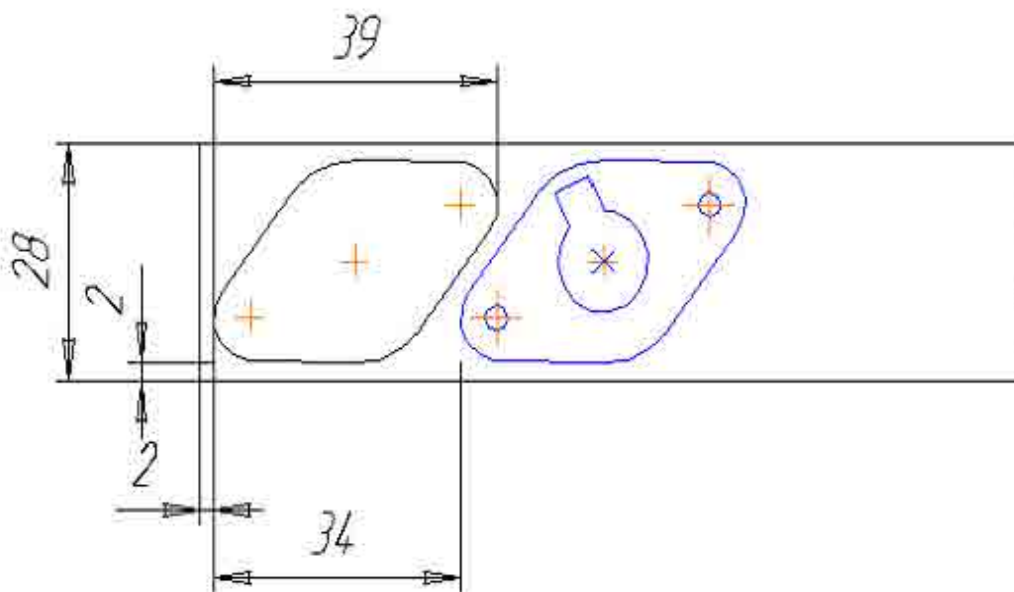


Рисунок 1.3 - Розташування деталей у штабі

Виберемо найбільш раціональний розкрий стандартних розмірів листа. З ряду стандартних розмірів листів для штампованого матеріалу 12Х18Н10Т ГОСТ 4986-79 та заданої товщини листа 1 мм. Як критерій оптимальності приймається коефіцієнт використання матеріалу за рекомендаціями [1]:

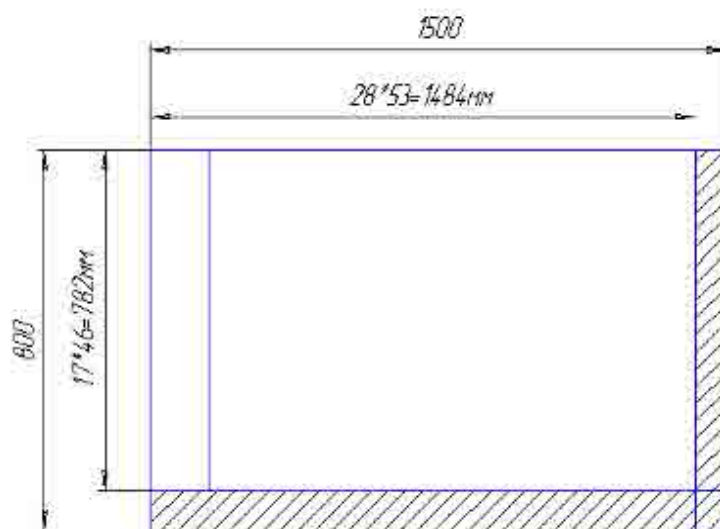
$$\eta = N \cdot F / B \cdot L, \quad (1.1)$$

де N – кількість деталей на аркуші;

L і B - довжина та ширина розрізаного листа; $F = 527,36$ мм – площа деталі.

Вибирається розмір листа: 1500×800 мм:

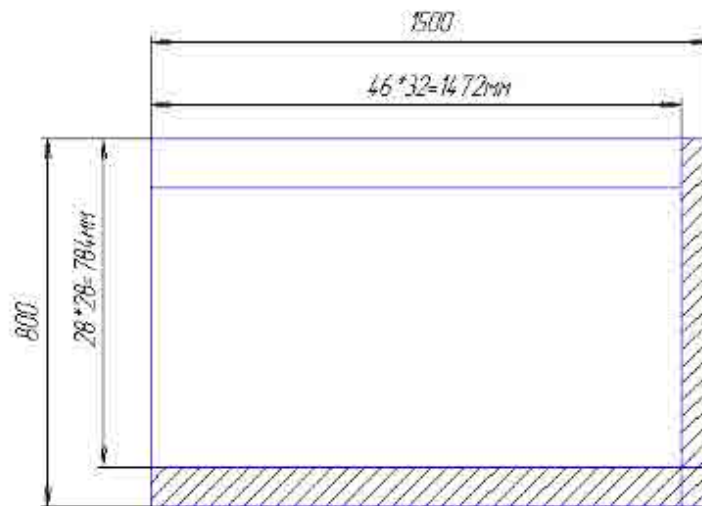
а) Лист 1500×800мм поперечне розташування смуг (рис.1.3а), виходячи з формули (1.1), отримуємо:



53 смуги по 17 деталей, загалом 901 деталь

Рисунок 1.4а – Розкрий листа

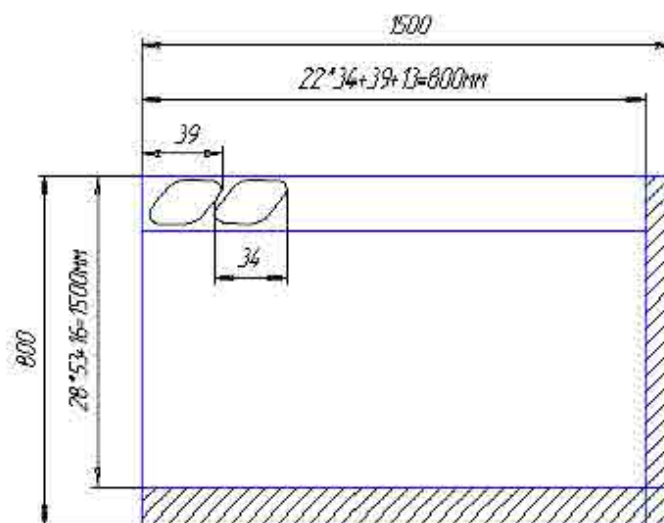
б) Лист 1500×800мм поздовжнє розташування смуг (рис.1.3б), виходячи з формули (1.1), отримуємо:



28 смуг по 32 деталі, загалом 896 деталей

Рисунок 1.4 б – Розкрий листа

в) Лист 1500×800мм поздовжнє розташування смуг, а розташування деталі під кутом, (рис.1.4в)



53 смуги по 23 деталі, загалом 1219 деталей

Рисунок 1.4в – Розкрий листа

$$\eta = \frac{N \cdot F}{B \cdot L} = \frac{527.36 \cdot 1219}{1500 \cdot 800} = 0.54$$

Найбільшу кількість деталей з мінімальним відходом отримаємо при використанні аркуша 1500×800 (рис 1.4в) кількість деталей – 1219 при коефіцієнті використання матеріалу 0,54.

1.3 Вибір схеми штампування

Користуючись рекомендаціями [3], вибираємо штамп суміщеної дії, виходячи з вимог до точності. Число переходів для отримання деталі – один. Готова деталь виходить при вертикальному переміщенні матриці 7. Поступальне переміщення смуги в горизонтальному напрямку по напрямних грибкового упору, забезпечує необхідне положення заготовки. При високій точності штампування перевагою цього виду штампу є: підвищена продуктивність, можливість роботи на швидкохідних пресах, підвищена безпека виробництва, дешевизна штампу для деталей простої форми.

1.4 Вибір технологічної схеми штампу

Вибираємо штамп з напрямними колонками, оскільки колонки забезпечують більш надійний напрямок у порівнянні з напрямною плитою.

Відходи від пробивки отворів видаляються на провал через вікно в пуансон-матриці в нижній плиті штампу. Відхід від вирубки по контуру видаляється у вигляді залишків лінії вручну.

Через сили тертя між деталлю і робочими поверхнями штампу, а також через напругу стиснення заготовки, що виникає при пробиванні-вирубці під робочими площинами пуансонів, заготівля залишається на пуансонах. Щоб зняти її застосовується знімач. Він знімає заготівлю при зворотному ході хвостовика. Вибираємо рухомий знімач.

Смуга подається праворуч наліво до грибкового упору. Потім відбувається хід пуансона, пробиваються три отвори, відбувається вирубування по контуру. Відходи при пробиванні видаляються через провальне вікно в пуансон - матриці, деталь після вирубки витягується пінцетом.

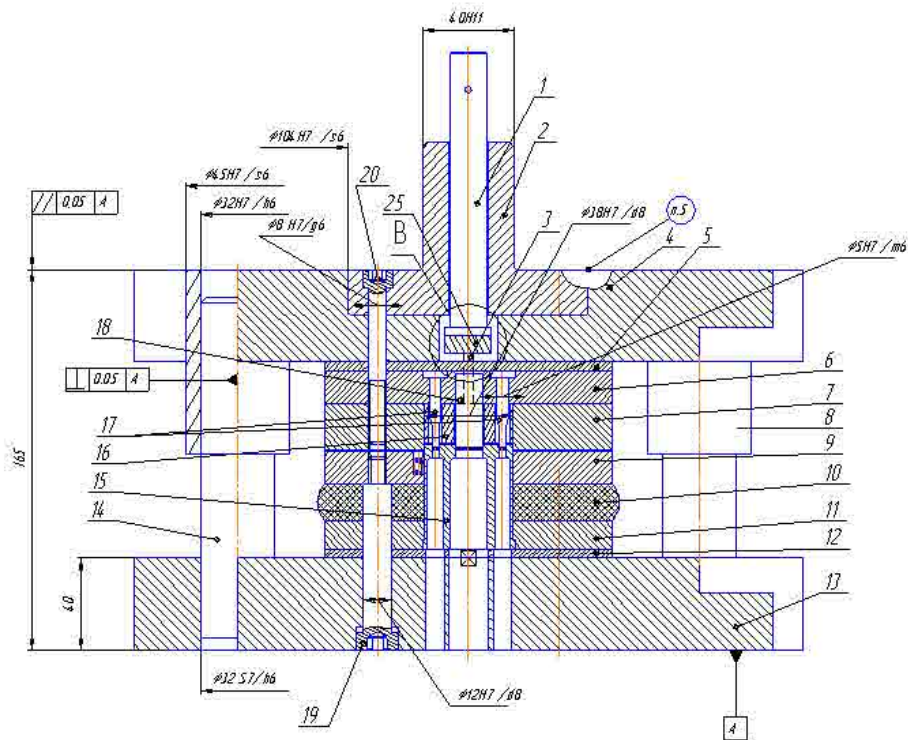


Рисунок 1.5 – Схема штампування

Розділ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПУ, ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

2.1 Проектування штампу у системі автоматизованого проектування

Процес проектування штампу засобами системи автоматизованого проектування складається з двох етапів:

- 1) формування проекту конструкції штампу;
- 2) проектування та формування креслень на представлену у проекті конструкцію.

Після запуску програми та створення проекту виконується контрольне промальовування деталі – ключа, а також проектується робоча зона, відбувається проектування розкрійних планів, побудова схеми розкрою (у даному випадку – звичайний однорядний), контури розміщуються на смузі, після чого вибирається схема штампування. Все це робиться виходячи з таких міркувань.

Робота із системою автоматизованого проектування здійснюється за допомогою використання дерева проектування шляхом створення, видалення та редагування відповідних пунктів останнього.

Роботу над проектом починаємо зі створення ескізу деталі, що штампується, для цього натискаємо кнопку «Проектування Ескіз деталі, формув.роб.зони», після чого завантажується графічний редактор, де і здійснюємо проектування. При цьому відповідну бібліотеку, необхідну для роботи (РОБОЧУ ЗОНУ) вже підключено.

За допомогою інструментів створення графіки створюємо ескіз деталі в масштабі 1:1 з необхідними розмірами, при цьому використовуючи команди "Прямокутник", "Еліпс", "Зібрати контур" та "Еквідистанта" необхідно використовувати команду "Зруйнувати".

Для проектування робочої зони активізуємо бібліотеку «РОБОЧА ЗОНА» у меню «Сервіс». Після цього на екрані з'являється вікно, що містить пункти меню, які стосуються проектування робочої зони. Пункти, позначені знаком «(!)» (наприклад, «Робоча зона у плані(!)»), є обов'язковими для виконання.

Проектований штамп є розділовим. Пункт «Розділові операції» містить такі операції:

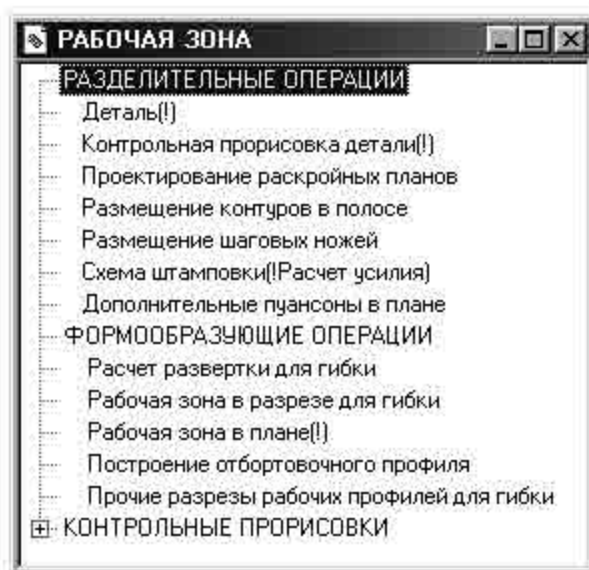


Рисунок 2.1 – Робоча зона.

2.2 Деталь

Вводимо товщину матеріалу (1 мм), марку матеріалу (12X18H10T). Прямокутною рамкою виділяємо ескіз деталі, що штампується, і підтверджуємо ESK. Далі на запит системи "Вигляд заготовки" відповідаємо "штабова" і в меню "Типи перемичок" вибираємо для бічних і міждетальних перемичок тип "Коло".

Система автоматично розраховує величини перемичок, і вони відразу з'являються у вікні введення, проте є можливість відредагувати їх значення, якщо з якихось міркувань необхідні інші значення перемичок:

міждетальна перемичка - 2 мм;

бічна перемичка - 2мм;

крок штампування - 34мм;

ширина штаби - 28мм;

коефіцієнт розкрою - 0.54.

2.3 Контрольна промальовка деталі

Далі з меню вибираємо команду "Контрольна промальовка деталі". Контрольне промальовування деталі виконується для того, щоб перевірити правильність креслення деталі. Усі елементи ескізу деталі мають бути прокреслені лише один раз.

Після вибору команди "Контрольна промальовування деталі" на екрані з'явиться фантом ескізу деталі з усіма пронумерованими контурами. Зафіксуємо фантом на полі креслення. Кількість пронумерованих контурів не повинна відрізнитись від кількості викреслених контурів деталі.

2.4 Проектування розкрійних планів.

Вибираємо команду "Проектування розкрійних планів". Виділяємо рамкою контури для штампування. У меню слайдів вибираємо звичайний однорядний тип розкрою. Далі вибираємо команду "Побудова схеми розкрою".

Даний пункт дозволяє задати схему розкрою смуги, причому в системі приймається, що її подача здійснюється праворуч наліво. Після вибору пункту меню «Побудова схеми розкрою» на екрані з'являється фантом деталі, що штампується, з еквідистантною лінією, що означає перемички між деталями і бічні перемички. Після фіксації схеми розкрою на кресленні на екрані висвічується коефіцієнт розкрою, розрахований за параметрами цього варіанту. Заносимо параметри розкрою в таблицю за допомогою команди "Записати в таблицю параметри розкрою".

2.5 Розміщення контурів на смузі

Якщо таблицю розкроїв був занесений хоч один варіант розкрою, на екрані висвічується вікно зі списком всіх варіантів розкрою. Вибираємо зі списку потрібний варіант, фіксуємо на кресленні фантом робочої зони.

2.6 Схема штампування (! Розрахунок зусилля)

Вісь рівнодіючої зусиль штампування має збігатися з віссю хвостовика штампу. Інакше виникає перекиє штампу, нерівномірність зазорів між матрицями та пуансонами, знос направляючих преса і навіть поломка штампу. Центр тиску знаходять з рівністю моменту зусиль, рівнодіючою моменту щодо однієї і тієї ж осі.

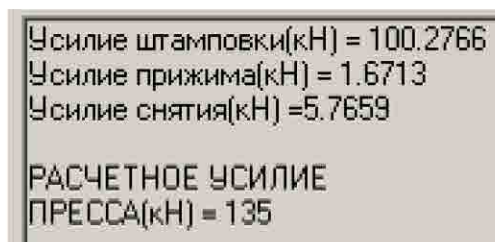
Центр тиску штампується є центр ваги контуру штампування. Енергосиловими параметрами штампування в даному випадку є зусилля штампування, зняття, пропшовхування.

При розрахунку технологічного зусилля слід враховувати зусилля вирубки по контуру або пробивання отвору, якщо заготовка або відхід вільно провалюються в отвір матриці. Враховується зусилля зняття деталі чи відходу з пуансона, якщо штамп із рухомим знімачем. Враховується сила пропшовхування вирубаної деталі чи відходу. Для визначення необхідного зусилля преса в системі автоматизованого проектування усі розрахункові зусилля складаються, а потім отриману величину збільшують ще на 25% (тобто коефіцієнт запасу).

Виділяємо робочу зону рамкою, виключаючи зайві елементи, уточнюємо параметри розкрою. Після цього система показує геометричний центр робочої зони, а також центр тиску штамп, через який має проходити хвостовик штамп та вісь штамп. Вибираємо центр осей штамп у плані вказівкою курсору.

За розрахунками системи автоматизованого проектування отримали такі зусилля штампування для нашого випадку виготовлення деталі:

- Зусилля штампування 100,2766кН
- Зусилля притиску 1,6713 кН;
- Зусилля зняття 5,7659кН;
- Зусилля преса 135 кН.



Усилие штамповки(кН) = 100.2766
Усилие прижима(кН) = 1.6713
Усилие снятия(кН) =5.7659
РАСЧЕТНОЕ УСИЛИЕ
ПРЕССА(кН) = 135

Рисунок 2.2 – Зусилля преса

Насправді у даному випадку зусилля притиску мале, але є зусилля пропшовхування Зусилля зняття не враховується, так як зняття відбувається при зворотному ході.

2.7 Додаткові пуансони у плані

Так як у проєктованому штампі додаткові пуансони не використовуються, то не виконуємо пункт меню.

2.8 Проєктування пакету

Система автоматизованого проєктування дозволяє проєктувати три варіанти пакетів: типовий, стандартний та оригінальний. Вибираємо тип проєктованого пакету **ТИПОВИЙ**, який дозволяє змінити в процесі проєктування форму, взаєморозташування деталей та їх розміри.

Перебуваючи у дереві проєкту, вказуємо пункт "Пакет", потім "Додати в пакет". Вибираємо "Пакет типовий", натискаємо "Додати". Натискаємо зелену кнопку "Пакет типовий", "Додати в пакет типовий". Додаємо «Пакет штампу із суміщ. дії», натискаємо кнопку «Додати». Виділяємо «Пакет штампу із суміщ. дії» та натискаємо кнопку «Проєктування пакета...».

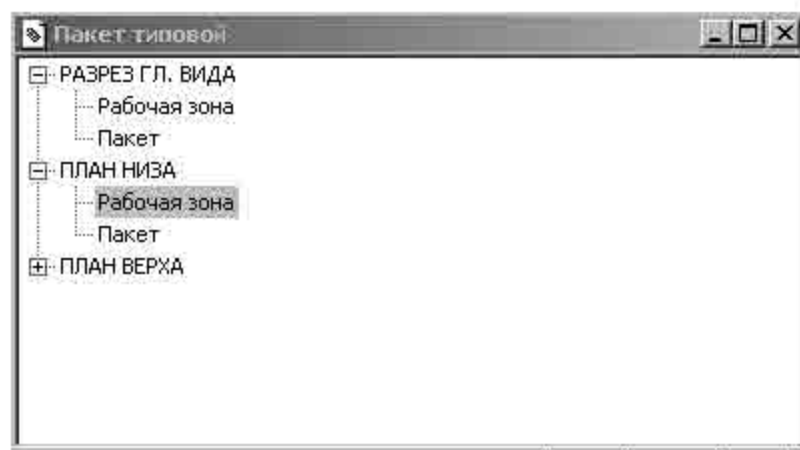


Рисунок 2.3 – Проєктування пакету

* Проєктування плану верху

Подвійним клацанням миші активізуємо рядок меню «План низу».

Подвійним клацанням миші активізуємо рядок меню «Робоча зона».

Вказуємо базову точку розташування робочої зони (Y=750, X=250).

Подвійним клацанням миші активізуємо рядок "Пакет". Вказуємо центр плану пакета (зміщення центру пакета немає). На екрані відображається список деталей пакета.

Вибираємо курсором деталь зі списку – матриця. Форма - прямокутна, розміри $A \times B \times H = 125 \times 100 \times 20$ мм, положення - по центру робочої зони. Система виводить на екран координати центру матриці по осях X і Y (зміщення з обох координат не буде). Послідовно вибираємо зі списку деталей пакета пуансоутримувач і верхню прокладку, і робимо аналогічні операції.

- Проектування плану низу

Подвійним клацанням миші активізуємо рядок меню «План низу». Подвійним клацанням миші активізуємо рядок "Пакет". Вказуємо центр осей штампку ($X = 300, Y = 250$). Подальші дії аналогічні процесам при проектуванні деталей пакета на плані верху.

- Проектування розрізу головного виду.

Подвійним клацанням миші активізуємо рядок меню "Розріз головного виду". Подвійним клацанням миші активізуємо рядок "Пакет".

На запит «Прив'язка головного виду» вказуємо курсором точку вертикальної осі штампку. На запит "Вісь пакета" вказуємо вісь штампку, вони збігаються. На екрані з'явиться фантом пакета, який переміщуємо до точки прив'язки головного вигляду та клацаємо лівою кнопкою миші. Проектування пакета завершено, закриваємо бібліотеку.

2.9 Проектування блоку

Як було зазначено, проектується блок стандартний.

- Проектування блоку стандартного:

У проекті у гілку «Блок» додаємо вузол «Блок стандартний», «Блок стандартний» необхідне виконання блоку (за ГОСТ 13112-83), натискаємо кнопку «Проектування Блоку за ГОСТ 13112-83».

- Проектування плану низу:

Подвійним клацанням миші активізуємо пункт меню «План низу». Вибираємо команду "Плити". На екрані з'являється фантом плити, який встановлюємо на кресленні. Вибираємо команду "Колонки-втулки".

Визначаємо вид колонок – гладкі за ГОСТ 13118-83 (виконання 1); вид втулок – ступінчасті за ГОСТ 1312-83. Розташування – одностороннє паралельне. Діаметри колонок вибираємо однаковим (32 мм). Вибираємо запресування колонок у нижню плиту. Втулки згідно з ГОСТ 13121-83 запресовуються у верхню плиту. Вибираємо команду «Штирі» та підбираємо вантажні гвинти за ГОСТ 18816-80; кількість - 4, М12.

- Проектування розрізу головного виду

Подвійним клацанням миші активізуємо розділ меню «Розріз головного виду». Вибираємо команду "Плити". На екрані з'являється фантом плити, який встановлюємо на кресленні. Вибираємо команду "Колонки-втулки".

Встановлюємо систему "Колонки-втулки" на розрізі.

- Проектування системи «Колонки-втулки»

Подвійним клацанням миші активізуємо пункт меню «План низу (верху)». Вибираємо команду "Колонки-втулки". Визначаємо вид колонок - гладкі за ГОСТ 13118-83 (виконання 1), вид втулок - східчасті за ГОСТ 13121-83. Фіксуємо фантом системи на кресленні.

- Проектування на розрізі головного виду

Так як параметри системи були визначені, то на кресленні розрізу головного виду блоку з'являється фантом колонки з втулкою в розрізі. Фіксуємо фантом системи "Колонки-втулки" на розрізі головного вигляду.

2.10 Вибір преси

Для вибору преса додамо в дерево проекту вузол "Вибір преса" і натискаємо кнопку "Проектування Вибір преса". На екрані з'явиться вікно, на

якому розташована таблиця паспортних даних пресів, з якої за зусиллям преса підбираємо необхідну марку преса.

У штампованому виробництві порівняно невеликих деталей найчастіше застосовуються механічні преси, зважаючи на велику кількість ходів повзуна, вони відрізняються високою продуктивністю. До обраного пресу висувають такі основні вимоги:

- Потрібне зусилля штампування $P_{шт}$ має бути менше або дорівнює номінальному зусиллю $P_{ном}$, що розвивається пресом:

$$P_{шт} < P_{ном}.$$

- Розмір ходу повзуна повинен відповідати процесу штампування. Хід повзуна - це відстань між однією і тією ж точкою повзуна в крайньому верхньому і нижньому положеннях.
- Закрита висота преса повинна відповідати закритій висоті штампу.
- Габарити столу та повзуна преса повинні відповідати розмірам штампу, щоб встановлювати та закріплювати штамп, подавати заготовку. Отвори у столі повинні забезпечувати можливість випадання деталі чи відходів.
- Кількість ходів преса має забезпечувати високу продуктивність роботи.

Оскільки $P_{шт} = 135 \text{ кН}$, вибираємо прес, у якого $P_{ном} = 160 \text{ кН}$.

Технічні характеристики преса

зусилля преса Р	160 кН
розміри підштампової плити L×B	420×280 мм
мінімальна закрита висота	70 мм
максимальна закрита висота	115 мм
діаметр хвостовика	40 мм
діаметр провального вікна преса	60 мм
розмір паза в підштамповій плиті	18 мм
мінімальний хід преса	10 мм
максимальний хід преса	55 мм

obozn	prsu	apr	bpr	hzi	hza
KД2318А	63	300	200	106	138
K2322	160	420	280	70	115
K2124	250	500	340	145	200
K2324	250	500	340	145	200
K233А	250	560	460	175	220
KД2326	400	600	400	150	215
KД2128Е	630	710	480	175	255
KД2330	1000	850	560	200	300
KA2330	1000	850	560	200	300
K3130А	1000	2000	670	190	350
K-117Д	1000	840	560	340	340

Усилие штамповки(кН) = 100.2766
 Усилие прижима(кН) = 1.6713
 Усилие снятия(кН) = 5.7659
 РАСЧЕТНОЕ УСИЛИЕ ПРЕССА(кН) = 135
 ГАБАРИТЫ БЛОКА
 Длина = 200
 Ширина = 125
 Закрывага высота = 165

ОК Отмена Справка

Рисунок 2.4 – Технічні характеристики преса

2.11 Проектування пуансонів

Пуансони призначені для пробивання отворів або вирубування контурів деталей різноманітних конфігурацій та розмірів. У системі автоматизованого проектування можна проектувати два типи пуансонів: для операцій вирубки-пробивки – пуансон розділовий; для операцій згинання, відбортування та інших формотворчих операцій – пуансон формотворчий. У цьому курсовому проекті будемо використовувати пуансон розділовий.

Приступаємо до проектування пуансонів.

Для цього:

- У «Дереві проекту» натискаємо зелену кнопку «Штамп», «Додати до штампу».

- Позначаємо вузол «Пуансони», натискаємо «Додати».

- Натискаємо зелену кнопку «Пуансони», «Додати в пуансони».

- Вибираємо «Пуансон розділовий», натискаємо «Додати».

Потім аналогічно додаємо ще 2 розділові пуансони. Входимо у автоматизованого проектування. Бібліотеку «Пуансони» підключено.

З меню бібліотеки вибираємо рядок "Пуансон роздільний";

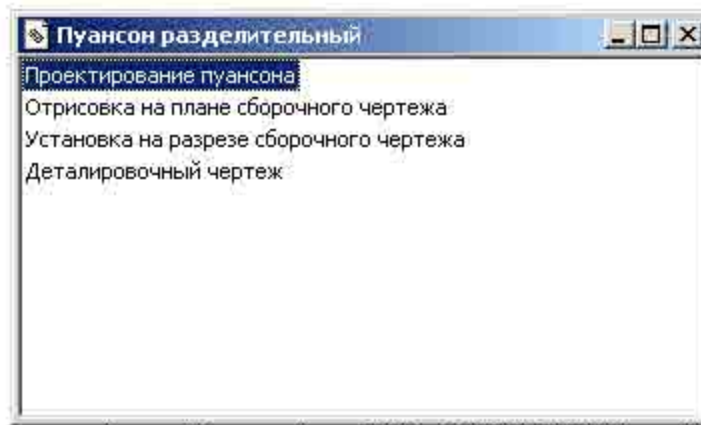


Рисунок 2.5 – Проектування пуансону

Натискаємо кнопку "Проектування Пуансона". На екрані з'явиться фантом робочої зони штампу з пронумерованими контурами. Фіксуємо фантом та вводимо номери контурів для кожного пуансону. Зі слайдового меню вибираємо тип кріплення пуансона – бург.

Зі слайдового меню «Вид посадкової частини» вибираємо форму перерізу ділянки, що проектується: оригінальну по всьому контуру або круглу.

- Відображення пуансонів на плані складального креслення виконується автоматично після вибору команди, оскільки було виконано команду «Проектування пуансона».

- Установка на розрізі складального креслення.

Після цього плані складального креслення з'являється фантом пуансона разом із профілем вікна під пуансон в пуансон - матриці.

Встановлюємо пуансони.

2.12.1 Деталювальне креслення

Після вибору цієї команди автоматично створюється заготовка креслення та з'являється меню "Деталювання пуансона". Далі розмістили на полі креслення усі необхідні проекції пуансону. Якщо в пуансоні перерізи всіх частин круглі, то вид зверху можна не показувати, якщо ні – перш за все

виконаємо команду "Вигляд зверху". На екрані з'явився фантом проекції, що зафіксували його на кресленні.

Команда "Головний вигляд"

Так як всі перерізи пуансона 17 - круглі, то на екрані відразу з'явився фантом проекції. Пуансон 18 має складніший переріз, тому на вигляді зверху вказуємо ліву і праву точки перерізу пуансона для формування фантома профілю пуансона.

Проектуючи пуансон із буртом із слайдового меню, вибираємо вид обробки переходу до бурта (радіус 0,5 мм).

Зафіксуємо фантом на кресленні.

2.12.2 Розрахунок пуансонів на міцність

На зминання [3, ст. 642]:

$$\sigma_{\text{см}} = P / F \leq [\sigma_{\text{см}}], \quad (2.1)$$

$\sigma_{\text{см}}$ – напруга зминання опорної поверхні пуансона;;

$[\sigma_{\text{см}}] = 100$ МПа – допустима напруга стиснення;

P - розрахункове зусилля;

F - площа опорної поверхні;

$$P_1 = \tau_{\text{ср}} \cdot L_1 \cdot S = 540 \cdot 10^6 \cdot 46.63 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 25.180 \cdot 10^3 \text{ (Н)}$$

$$P_2 = \tau_{\text{ср}} \cdot L_2 \cdot S = 540 \cdot 10^6 \cdot 9.42 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 5.087 \cdot 10^3 \text{ (Н)}$$

$$F_1 = 133,99 \text{ мм}^2; F_2 = 95,03 \text{ мм}^2;$$

$$\sigma_{\text{см1}} = 187,92 \text{ МПа}; \sigma_{\text{см2}} = 53,53 \text{ МПа};$$

для обох пуансонів $\sigma_{\text{см}} > 100$ МПа, між верхньою плитою і пуансонотримачем ставимо гартовану прокладку товщиною 5 мм;

На стиск у найменшому перерізі:

$$\sigma_{\text{сж}} = - P / F \leq [\sigma_{\text{сж}}] \quad (2.2)$$

$[\sigma_{\text{сж}}] = 1600$ МПа – напруга стиснення, що допускається, для звичайних пуансонів із загартованої інструментальної сталі;

$$\sigma_{\text{см1}} = -719,52 \text{ МПа};$$

Отримана напруга менша, ніж допускається, отже, умова виконується.

Розрахунок вільної довжини пуансону на поздовжній вигин:

$$L = 4.43 \sqrt{\frac{E \cdot I}{n \cdot P}}, \quad (2.3)$$

де $E=2,2 \cdot 10^5$ МПа - модуль пружності;

I – момент інерції перерізу;

$n = 2 \dots 3$ – коефіцієнт безпеки;

$$I = \frac{\pi \cdot D^4}{64} - \text{момент інерції для круглого перерізу, } I = \frac{\pi \cdot 3^4}{64} = 3,98 \text{ мм}^4;$$

$$L = 4,43 \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^{11} \cdot 3,98 \cdot 10^{-12}}{2,5 \cdot 5087}} = 0,0367 \text{ м} = 36,7 \text{ мм};$$

Достатня вільна довжина до роботи пуансона на поздовжній вигин.

2.13 Проектування системи фіксації

Для проектування системи фіксації до дерева проекту додаємо вузол «Система фіксації».

- Система упорів.

вузол "Система фіксації" додаємо пункт "Система упорів".

Проектування системи упорів.

Вибираємо зі списку упорів 1 упор, при цьому зображення упору на плані виділиться кольором.

Фіксуємо фантом упору на розрізі складального креслення.

Виконуємо для встановлення грибкового упору за ГОСТ 18743-80.



Рисунок 2.6 – Проектування грибкового упору

Для встановлення даного упору на плані складального креслення вказуємо курсором елемент контуру, якого стосуватиметься упор, у разі це зовнішня частина ключа і вказуємо курсором точку прив'язки упора.

2.14 Проектування системи кріплення

Проектування систем кріплення починаємо з додавання до дерева проекту вузла «Системи кріплення» та натискаємо кнопку «Проектування Системи кріплення».

Розміщення системи кріплення у плані.

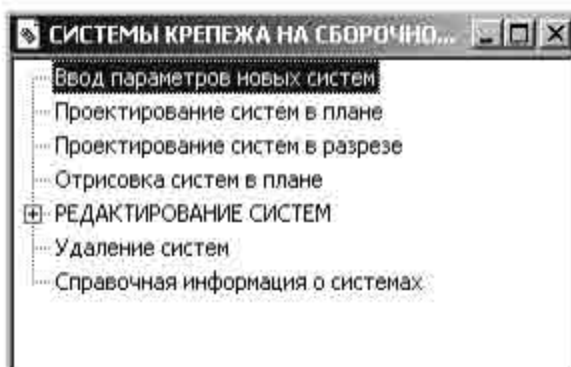


Рисунок 2.7 – Проектування системи кріплення

У вікні «Вибір системи» вибираємо номер системи: для гвинтів 1, а для системи штифтів відповідно 2.

У нижній частині вікна висвічується вид кріпильного елемента системи і деталі, що скріплюються системою.

Оскільки систему можна розмістити стандартно по пакету, то питання системи «Кріплення розміщується стандартно по пакету?» відповідаємо «Так».

На кресленні автоматично малюються елементи кріплення.

- Проектування систем на розрізі.

У вікні «Вибір системи» вибираємо номер системи для гвинтів 1, штифтів – 2. Оскільки система була спроектована, то на плані зображення виділяється кольором.

Вказуємо центр елемента, що розрізається в плані і фіксуємо фантом кріпильного елемента в потрібному місці розрізу головного виду, вирівнюємо його по координаті Y.

2.15 Проектування хвостовика

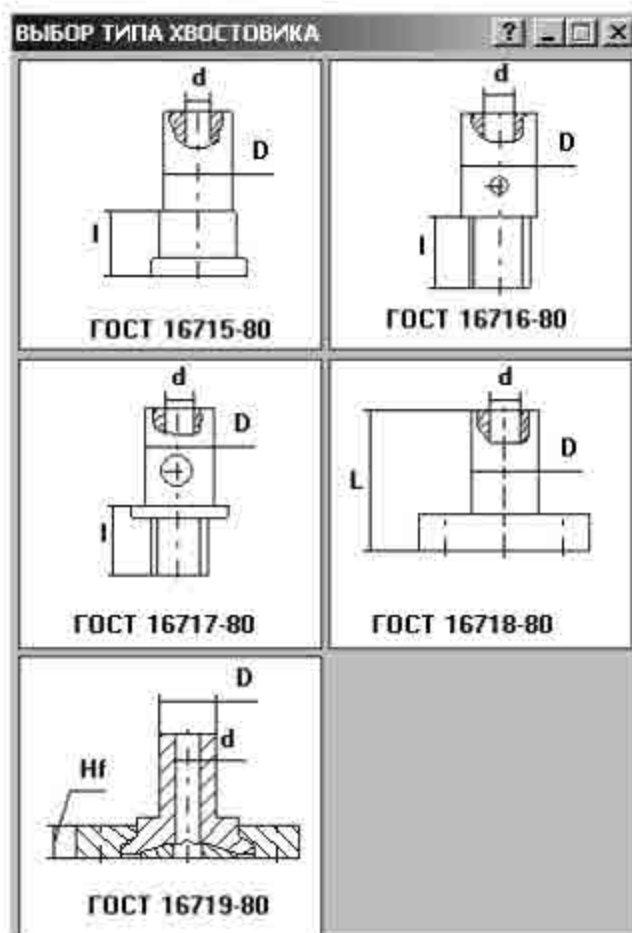


Рисунок 2.8 – Проектування хвостовика

Додаємо до проекту вузол «Додаткові деталі». У "Додаткові деталі" "Хвостовик". Натискаємо кнопку "Проектування Хвостовик". Встановлення на верхньому плані. Зі слайдового меню вибираємо тип хвостовика – за GOST 16718-80. З меню визначення способу установки хвостовика вибираємо команду «У центрі осі штампа» і хвостовик автоматично відмальовується у вибраній точці. Вибираємо команду "Установка на головному вигляді". Хвостовик відображається автоматично.

2.16 Проектування пуансона матриці

Додаємо в дерево проекту вузол «Пуансон – матриці». Для цього натискаємо по зеленому кружечку біля вузла «Штамп», натискаємо «Додати в штамп», у мене вибираємо пункт «Пуансон - матриці», натискаємо кнопку «Додати». У дереві проекту сформувалася нова гілка - "Пуансон матриці". Аналогічним чином додаємо у гілку «Пуансон – матриці» пункт «Пуансон – матриці». Натискання кнопки «Проектування пуансон – матриці» викликає на екран систему графічного редактора, при цьому відповідну бібліотеку вже підключено та відображено на полі складального креслення проекту.

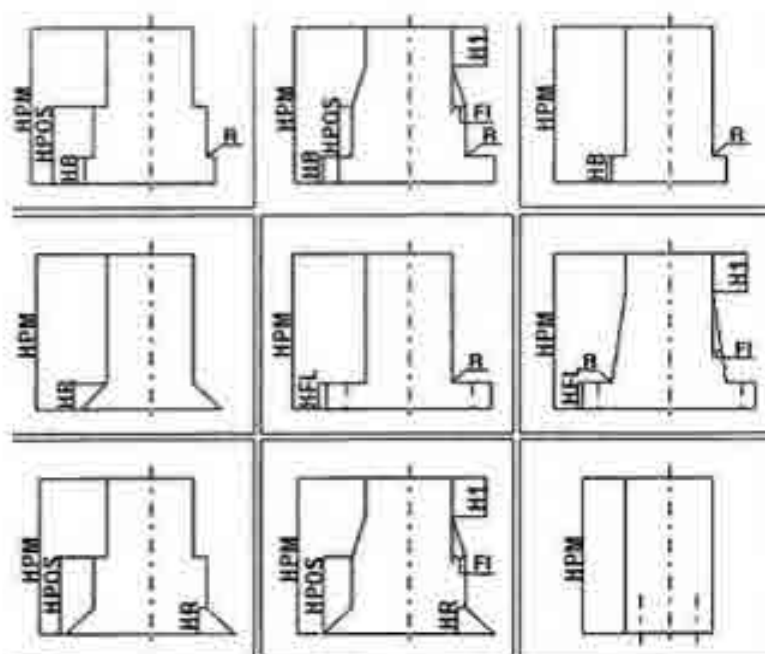


Рисунок 2.9 – Проектування пуансон-матриці

Роботу слід почати з пункту «Проектування пуансон - матриць». Розміщуємо фантом контурів деталі, що з'явився на екрані, з відповідними позначеннями в зручному місці креслення. У меню вказуємо номер контуру для пуансон - матриці. Підтверджуємо правильність вибору.

2.17 Проектування виштовхувача

У дереві проекту додаємо гілку "Система виштовхування" вибираємо пункт "Виштовхувач", натискаємо "Проектування виштовхувача".

Після натискання кнопки «Проектування виштовхувача» завантажується графічного редактора, відкривається складальне креслення та на екрані з'являється командне меню.

Проектирование выталкивателя в плане
1. Отрисовка на плане сборочного чертежа
2. Установка на разрезе сборочного чертежа
3. Детализовочный чертеж

Рисунок 2.10 – Проектування виштовхувача

Після вибору команди відкривається робочий фрагмент для проектування виштовхувача. На екрані з'являється фантом робочої зони штампу з пронумерованими контурами. Фіксуємо фантом у якомусь місці креслення, потім вводимо номер контуру для проєктованого виштовхувача. Вибраний контур підсвічується. Підтверджуємо правильність вибору.

2.18 Проектування буфера

Проектування буфера ведуть у такій послідовності.

Додаємо до проєкту «Система притиску», у вузол «Система притиску» додайте «Буфер гумовий» натискаємо «Проектування Буфер гумовий».

При цьому завантажиться графічного редактора, відкриється складальне креслення і на екрані з'явиться меню «Буфер притискний», що складається з таких пунктів:

- буфер на складальному кресленні;
- встановлення гвинтів;
- деталювальне креслення буфера.

2.19 Формування креслень

Формування креслень виконуємо після повного визначення конструкції штампу та проектування всіх систем, необхідних у штампі. На детальних

кресленнях автоматично малюються всі спроектовані деталі та системи. На кресленні розміщуємо проекції вибраної деталі.

Формування креслень включає формування деталувальних креслень деталей блоку і деталей пакета.

Креслення штампу та його деталей повинні відповідати вимогам ЄСКД та ГОСТ 2424-80.

Після виконання пункту меню "Деталі блоку" або "Деталі пакета" на екрані з'являється список включених до складу деталей:



Рисунок 2.11 - Формування креслень

Після вибору деталі зі списку автоматично створюється заготовка креслення вибраної деталі та на екрані з'являється командне меню.

Для різних деталей меню різняться за складом.

2.20 Робота зі специфікацією

Роботу зі специфікацією починають після створення та повного оформлення всіх деталувальних креслень штампу. Формування специфікації

в системі виконується з використанням всіх креслень, що знаходяться в папці проекту і в яких заповнена графа кутового штампу "Найменування креслення".

2.20.1 Формування специфікації

- У дереві проекту у вузол "Формування специфікації" додамо пункт "Формування специфікації", натиснемо кнопку "Проектування Формування специфікації". Завантажується графічний редактор.

- На екрані з'являється вікно зі списком креслень для включення до розділу "Документація".

- У списку "Ім'я файлу креслення" виберемо імена креслень, які мають бути включені до розділу "Документація". Найменування кожного обраного креслення відбивається у нижній частині вікна.

- Вибрані імена креслень відображаються у списку "Розділ "Документація"". У специфікації креслення будуть розташовані в порядку вказівки. Вибираємо файл з ім'ям sbor.cdw - складальне креслення.

- Вибір креслень для включення до розділу "Складальні одиниці" здійснюється аналогічно. У нашому випадку цей розділ відсутній.

- Всі інші креслення, що знаходяться в папці проекту, будуть автоматично розміщені в розділі специфікації "Деталі".

- Розділ специфікації "Стандартні вироби" Формується автоматично.

- Автоматично створюються та заповнюються бланки специфікації.

2.20.2 Редагування специфікації

Оскільки у процесі проектування штампу були створені деталювальні креслення всім деталям штампу, виникає необхідність редагування специфікації. Відредагувати текст на аркуші специфікації можна засобами графічного редактора, але тоді позиції на складальному кресленні доведеться проставляти вручну. Краще скористатися бібліотекою системи

автоматизованого проектування, редагуючи таблиці, що автоматично створені при формуванні специфікації (з кожним рядком специфікації система пов'язує її номер).

Перед редагуванням специфікації закриваємо усі відкриті креслення штампу.

Додаємо у вузол «Формування специфікації» пункт «Редагування специфікації» та натискаємо кнопку «Проектування». Після цього завантажується графічний редактор і на екрані з'являється меню, що складається з таких елементів:

РЕДАКТУВАННЯ ТАБЛИЦЬ:

- * Деталі
 - * Кріпильні елементи
 - * Стандартні вироби
- Оновлення специфікації

При виборі відповідної команди розділу "Редагування таблиць" відкривається таблиця для редагування. У всіх таблицях роздільником є знак табуляції.

Таблиця розділу «Деталі» містить такі підрозділи:

NPOZ – номер позиції;

CAD - найменування файлу креслення;

NAME – найменування деталі;

KOL – кількість деталей.

Таблиця розділу «Кріпильні елементи» містить такі підрозділи:

NAME – найменування деталі;

GOST – відповідний номер ГОСТ;

D – діаметр кріпильного елемента;

L - Довжина кріпильного елемента;

KOL – кількість деталей;

TEXT – додаткова інформація (наприклад, для болта: "M10-8g");

NPOZ – номер позиції;

NSYS – номер системи, до якої належить елемент (не підлягає вручну редагування).

Таблиця розділу «Стандартні вироби» містить такі підрозділи:

NPOZ – номер позиції;

NAME – найменування виробу;

GOST – відповідний номер ГОСТ;

KOL – кількість деталей;

TEXT – додаткова інформація;

NSYS – номер системи, до якої належить елемент (також не підлягає ручному редагуванню).

Якщо якийсь із елементів рядка у деталі не існує, то замість напису проставляється велика латинська буква «X».

Редагуємо наведені таблиці для приведення у відповідність до специфікації та зберігаємо відповідні таблиці. Після редагування таблиць номери позицій у специфікації автоматично перераховуються.

Завершальним етапом редагування специфікації є виконання пункту "Оновлення специфікації". Перед цим видаляємо старий ". CDW"-файл специфікації.

2.21 Проставлення позицій

Система автоматизованого проектування дозволяє автоматично проставити позиції на складальному кресленні шляхом вибору деталей з таблиць, створених для формування специфікації.

Однак також є можливість проставляти позиції вручну. Для цього у дереві проекту у вузол "Формування специфікації" додаємо "Простановка позицій", натискаємо кнопку "Проектування Формування специфікації". Після чого відкриється складальний креслення і на екрані з'явиться командне меню "Позиції на кресленні". Під час вибору кожної команди відкривається список об'єктів, включених до відповідного розділу.

Вкажемо курсором початок лінії винесення позиції для вибраного об'єкта, потім початок і напрямок полиці.

2.22 Допуски та посадки в конструктивних елементах штампу, що сполучаються

Виготовлений та прийнятий в експлуатацію штамп повинен забезпечувати отримання деталей відповідно до технічної документації, безпеки роботи та можливості ремонту. Штамп повинен задовольняти також ряд спеціальних вимог, обговорених у техумові. Наведемо види посадок і перелік деталей, що застосовуються в проектованому штампі:

- нижня плита та спрямовуюча колонка: посадка з натягом S7/h6;
- верхня плита та втулка: посадка з натягом H7/s6;
- напрямна колонка і втулка: ковзна посадка H7/h6;
- пуансони та пуансонотримач: посадка з натягом H7/m6;
- штифти: посадка з натягом H7/m6;
- гвинти: посадка з натягом H7/g6;
- упор грибковий: посадка з натягом H7/m6.

Розділ 3. РОБОТА ШТАМПА

Робота штампу відбувається в наступній послідовності:

1. **Прямий хід:** зусилля штампування з хвостовика 2, закріплений у верхній плиті 4, а верхній плиті разом з пуансонотримачем 6, пуансонами 17 і 18, пластиною 5, матрицею 7 і знімачем 16 рухається вниз. В результаті контакту пуансонів і заготівлі відбувається пробивання отворів та вирубування зовнішнього контуру. Відхід видаляється через отвір пуансон - матриці.

2. **Зворотний хід:** хвостовик 2 піднімається, піднімаються пуансони 17 і 18, відхід впирається в знімач 16 відбувається видалення відходу з

пуансонів, т.к. штовхач 1 при зворотному ході фіксується. Потім відбувається переміщення смуги на крок штампування. Подача лінії з права наліво.

Розділ 4. ТЕХНОЛОГІЯ ЗБОРКИ ШТАМПА

- в нижню плиту 13 запресувати колонку 14 по посадки S7/h6;
- впресувати у верхню плиту 5 напрямні втулки 8 по посадки H7/s6;
- впресувати хвостовик 2 у верхню плиту 4 по посадки H7/s6,
- запресувати пуанسونи 17 і 18 пуансонотримач 6 по посадці H7/m6 (шліфувати в зборі);
- встановити пуансонотримач 6 спільно з пуансонами і підкладною плитою 5 на плиту верхню 4, базувати штифтами $d=8$ мм (4 штуки) і фіксувати гвинтами M10 (4 штуки);
- встановити верхню плиту 4 у зборі по напрямних колонках 14.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено технологічний процес виготовлення деталей «Кронштейн» запропоновано виконати оптимізацію розкрою металопрокату, сумістити операції пробивання та вирубання, що дозволить зменшити норму витрати матеріалу на одну деталь, вивільнити одного пресувальників, скоротити штамп, підвищити точність штампування, вивільнити одну одиницю обладнання.

2. Розроблено штампи оригінальної конструкції для вирубання-пробивання деталі «Кронштейн».

3. Виконана робота по розробці графічних елементів штампового оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. «Технология производства летательных аппаратов». уч. Пособие по курсовому проектированию/ Под редакцией В.Г. Кононенко / Киев, Высшая школа 1974, 224с.
2. Справочник конструктора штампов Листовая штамповка /Под ред. Л.И.Рудмана/ – М. Машиностроение 1988, 460с.
3. Справочник по холодной штамповке Романовский В.П. М. Машиностроение , 1975, 722с.
 1. Годунко М.О. Основи 3D моделювання і робототехніки: Навч. посіб. для проведення практичних занять / М.О. Годунко, А.І. Гречка // – К. : 7БЦ, 2024. – 42 с.
 2. Валявський, І. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою : навч. посіб. / І. А. Валявський, О. В. Лисенко, І. А. Лисенко // М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - 281 с.
 3. Боков В.М. Технологія розмірної обробки дугою. Історичний нарис, верстати: навч. посібник. – Кропивницький, ПП «Ексклюзив-Систем», 2020. – 316 с.
 4. Боков В.М. Технологія холодного штампування: підручник. – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2021. – 213 с.
 5. Боков, В. М. Витягування циліндричних деталей із не суцільного матеріалу / В.М. Боков, О.Ф. Сіса, І.І. Павленко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. – Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – Вип. 51. – С. 147-168.
 6. Мажара В.А. Система автоматизованого проектування технологічного оснащення / В.А. Мажара, К.К. Щербина, А.М. Артюхов, С.А. Тененика, І.С. Шестаков // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – Вип. 54. – С. 12-23.

7. Шмельов, В. М. Оптимізація якісних характеристик поверхонь робочих деталей розділових штампів в умовах розмірної обробки електричною дугою / В.М. Шмельов // Загальнодержавний міжвідомчий науковотехнічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – вип. 44, ч. I. – С. 170-176.

8. Шмельов, В. М. Електрична дуга як інструмент для розмірної обробки спряжених пар робочих деталей розділових штампів / В.І. Носуленко, В.М. Шмельов // Збірник наукових праць КНТУ /техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/ Вип.25. Ч.1. Кіровоград: КНТУ 2012. – С. 140-144.

9. Шмельов, В. М. Особливості фізичного механізму електричної ерозії в умовах розмірної обробки електричною дугою спряжених пар робочих деталей розділових штампів / В.М. Шмельов // Збірник наукових праць КНТУ /техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/ Вип.24. Ч.1. Кіровоград: КНТУ 2011. – С. 111-114.

10. Шмельов, В. М. Розрахунок виконавчих розмірів електродів-інструментів для виготовлення способом розмірної обробки електричною дугою робочих деталей розділових штампів суміщеної дії / В.І. Носуленко, В.М. Шмельов // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія машинобудування. – К.: НТУУ «КПІ». – 2011. Вип.62. – С. 125-129.

11. Шмельов, В. М. Розділовий штамп суміщеної дії з моноблочною матрицею-пуансоном / В.І. Носуленко, В.М. Шмельов // Збірник наукових праць КНТУ /техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/ Вип.23. Кіровоград: КНТУ 2010. – С. 111-114.

12. Шмельов, В. М. Технологічні характеристики розмірної обробки електричною дугою спряжених пар робочих деталей штампів суміщеної дії / В.І. Носуленко, В.М. Шмельов, О.С. Чумаченко // Збірник наукових праць КНТУ /техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/ Вип.23. Кіровоград: КНТУ, 2010. – С. 3-7

ДОДАТКИ