

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

«Допущено до захисту»
Зав. кафедри ММР
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:
«Зменшення металомісткості штампового оснащення в умовах
дрібносерійного виробництва»
« Reducing the metal content of stamping equipment in small-batch production»

Виконав здобувач вищої освіти
II курсу, групи ПМ-24М-2
спеціальності 131
«Прикладна механіка»,
_____ Сергенчук Б. С.

Керівник проекту
канд. техн. наук, доцент
_____ Володимир МІРЗАК

Рецензент
канд. техн. наук, доцент

м. Кропивницький
2025

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет: *Механіко-технологічний*

Кафедра: *«Машинобудування, мехатроніка і робототехніка»*

Рівень вищої освіти: *другий (магістерський)*

Галузь знань: *13 «Механічна інженерія»*

Спеціальність: *131 «Прикладна механіка»*

Освітньо-професійна програма: *«Прикладна механіка»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ММР

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій Гречка

29 серпня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Сергенчуку Богдану Серафимовичу

1. Тема роботи: *«Зменшення металомісткості штампового оснащення в умовах дрібносерійного виробництва».*

2. Керівник роботи: *Мірзак Володимир Якович, к. т. н., доцент.*

3. Строк подання роботи до захисту: *26 грудня 2025 р.*

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи.

Мета: зменшити металомісткість штампового оснащення в умовах дрібносерійного виробництва.

Завдання: обґрунтувати напрямок досліджень та актуальність теми; розробити методику виконання роботи; виконати конструкторсько-технологічні роботи; виконати розрахунки з економічної частини.

5. Консультант по роботі, із зазначенням розділу роботи:

| Розділ | Консультант | Підпис, дата | |
|--------------------------|---------------------------------------|----------------|------------------|
| | | Завдання видав | Завдання прийняв |
| № 4 «Економічна частина» | Савеленко Г. В., к. т. н., доцент. | 1.09.2025 р. | 24.12.2025 р. |

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1 | Опрацювання навчальної та наукової літератури | 16.09.2025 р. | |
| 2 | Проведення наукових досліджень, обробка фактичного матеріалу | 3.10.2025 р. | |
| 3 | Написання першого варіанта тексту, подання його на ознайомлення керівникові | 28.11.2025 р. | |
| 4 | Усунення недоліків, написання останнього варіанта тексту | 15.12.2025 р. | |
| 5 | Перевірка роботи на плагіат | 23.12.2025 р. | |
| 6 | Зовнішнє рецензування роботи | 24.12.2025 р. | |
| 7 | Захист випускної кваліфікаційної роботи на засіданні екзаменаційної комісії | 26.12.2025 р. | |

Дата видачі завдання
01 вересня 2025 р.

Підпис керівника
_____ Мірзак В. Я.

Завдання прийнято до виконання
01 вересня 2025 р.

Підпис здобувача
_____ Сергенчук Б. С.

Завдання прийняв до виконання

Б. С. Сергенчук

АНОТАЦІЯ

Сергенчук Б. С. «Зменшення металомісткості штампового оснащення в умовах дрібносерійного виробництва», ОПП – «Прикладна механіка», Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2025 рік.

Слайдів презентації – разом 11 слайдів.

Метою роботи є зменшення металомісткості штампового оснащення в умовах дрібносерійного виробництва.

Актуальність роботи зумовлена високою часткою витрат на проектування, виготовлення та налагодження індивідуальних штампів із власними штамповими блоками, а також значними простоями пресового обладнання при частих переналагодженнях.

В роботі виконано аналітичний огляд існуючих конструкцій штампових блоків і систем кріплення, сформувано вимоги до стаціонарного блока та механізмів затиску. Розроблено конструкцію блока з механізмом затиску пакетів на основі ексцентрикового вала з круговим шатуном, а також типові робочі пакети штампового оснащення.

Практична цінність роботи полягає в тому, що запропонований стаціонарний блок і механізм швидкознімного кріплення можуть бути безпосередньо впроваджені в інструментальному господарстві підприємств. Запропоновані конструкторські рішення можуть бути використані як типові при модернізації існуючих штампів, а також як основа для уніфікації та стандартизації штампового оснащення в умовах дрібносерійного виробництва.

Ключові слова: дрібносерійне виробництво, листове штампування, штамповий блок, пакет штампа, швидкознімне кріплення, круговий шатун, пневмопривід, зусилля затиску, металомісткість, техніко-економічне обґрунтування, практична реалізація.

ANNOTATION

Sergenchuk B. S. " Reducing the metal content of stamping equipment in small-batch production ", OPP - "Applied Mechanics", Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2025.

The aim of the work is to reduce the metal content of die equipment in small-scale production.

The relevance of the work is due to the high share of costs for the design, manufacture and adjustment of individual dies with their own die blocks, as well as significant downtime of press equipment during frequent readjustments.

The work provides an analytical review of existing designs of die blocks and fastening systems, and the requirements for a stationary block and clamping mechanisms are formulated. The design of a block with a package clamping mechanism based on an eccentric shaft with a circular connecting rod, as well as typical working packages of die equipment, have been developed.

The practical value of the work lies in the fact that the proposed stationary block and quick-release fastening mechanism can be directly implemented in the tooling of enterprises. The proposed design solutions can be used as typical ones when modernizing existing dies, as well as as a basis for unification and standardization of die equipment in small-scale production.

Keywords: small-batch production, sheet-metal stamping, die set, die package, quick-change clamping, circular connecting rod, pneumatic drive, clamping force, material consumption, techno-economic assessment, industrial applicability.

ЗМІСТ

| | |
|-------------|--|
| ВСТУП | |
| Розділ 1 | ОБГРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕННЯ..... |
| 1.1. | 1 Роль листового штампування та штампового оснащення в дрібносерійному виробництві..... |
| 1.2. | Класифікація штампів та конструктивні особливості штампового блока і робочого пакета |
| 1.3 | Металомісткість штампового блока і проблеми дрібносерійного виробництва..... |
| 1.4 | Концепція стаціонарного блока та змінних пакетів..... |
| 1.5 | Механізми кріплення робочих пакетів у штампових блоках... |
| 1.6 | Похибки відкритих кривошипних пресів із С-подібною станиною та їх вплив на точність штампування..... |
| 1.7 | Засоби компенсації похибок у штампових блоках і пакетах... |
| 1.8 | Аналіз конструкторських аналогів універсальних і швидкозмінних блоків..... |
| 1.9 | Висновки огляду, мета та задачі дипломної роботи..... |
| Розділ 2 | МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ |
| 2.1. | Аналітико-оглядовий етап |
| 2.2. | Методика конструкторського опрацювання стаціонарного блока |
| 2.3 | Методика оцінювання ефективності та оформлення результатів..... |
| Розділ 3 | КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПУВАЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ |
| 3.1 | Розробка конструкції блока швидкознімного кріплення |
| 3.2. | Розробка технологічного процесу виготовлення деталі “Рамка” |
| 3.3 | Розробка технологічного процесу виготовлення деталі “Кутик” |
| 3.4 | Тривимірне моделювання блока швидкознімного кріплення в САПР SolidWorks..... |
| 3.5. | Рекомендації щодо впровадження розробленого стаціонарного штампового блока в умовах дрібносерійного виробництва..... |
| 3.6 | Техніко-економічне обґрунтування проекту..... |
| Розділ 4 | ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА..... |
| 4.1. | Розрахунок витрат на виконання госпрозрахункової науково-дослідної роботи..... |

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

Додаток А. Ескіз блока швидкознімного кріплення.....

Додаток Б. Компонувальний ескіз блока швидкозмінного кріплення з компенсатором похибок преса.....

Додаток В. Компонувальний ескіз блока швидкознімного кріплення пакетів з компенсатором похибок преса і пакетом для штампування деталі «Рамка».....

Додаток Г. 3-D модель блоку швидкознімного кріплення пакетів з пристроєм компенсації похибок преса

ВСТУП

Актуальність теми

У сучасних умовах машинобудівні підприємства дедалі частіше переходять до дрібносерійного або гнучкого виробництва, що потребує швидкої зміни номенклатури деталей та оперативного переналагодження технологічних процесів. Листоштампувальні операції — вирубаня, пробивання, гнуття, формування, витягування — залишаються одними з найпоширеніших способів виготовлення тонколистових заготовок. Проте ефективність такого виробництва значною мірою визначається конструкцією, надійністю та вартістю штампового оснащення. Особливої гостроти ця проблема набуває саме в дрібносерійному виробництві, де витрати на проектування, виготовлення та експлуатацію індивідуальних штамсів значно зростають у розрахунку на одну деталь.

Традиційна конструкція штампа включає два основних елементи — штампний блок та робочий пакет. Штампний блок складається з верхньої та нижньої плит, напрямних колонок та втулок, і забезпечує геометричну точність руху та взаємного розташування робочих органів. Робочий пакет містить пуансони, матриці та елементи їх кріплення. Для більшості штамсів маса та вартість штампного блока є співставними з масою робочого пакета. У дрібносерійному виробництві це призводить до значних капітальних витрат, оскільки для кожної нової деталі доводиться виготовляти фактично повністю новий штамп, хоча потребує заміни лише робочий пакет.

Проблему ускладнює той факт, що значна частина парку вітчизняних підприємств представлена кривошипними пресами відкритого типу у діапазоні зусиль 250–1600 кН. За відсутності уніфікованих рішень для швидкої зміни робочих пакетів користувачі змушені витратити значний час на переналагодження, установлення та регулювання штамсів для кожної нової операції. Це негативно впливає на продуктивність, збільшує тривалість

підготовчо-заклучних операцій та погіршує економічні показники виготовлення продукції.

Одним із ефективних шляхів підвищення економічності виробництва є зменшення металомісткості штампового оснащення за рахунок використання універсальних, стаціонарно встановлених штампових блоків, обладнаних системами швидкознімного кріплення робочих пакетів. Закріплення такого блоку за конкретним пресом (у даній роботі — кривошипним пресом із номінальним зусиллям 400 кН) дозволяє використовувати один і той самий блок для значної кількості штампів, замінюючи лише пакет робочих елементів. Це скорочує витрати металу, спрощує проектування, зменшує час виготовлення оснащення та прискорює його налагодження.

Таким чином, розроблення конструкції стаціонарного штампового блока зі швидкознімним кріпленням пакетів є актуальним завданням для дрібносерійного виробництва. Впровадження такого рішення забезпечує істотне зниження собівартості штампованих деталей, підвищення гнучкості виробництва, скорочення тривалості підготовчо-заклучних робіт та раціональне використання матеріальних ресурсів. Саме ці фактори роблять дослідження у сфері зменшення металомісткості штампового оснащення перспективним та економічно обґрунтованим для сучасного машинобудування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дослідження виконувалися на підставі внутрішньовузівської науково-дослідної роботи «Підвищення якості тонколистового розділового штампування механічним компенсатором похибок системи прес-штамп» (№ ДР 0113и003618), в якій автор брав участь як виконавець.

Мета і задачі дослідження

Мета дослідження – зменшення металомісткості штампового оснащення в умовах дрібносерійного виробництва

Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовані та вирішені наступні задачі:

- на основі літературного огляду уточнити вимоги до конструкції штампових блоків і робочих пакетів для дрібносерійного листоштампувального виробництва;

- проаналізувати геометричні й деформаційні похибки відкритих кривошипних пресів із С-подібною станиною та їхній вплив на точність взаємного положення пуансона і матриці;

- розробити конструкцію стаціонарного штампового блока, сумісного з пресом номінальним зусиллям 400 кН, із урахуванням вимог до жорсткості, точності й можливості монтажу на існуюче обладнання;

- обґрунтувати та вибрати раціональні механізми швидкознімного кріплення робочих пакетів у стаціонарному блоці з точки зору надійності, швидкості переналагодження та технологічності;

- розробити конструктивні схеми й вузли компенсації геометричних і деформаційних похибок преса (плаваючі опори, сферичні й регульовані опори, компенсуючі плити) у складі блока;

- розробити комплект конструкторської документації на стаціонарний блок і один або кілька типових робочих пакетів, а також надати рекомендації щодо впровадження та експлуатації розробленого оснащення;

- оцінити техніко-економічні показники від впровадження стаціонарного блока зі змінними пакетами в умовах дрібносерійного виробництва (зменшення металомісткості, скорочення часу налагодження, зниження собівартості штампованих деталей).

Об'єкт дослідження – система "прес-штамп".

Предмет дослідження – універсальні блоки швидкознімного кріплення штампових пакетів в умовах дрібносерійного виробництва.

Методи дослідження: використовувались методи аналізу і синтезу складних технічних систем.

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:

1. Запропоновано оригінальну конструкцію універсального блоку швидкознімного кріплення штампових пакетів для розділових та формозмінних операцій холодного штампування на відкритих кривошипних пресах в умовах дрібносерійного виробництва. Розроблено методику проектування штампових пакетів для блока швидкознімного кріплення. Застосування таких рішень в умовах промислового виробництва дозволить зменшити металомісткість штампового оснащення до 70% та скоротити час переналагодження штампів на пресах з двадцяти п'яти хвилин до трьох хвилин, що суттєво вплине на собівартість штампованих деталей.

Апробація результатів магістерської роботи

Основні результати дослідження доповідалися на науково-технічній конференції здобувачів ЦНТУ у 2025 році. Тема доповіді: «Зменшення металомісткості штампового оснащення в умовах дрібносерійного виробництва».

Структура та обсяг роботи

Магістерська робота складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та списку використаних джерел із 44 найменувань. Повний обсяг роботи становить сторінок, включаючи рисунки та таблиці.

ОБГРУНТУВАННЯ ОБРАНОГО НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Роль листового штампування та штампового оснащення в дрібносерійному виробництві

Листове штампування є одним із базових процесів обробки тиском у сучасному машинобудуванні та приладобудуванні. Його застосовують для виготовлення великої номенклатури деталей – від елементів корпусів машин та приладів до деталей побутової та електронної техніки. Основними перевагами процесів холодного штампування є висока продуктивність, стабільна точність розмірів, можливість автоматизації та механізації операцій [1–3, 25–27].

У традиційно масовому та великосерійному виробництві витрати на розробку й виготовлення штампового оснащення окуповуються за рахунок значної кількості виготовлених деталей. Однак перехід до дрібносерійного та гнучкого виробництва, що характеризується частою зміною номенклатури, малими партіями та короткими життєвими циклами виробів, висуває нові вимоги до штампового оснащення: воно має бути менш металомістким, швидко переналагоджуваним і максимально універсальним.

Літературні джерела [1–3, 21, 25–27] підкреслюють, що в структурі собівартості деталей, виготовлених методом листового штампування, значну частку становлять саме витрати на проектування, виготовлення та ремонти штампів. Для невеликих серій, типових для малих і середніх підприємств, ці витрати стають вирішальними, а традиційні підходи до побудови штампів (кожна деталь – свій «повноцінний» штамп із блоком і пакетом) виявляються економічно неефективними.

У зв'язку з цим особливо актуальними стають:

- зменшення металомісткості штампового оснащення;
- уніфікація й стандартизація його елементів;
- використання універсальних або стаціонарних блоків із швидкознімни-

ми пакетами;

– компенсація похибок пресового обладнання з метою підвищення точності процесів без дорогих модернізацій самих пресів.

У подальших підрозділах буде проаналізовано існуючі підходи до побудови штампового оснащення, механізмів швидкого кріплення та змінності робочих пакетів, а також конструктивні рішення, спрямовані на підвищення точності процесів штампування на відкритих кривошипних пресах із С-подібною станиною.

1.2 Класифікація штампів та конструктивні особливості штампового блока і робочого пакета

За класичними джерелами [1–3, 25–27] штампи для листового штампування класифікують за кількома ознаками:

- за функціональним призначенням (вирубні, пробивні, відрізні, гнуттєві, відбортовувальні, витяжні, калібрувальні, комбіновані);
- за кількістю переходів (одноперехідні, багатоперехідні);
- за способом подачі заготовки (штучні, стрічкові, прогресивні);
- за типом обладнання (для кривошипних, гідравлічних, спеціальних пресів);
- за конструктивною побудовою (поодинокі, групові, прогресивні, касетні тощо).

У контексті даної роботи найбільше значення мають штампи для одиничних та простих операцій (вирубання, пробивання, гнуття, неглибокої витяжки), що встановлюються на кривошипні преси малої й середньої потужності (від 250 до 1000 кН). Саме такі штампи найчастіше використовуються у дрібносерійних умовах.

Конструктивно більшість листових штампів складається з двох основних частин:

- штампового блока;
- робочого пакета.

Штамповий блок зазвичай містить:

- нижню плиту (як правило, масивну, яка базується на столі преса);
- верхню плиту (закріплюється на повзуні преса);
- напрямні колонки й втулки;
- іноді – вбудовані пружні елементи, опорні плити, клини тощо [5–7].

Робочий пакет включає:

- матриці, пуансони, притиски;
- утримувальні й прижимні плити;
- елементи орієнтації та кріплення;
- інколи – направляючі для заготовки, обмежувачі ходу, виштовхувачі [1–3, 25–27].

Аналіз джерел [1–3, 21, 25–27] показує, що для штампів середніх габаритів маса блока може становити 40–60 % маси всього штампа. При цьому блок зазвичай є найбільш металомісткою, але відносно стабільною в часі частиною конструкції, тоді як робочий пакет є «споживною» частиною, що потребує оновлення при зміні номенклатури виробів.

З позицій дрібносерійного виробництва та зменшення металомісткості це очевидний резерв: якщо забезпечити можливість багаторазового використання одного й того ж блока для різних робочих пакетів, можна суттєво знизити сумарну масу й вартість штампового оснащення для підприємства.

1.3 Металомісткість штампового блока і проблеми дрібносерійного виробництва

У працях [2, 21, 25–27] як один із головних недоліків традиційної конструкції штампів для дрібносерійного виробництва вказується надмірна металомісткість штампового блока. При виготовленні кожного нового штампа часто проектують і виготовляють новий блок, хоча геометрія направляючих та базувальних елементів могла б бути уніфікованою.

До основних наслідків такого підходу належать:

- значні витрати металу на виготовлення плит та колонок;

- збільшення тривалості проектування (кожного разу розрахунок і конструювання блоків);
- зростання трудомісткості обробки плит (фрезерування, свердління, шліфування);
- ускладнення зберігання й складування великої кількості штампів.

На фоні зростання вартості металу та енергетичних ресурсів питання зменшення металомісткості блоку набуває особливої актуальності. Рішенням є перехід до універсальних або стаціонарних блоків, що закріплюються на певному пресі й використовуються для цілого сімейства штампів шляхом заміни лише робочих пакетів.

Практичний недолік традиційного блокового підходу в дрібносерійних умовах полягає також у тому, що при зміні номенклатури штампів оператор змушений виконувати повний цикл знімання одного штампа з преса, зберігання й установлення іншого, що супроводжується значними підготовчо-заклучними витратами часу. При цьому більша частина операцій пов'язана з маніпулюванням важкими й громіздкими блоками, а не власне робочими елементами.

1.4 Концепція стаціонарного блока та змінних пакетів

У роботах [12–14], описано підхід, коли штамповий блок виконується як стаціонарний вузол, жорстко закріплений на столі й повзуні преса. Номенклатура штампів реалізується за рахунок змінних робочих пакетів (у тому числі касетних), що встановлюються всередину блока.

Переваги такого підходу:

- одноразове виготовлення металомісткого, точного блока;
- можливість розробляти для кожної нової деталі лише відносно легкий і дешевий робочий пакет;
- зменшення часу переналагодження (заміна пакета суттєво швидша, ніж повного штампа);

– можливість інтегрувати в блок компенсатори похибок преса та системи швидкого кріплення пакетів.

Недоліком є необхідність більш ретельного проектування блока, його сумісності з діючим пресом, а також потенційне обмеження розмірів і геометрії майбутніх пакетів рамкою блока. Однак у дрібносерійних умовах ці недоліки виявляються прийнятними порівняно з виграшем у металомісткості й гнучкості.

1.5 Механізми кріплення робочих пакетів у штампових блоках

1.5.1 Традиційні болтові та шпонкові з'єднання

Найбільш розповсюдженим є кріплення робочих пакетів до блока за допомогою болтових з'єднань і шпонок [1, 3, 25–27]. Пакет базується на горизонтальній опорній поверхні блока, фіксується від зсуву шпонками або штифтами й притискується болтами.

Переваги:

- конструктивна простота;
- універсальність;
- висока жорсткість з'єднання;
- невисока вартість виготовлення.

Недоліки:

- значний час на розболчування й затягування при кожній зміні пакета;
- ризик пошкодження різьбових отворів при частих переналагодженнях;
- обмежений доступ до кріплення в зоні штампа (особливо на С-подібних пресах);
- відсутність «самозахисту» від неправильної установки пакета (помилки оператора).

Таким чином, традиційні болтові з'єднання є прийнятними для малої кількості переналагоджень, але в умовах частих змін пакетів (типових для дрібносерійного виробництва) їх недоліки стають домінуючими.

1.5.2 Механічні швидкозатискні системи (ексцентрикові, клинові, важільні)

Для скорочення часу фіксації пакетів використовуються механічні швидкозатискні системи – ексцентрикові, клинові, важільні затискачі [6–7]. Вони монтуються на плиті блока і створюють притискне зусилля через обертання рукоятки або переміщення клина по похилій поверхні.

Переваги:

- скорочення часу операцій з кріплення/звільнення пакета;
- можливість здійснення операцій однією рукою;
- зручність розташування органів керування на передній частині стола С-подібного преса;
- можливість створення уніфікованих позицій для різних пакетів.

Недоліки:

- підвищені вимоги до точності виготовлення та термічної обробки контактних поверхонь;
- схильність до зношування та засмічення (стружка, бруд, мастило);
- обмежений діапазон регулювання зусилля, що може бути критичним для штампів із різною масою та глибиною витяжки.

Загалом механічні швидкозатискні системи є ефективним, але все ж «компромісним» варіантом: вони значно покращують ергономіку й швидкість переналагодження, однак не вирішують питання автоматизації кріплення та контролю зусилля.

1.5.3 Гідравлічні та пневмогідравлічні системи швидкої зміни штампів (QDC)

Документація Pascal, Forwell, Hilma-Stark [8–10] детально описує QDC-системи, що базуються на гідравлічних або пневмогідравлічних притискачах, роликівих та кулькових підйомниках (die lifters) і системах бокового базування. Такі рішення широко застосовуються на великих пресових лініях у автомобільній промисловості, де час переналагодження є критичним.

Переваги QDC-систем:

- мінімізація ручної праці при зміні штампів;

- стабільне та контрольоване затискне зусилля;
- можливість інтеграції в системи автоматизованого виробництва (SMED-підхід);

- суттєве скорочення простоїв пресів.

Недоліки:

- висока вартість комплексу (притиски, гідростанція, система керування);
- необхідність регулярного обслуговування (контроль тиску, герметичності, стану рідини);

- проектна орієнтація на повні штампи, а не на змінні пакети;

- складність адаптації до існуючих старих пресів без їх реконструкції.

У дрібносерійних умовах використання повноцінних QDC-систем економічно виправдане лише тоді, коли кількість переналагоджень дуже велика, а номенклатура штампів достатньо стабільна. Для завдання зменшення металомісткості штампового оснащення, навпаки, характерні ситуації, коли найраціональніше мінімізувати саме масу змінної частини – пакета, а не прискорювати зміну повного штампа [12–14].

1.5.4 Магнітні системи кріплення

Електромагнітні плити [11] забезпечують кріплення штампів без механічних затискачів: достатньо розмістити штамп на плиті та активувати магнітне поле.

Переваги:

- дуже швидка зміна оснащення;
- відсутність виступаючих елементів кріплення на столі;
- рівномірний розподіл притискного зусилля по площі.

Недоліки:

- висока вартість плити;
- вимоги до магнітопровідного матеріалу подошви штампа;
- обмеження за розмірами дрібних штампів;

– складність інтеграції зі змінними касетними пакетами (потрібні додаткові бази й страховочні елементи).

З огляду на це магнітні системи можуть бути перспективними для великих штампів та високоточного виробництва, однак їх застосування для невеликих стаціонарних блоків із змінними пакетами в дрібносерійних умовах виглядає менш доцільним.

1.5.5 Касетні та модульні системи

У роботах [12–14] описано касетні і модульні штампові системи, у яких робочий пакет реалізується у вигляді касети, що встановлюється у вікно блока. Касета містить функціонально завершений вузол – матрицю, пуансон(и), притиски та направляючі елементи, а блок забезпечує базування, напрям і кріплення касети.

Переваги:

- істотне зменшення маси змінних елементів (у середньому на 50–70 % [12–14]);
- зручність складування й транспортування касет;
- можливість швидкої заміни операцій (вирубання, пробивання, гнуття тощо) в межах одного блока;
- сумісність із різними типами пресів (у тому числі С-подібними).

Недоліки:

- підвищені вимоги до точності виготовлення посадочних поверхонь блока й касети;
- складність забезпечення високої жорсткості при великих зусиллях;
- необхідність надійних замків для фіксації касет у блоці, які не повинні розкриватися під навантаженням.

Загалом касетна концепція є найбільш близькою до задачі даної дипломної роботи і розглядається як прототип для розробки стаціонарного блока зі змінними пакетами.

1.6 Похибки відкритих кривошипних пресів із С-подібною станиною та їх вплив на точність штампування

1.6.1 Загальна характеристика відкритих кривошипних пресів

Відкриті кривошипні преси з С-подібною станиною (C-frame) широко застосовуються для невеликих і середніх зусиль (250–1600 кН) [15–17, 22–24]. Вони характеризуються зручним доступом до робочої зони, компактністю, можливістю простого обслуговування та відносно невисокою вартістю.

Разом із тим С-подібна станина є асиметричною, що зумовлює меншу жорсткість у порівнянні із замкнутими рамами. Це призводить до помітних геометричних та деформаційних похибок при навантаженні, особливо на великих зусиллях та при несиметричному розподілі навантажень [15–17].

(Тут доцільно вставити умовну **схему С-frame преса** – Рис. 1.)

1.6.2 Геометричні похибки пресів з С-подібною станиною

До геометричних похибок відносять [15–17, 21, 28, 29]:

- зазори в напрямних повзуна;
- неперпендикулярність осі ходу повзуна до площини стола;
- непаралельність площин стола й повзуна;
- перекося, зумовлені несиметричним зношенням або неправильним регулюванням.

Ряд досліджень [28, 29] показує, що величина цих похибок може сягати десятих часток міліметра, що критично для точних операцій вирубання й калібрування. Унаслідок цього зазор між пуансоном і матрицею стає нерівномірним, що спричиняє підвищене зношування кромки, появу задирок, погіршення форми й розмірів виробів.

1.6.3 Деформаційні похибки

Деформаційні похибки пов'язані з пружною деформацією станини, стола, повзуна та елементів приводу при прикладанні робочого зусилля [15–17]. Для С-подібних станин характерне так зване «розкриття» – передня частина

відкривається назовні, утворюючи нахил робочих поверхонь відносно одна одної.

У роботах [28-30] показано, що для пресів з номінальними зусиллями від 250 до 630 кН розкриття може досягати від 0,05 до 0,3 мм, що значно впливає на точність штампування. Крім того, мають місце:

- прогин стола;
- прогин повзуна;
- контактні деформації в напрямних і з'єднаннях.

Ці деформації не є постійними, а залежать від величини та розподілу навантаження, тобто від конкретної операції штампування й конфігурації штампа.

1.6.4 Вплив похибок преса на роботу штампового оснащення

Геометричні й деформаційні похибки призводять до того, що навіть при ідеально виготовленому штампі (блоці й пакеті) у реальних умовах експлуатації зазор між пуансоном і матрицею стає змінним у просторі й залежним від навантаження. Це має такі наслідки [15–17, 21]:

- погіршення точності розмірів і форми отворів;
- підвищення шорсткості й появи задирок на поверхні різку;
- нерівномірний знос робочих кромок;
- зниження стійкості пуансонів і матриць;
- зростання рівня браку.

Таким чином, при розробці стаціонарного блока для С-подібного преса необхідно враховувати ці похибки та передбачити конструктивні засоби їх компенсації без радикальної перебудови самого преса.

1.7 Засоби компенсації похибок у штампових блоках і пакетах

1.7.1 Плаваючі (самовстановлювальні) матриці та плити

Одним із найбільш вивчених підходів до компенсації похибок є застосування плаваючих матриць або опорних плит [18–19]. Вони встановлюються на базовій плиті через пружні елементи (пружини, тарілчасті

шайби) або спеціальні самовстановлювальні вузли, які дозволяють матриці незначно зміщуватися та повертатися для вирівнювання зазорів.

Дослідження [18–19] показують, що такі системи здатні компенсувати перекоси повзуна й стола в певних межах, зменшуючи нерівномірність зазору та підвищуючи якість різання. Недоліком є певне зниження загальної жорсткості системи, а також ускладнення конструкції й необхідність збереження стабільної роботи пружних елементів в умовах циклічних навантажень.

1.7.2 Сферичні самовстановлювальні опори

Сферичні опори [20, 30] використовують принцип кульового шарніра: опорна плита базується на сферичній поверхні й може здійснювати мікроповороти для компенсації непаралельностей. Такі опори часто застосовують під опорними плитами або пакетами в штампах, що працюють на пресах із суттєвими перекосами.

Переваги:

- можливість швидкої компенсації кутових відхилень без налаштування;
- зменшення локальних контактних напружень;
- підвищення ресурсу елементів за рахунок більш рівномірного розподілу навантаження.

Недоліки полягають у необхідності точного виготовлення сферичних поверхонь і в чутливості до забруднення, що потребує гарного технічного обслуговування.

1.7.3 Регульовані та пружні опори під пакетами

Регульовані гвинтові опори використовують як локальні домкрати під плитами штампа [20–21]. Вони дають змогу виставити паралельність і висоту плити з урахуванням фактичних деформацій стола й станини. Пружні опори (пружини, тарілчасті шайби) забезпечують більш «м'який» режим навантаження, демпфуючи ударні навантаження.

У стаціонарному блоці для дрібносерійного виробництва доцільно поєднувати ці підходи: регульовані опори використовувати для налагодження, а пружні – для робочого демпфування навантажень і компенсації дрібних відхилень.

1.7.4 Комплексні системи компенсації у стаціонарних блоках

У ряді робіт [18–21, 30] розглядаються комбіновані системи компенсації, які об'єднують плаваючі плити, сферичні опори та регульовані опори в єдиному блоці. Для задачі даної роботи це означає, що у стаціонарному блоці, закріпленому на С-подібному пресі, можна реалізувати:

- плаваючу матричну плиту в зоні найбільшого навантаження;
- сферичні опори під окремими зонами пакета;
- регульовані гвинтові опори для налаштування геометрії.

Таке поєднання дозволяє отримати конструкцію, стійку до похибок преса, з підвищеною точністю штампування й збільшеним ресурсом робочих елементів.

1.8 Аналіз конструкторських аналогів універсальних і швидкозмінних блоків

1.8.1 Уніфіковані блоки ISO/NAAMS

Каталоги HASCO, FIBRO, MISUMI [5–7] містять широкий спектр уніфікованих блоків із стандартизованими напрямними колонками, втулками, плитами. Вони добре зарекомендували себе у середньо- та великосерійному виробництві та дозволяють скоротити час проектування.

Недоліки для дрібносерійного виробництва:

- кожен штамп фактично має свій уніфікований блок;
- висока сумарна металомісткість при великій номенклатурі;
- відсутність орієнтації на змінні касетні пакети;
- відсутність інтегрованих систем компенсації похибок С-подібних пресів.

1.8.2 QDC-системи промислових виробників

Системи Pascal, Forwell, Nilma-Stark [8–10] орієнтовані на швидку зміну штампів, але не вирішують питання металомісткості: основний акцент – на часі переналагодження. Вони ефективні на великих лініях, однак потребують значних капітальних вкладень і не завжди сумісні з концепцією стаціонарного блока зі змінними пакетами без додаткових конструктивних рішень.

1.8.3 Касетні й модульні системи

У роботах [12–14] показано, що касетні системи дозволяють істотно скоротити металомісткість і час переналагодження, особливо в гнучких виробництвах. Джерела [28–30] описують конкретні конструктивні рішення вузлів фіксації, самовстановлення та компенсації деформацій у касетних системах. Ці рішення підтверджують практичну життєздатність концепції й можуть розглядатися як аналоги для подальшої розробки.

1.8.4 Вітчизняні та регіональні рішення

Каталоги пресів КД, J23, PW [22–24] демонструють широкий парк С-подібних пресів, який реально використовується на підприємствах України та інших країн. У профільній літературі [15, 22–27, 31] зустрічаються описання простих універсальних блоків, однак рівень їх опрацювання, як правило, обмежений і не містить системної компенсації похибок.

1.8.5 Узагальнюючий висновок щодо аналогів

Порівняльний аналіз літературних і промислових аналогів показує, що:

- уніфіковані блоки добре розвинуті, але не орієнтовані на дрібносерійні умови;
- QDC-системи ефективні щодо часу переналагодження, але не щодо металомісткості;
- касетні системи найбільш близькі до поставленої задачі, однак переважно розглядаються без урахування похибок С-подібних пресів;
- питання комплексної інтеграції стаціонарного блока, змінних касетних

пакетів і засобів компенсації похибок преса потребує подальших досліджень, що й визначає актуальність даної дипломної роботи.

1.9 Висновки огляду, мета та задачі дипломної роботи

Висновки за результатами огляду

На основі проведеного огляду літературних джерел, промислових каталогів і патентів можна зробити такі основні висновки:

1. Традиційні штампи з окремими блоками й пакетами є надмірно металомісткими для дрібносерійного виробництва, оскільки блоки виготовляються практично для кожної нової деталі.

2. Металомісткість штампового оснащення можна істотно зменшити шляхом уніфікації та стаціонарного закріплення блока на певному пресі та використання змінних робочих пакетів, у тому числі касетного типу.

3. Відкриті кривошипні преси з С-подібною станиною мають суттєві геометричні й деформаційні похибки, що впливають на точність штампування та стійкість робочих елементів.

4. У літературі описано низку засобів компенсації похибок (плаваючі плити, сферичні та регульовані опори), які можуть бути інтегровані в конструкцію штампового блока й пакета для підвищення точності процесу.

5. Існуючі рішення (уніфіковані блоки, QDC-системи, касетні штампи) лише частково відповідають умовам дрібносерійного виробництва на С-подібних пресах і потребують адаптації або доповнення засобами компенсації похибок.

6. Наявність широкого парку відкритих кривошипних пресів вітчизняного та імпортного виробництва робить практично доцільним розроблення стаціонарного блока, призначеного для конкретного діапазону зусиль (наприклад, 400 кН) і орієнтованого на використання змінних пакетів.

Отже, існує науково-технічна та економічна доцільність розроблення стаціонарного штампового блока зі швидкознімним кріпленням пакетів, що

працює в комплекті з відкритим кривошипним пресом із С-подібною станиною, з урахуванням геометричних і деформаційних похибок пресового обладнання.

Мета роботи – зменшення металомісткості штампового оснащення в умовах дрібносерійного виробництва

Задачі роботи

Для досягнення поставленої мети в дипломній роботі необхідно вирішити такі задачі:

1. На основі літературного огляду уточнити вимоги до конструкції штампових блоків і робочих пакетів для дрібносерійного листоштампувального виробництва.

2. Проаналізувати геометричні й деформаційні похибки відкритих кривошипних пресів із С-подібною станиною та їхній вплив на точність взаємного положення пуансона і матриці.

3. Розробити конструкцію стаціонарного штампового блока, сумісного з пресом номінальним зусиллям 400 кН, із урахуванням вимог до жорсткості, точності й можливості монтажу на існуюче обладнання.

4. Обґрунтувати та вибрати раціональні механізми швидкознімного кріплення робочих пакетів у стаціонарному блоці з точки зору надійності, швидкості переналагодження та технологічності.

5. Розробити конструктивні схеми й вузли компенсації геометричних і деформаційних похибок преса (плаваючі опори, сферичні й регульовані опори, компенсуючі плити) у складі блока й пакетів.

6. Розробити комплект конструкторської документації на стаціонарний блок і один або кілька типових робочих пакетів, а також надати рекомендації щодо впровадження та експлуатації розробленого оснащення.

7. Оцінити техніко-економічні показники від впровадження стаціонарного блока зі змінними пакетами в умовах дрібносерійного виробництва (зменшення металомісткості, скорочення часу налагодження, зниження собівартості штампованих деталей).

2 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Методика виконання дипломної роботи визначається її конструкторсько-технологічним характером і спрямована на одержання інженерно обґрунтованих рішень щодо зменшення металомісткості штампового оснащення в умовах дрібносерійного листоштампувального виробництва. Основою є поєднання аналітичних, розрахункових, порівняльних та конструкторських методів із використанням сучасних САПР.

2.1 Аналітико-оглядовий етап

На першому етапі виконується аналіз вихідної інформації та формування вимог до об'єкта розробки. Для цього:

- проводиться огляд літературних джерел, стандартів, каталогів пресового обладнання та штампового оснащення з акцентом на конструкції штампів для відкритих кривошипних пресів з С-подібною станиною в діапазоні зусиль 250–1600 кН;

- аналізуються існуючі схеми кріплення штампів на столі преса та в вузлах верхньої плити, а також відомі конструкції стаціонарних блоків і швидкозмінних пристроїв;

- узагальнюються відомості про типові похибки пресового обладнання (геометричні та деформаційні) та способи їх компенсації в штампах.

За результатами огляду формулюються:

- технічні вимоги до стаціонарного штампового блока (діапазон зусиль преса, габарити, жорсткість, точність базування та повторного встановлення пакетів штампів);

- вимоги до механізмів швидкозмінного кріплення пакетів (діапазон регулювання, зусилля затиску, зручність налагодження, безпечність обслуговування);

- критерії ефективності (зменшення металомісткості, скорочення часу налагодження, підвищення точності та стійкості інструменту).

На цьому ж етапі обирається базовий кривошипний прес з номінальним зусиллям 400 кН) та узгоджується номенклатура штампів, для яких буде застосовано стаціонарний блок.

2.2 Методика конструкторського опрацювання стаціонарного блока

Другий етап спрямований на розробку раціональної конструкції стаціонарного штампового блока з механізмами швидкознімного кріплення пакетів. Послідовність дій така:

а) формування структурної схеми блока. Визначаються складові елементи блока: нерухома нижня плита, верхня плита (за потреби), напрямні, зони базування пакетів штампів, механізми затиску нижніх плит пакетів, елементи кріплення блока до стола преса та до повзуна;

б) попереднє компонування в САПР. Виконується ескізне 3D-моделювання блока у середовищі САПР (SolidWorks чи аналог) з урахуванням габаритів стола преса, ходу повзуна, масогабаритних характеристик типових пакетів штампів. На цьому етапі відпрацьовується компоновка:

1) розміщення двох симетричних механізмів затиску пакета з круговим шатуном;

2) розташування пневмоциліндра двосторонньої дії;

3) зон базування й орієнтації пакетів штампів (шпонки, штифти, опорні площини).

в) опрацювання механізму затиску з круговим шатуном. Обирається принципова схема приводу: пневмоциліндр – зубчаста рейка – шестерня – ексцентриковий вал – круговий шатун – притискний повзун. Для заданого ходу повзунів (~3 мм) та необхідного зусилля затиску визначаються:

1) еквівалентний ексцентриситет механізму;

2) радіус шестерні та параметри зубчастого зачеплення;

3) габарити притискних повзунів, отворів під круговий шатун і корпусів механізмів затиску.

г) деталізація конструкції. За результатами попереднього компоновання розробляються робочі креслення основних деталей: нижньої та верхньої плит, ексцентрикового вала, кругових шатунів, притискних повзунів, корпусів механізмів затиску, вузлів кріплення блока до стола преса.

д) методика розрахунку зусилля затиску та вибору пневмоциліндра. Розрахунки виконуються послідовно від технологічного зусилля до параметрів приводу затиску.

д) визначення необхідного зусилля затиску. За прийнятим номінальним зусиллям преса (F) визначається розрахункове технологічне зусилля штампування (F_T). Мінімально допустиме зусилля затиску одного повзуна приймається як частка від F_T (близько 5 %).

е) розрахунок кінематичних параметрів механізму затиску. Для заданого ходу притискного повзуна (Δ_x) визначається еквівалентний ексцентриситет ($e_{\text{екв}}$) та робочий кут затиску (φ_z) (недохід до НМТ), який забезпечує самогальмування та стійкість затиснутого стану.

ж) зв'язок зусилля на штоку з силою затиску. На основі рівнянь моментів для ексцентрикового механізму та крутного моменту від рейково-зубчастої передачі виводиться співвідношення між зусиллям затиску (F_z) та зусиллям на штоку пневмоциліндра (F_c) з урахуванням ККД механічної частини η_m та зубчастого зачеплення (η_{p-w}).

к) вибір пневмоциліндра. За отриманим мінімально необхідним зусиллям на штоку ($F_{c, \min}$) і заданим тиском у пневмосистемі (p) визначається мінімальна площа поршня циліндра, а потім – діаметр. Проводиться перевірка фактичного зусилля при обраному стандартному діаметрі пневмоциліндра і порівняння з необхідним зусиллям затиску.

л) методика розрахунку міцності основних елементів механізму. Міцність елементів приводу затиску та стаціонарного блока забезпечується на основі розрахунку навантажень, отриманих за результатами попереднього етапу:

1) перевірка ексцентрикового вала. Вал розглядається як елемент, що одночасно зазнає згину (від радіальної сили на ексцентрику) та кручення (від моменту, переданого від шестерні). У небезпечному перерізі визначаються згинальне напруження ($\sigma_{зг}$), напруження кручення ($\tau_{кр}$) і еквівалентне напруження ($\sigma_{екв}$) за енергетичною теорією міцності. Отримані значення порівнюються з допустимими для обраного матеріалу (наприклад, сталь 45) з урахуванням заданого коефіцієнта запасу.

2) перевірка кругового шатуна та притискних повзунів. Круговий шатун розраховується на стиск, зминання в контакті з отвором повзуна та згин з урахуванням спільної роботи з корпусом повзуна (еквівалентна товщина перерізу). Притискні повзуни перевіряються на міцність і жорсткість при діючих вертикальних і бічних навантаженнях.

3) перевірка плит і вузлів кріплення блока. Нижня плита блока та елементи кріплення до стола преса розраховуються на міцність і жорсткість від дії технологічного зусилля та сил затиску, з урахуванням можливого розкриття стола і деформацій станини преса. За необхідності проводиться оцінка прогинів і впливу деформацій на точність штампування.

2.3 Методика оцінювання ефективності та оформлення результатів

На заключному етапі виконується порівняльний аналіз «до» і «після» впровадження стаціонарного блока:

– обчислюється металомісткість штампів у традиційному виконанні (окремий блок для кожного штампа) та при використанні стаціонарного блока зі змінними пакетами;

– оцінюється скорочення часу налагодження за рахунок швидкознімних механізмів та стандартизованого базування пакетів;

Результати оформлюються у вигляді розрахунково-пояснювальної записки та комплекту креслень: загальний вигляд стаціонарного блока, вузли механізмів затиску, робочі креслення основних деталей.

РОЗДІЛ 3

3 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ШТАМПУВАЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ

3.1 Розробка конструкції блока швидкозмінного кріплення

Розробка конструкції блока швидкозмінного кріплення пакетів штампів є ключовим етапом дипломної роботи, оскільки саме в цьому вузлі реалізуються основні переваги стаціонарного штампового оснащення в умовах дрібносерійного виробництва. На відміну від традиційних індивідуальних штампів, де штамповий блок жорстко пов'язаний із конкретним технологічним процесом, запропонований блок призначений для багаторазового використання з різними пакетами штампів, що вимагає високого рівня уніфікації, точності базування та надійності затиску.

У попередніх розділах було проаналізовано існуючі конструктивні рішення стаціонарних блоків і швидкозмінних систем, виконано оцінку похибок пресового обладнання, а також виконано розрахунки зусилля затиску та параметрів приводу з круговим шатуном. На основі отриманих результатів у даному розділі формуються конкретні конструкторські рішення щодо компоновки, кінематичної схеми та конструкції основних вузлів блока, зокрема механізмів притискання й фіксації нижніх плит пакетів штампів.

Основною вимогою до конструкції є забезпечення достатнього зусилля затиску при компактних габаритах, збереження точності взаємного положення робочих елементів штампа при багаторазових переналагодженнях, а також зручність і безпечність роботи наладчиків та операторів преса. Окреме значення має можливість компенсації геометричних і деформаційних похибок преса за рахунок раціонального розташування опор, базових елементів та механізмів затиску.

Для систематизації подальшого конструкторського опрацювання в розділі послідовно розглядаються: формування кінематичної схеми приводу затиску, компонування основних вузлів стаціонарного блока, розробка конструкції

окремих деталей (ексцентрикового вала, кругових шатунів, притискних повзунів, корпусів механізмів затиску) та вузлів кріплення блока до верхньої плити компенсатора й повзуна.

Першим кроком є побудова кінематичної схеми блока швидкознімного кріплення, яка відображає склад, взаємозв'язок і напрямки руху всіх ланок приводу затиску – від пневмоциліндра до притискних повзунів, що безпосередньо взаємодіють з нижньою плитою пакета штампа.

3.1.1 Загальні вимоги та вихідні дані для розробки конструкції

При розробці конструкції блока швидкознімного кріплення враховуються такі основні вимоги та вихідні дані:

- тип базового обладнання – відкритий кривошипний прес з С-подібною станиною і номінальним зусиллям $F_{\text{ном}} = 400$ кН [22];
- діапазон зусиль технологічних операцій – до $0,75 F_{\text{ном}}$, що визначає рівень необхідного зусилля затиску пакетів штампів;
- конструктивні габарити стола преса та можливі зони встановлення стаціонарного блока;
- номенклатура пакетів штампів, для яких передбачається застосування блока, з урахуванням їх маси, габаритів та розташування центрів навантаження;
- прийнята схема приводу затиску: пневмоциліндр двосторонньої дії – зубчаста рейка – зубчасте колесо – ексцентриковий вал – круговий шатун – притискний повзун;
- розрахункові значення зусиль на штоку пневмоциліндра, моментів на ексцентриковому валу та зусиль у механізмі затиску, отримані в розрахунковому розділі.

З урахуванням наведених вимог кінцевою метою є створення такої конструкції блока, яка забезпечує:

- достатній запас міцності і жорсткості всіх елементів при роботі в межах розрахункових зусиль;
- точне і повторюване базування пакетів штампів на стаціонарній плиті;

– можливість швидкої зміни пакетів без розрегулювання механізмів затиску;

– технологічність виготовлення основних деталей в умовах інструментального або механічного цеху підприємства.

На основі наведених вихідних даних у наступному підрозділі розробляється кінематична схема блока швидкознімного кріплення.

3.1.2 Кінематична схема блока швидкознімного кріплення

Кінематична схема блока швидкознімного кріплення відображає склад ланок приводу затиску, їх взаємодію та характер переміщення від пневмоциліндра до притискних повзунів, які безпосередньо передають зусилля на нижню плиту пакета штампа. У складі приводу виділяються такі основні ланки: 1 – пневмоциліндр двосторонньої дії; 2 – зубчаста рейка; 3 – зубчасте колесо; 4 – ексцентриковий вал; 5 – притискний повзун; 6 – круговий шатун; 7 – напрямний корпус затискного повзуна; 8 – робоча зона для розміщення штампових пакетів; 9 – фіксуючі елементи для розміщення пакету.

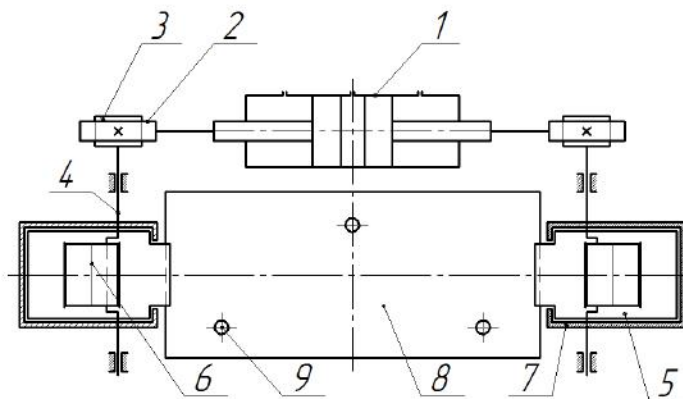


Рисунок 3.1 – Кінематична схема блока швидкознімного кріплення: 1 – пневмоциліндр двосторонньої дії; 2 – зубчаста рейка; 3 – зубчаста шестерня; 4 – ексцентриковий вал; 5 – затискний повзун; 6 – круговий шатун; 7 – напрямний корпус затискного повзуна; 8 – робоча зона для розміщення штампових пакетів; 9 – фіксуючі елементи для розміщення пакету

3.1.3 Визначення зусилля на штоку пневмоциліндра механізму затиску з круговим шатуном

У стаціонарному штамповому блоці для фіксації нижньої плити робочого пакета застосовується механізм затиску з круговим шатуном [29, 32] (рис. 3.2), який приводиться в дію від пневмоциліндра двосторонньої дії через передачу рейка – зубчасте колесо – ексцентрик – вал. Корпус пневмоциліндра закріплено на нерухомому корпусі блока, шток з'єднаний із зубчастою рейкою, що входить у зачеплення із зубчастим колесом радіуса $r_{ш}$, жорстко насадженим на ексцентриковий вал.

На ексцентриковому валу виконано ексцентрик (центр А), який взаємодіє з круговим шатуном (центр В, радіус $r_{ш}$). Круговий шатун розташований у наскрізному отворі затискного повзуна й через контакт зі стінками отвору передає йому зусилля. Сам повзун переміщується в прямолінійних напрямках нерухомого корпусу блока та притискує нижню плиту пакета до опорної поверхні. Два однакових механізми розміщені симетрично по обидва боки блока, тому сумарне зусилля затиску дорівнює подвоєному зусиллю одного механізму.

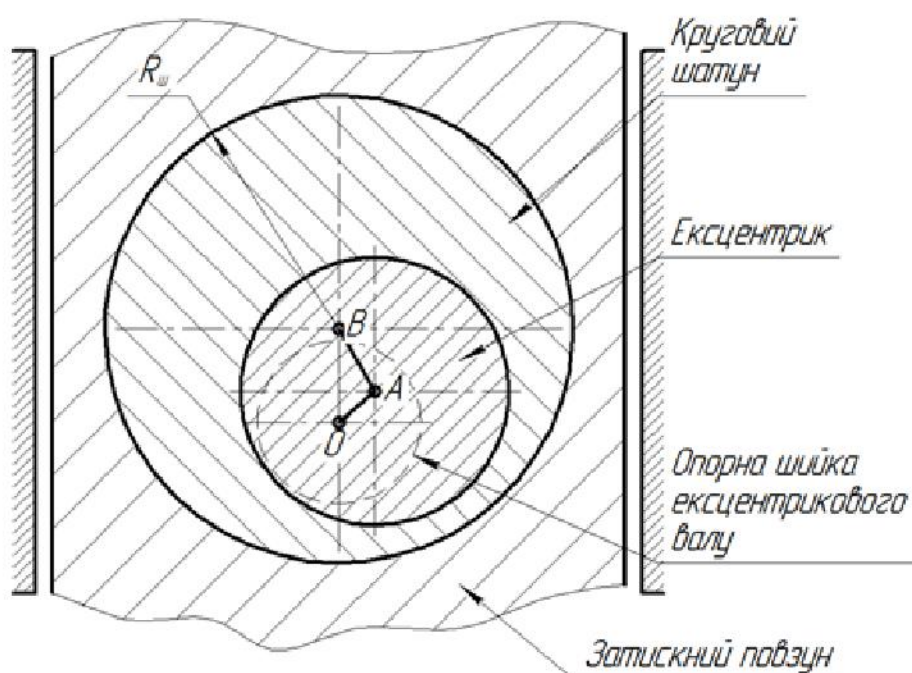


Рисунок 3.2 – Схема механізму з круговим шатуном

Пневмоциліндр двосторонньої дії працює в обох напрямках ходу:
– у нижній порожнині створюється тиск для опускання штока і затиску пакета;
– у верхній – для підйому штока і розкриття затиску.

У робочому режимі затиску тиск у відповідній порожнині підтримується постійним (через пневморозподільник), тому шток циліндра безперервно тисне на механізм привода затискного повзуна. Це виключає самовільне розкриття контакту повзуна з полицею пакета навіть при наявності змінних сил від технологічного процесу.

3.1.3.1 Визначення необхідного зусилля затиску пакета [29, 32]

Номінальне зусилля преса позначимо $F_{ном}$. Для розрахунків приймається розрахункове технологічне зусилля F_T :

$$F_T = 0,75 \cdot F_{ном} .$$

Умовою надійної роботи пакета є забезпечення притискного зусилля, не меншого за певну частку від розрахункового технологічного зусилля. Приймаємо, що зусилля притиску на одну сторону (один затискний повзун) повинно бути не менше:

$$F_{з, \min} = 0,05 \cdot F_T$$

Тоді сумарне зусилля затиску $F_{з, \text{сум}}$ двома симетричними повзунами становить:

$$F_{з, \text{сум}} = 2 \cdot F_{з, \min} = 0,1 \cdot F_T ,$$

що відповідає 10 % від розрахункового технологічного зусилля.

Для одного затискного механізму (один повзун) у подальших розрахунках приймається:

$$F_t \geq F_{z,\min} = 0.05 \cdot F_T.$$

Підставивши $F_T = 0,75F_{ном}$, отримуємо орієнтовну вимогу

$$F_t \geq 0.05 \cdot 0,75 \cdot F_{ном} = 0,0375 \cdot F_{ном}.$$

3.1.3.2 Зв'язок між моментом на валу та зусиллям затиску

Розглянемо розрахункову схему одного затискного механізму. Вісь вала проходить через точку О. Центр кругового шатуна позначимо В. Відстань ОВ – еквівалентний кривошипний радіус (еквівалентний ексцентриситет)

$$e_{екв} = OB,$$

який визначає хід затискного повзуна. Для невеликого ходу ($\Delta x \approx 3$ мм) можна прийняти:

$$\Delta x \approx 2 \cdot e_{екв} \Rightarrow e_{екв} \approx \frac{\Delta x}{2} \approx 1,5 \text{ мм}.$$

Нехай кут повороту ексцентрикового вала відносно осі переміщення повзуна дорівнює φ . В положенні затиску $\varphi = \varphi_3$ вибирається близьким до нижньої мертвої точки, але з певним «недоходом», наприклад $\varphi_3 =$ від 5° до 15° . У цьому положенні механізм має схильність до самозаклинювання.

При статичній рівновазі момент на валу $M_{вал}$ і зусилля затиску F_z пов'язані співвідношенням для ексцентрикового привода:

$$M_{вал} = \frac{F_z \cdot e_{екв}}{\eta_m} \sin \varphi_z$$

де η_m – ККД механічної частини привода «ексцентрик – круговий шатун – повзун», приймаємо $\eta_m = 0,8$.

Звідси:

$$F_z = \frac{M_{val} \eta_m}{e_{ekv} \sin \varphi_z}.$$

Момент на валу визначається від зусилля на штоку пневмоциліндра F_c через рейкову передачу:

$$M_{val} = F_c r_{sh} \eta_{rsh}.$$

де r_{sh} – радіус початкового кола зубчастого колеса на валу;

η_{rsh} – ККД пари «рейка – шестерня».

Приймаємо:

$$r_{sh} = 25 \text{ мм} = 0,025 \text{ м}$$

$$\eta_{rsh} = 0,9$$

Підставляючи M_{val} у вираз для F_z , одержуємо безпосередній зв'язок між зусиллям затиску та зусиллям на штоку:

$$F_z = \frac{F_c \cdot r_{sh} \cdot \eta_{rsh} \cdot \eta_m}{e_{ekv} \cdot \sin \varphi_z}.$$

Звідси необхідне зусилля на штоку при заданому зусиллі затиску:

$$F_c = \frac{F_z \cdot e_{ekv} \cdot \sin \varphi_z}{r_{sh} \cdot \eta_{rsh} \cdot \eta_m}.$$

3.1.3.3 Врахування тертя в пневмоциліндрі та вибір діаметра

Зусилля, яке розвиває пневмоциліндр двосторонньої дії на ході затиску:

$$F_c = p \cdot A_c \cdot \eta_c$$

де p – робочий тиск повітря;

A_c – площа поршня;

η_c – ККД циліндра (втрати на тертя в ущільненнях).

Приймаємо:

$$p = 0.63 \cdot 10^6 \text{ Pa} = (0.63 \text{ MPa}).$$

$$\eta_c = 0.85$$

Площа поршня:

$$A_c = \frac{\pi d_c^2}{4}.$$

де d – діаметр поршня.

Необхідна площа поршня для забезпечення розрахункового зусилля на штоку:

$$A_{c,min} = \frac{F_{c,min}}{p \cdot \eta_c}.$$

Діаметр:

$$d_{c,min} = \sqrt{\frac{4A_{c,min}}{\pi}},$$

$$d_{c,min} = \sqrt{\frac{4F_{c,min}}{\pi p \eta_c}}$$

3.1.3.4 Числовий приклад визначення зусилля на штоку і діаметра пневмоциліндра

Необхідне зусилля затиску на один повзун:

$$F_z = F_{z,min} = 15000 \text{ Н}$$

Підставляємо в формулу для F_c :

Після підстановки числових значень:

$F_z = 15000 \text{ Н}$, $e_{ekv} = 0.0015 \text{ м}$, $\sin\varphi_z \approx 0.259$, $r_{sh} = 0.025 \text{ м}$, $\eta_{rsh} = 0.9$, $\eta_m = 0.8$
одержуємо:

$$F_{c,min} \approx 324 \text{ Н}$$

Необхідна площа поршня:

$$A_{c,min} = \frac{F_{c,min}}{p\eta_c},$$

$$A_{c,min} \approx \frac{324}{0.63 \cdot 10^6 \cdot 0.85} \approx 6.0 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Мінімальний діаметр:

$$d_{c,min} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{c,min}}{\pi}} \approx 27.7 \text{ мм}$$

З урахуванням запасу і стандартного ряду приймаємо: $d_c = 32 \text{ мм}$.

Фактична площа поршня:

$$A_c = \frac{\pi d_c^2}{4}.$$

$$A_c = \frac{\pi \cdot 0.032^2}{4} \approx 8.0 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Фактичне зусилля на штоку:

$$F_{z, fact} = \frac{F_{c, fact} \cdot r_{sh} \cdot \eta_{rsh} \cdot \eta_m}{e_{ekv} \cdot \sin \varphi_z}.$$

Після підстановки:

$$F_{z, fact} \approx 20000 H \approx (20 \text{ kN}),$$

що більше за вимогу:

$$F_{z, min} = 15000 H$$

Сумарне фактичне зусилля двох повзунів:

$$F_{z, sum, fact} = 2F_{z, fact} \approx 40000 H \approx (40 \text{ кН}),$$

що перевищує мінімально необхідні 30 кН.

Виконаний розрахунок показує, що при розрахунковому технологічному зусиллі $F_T = 0,75 \cdot F_{ном} = 300$ кН мінімально необхідне зусилля притиску на один затискний повзун становить $F_{z, min} = 15$ кН. З урахуванням кінематичного та силового перетворення в механізмі з круговим шатуном отримано, що для забезпечення такого зусилля достатньо зусилля на штоку пневмоциліндра приблизно $F_{ц, min} \approx 0,29$ кН, що відповідає діаметру поршня близько 25 мм при тиску $p = 0,63$ МПа. З урахуванням коефіцієнтів запасу, додаткових втрат та ударного характеру навантаження прийнято стандартний пневмоциліндр діаметром $d_{ц} = 32$ мм, який забезпечує фактичне зусилля затиску на один повзун $F_{z, факт} \approx 24$ кН, що істотно перевищує нормативне значення $F_{z, min} = 15$ кН. Це мінімально можливі розміри. При остаточному компонованні елементів блоку

вони можуть бути збільшені, виходячи з конструктивної доцільності взаємозв'язку окремих компонентів. Перевірочні розрахунки на міцність окремих деталей не наводяться у зв'язку з обмеженням обсягу даної роботи.

Після завершення проектування отримуємо робочу зону блока під штампові пакети.

3.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Накладка»

3.2.1 Опис та технічна характеристика деталі

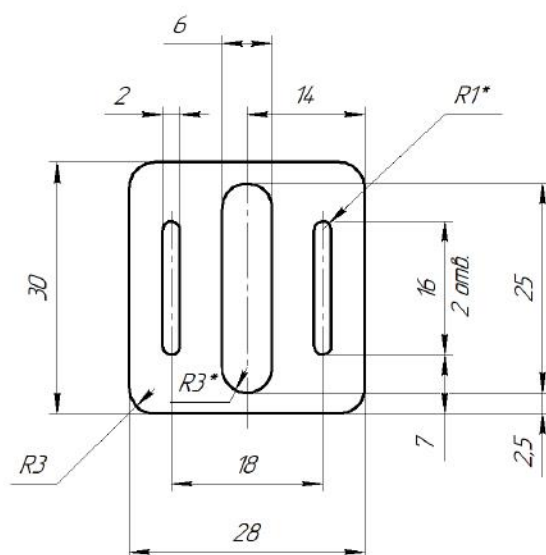


Рисунок 3.1 – Ескіз деталі «Накладка»

Деталь «Накладка» призначена для використання у причіпному механізмі культиватора. При роботі несе помірні навантаження. Тому її доцільно виготовляти з відносно м'якої сталі марки 08кп:

Таблиця 3.1 – Механічні та фізичні властивості матеріалу, [33]

| Матеріал | $\sigma_{\text{в}}$, МПа | $\sigma_{\text{т}}$, МПа | $\sigma_{\text{зр}}$, МПа | δ , % | ρ , кг/м ³ |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|
| Сталь 08кп ГОСТ 503-81 | 300 | 200 | 250 | 35 | 7800 |

Таблиця 3.2 – Хімічний склад матеріалу [33]

| Матеріал | C, % | Si, % | Mn, % | Cr, % |
|---------------------------|-------------|--------|-------------|-------|
| Сталь 08кп ГОСТ 503-81 | 0,05 ÷ 0,11 | > 0,03 | 0,25 ÷ 0,50 | 0,10 |

3.2.2 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології.

I варіант – базовий:

1. Різання листа на штаби.
2. Вирубкування-пробивання.

II варіант – проектний:

1. Вирубкування – пробивання із замовленої штаби з використанням блока з швидкозмінним кріпленням пакетів.

Вибираємо II варіант, так як він дозволяє:

- скоротити одну операцію;
- вивільнити різальника;
- скоротити одиницю оснащення;
- зменшити витрату часу на переналагодження оснащення;
- збільшити коефіцієнт використання матеріалу;
- зменшити металомісткість штампового оснащення
- знизити собівартість деталі, що виготовляється.

3.2.3 Розкрій металопрокату

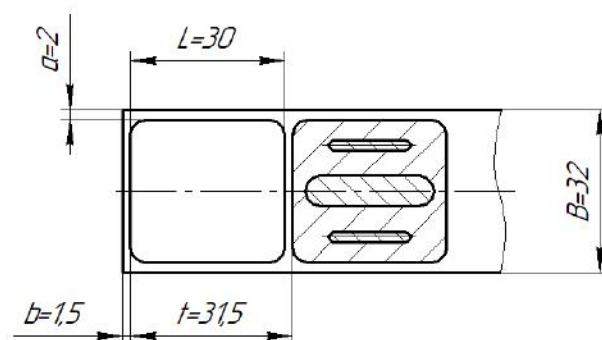


Рисунок 3.2 – Схема розкрою матеріалу

Розраховуємо ширину штаби за формулою [2, 3]:

$$B = H_{дет.} + 2b = 28 + 2 \cdot 2 = 32 \text{ мм}$$

де b – бічна перемичка, $b = 2$ мм

Приймаємо стандартну ширину штаби $B = 32$ мм

Тоді крок вирубубвання:

$$t = L_{дет.} + a = 30 + 1,5 = 31,5 \text{ мм}$$

де a – перемичка між деталями, $a = 1,5$ мм

Визначаємо коефіцієнт розкрою:

$$K_p = \frac{f_0 \cdot n_p}{B \cdot t} \cdot 100\%$$

де f_0 – площа поверхні деталі (включно з отворами);

t – крок вирубубвання;

B – ширина стрічки;

n_p – кількість рядів розкрою.

$$K_p = \frac{832,274 \cdot 1}{32 \cdot 31,5} \cdot 100\% = 82,57 \%$$

Визначаємо коефіцієнт використання металу:

$$K_B = \frac{f}{B \cdot t} \cdot 100\%$$

де f – площа деталі без отворів;

h – крок вирубубвання;

B – ширина стрічки.

$$K_B = \frac{627,716}{32 \cdot 31,5} \cdot 100\% = 62,27\%$$

Фактична кількість деталей, що отримуються із штаби:

$$n = \frac{L}{t} = \frac{2000}{31,5} = 63 \text{ деталей}$$

де L – довжина штаби;

3.2.4 Розрахунок технологічних зусиль за операціями штампування та вибір обладнання [2, 3, 26, 27]

Зусилля штампування деталі визначаємо за формулою:

$$P_m = P_{\text{вир.}} + P_{\text{проб.}}$$

де $P_{\text{вир.}}$ – зусилля вирубання деталі по контуру.

$$P_{\text{вир.}} = P_v + P_{\text{пр.}} + P_{\text{зн.}}$$

де P_v – технологічне зусилля вирубання по зовнішньому контуру (рис. [6, с. 16])

$$P_v = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{зр.}} = 1,2 \cdot 110,85 \cdot 1,4 \cdot 250 = 46552,8 \text{ Н}$$

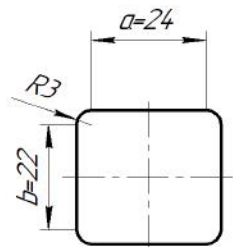


Рисунок 3.3 – До розрахунку контуру вирубання по зовнішньому контуру

де L – периметр зрізу, $L = 2(a + b) + \pi \cdot d = 2(22 + 24) + 3,14 \cdot 6 = 110,84$ мм;

S – товщина матеріалу, $S = 1,4$ мм;

k – коефіцієнт, що враховує неоднорідність матеріалу та затуплення ріжучих кромek інструменту, $k = 1,2$;

$\sigma_{зр.}$ – опір матеріала зрізу (див. табл. 3.2);

$P_{пр.}$ – зусилля притискання.

$$P_{пр.} = L \cdot S \cdot q_{пр.} = 110,85 \cdot 1,4 \cdot 15 = 232,76 \text{ Н}$$

де $q_{пр.}$ – питоме зусилля, при $S = 1,4$ мм, $q_{пр.} = 15$ Н/мм²;

$P_{зн.}$ – зусилля, що необхідне для знімання штаби з пуансона, визначаємо за формулою:

$$P_{зн.} = k_{зн.} \cdot P_{в.} = 0,06 \cdot 46552,8 = 2793,168 \text{ Н}$$

де $k_{зн.}$ – коефіцієнт, що визначається в залежності від типу штампа та товщини матеріалу, $k_{зн.} = 0,06$.

$$P_{вир.} = 46552,8 + 232,76 + 2793,168 = 49578,728 \text{ Н}$$

$P_{проб.}$ – зусилля пробивання всіх отворів;

$$P_{проб.} = P_1 + 2P_2$$

P_1 – зусилля пробивання центрального отвору;

$$P_1 = P_n + P_{прощ.}$$

P_n – зусилля, що необхідне для пробивання центрального отвору (див. рис. 3.4);

$$P_n = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{зр.} = 1,2 \cdot 56,86 \cdot 1,4 \cdot 250 = 23877 \text{ Н}$$

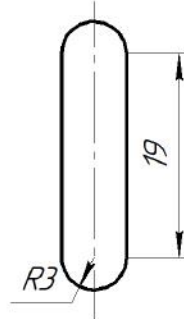


Рисунок 3.4 – До розрахунку контуру пробивання центрального отвору

$$L = 2 \cdot 19 + \pi d = 2 \cdot 19 + 3,14 \cdot 6 = 56,85 \text{ мм}$$

$P_{прош.}$ – зусилля, що необхідне для прошовування відходу через поясok матриці:

$$P_{прош.} = k_{пр.} \cdot P_n \cdot n = 0,07 \cdot 23877 \cdot 3 = 5014,17 \text{ Н}$$

де $k_{пр.}$ – коефіцієнт, що встановлює співвідношення між P_n та $P_{пр.}$, $k_{пр.} = 0,07$;
 n – кількість деталей, що знаходиться в робочому пояску матриці.

$$P_1 = 23877 + 5014,17 = 28891,17 \text{ Н}$$

P_2 – зусилля пробивання бічних отворів (див. рис. 3.5);

$$P_2 = P_n + P_{прош.},$$

$$P_n = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{зр.} = 1,2 \cdot 34,29 \cdot 1,4 \cdot 250 = 14397,6 \text{ Н}$$

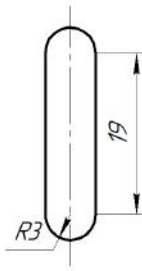


Рисунок 3.5 – До розрахунку контуру пробивання бічних отворів

$$L = 2 \cdot 14 + \pi d = 2 \cdot 14 + 3,14 \cdot 2 = 34,28 \text{ мм}$$

$$P_{\text{прош.}} = k_{\text{пр.}} \cdot P_{\text{п.}} \cdot n = 0,07 \cdot 14397,6 \cdot 3 = 3023,5 \text{ Н}$$

$$P_2 = 14397,6 + 3023,5 = 17421,1 \text{ Н}$$

$$P_{\text{проб.}} = 28891,17 + 2 \cdot 17421,1 = 63733,37 \text{ Н}$$

Тоді сумарне зусилля, що потрібне для виконання операції:

$$P_{\text{т.}} = 49578,728 + 63733,37 = 113312,1 \text{ Н}$$

Номінальне зусилля преса повинно складати:

$$P_{\text{н.}} = 1,25P_{\text{т.}} = 1,25 \cdot 113312,1 = 141640,125 \text{ Н}$$

Отже вибираємо однокривошипний відкритий прес КД2126Е по закритій висоті та номінальному зусиллю (табл. 3.3):

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика

| | |
|--|-------|
| Номінальне зусилля, МН | 0,4 |
| Хід повзуна, мм | 10-80 |
| Кількість ходів повзуна на хвилину | 140 |
| Найбільша відстань між столом та повзуном в його | 280 |

| | |
|-------------------------------|----------------|
| нижньому положенні, мм | |
| Розміри стола, мм | 600×400 |
| Габаритні розміри, мм | 1305×1330×2600 |
| Потужність приводу пресу, кВт | 5,6 |

3.2.5 Проектування пакета [2, 3, 25, 26, 27]

3.2.5.1 Опис пакета суміщеної дії

Пакет призначений для одночасного вирубування деталі по контуру, пробивання центрального та двох бічних отворів. Перед проектуванням пакету потрібно визначитись з розмірами робочої зони блока швидкознімного кріплення (габарити в плані, закрита висота та розміри полок під затискні повзуни і захоплювачі).

Пакет складається із наступних основних деталей та вузлів (рис. 3.1):

- вирубна матриця (поз. 1);
- верхньої (поз. 2) та нижньої плит пакета (поз. 3).
- додаткових напрямних вузлів (поз. 4);
- пробивних пуансонів (поз. 5 та 6);
- виштовхувача (поз. 7);
- тримача пуансон-матриці (поз. 8);
- пуансон-матриці (поз. 9), яка виконує функції вирубного пуансону та матриці для пробивання всіх отворів;
- тримача (поз. 10), що тримає вирубну матрицю;
- пуансонотримача (поз. 11);
- знімача (поз. 12), з пружинним приводом (поз. 15);
- траверси (поз. 13);
- торцевого упора (поз. 14);
- фіксатора (поз. 16);
- штовхачів (поз. 17);
- штовхача (поз. 18);

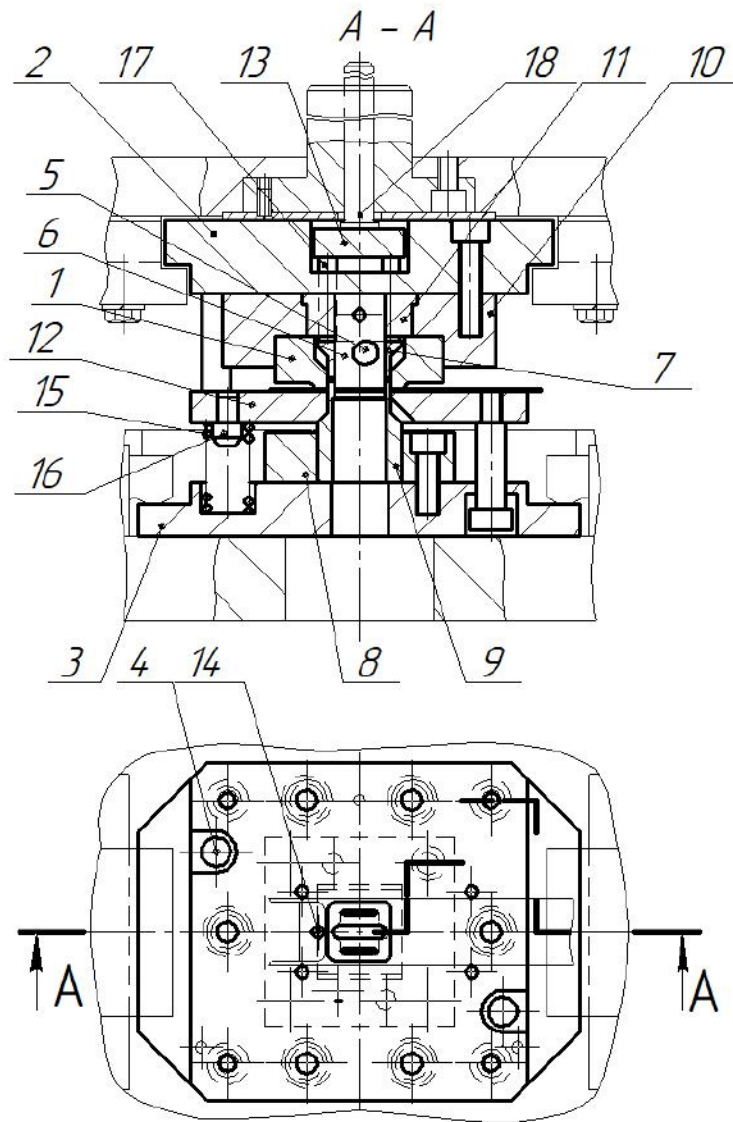


Рисунок 3.6 – Схема пакету для блока швидкозмінного кріплення

Штамп працює таким чином. Штаба встановлюється в пакет по напрямним боковим і торцевому (поз. 14) упорам. При ході повзуна вниз здійснюється одночасне вирубання деталі по контуру та пробивання всіх отворів. Відходи від пробивання вилучаються із штампа за рахунок своєї ваги крізь провальні отвори пуансон-матриці (поз. 9), нижньої плити пакета (поз. 3) та нижньої плити блока. При ході повзуна вгору штаба знімається з пуансон-матриці по зовнішньому контуру знімачем (поз. 12) під дією пружин (поз. 15). При подальшому переміщенні верхньої рухомої частини штампа вгору спрацьовує верхній жорсткий штовхач преса (поз. 18), внаслідок чого зусилля

від штовхача передається послідовно траверсі (поз. 13), потім через штовхачі (поз. 17) на виштовхувач (поз. 7), який безпосередньо знімає деталь з пуансонів та виштовхує деталь із матриці. В цей час спрацьовує система пневмоздуву, яка за рахунок дії стисненого повітря видаляє деталь із робочого простору блоку.

3.2.5.2 Розрахунок штамп

3.2.5.2.1. Розрахунок виконавчих розмірів інструмента [2, 3, 34]

Довжину вирубної матриці розраховуємо за формулою [3]

$$L_m = (L_n - \Pi_n)^{+\delta_m} = (30 - 0,062)^{+0,016} = 29,938^{+0,016} \text{ мм}$$

де L_n – номінальний розмір елемента, що штампують, $L_n = 30$ мм;

Π_n – припуск на знос матриці, $\Pi_n = 0,062$ мм;

δ_m – граничне відхилення розміру матриці, $\delta_m = 0,016$ мм.

Довжину вирубного пуансона розраховуємо за формулою:

$$L_n = (L_n - \Pi_n - z)_{-\delta_n} = (30 - 0,062 - 0,10)_{-0,016} = 29,838_{-0,016} \text{ мм}$$

де z – двосторонній нормальний зазор, $z = 0,10$ мм.

Ширину вирубної матриці розраховуємо за формулою;

$$H_m = (H_n + \Pi_n + z)^{+\delta_m} = (28 + 0,052 + 0,10)^{+0,021} = 28,152^{+0,021} \text{ мм}$$

де z – двосторонній нормальний зазор, $z = 0,10$ мм

δ_m – граничне відхилення розміру матриці, $\delta_m = 0,021$ мм.

Ширину вирубного пуансона розраховуємо за формулою:

$$H_n = (H_n + \Pi_n)_{-\delta_n} = (28 + 0,052)_{-0,013} = 28,052_{-0,013} \text{ мм}$$

де H_n – номінальний розмір деталі, $H_n = 28$ мм;

Π_n – припуск на знос пуансона, $\Pi_n = 0,052$ мм;

$\delta_{\text{п}}$ – граничне відхилення розміру пуансона, $\delta_{\text{п}} = 0,013$ мм.

Радіус закруглення вирубної матриці розраховуємо за формулою:

$$R_{\text{м}} = (R_{\text{н}} - \Pi_{\text{н}})^{+\delta_{\text{м}}} = (3 - 0,03)^{+0,018} = 2,97^{+0,018} \text{ мм}$$

де $R_{\text{н}}$ – номінальний розмір закруглення елемента, який штамнують, $R_{\text{н}} = 3$ мм;

$\Pi_{\text{н}}$ – припуск на знос матриці, $\Pi_{\text{н}} = 0,03$ мм;

$\delta_{\text{м}}$ – граничне відхилення розміру матриці, $\delta_{\text{м}} = 0,018$ мм.

Радіус закруглення вирубного пуансона розраховуємо за формулою:

$$R_{\text{п}} = (R_{\text{н}} - \Pi_{\text{н}} - z)_{-\delta_{\text{п}}} = (3 - 0,03 - 0,10)_{-0,012} = 2,87_{-0,012} \text{ мм}$$

де z – двосторонній нормальний зазор, $z = 0,10$ мм;

$\delta_{\text{п}}$ – граничне відхилення розміру пуансону, $\delta_{\text{п}} = 0,012$ мм.

3.2.6 Технічне нормування [35]

3.2.6.1. Розрахунок норми штучного часу на вирубання - пробивання деталі із штаби

План-схема робочого місця штампувальника що працює від штаби без застосування засобів механізації та автоматизації наведена на рис. 3.7.

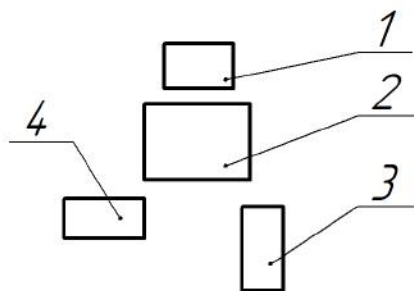


Рисунок 3.7 – План-схема робочого місця штампувальника що працює від штаби без застосування засобів механізації та автоматизації: 1 – закритий кривошипний прес; 2 – стіл із заготовками (штабами) 3 – бункер для деталей; 4 – бункер для відходів від штаби

Вихідні дані: операція – вирубання, пробивання деталі із штаби в штампі суміщеної дії; габаритні розміри штаби – $1,4 \times 32 \times 2000$ мм; матеріал

штаби – сталь 08 кп; крок штампування – 31,5 мм; кількість деталей із штаби – 63 шт.; обладнання – кривошипний закритий прес КД2126Е; кількість ходів повзуна на хвилину – 140; тип муфти вмикання – фрикційна; спосіб вмикання пресу – педальний; положення штампувальника – стоячи.

Таблиця 3.4 – Розрахунок норми штучного часу на вирубування, пробивання деталі із штаби

| Перехід | № табл.та стор. з літ- ри | Час на 1 деталь, хв. | | |
|--|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------|
| | | Основний, Т _о | Допоміжний, Т _в | |
| | | | Перекриваємий | Неперекриваємий |
| Взяти штабу, змастити з однієї сторони | 35,табл.2 7 | - | - | 0,04 |
| Встановити штабу в штамп до упора | 35,табл.2 9 | - | - | 0,08 |
| Увімкнути прес | 35,табл.1 | - | - | 0,015 |
| Штампувати | 35,табл.2 | 0,0071 | - | - |
| Продвинути штабу на крок 1 раз | 35,табл.3 0 | - | - | 0,013 |
| Відкинути відхід штаби | 35,табл.4 5 | - | - | 0,039 |
| Всього | | 0,0071 | - | 0,187 |

Норма штучного часу [11, с. 125]:

$$T_{ш} = (T_o + T_v) \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{отл}}{100} \right)$$

де Т_о – основний, машинний час, хв.;

Т_в – допоміжний час, хв.;

а_{обс} – час на обслуговування робочого місця, а = 6%;

$a_{отл}$ – час на відпочинок та особисті потреби, $a_{отл} = 10\%$.

$$T_{ш} = (0,0071 + 0,187) \times \left(1 + \frac{6+10}{100}\right) = 0,225 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучно- калькуляційного часу [10, с. 8]:

$$T_{шк} = T_{ш} + \frac{T_{пз}}{n} = 0,225 + \frac{5}{500} = 0,235 \text{ хв.}$$

де $T_{пз}$ – підготовчо – заключний час на партію, хв.;

n – кількість деталей в партії, шт:

Норма виробки:

$$N_v = \frac{T_{зм}}{T_{шк}} = \frac{480}{0,235} = 2042 \text{ дет.}$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, хв., $T_{зм} = 480$

3.3 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі “Кутик”

3.3.1 Опис та технічна характеристика деталі

Деталь “Кутик” (рис. 3.8) використовується як опорний елемент у механізмах культиватора. Працює в умовах середніх навантажень. Тому її доцільно виготовляти з відносно м’якого листового прокату наступної марки:

$$\text{Лист} \frac{\text{Б – ПН – О – 2,0 ГOST 19904 – 74}}{\text{К260В – 5 – Ш – Г – 08КП ГOST 16523 – 89}}$$

Хімічний склад і фізично-механічні властивості матеріалу наведені в табл. 2.1. і табл. 2.2. відповідно [33].

Таблиця 3.5 – Хімічний склад матеріалу

| Матеріал | C, % | Si, % | Mn, % | Cr, % |
|-----------------------------|-------------|--------|-------------|-------|
| Сталь 08КП ГОСТ 16523-89 | 0,05 ÷ 0,11 | > 0,03 | 0,25 ÷ 0,50 | 0,10 |

Таблиця 3.6 – Механічні та фізичні властивості матеріалу

| Матеріал | σ_B , МПа | σ_T , МПа | $\sigma_{зр}$, МПа | δ , % | ρ , кг/м ³ |
|-----------------------------|------------------|------------------|---------------------|--------------|----------------------------|
| Сталь 08КП ГОСТ 16523-89 | 300 | 200 | 250 | 35 | 7800 |

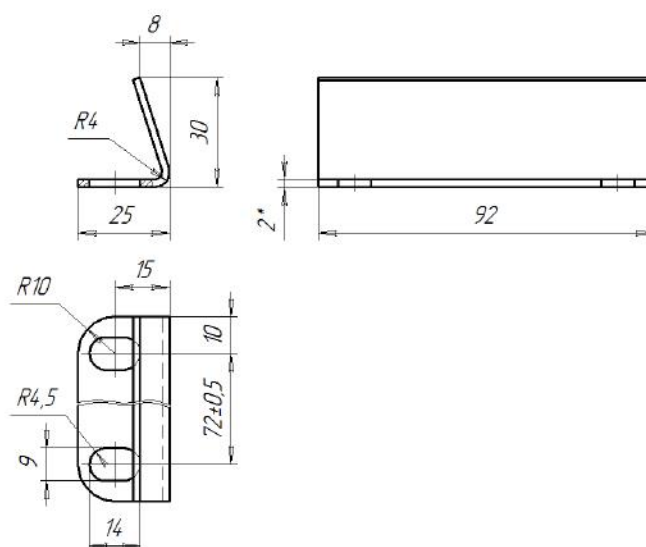


Рисунок 3.8 – Ескіз деталі “Кутик”

3.3.2 Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології

І варіант – базовий:

1. Різання листа на штаби.
2. Вирубання- пробивання.
3. Гнуття.

ІІ варіант – проектний:

1. Різання листа на штаби.
2. Вирубання – пробивання.

3. Гнуття з застосуванням блока швидкознімного кріплення.

Вибираємо II варіант, так як він дозволяє:

- зменшити металомісткість оснащення на операції гнуття;
- скоротити час переналагодження оснащення;
- підвищити стійкість штампового інструменту;
- знизити собівартість деталі, що виготовляється.

3.3.3 Розрахунок геометричних параметрів заготовки за переходами штампування

3.3.3.1 Розрахунок розгортки для деталі “Кутик”

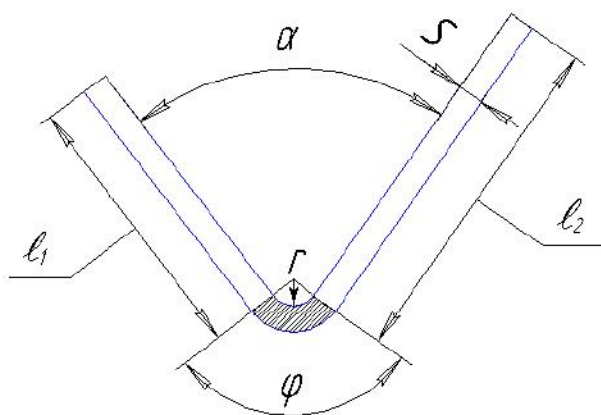


Рисунок 3.9 – Ескіз деталі “Кутик”

Довжина розгортки при однокутовому гнутті визначається:

$$L = l_1 + l_2 + l_n$$

де l_n – довжина нейтрального шару кутового закруглення

В залежності від товщини матеріалу і радіусу гнуття вибираємо довжину нейтрального шару l_n з таблиці [3] і помножуємо її на відношення $\varphi/90$ (де φ - кут гнуття) $\varphi = 180^\circ - \alpha = 180^\circ - 70^\circ = 110^\circ$.

$$110^\circ/90^\circ = 1,222$$

$$l_n = 4,46 \cdot 1,222 = 5,5 \text{ мм}$$

Звідки довжина розгортки:

$$L = 21 + 26 + 5,5 = 52,5 \text{ мм.}$$

3.3.4 Розкрій металопрокату

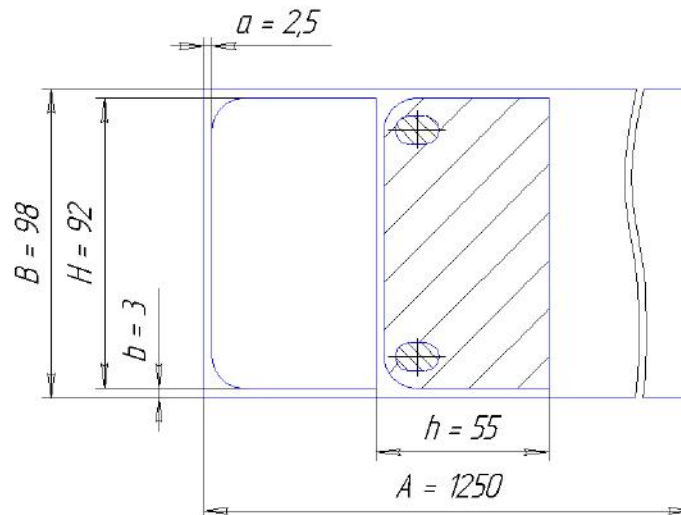


Рисунок 3.10 – Схема розкрою штаби

Розраховуємо ширину штаби за формулою [6, с. 135]:

$$B = H + 2b = 92 + 2 \cdot 3 = 98 \text{ мм}$$

де b – бічна перемичка, $b = 3$ мм

Тоді крок подачі штаби:

$$h = L_{\text{дет.}} + a = 52,5 + 2,5 = 55 \text{ мм}$$

де a – перемичка між деталями, $a = 2,5$ мм

Визначаємо коефіцієнт розкрою:

$$K_p = \frac{f_0 \cdot n_p}{B \cdot h} \cdot 100\%$$

де f_0 – площа поверхні деталі (включно з отворами);

h – крок вирубування;

B – ширина штаби;

n_p – кількість рядів розкрою.

$$K_p = \frac{4787,08 \cdot 1}{98 \cdot 55} \cdot 100\% = 88,81\%$$

Визначаємо коефіцієнт використання металу:

$$K_B = \frac{f}{B \cdot h} \cdot 100\%$$

де f – площа деталі без отворів, мм²;

h – крок вирубання, мм;

B – ширина штаби, мм.

$$K_B = \frac{4569,8}{98 \cdot 55} \cdot 100\% = 84,78\%$$

Фактична кількість деталей, що отримуються із штаби:

$$n = \frac{A}{h} = \frac{1250}{55} = 22,72 = 22 \text{ деталі}$$

де A – довжина штаби, мм;

3.3.5 Розрахунок технологічних зусиль по переходам штампування та вибір обладнання [2, 3]

3.3.5.1 Розрізування листа на штаби

Зусилля розрізування листа на листових ножицях визначаємо за формулою:

$$P = 0,5 \cdot \frac{S^2}{\operatorname{tg}\varphi} \cdot \sigma_{зр},$$

де S – товщина листа, $S = 2$ мм;

φ – кут нахилу ножа, $\varphi = 3^\circ$

$\sigma_{зр}$ – опір зрізу, (див. табл. 2.2)

$$P = 0,5 \cdot \frac{2^2}{\operatorname{tg}3^\circ} \cdot 250 = 9541,98 \text{ Н}$$

Вибираємо листові ножиці моделі НК3418Б, виходячи з найбільшої товщини та довжини розрізування [7, с. 259]. Технічна характеристика ножиць наведена в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Технічна характеристика

| | |
|--|----------------|
| Найбільша товщина розрізаемого листа, мм | 6,3 |
| Найбільша ширина розрізаемого листа, мм | 3150 |
| Кількість ходів ножа на хвилину | 50 |
| Потужність приводу, кВт | 11,8 |
| Габаритні розміри, мм | 3945×1500×1595 |
| Маса, т | 6,5 |

3.3.5.2 Вирубубання – пробивання в штампі суміщеної дії

Технологічне зусилля вирубубання – пробивання деталі визначаємо за формулою:

$$P_{т.} = P_{вир.} + P_{проб.},$$

де $P_{вир.}$ – зусилля вирубубання деталі по контуру.

$$P_{вир.} = P_{в.} + P_{пр.} + P_{зн.},$$

де $P_{в.}$ – технологічне зусилля вирубубання [6, с. 16]

$$P_{в.} = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{зр.} = 1,2 \cdot 280,416 \cdot 2,0 \cdot 250 = 168249,6 \text{ Н}$$

де L – периметр зрізу, мм (див. рис. 3.11).

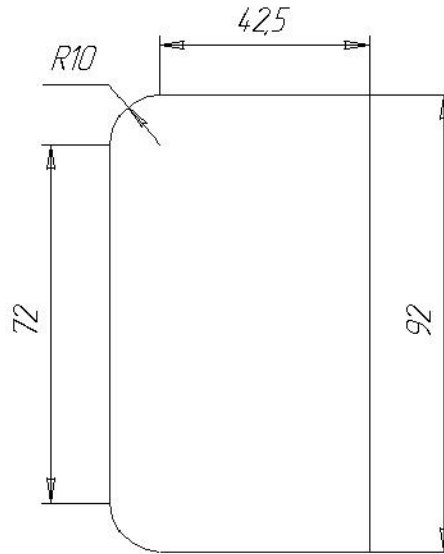


Рисунок 3.11 – Ескіз контуру вирубвання деталі “Кутик”

$$L = 92 + 2 \cdot 42,5 + 72 + \frac{\pi \cdot d}{2} = 92 + 2 \cdot 42,5 + 72 + \frac{3,14 \cdot 20}{2} = 280,416 \text{ мм};$$

S – товщина матеріалу, $S = 2,0$ мм;

k – коефіцієнт, що враховує неоднорідність матеріалу та затуплення ріжучих кромek інструменту, $k = 1,2$;

$\sigma_{зр.}$ – опір матеріалу зрізу (див. табл. 2.2);

$P_{пр.}$ – зусилля притискання.

$$P_{пр.} = L \cdot S \cdot q_{пр.} = 280,416 \cdot 2,0 \cdot 15 = 8412,48 \text{ Н}$$

$q_{пр.}$ – питоме зусилля, при $S = 2,0$ мм; $q_{пр.} = 15 \text{ Н/мм}^2$;

$P_{зн.}$ – зусилля, що необхідне для знімання стрічки з пуансона, визначаємо за формулою:

$$P_{зн.} = k_{зн.} \cdot P_{в.} = 0,06 \cdot 168249,6 = 10095 \text{ Н}$$

k_{zn} – коефіцієнт, що визначається в залежності від типу штампа та товщини матеріалу, $k_{zn} = 0,06$.

$$P_{vir.} = 168249,6 + 8412,48 + 10095 = 186757 \text{ Н}$$

$P_{проб.}$ – зусилля пробивання всіх отворів, Н;

$$P_{проб.} = 2P_1$$

P_1 – зусилля пробивання одного отвору, Н;

$$P_1 = P_{п.} + P_{прош.}$$

$P_{п.}$ – зусилля, що необхідне для пробивання отвору, Н;

$$P_{п.} = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{зр.} = 1,2 \cdot 38,26 \cdot 2,0 \cdot 250 = 22956 \text{ Н}$$

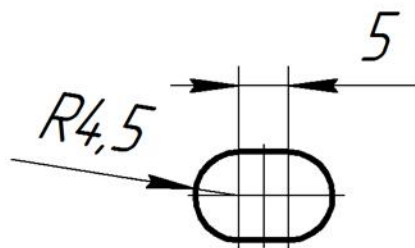


Рисунок 3.12 – Ескіз контуру пробивання деталі “Кутик”

$$L = 2 \cdot 5 + \pi d = 2 \cdot 5 + 3,14 \cdot 9 = 38,26 \text{ мм}$$

$P_{прош.}$ – зусилля, що необхідне для прошовування відходу через поясok матриці;

$$P_{прош.} = k_{пр.} \cdot P_{п.} \cdot n = 0,07 \cdot 22956 \cdot 1 = 1607 \text{ Н}$$

$k_{пр.}$ – коефіцієнт, що встановлює співвідношення між $P_{п.}$ та $P_{пр.}$, $k_{пр.} = 0,07$;

n – кількість деталей, що знаходиться в робочому пояску матриці.

$$P_1 = 22956 + 1607 = 24563 \text{ Н}$$

$$P_{\text{проб.}} = 2 \cdot 24563 = 49126 \text{ Н}$$

Тоді сумарне зусилля, що потрібне для виконання операції:

$$P_{\text{т.}} = 186757 + 49126 = 235883 \text{ Н}$$

Номінальне зусилля преса повинно складати:

$$P_{\text{н.}} = 1,25P_{\text{т.}} = 294854 \text{ Н}$$

Отже вибираємо прес КД2326Г по номінальному зусиллю. Технічна характеристика преса наведена в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Технічна характеристика

| | |
|---|----------------|
| Номінальне зусилля, МН | 0,40 |
| Хід повзуна, мм | 10...80 |
| Кількість ходів повзуна на хвилину | 56 |
| Найбільша відстань між столом та повзуном в його нижньому положенні, мм | 300 |
| Розміри стола, мм | 630×460 |
| Потужність приводу, кВт | 4,5 |
| Габаритні розміри, мм | 1670×1310×2730 |
| Маса, т | 3,8 |

3.3.5.3 Гнуття штучної заготовки

Зусилля гнуття деталі розраховуємо за формулою [6, с.72]:

$$P_{\text{г.}} = p \cdot F_{\text{к}}$$

де p – питоме зусилля, $p = 40 \text{ Н/мм}^2$

F_k – площа заготовки під пуансоном, $F_k = 1584,24 \text{ мм}^2$

$$P_r = 40 \cdot 1584,24 = 63369,6 \text{ Н}$$

Номінальне зусилля преса повинно складати:

$$P_n = 1,25P_r = 79212 \text{ Н}$$

Отже вибираємо однокривошипний відкритий прес КД2126Е по закритій висоті та номінальному зусиллю (табл. 3.9):

Таблиця 3.9 – Технічна характеристика

| | |
|---|----------------|
| Номінальне зусилля, МН | 0,4 |
| Хід повзуна, мм | 10-80 |
| Кількість ходів повзуна на хвилину | 140 |
| Найбільша відстань між столом та повзуном, мм | 280 |
| Розміри стола, мм | 600×400 |
| Габаритні розміри, мм | 1305×1330×2600 |
| Потужність приводу пресу, кВт | 5,6 |

3.3.6 Проектування пакета

3.3.6.1 Опис пакета простої дії

Пакет призначений для гнуття деталі із штучної заготовки (рис. 3.13). Перед проектуванням пакету потрібно визначитись з розмірами робочої зони блока швидкознімного кріплення (габарити в плані, закрита висота та розміри полок під затискні повзуни і захоплювачі).

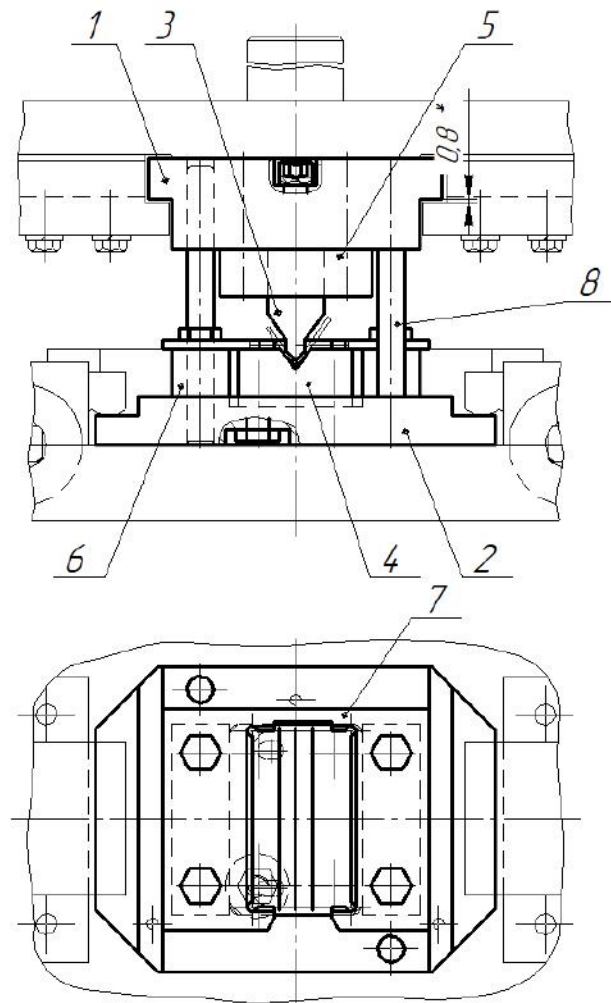


Рисунок 3.13 – Ескіз пакету для блока швидкозмінного кріплення

Пакет складається із наступних основних деталей та вузлів:

- верхньої (поз. 1) та нижньої (поз. 2) плит пакету.
- гнуттєвого пуансону (поз. 3);
- гнуттєвої матриці (поз. 4);
- пуансонотримача (поз. 5);
- трафарета (поз. 7), встановленого на підставках (поз. 6);
- додаткових напрямних вузлів (поз. 8).

Штамп працює таким чином. Штучна заготовка встановлюється в штамп за допомогою пінцету в трафарет (поз. 7). При ході повзуна до низу здійснюється гнуття деталі. При ході повзуна вгору деталь залишається в

матриці, з якої вилучається за допомогою пінцету і скидається в тару для деталей, після чого встановлюється наступна заготовка.

3.3.7 Технічне нормування (виконуємо тільки для операції гнуття)

3.3.7.1 Гнуття з штучної заготовки (рис. 3.14)

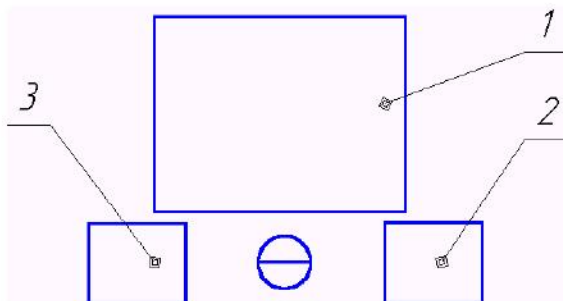


Рисунок 3.14 – План-схема організації робочого місця штампувальника, що працює від штучної заготовки без застосування засобів автоматизації та механізації: 1 – відкритий кривошипний прес; 2 – ящик для штучних заготовок; 3 – ящик для готових деталей.

Вихідні дані: операція – гнуття ; площа поверхні заготовки – 0.005 м²; матеріал заготовки – сталь 08 кп; подача заготовки в штамп – за допомогою пінцету; обладнання – кривошипний відкритий прес моделі КД2126Е; кількість ходів повзуна на хвилину – 140; тип муфти вмикання – фрикційна; спосіб вмикання пресу – ручний; положення штампувальника – стоячи.

Таблиця 3.10 – Розрахунок норми штучного часу на гнуття деталі із штучної заготовки

| Перехід | № табл.та стор. з літери | Час на 1 деталь, хв. | | |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------|
| | | Основний, Т _о | Допоміжний, Т _в | |
| | | | Перекриваємий | Неперекриваємий |
| Взяти заготовку й | 35,табл.37 | - | - | 0,05 |

| | | | | |
|---------------------------------|------------|-------|---|-------|
| встановити в штамп (по упору) | | | | |
| Увімкнути прес | 35,табл.1 | | - | 0,022 |
| Штампувати | 35,табл.2 | 0,007 | - | - |
| Зняти деталь і відкинути в ящик | 35,табл.44 | - | - | 0,028 |
| Всього | | 0,007 | - | 0.1 |

Норма штучного часу:

$$T_{ш} = (T_o + T_b) \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{отл}}{100} \right)$$

де T_o – основний, машинний час, хв.;

T_b – допоміжний час, хв.;

$a_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця, $a = 6\%$;

$a_{отл}$ – час на відпочинок та особисті потреби, $a_{отл} = 10\%$.

$$T_{ш} = (0,007 + 0,1) \times \left(1 + \frac{6+10}{100} \right) = 0,124 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу [10, с. 8]:

$$T_{шк} = T_{ш} + \frac{T_{пз}}{n} = 0,124 + \frac{5}{200} = 0,149 \text{ хв.}$$

де $T_{пз}$ – підготовчо – заключний час на партію, хв.;

n – кількість деталей в партії.

Норма виробітку:

$$N_e = \frac{T_{зм}}{T_{шк}} = \frac{480}{0,149} = 3221 \text{ деталей}$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, хв., $T_{зм} = 480$ хв.

3.4 Тривимірне моделювання блока швидкознімного кріплення в САПР SolidWorks

З метою перевірки працездатності прийнятих конструкторських рішень, узгодження габаритів та підготовки робочої конструкторської документації була виконана тривимірна модель стаціонарного блока швидкознімного кріплення разом із пакетом штампа в середовищі САПР SolidWorks. У складі зборки змодельовано всі основні деталі: нижню плиту блока, корпуси механізмів затиску, ексцентриковий вал, кругові шатуни, притискні повзуни, елементи кріплення блока до стола преса та нижню плиту пакета штампа з базовими і кріпильними елементами.

При побудові 3D-зборки використано систему спряжень (mates), що імітують реальні умови роботи вузлів: фіксацію стаціонарної плити відносно стола преса, поступальний рух притискних повзунів у напрямних корпусу, обертання ексцентрикового вала в опорах, передавання руху від кругових шатунів до повзунів. Це дозволило віртуально відпрацювати кінематику приводу затиску, перевірити відсутність геометричних перешкод у крайніх положеннях, а також оцінити запас зазорів у зонах можливих контактів деталей.

На основі тривимірної моделі виконано аналіз габаритів блока відносно стола преса та встановленого пакета, перевірено доступність зон для обслуговування, монтажу/демонтажу пакета й підключення пневмоліній. Засобами SolidWorks отримано основні масо-інерційні характеристики вузла (маса блока, положення центра ваги), що може бути використано при розробці технології монтажу й транспортування оснащення. 3D-модель стала основою для автоматизованого формування комплексу креслень загального виду та робочих креслень основних деталей, а також дозволяє за необхідності виконати подальший аналіз напружено-деформованого стану елементів блока методами САЕ.

3.5 Рекомендації щодо впровадження розробленого універсального стаціонарного штампового блока в умовах дрібносерійного виробництва

Розроблений стаціонарний штамповий блок зі швидкознімним кріпленням пакетів штампів доцільно впроваджувати на підприємствах дрібносерійного листоштампувального виробництва, що експлуатують відкриті кривошипні преси з С-подібною станиною у діапазоні зусиль до 400 кН. Нижче наведено основні рекомендації щодо організації впровадження та експлуатації даної розробки.

3.5.1 Загальні організаційно-технічні заходи

– вибір базового преса. Для впровадження рекомендується обрати прес з технічним станом, що забезпечує допустимі геометричні й деформаційні похибки (зазори в напрямних повзуна, неперпендикулярність і непаралельність робочих поверхонь, розкриття станини під навантаженням). Доцільно попередньо виконати діагностику преса та, за потреби, провести ремонт і перевірку за нормами точності.

– аналіз номенклатури штампів. Сформувати перелік існуючих штампів (діючих та планованих до розробки), які доцільно адаптувати під роботу зі стаціонарним блоком. У першу чергу рекомендується включати штампи з близьким діапазоном зусиль і габаритів, що потребують частих переналагоджень.

– стандартизація базових елементів. На етапі підготовки до впровадження бажано уніфікувати розміри нижніх плит пакетів штампів, розташування базових отворів/пазів, систему маркування пакетів і посадочних місць на блоці.

Це спростить налагодження та забезпечить взаємозамінність пакетів на одному стаціонарному блоці.

3.5.2 Виготовлення та наладка стаціонарного блока

3.5.2.1 Виготовлення основних вузлів

Рекомендується виготовляти нижню плиту блока, механізми затиску, ексцентриковий вал, кругові шатуни та притискні повзуни силами

інструментального (штампового) цеху підприємства з використанням існуючого парку металорізального обладнання. Важливо забезпечити:

- високий клас точності базових поверхонь нижньої плити (площинність, паралельність);
- точність виконання отворів під кругові шатуни і напрямні повзунів;
- дотримання посадок у підшипникових опорах вала.

3.5.2.2 Підключення пневмосистеми

Для живлення пневмоциліндрів затиску необхідно:

- забезпечити підведення стисненого повітря з існуючої цехової мережі з тиском не менше 0,63 МПа;
- встановити локальний пневмоблок (фільтр–регулятор–змащувач) у безпосередній близькості до преса;
- передбачити запірно-регулюючу арматуру та швидкокорознімні з'єднання для оперативного відключення та обслуговування.

3.5.2.3 Стендові випробування

До встановлення блока на прес доцільно провести стендові (безнавантажувальні) випробування:

- перевірити роботу пневмоциліндрів по всьому ходу;
- оцінити синхронність роботи двох механізмів затиску;
- перевірити надійність самогальмування в зоні затиску при відключенні тиску.

3.5.3 Адаптація існуючих штампів і порядок налагодження

3.5.3.1 Перехід на пакетну конструкцію

При адаптації чинних штампів рекомендується:

- винести всі робочі елементи (пуансонні та матричні плити, напрямні колонки, притискачі) в склад «пакета» штампа;
- виконати нижню плиту пакета стандартних розмірів, сумісних з посадочними місцями стаціонарного блока;
- передбачити уніфіковані базові елементи (шпонки, штифти).

3.5.3.2 Регламент налагодження.

Рекомендовано запровадити стандартний порядок:

- встановлення та фіксація стаціонарного блока на столі преса (з використанням штатних кріпильних елементів);
- встановлення пакета штампа на базові елементи блока;
- ввімкнення пневмопривода, затиск пакета притискними повзунами до появи контрольного тиску/індикації;
- контроль співвісності та зазорів у робочій порожнині штампа за контрольними деталями або щупами;
- виконання пробних ходів без заготовки, далі – з заготовкою на зниженому зусиллі.

3.5.3.3 Оформлення технологічної документації

Для кожного штампа, що працює зі стаціонарним блоком, у маршрутні карти та карти налагодження необхідно внести:

- позначення стаціонарного блока;
- опис точок базування пакета;
- схему підключення та порядку управління пневмозатисками;
- контрольні параметри (тиск повітря, послідовність операцій).

3.5.4 Вимоги до експлуатації та технічного обслуговування

3.5.4.1 Охорона праці та безпека

При впровадженні блоку слід:

- забезпечити блокування, яке унеможливило роботу преса при недозатиснутому пакеті (електричні або пневматичні кінцеві вимикачі, датчики тиску);
- передбачити захисні кожухи на рухомих елементах приводу затиску;
- оновити інструкцію з охорони праці для наладчиків та операторів преса.

3.5.4.2 Планове обслуговування приводу затиску

Рекомендується встановити регламент:

- періодичного огляду механізму затиску (огляд люфтів у шарнірах, стану поверхонь кругового шатуна, притискних повзунів, напрямних);
- контролю стану пневмоліній і ущільнень;
- перевірки роботи клапанів, регулятора тиску та кінцевих вимикачів.

3.5.4.3 Контроль точності та стійкості

У процесі експлуатації доцільно періодично:

- контролювати геометрію штампованих деталей (розміри, паралельність, перпендикулярність);
- оцінювати знос робочих елементів штампів (пуансонів, матриць), порівнюючи з періодом до впровадження стаціонарного блока;
- зафіксувати у внутрішніх технологічних звітах зміну стійкості інструменту.

3.5.5 Економічні та організаційні рекомендації

3.5.5.1 Оцінка економічного ефекту

Перед серійним впровадженням доцільно виконати дослідно-промислове випробування протягом визначеного періоду (наприклад, 3–6 місяців) із фіксацією:

- часу налагодження штампів «до» і «після» впровадження блока;
- металомісткості штампового оснащення в обох варіантах;
- витрат на ремонт та обслуговування штампів і преса.

На основі отриманих даних сформувані розрахунок економії (економія металу, трудомісткості налагодження, простоїв обладнання).

3.5.5.2 Уніфікація та масштабування рішення

За позитивних результатів пілотного впровадження рекомендується:

- поширити застосування стаціонарного блока на інші преси аналогічного зусилля;
- поступово переводити нові штампи на пакетну конструкцію, сумісну з блоком;

– включити вимоги до сумісності зі стаціонарним блоком у технічні завдання на проектування нового штампового оснащення.

3.5.5.3 Підготовка персоналу

Необхідно провести навчання наладчиків і операторів пресів з акцентом на:

- особливості роботи зі стаціонарним блоком;
- порядок налагодження та зміни пакетів штампів;
- правила безпечної роботи з пневмоприводом затиску.

Реалізація наведених рекомендацій дозволить не лише впровадити конкретну розробку стаціонарного штампового блока на базовому пресі, а й сформувавши на підприємстві стандартизовану систему організації дрібносерійного листоштамування з пониженою металомісткістю оснащення, скороченим часом налагодження та підвищеною точністю виготовлення деталей.

3.6 Техніко-економічне обґрунтування проекту

Метою техніко-економічного обґрунтування є оцінка ефекту від впровадження стаціонарного блока швидкознімного кріплення пакетів штампів у порівнянні з традиційною схемою, коли кожний штамп має власний штамповий блок. Аналіз виконується за основними показниками: металомісткість штампового оснащення, трудомісткість і час переналагодження, а також орієнтовний вплив на собівартість штампованих виробів.

3.6.1 Зменшення металомісткості штампового оснащення

Для традиційної конструкції кожний штамп складається з окремого штампового блока і пакета робочих деталей. Згідно з даними по стандартному блоку з діагональним розташуванням колонок та втулок (ДСТУ/ГОСТ 13124-83), маса блока без пакета становить приблизно 53 кг, а маса пакета – 21 кг.

Отже, повна маса одного комплекту:

$$m_{шт,традиц} = 53 + 21 = 74 \text{ кг}$$

При застосуванні стаціонарного штампового блока один блок виконується як посилений вузол, жорстко закріплений на столі преса. Його маса (з урахуванням конструктивних посилень і механізмів затиску) становить орієнтовно:

$$m_{блок,стац} \approx 160 \text{ кг.}$$

Для кожного штампа при цьому виготовляється лише змінний пакет масою близько 21 кг. Якщо на одному пресі експлуатується k різних штампів, то:

традиційно (окремий блок для кожного штампа):

$$m_{трад} = k \cdot (53 + 21) = 74 \cdot k$$

при застосуванні стаціонарного блока:

$$m_{нов} = m_{блок,стац} + 21 \cdot k = 160 + 21 \cdot k$$

Економія металу в цілому:

$$\Delta m = m_{традиц} - m_{нов} = 74 \cdot k - (160 + 21 \cdot k) = 53 \cdot k - 160 \text{ кг}$$

Для прийнятої в роботі номенклатури $k=100$ $k=100$ штампів:

$$m_{трад} = 100 \cdot 74 = 7400 \text{ кг}$$

$$m_{нов} = 160 + 100 \cdot 21 = 2260 \text{ кг}$$

$$\Delta m = 7400 - 2260 = 5140 \text{ кг}$$

Відносне зменшення металомісткості:

$$\eta_m = \Delta m / m_{\text{традиц}} = 5140 / 7400 \approx 0.69$$

тобто близько 70 %.

За умови, що вартість 1 кг сталі 45 на сьогодні становить у середньому 50–70 грн/кг, маємо орієнтовну економію на матеріалі:

$$\Delta C_{m,\min} = 5140 \cdot 50 \approx 257000 \text{ грн}$$

$$\Delta C_{m,\max} = 5140 \cdot 70 \approx 360000 \text{ грн}$$

Отже, лише за рахунок зменшення металомісткості штампового оснащення для номенклатури близько 100 штампів, що працюють на одному пресі, економія на вартості сталі становить приблизно 260–360 тис. грн, а відносне зниження металомісткості – порядку 70 %.

3.6.2 Скорочення часу переналагодження і трудових витрат

Другим важливим ефектом є різке скорочення часу переналагодження штампів при переході з одного виробу на інший.

Вихідні дані:

– час переналагодження штампа без стаціонарного блока:

$$t_{cm} \approx \text{від } 20 \text{ хв до } 25 \text{ хв}$$

– час переналагодження пакета при застосуванні блока швидкознімного кріплення:

$$t_{нов} \approx \text{від } 2 \text{ хв до } 3 \text{ хв}$$

Приймаючи середні значення:

$$t_{cm} \approx 22,5 \text{ хв}$$

$$t_{нов} \approx 2,5 \text{ хв}$$

отримуємо економію часу на одній переналадці:

$$\Delta t = t_{cm} - t_{нов} \approx 20 \text{ хв}$$

Відносне скорочення тривалості операції:

$$\eta_t = \Delta t / t_{cm} \approx 20 / 22.5 \approx 0.89$$

тобто приблизно на 85–90 %.

Для дрібносерійного виробництва приймаємо, що на одному пресі виконується близько 5 переналагоджень за зміну, тобто орієнтовно 1200 переналагоджень на рік:

Тоді річна економія часу:

$$\Delta T_{рік} = N_{пер} \cdot \Delta t = 1200 \cdot 20 \text{ хв} = 24000 \text{ хв} \approx 400 \text{ год}$$

Середня заробітна плата наладчика становить 30 000 грн/міс. За умовного фонду часу 160–170 год/міс годинна ставка знаходиться в діапазоні 175–190 грн/год; для оцінки приймемо:

$$S_{год} \approx 180 \text{ грн/год.}$$

Тоді річна економія по оплаті праці наладчика за рахунок скорочення часу переналагоджень становить:

$$\Delta C_{прац} \approx \Delta T_{рік} \cdot S_{год} \approx 400 \cdot 180 \approx 72000 \text{ грн / рік}$$

Це вже відчутна сума навіть без урахування додаткового ефекту від зменшення простоїв преса та збільшення корисного машинного часу.

3.6.3 Вплив на собівартість штапованих виробів та окупність

Сумарний економічний ефект від впровадження стаціонарного блока швидкознімного кріплення пакетів штапів формується за рахунок:

- істотного зниження металомісткості штапового оснащення (орієнтовно 5,1 т сталі для 100 штапів, що відповідає економії 260–360 тис. грн);
- суттєвого скорочення часу переналагодження (зменшення тривалості операції майже в 9 разів) та відповідного зниження трудових витрат (приблизно 72 тис. грн/рік на одного наладчика для одного преса при 1200 переналагодженнях);
- зменшення простоїв преса і кращого використання його фонду часу, що дає додатковий ефект у вигляді зниження непрямих витрат на одиницю продукції.

Якщо орієнтовну вартість виготовлення стаціонарного блока (разом із механізмами затиску, пневмообладнанням, монтажем і наладкою) прийняти на рівні, наприклад, 100–150 тис. грн, то:

- економія на металі (260–360 тис. грн) вже сама по собі перекриває вартість проекту, фактично забезпечуючи миттєву окупність на етапі переходу від індивідуальних блоків до системи «стаціонарний блок + пакети»;
- подальша економія часу переналагодження дає додатково близько 72 тис. грн/рік для одного преса, що знижує собівартість продукції та підвищує ефективність використання обладнання.

У підсумку впровадження стаціонарного блока швидкознімного кріплення пакетів штапів забезпечує:

- зниження металомісткості штапового оснащення орієнтовно на 70 % (для номенклатури близько 100 штапів на один прес);

- зменшення часу переналагодження одного штампа в 8–9 разів (з 20–25 хв до 2–3 хв);
- економію на оплаті праці наладчика орієнтовно 70 тис. грн/рік при 1200 переналагодженнях;
- швидку окупність витрат на розробку та виготовлення блока й помітне зниження собівартості штампованих виробів у дрібносерійному виробництві.

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА**4.1 Розрахунок витрат на виконання госпрозрахункової науково-дослідної роботи**

Витрати на виконання НДР щодо зменшення металомісткості штампового оснащення в умовах дрібносерійного виробництва розраховуються шляхом складання калькуляції кошторисної вартості НДР за наступними статтями [19]:

- витрати на оплату праці;
- відрахування на соціальні заходи;
- витрати на матеріали;
- витрати на використання комп'ютерної техніки;
- витрати на використання спеціального обладнання для наукових (експериментальних) робіт;
- накладні витрати;
- інші витрати.

4.1.1 Розрахунок витрат на оплату праці

Вихідні дані наводяться у таблиці 4.1., розрахунок витрат у таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 – До розрахунку витрат на оплату праці

| № п/п | Посада виконавців | Місячний оклад, грн. | Середньоденна ставка, грн/дн |
|-------|--|----------------------|------------------------------|
| 1 | Керівник МКР, головний науковий співробітник, к.т.н., доцент | 16282,00 | 678,31 |
| 2 | Старший науковий співробітник, 0,5 ставки, к.т.н. | 11794 | 491,42 |
| 3 | Науковий співробітник 0,5 ставки, к.т.н. | 9479 | 394,46 |
| 4 | Провідний фахівець 0,5 ставки | 8650 | 360,41 |
| 5 | Технік I кат. 0,5 ставки | 8055 | 335,62 |

Таблиця 4.2 – Витрати на оплату праці

| № п/п | Посада виконавців | Час розробки, дні | Денна заробітна плата, грн | Витрати на розробку, грн |
|-------|--|-------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1 | Керівник МКР, головний науковий співробітник | 180 | 678,31 | 122095,8 |
| 2 | Старший науковий співробітник, 0,5 ставки | 180 | 213,67 | 44227,80 |
| 3 | Науковий співробітник 0,5 ставки | 180 | 171,73 | 35501,40 |
| 4 | Провідний фахівець 0,5 ставки | 180 | 161,08 | 32436,90 |
| 5 | Технік I кат. 0,5 ставки | 180 | 115,15 | 30205,80 |
| Разом | | | | 264467,70 |

4.1.2 Відрахування у єдиний соціальний внесок

Відрахування у єдиний соціальний внесок складають 22 % від суми заробітної плати.

$$\Phi_{\text{св}} = 264467,70 \times 0,22 = 58182,90 \text{ грн.}$$

4.1.3 Розрахунок витрат на матеріали

У таблиці 4.3 наведено куплені матеріали і розраховані витрати на них.

4.1.4 Витрати на використання комп'ютерної техніки

Витрати складаються з наступних компонентів:

- амортизації комп'ютерної техніки;
- користування програмним забезпеченням;
- витрати на електроенергію.

Приймаємо середню вартість години роботи комп'ютера – 20 грн. Згідно діючих норм з охорони праці, середній щоденний час роботи на комп'ютері – 4

години. Передбачається задіяти три комп'ютери. Розраховані дані зводимо у таблицю 4.4.

Таблиця 4.3 – Розрахунок витрат на матеріали

| № п/п | Найменування купованих виробів | Одиниця виміру | Ціна на одиницю виміру, грн | Кількість купованих виробів | Сума, грн | Транспортні витрати (10% від суми) | Загальна сума, грн |
|-------|---|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------|------------------------------------|--------------------|
| 1 | Папір (формат А4) | уп | 179 | 5 | 895,00 | 89,50 | 984,00 |
| 2 | Ручка кулькова Unimax Top Tek Fusion 10000 синя | шт | 38 | 10 | 380,00 | 38,00 | 418,00 |
| 3 | Олівці графітні Art 8В-2Н 12 шт.1500 Koh-i-Noor | шт | 528 (набір) | 1 | 528,00 | 52,80 | 580,80 |
| 4 | Флешпам'ять Kingston DataTraveler Exodia 64 ГБ USB 3.2 black/blue | шт | 299 | 10 | 2990,00 | 299,00 | 3289,00 |
| 5 | Зошит шкільний 48 аркушів А5 клітинка YES Follow your dreams мат. | шт | 32,50 | 10 | 325,00 | 32,50 | 357,50 |
| 6 | Тонер для Canon i-Sensys MF-3010 Mitsubishi Black 1000г TB85-M7 | уп | 533 | 1 | 533,00 | 53,30 | 586,30 |
| 7 | Штангенциркуль | шт | 847 | 1 | 847,00 | 84,70 | 931,70 |
| 8 | Магніт канцелярський | уп. | 115 | 1 | 115 | 115,00 | 230,00 |
| 9 | Ніж канцелярський | шт | 260 | 2 | 520 | 52,00 | 572,00 |
| Разом | | | | | | | 7949,3 |

4.1.5. Витрати за статтею “Спеціальне обладнання”

В даній НДР не передбачається використання спеціального обладнання.

4.1.6 Накладні витрати

Накладні витрати проектних організацій включають три групи видатків: витрати на управління, загальногосподарські витрати, невиробничі витрати. Приймаємо 15% від заробітної плати.

$$264467,70 \times 0,15 = 39670,16 \text{ грн.}$$

4.1.7 Інші витрати

Приймаємо в розмірі 12000 грн.

4.1.8 Податок на додану вартість (ПДВ)

За українським законодавством, оподаткування податком на додану вартість здійснюється за ставкою 20 відсотків від загальної суми витрат.

4.1.9 Кошторис витрат на виконання НДР

Складається калькуляція планової собівартості НДР і зводиться в таблицю 4.5.

Таблиця 4.4 – Розрахунок витрат на використання комп'ютерної техніки

| № п/п | Назва етапів робіт, при виконанні яких використовується комп'ютер | Час використання комп'ютера | | Витрати на використання трьох комп'ютерів грн. |
|----------|--|-----------------------------------|-------|--|
| | | днів | годин | |
| 1 | Проведення досліджень та оформлення їх результатів | 80 | 320 | 19200 |
| 2 | Розробка проекту | 60 | 240 | 14400 |
| 3 | Оформлення технічної документації | 30 | 120 | 7200 |
| 4 | Підготовка презентації | 10 | 40 | 2400 |
| Разом | | 180 | 720 | 43200 |

Таблиця 4.5 – Кошторис витрат на виконання НДР

| № п/п | Найменування елементів витрат | Сума витрат, грн |
|----------|---|---------------------|
| 1 | Витрати на оплату праці | 264467,70 |
| 2 | Нарахування єдиного соціального внеску | 58182,90 |
| 3 | Витрати на матеріали | 7949,30 |
| 4 | Витрати на використання комп'ютерної техніки | 43200,00 |
| 5 | Накладні витрати | 39670,16 |
| 6 | Інші витрати | 12000,00 |

| | |
|--------------|-----------|
| Всього | 425470,06 |
| ПДВ (20 %) | 85094,01 |
| Всього з ПДВ | 510564,07 |

Оскільки ЦНТУ, де передбачається виконання госпрозрахункової науково-дослідної роботи, є неприбутковою організацією, рівень рентабельності і очікуваний прибуток дорівнюють нулю. Таким чином договірна ціна буде дорівнювати собівартості виконаних робіт разом з ПДВ.

Ц = 510564,07 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основні результати магістерської роботи полягають у наступному:

1. У сучасних умовах машинобудівні підприємства дедалі частіше переходять до дрібносерійного або гнучкого виробництва, що потребує швидкої зміни номенклатури деталей та оперативного переналагодження технологічних процесів.

Традиційна конструкція штампа включає два основних елементи — штамповий блок та робочий пакет. Для більшості штампів маса та вартість штампового блока є співставними з масою робочого пакета. У дрібносерійному виробництві це призводить до значних капітальних витрат, оскільки для кожної нової деталі доводиться виготовляти фактично повністю новий штамп, хоча потребує заміни лише робочий пакет.

Одним із ефективних шляхів підвищення економічності виробництва є зменшення металомісткості штампового оснащення за рахунок використання універсальних, стаціонарно встановлених штампових блоків, обладнаних системами швидкознімного кріплення робочих пакетів. Закріплення такого блоку за конкретним пресом (у даній роботі — кривошипним пресом із номінальним зусиллям 400 кН) дозволяє використовувати один і той самий блок для значної кількості штампів, замінюючи лише пакет робочих елементів. Це скорочує витрати металу, спрощує проектування, зменшує час виготовлення оснащення та прискорює його налагодження.

Таким чином, розроблення конструкції стаціонарного штампового блока зі швидкознімним кріпленням пакетів є актуальним завданням для дрібносерійного виробництва. Впровадження такого рішення забезпечує істотне зниження собівартості штампованих деталей, підвищення гнучкості виробництва, скорочення тривалості підготовчо-заклучних робіт та раціональне використання матеріальних ресурсів. Саме ці фактори роблять дослідження у сфері зменшення металомісткості штампового оснащення перспективним та економічно обґрунтованим для сучасного машинобудування.

2. На основі літературного огляду сформовані вимоги до конструкції штампових блоків і робочих пакетів для дрібносерійного листоштампувального виробництва;

3. Проаналізовані геометричні й деформаційні похибки відкритих кривошипних пресів із С-подібною станиною та їхній вплив на точність взаємного положення пуансона і матриці;

4. Розроблено конструкцію стаціонарного штампового блоку з механізмами швидкої зміни пакетів та пристроєм компенсації похибок пресового обладнання, сумісного з пресом номінальним зусиллям 400 кН.

5. Розроблено типові робочі пакети штампового оснащення для виконання розділових і формозмінних операцій з прив'язкою до робочого простору блока швидкозмінного кріплення.

6. Представлені рекомендації для підприємств щодо впровадження розробленого універсального стаціонарного штампового блока в умовах дрібносерійного виробництва.

7. Виконана оцінка техніко-економічних показників від впровадження стаціонарного блока зі змінними пакетами в умовах дрібносерійного виробництва (зменшення металомісткості, скорочення часу налагодження, зниження собівартості штампованих деталей).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lange, K. (1985). Handbook of Metal Forming. McGraw-Hill.
2. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке / Романовский В. П. – [6-е изд.]. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1979. – 530 с.
3. Справочник конструктора штампов. Листовая штамповка / под общ. ред. Л. И. Рудмана. – М. : Машиностроение, 1988. – 496 с.
4. ISO 9182:2015 Tool components for press tools.
5. HASCO. (2023). Die Sets Catalogue.
6. FIBRO. (2022). Normalien Catalogue.
7. MISUMI. (2023). Press Die Components.
8. Pascal Engineering. (2020). QDC Systems Manual.
9. Forwell. (2019). Modular Die Change.
10. Hilma-Stark. (2020). QDC Systems.
11. Schunk. (2018). Magnetic Clamping Technology.
12. Yamazaki, K. (1997). JMPT, 63, 1–8.
13. Takeda, S. (1995). JSME Int. J., 38(2), 205–212.
14. Hsu, C. (2019). Forwell Co.
15. Groche, P. (2011). Production Engineering, 5(3), 305–312.
16. Vollmer, M. (2009). IJMTM, 49(7), 531–538.
17. Winiarski, P. (2016). Metal Forming, 27(4), 231–240.
18. Mori, K., Abe, Y. (2003). CIRP Annals, 52(1).
19. Eyer, H. (2014). Stanze Blatt, 67(4).
20. Danly IEM. (2018). Technical Bulletin.
21. Kalpakjian, S. (2014). Manufacturing Engineering and Technology. Pearson.
22. Справочник по оборудованию для листовой штамповки /Л.И. Рудман, А.И. Зайчук, В.Л. Марченко и др.; Под ред. Л.И. Рудмана.–К.: Техніка, 1989.–231
23. Yangli Group. J23 Presses Catalogue. China, 2020.
24. O. Fabryka Maszyn. PW-series Presses. Poland, 2005.
25. Шепельський М. В. Теорія та проектування процесів холодного штампування : навч. посіб. Кіровоград : КНТУ, 2005, 262 с.
26. Чухліб В. Л., Юрченко О. А., Ашкелянecь А. В. Технологія процесів листового штампування : навч.-метод. посіб. Харків : Нац. техн. ун-т

- "Харків. політехн. ін-т", 2021. 76 с. URI:
<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/53206>. (дата звернення: 10.11. 2025).
27. Орлюк, М. В., Вишневський П.С. Технологія холодного штампування та конструювання штампів. Курсова робота : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 80 с. URI:
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48480> (дата звернення: 10.11. 2025).
 28. Титаренко, Н. И. Точность системы пресс-штамповый блок / Н. И. Титаренко. – Киев : Наукова думка, 1980. – 135 с.
 29. Плеснецов Ю. О. Ковальсько-штампувальне обладнання. Механічні преси: навч. посіб. / Ю.О. Плеснецов, В.О.Маковей – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – 236 с. ISBN 978-617-7188-69-7
 30. Мірзак В. Я. Компенсатори похибок пресів: [монографія] / В. Я. Мірзак, В. М. Боков. – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2017. – 148 с. ISBN 978-617-7079-52-0.
 31. Фролов Є. А., Попов С. В., Муравльов В. В., Агарков В. В. Вдосконалення універсально-складальних переналагоджувальних штампів оптимізацією конструктивних параметрів компонувань в умовах машинобудівного виробництва: монографія. Харків : Планета-Прінт, 2021. 167 с.
 32. Власов В. И. Кривошипные кузнечно-прессовые машины / В. И. Власов, А. Я. Борзыкин, И. К. Букин-Батырев и др.; Под ред. В. И. Власова.– М.: Мвшиностроение, 1982.– 424 с.
 33. Справочник конструктора-машиностроителя / Анурьев В. И. : В 3-х т. 5-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1980. - 728 с.-Т.1.
 34. Боков В.М., Мірзак В.Я. Технологія холодного штампування. Курсове проектування. Листове штампування. Навчальний посібник. – Кіровоград. Поліграфічно-видавничий центр ТОВ "Імекс-ЛТД".2010. – 250 с.
 35. Общемашиностроительные нормативы на холодную штамповку, резку, высадку и обрезку. Массовое, крупносерийное, серийное и мелкосерийное производство. М.: НИИ труда. 1978. –231с.

Додатки

ДОДАТОК А

Ескіз блока швидкознімного кріплення

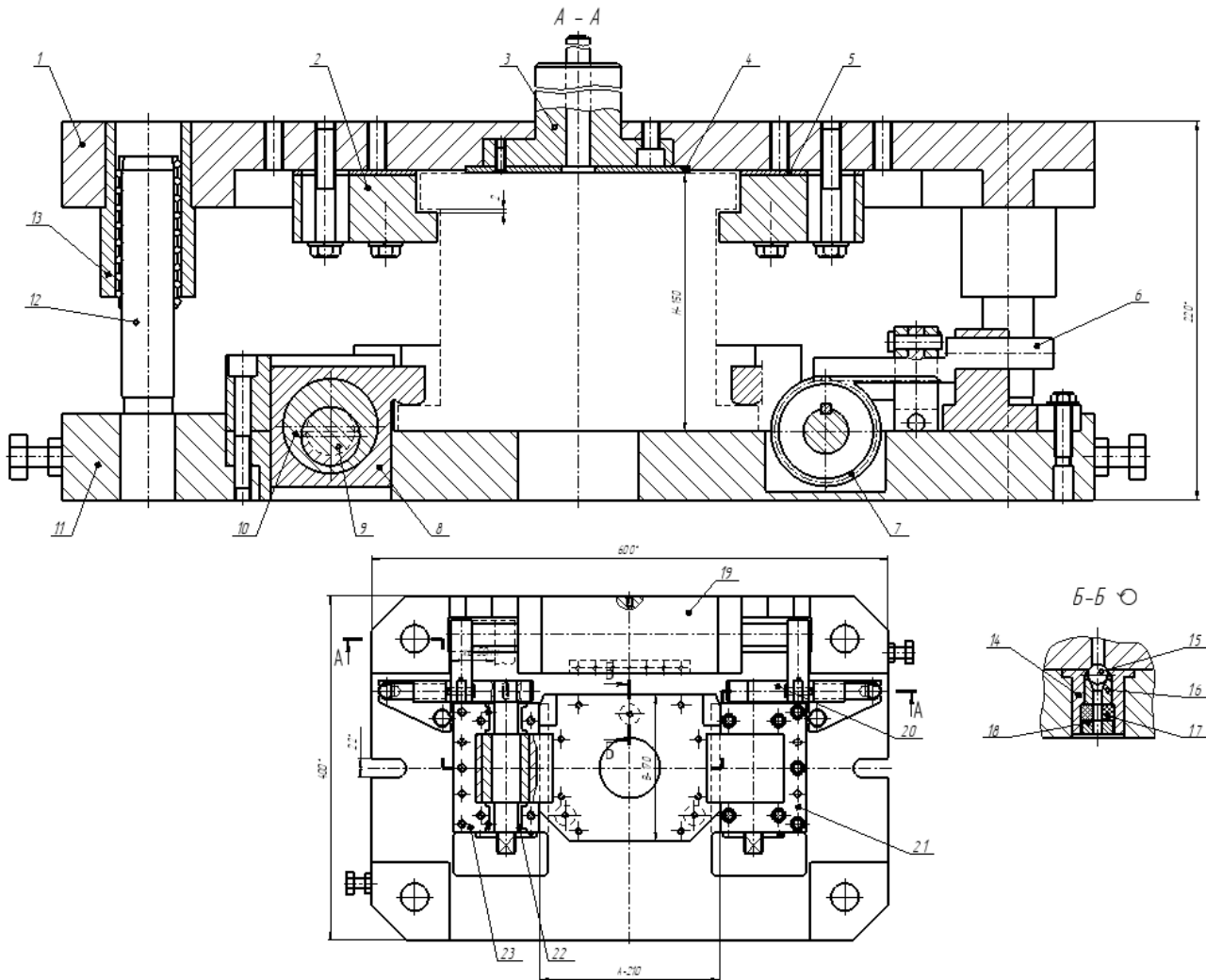


Рисунок А1 – Ескіз блока швидкознімного кріплення: 1 – плита верхня; 2 – прихоплювач; 3 – хвостовик; 4 – пластина підкладна; 5 – підкладка; 6 – рейка зубчаста; 7 – шестерня; 8 – повзун затискний; 9 – вал ексцентриковий; 10 – шатун; 11 – плита нижня; 12 – напрямна колонка; 13 – напрямна втулка; 14 – втулка; 15 – кулька; 16 – гніздо; 17 – кільце гумове; 18 – пробка; 19 – пневмоциліндр; 20 – кронштейн; 21 – корпус; 22 – підшипник; 23 – кришка

ДОДАТОК Б

**Компонувальний ескіз блока швидкозмінного кріплення з
компенсатором похибок преса**

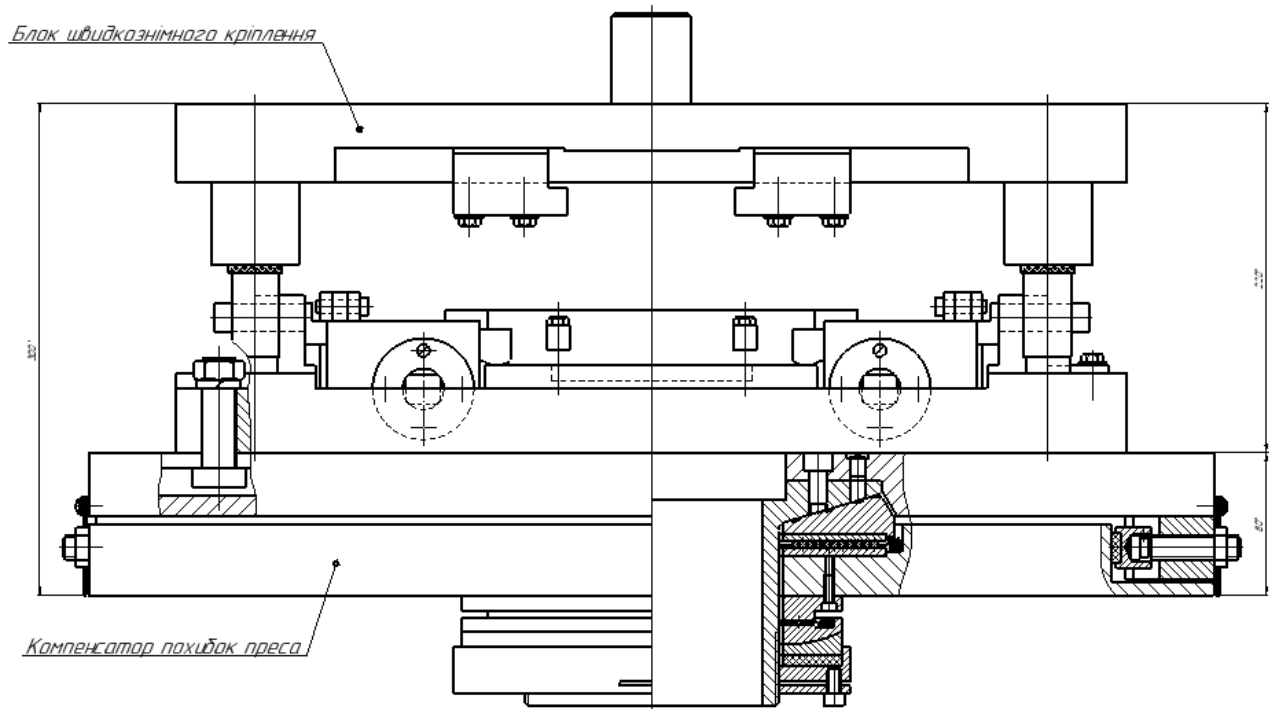


Рисунок Б.1 – Компонувальний ескіз блока швидкозмінного кріплення з
компенсатором похибок преса

ДОДАТОК В

Компонувальний ескіз блока швидкознімного кріплення пакетів з компенсатором похибок преса і пакетом для штампування деталі «Рамка»

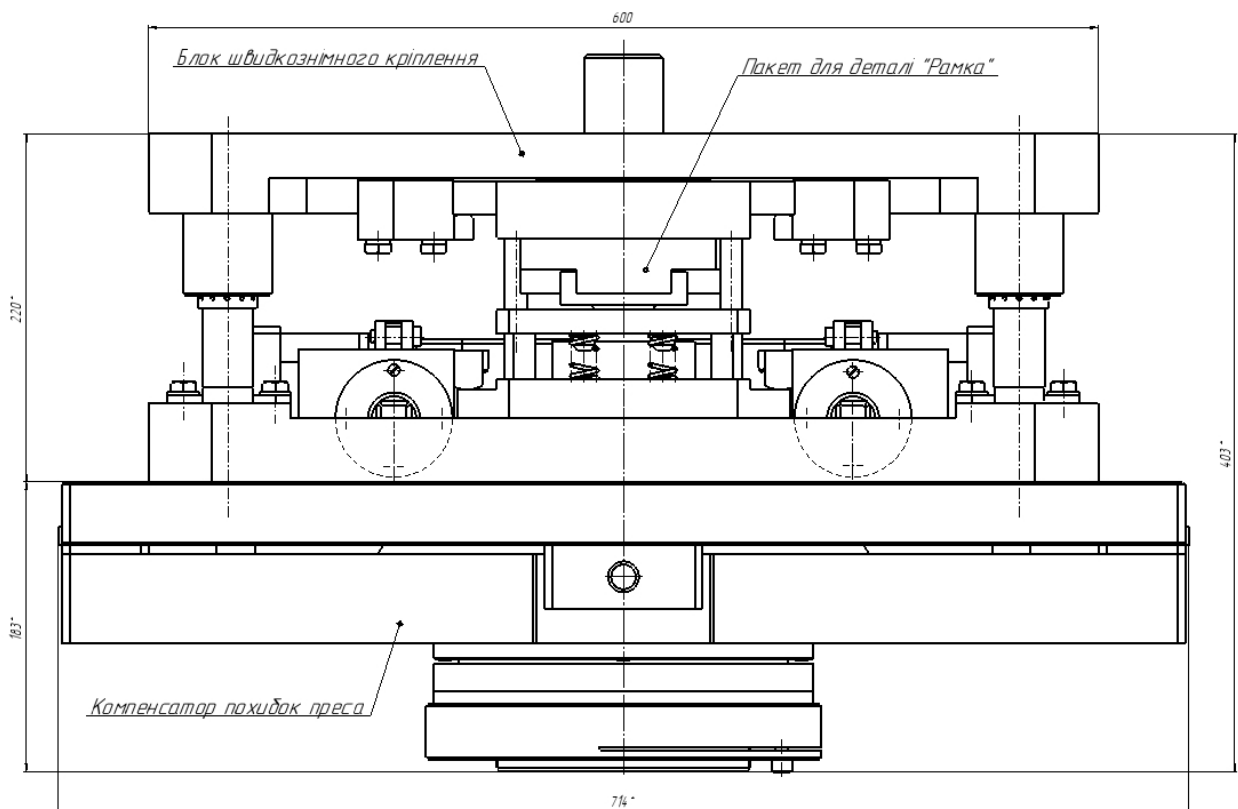


Рисунок В.1 – Компонувальний ескіз блока швидкознімного кріплення пакетів з компенсатором похибок преса і пакетом для штампування деталі «Рамка»

ДОДАТОК Г

**3-D модель блоку швидкознімного кріплення пакетів
з пристроєм компенсації похибок преса**

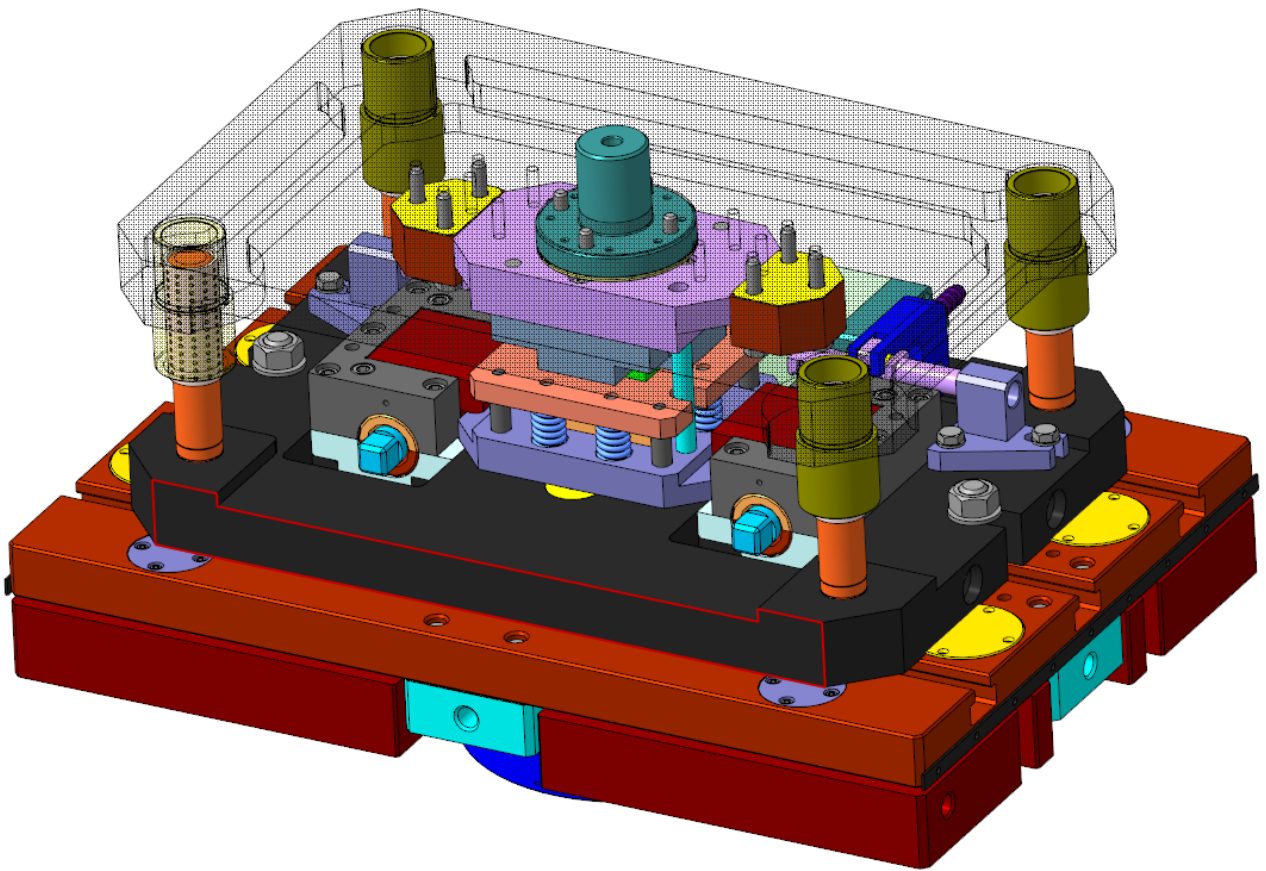


Рисунок Г.1 – Тривимірна твердотільна модель блоку швидкознімного кріплення з пакетом для пробивання-вирубання деталі «Рамка» та компенсатором похибок преса