

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Металорізальних верстатів та інструментів

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему «Аналіз та розробка ефективної кон-
 струкції різального інструменту для комбіно-
 ваного обробки отворів в корпусних деталях»

Виконав: студент(ка) VI курсу, групи М-218м

Спеціальності 133 «Галузь машинобудування»
 (код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Металорізальні верстати та системи

В.В. Тітко

(прізвище та ініціали)

Керівник

М.С. Комачик

(прізвище та ініціали)

Рецензент

В.С. Штанкевич

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Металорізальних верстатів та інструментів
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 133 „Галузеве машинобудування“
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Металорізальні верстати та системи
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Швста Ю
доц. Євандюк В
 « 12 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Тітко Владислав Володимирович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Аналіз та розробка ефективного
конструкції різального інструменту для комбінованої
обробки отворів в корпусних деталях
 керівник проекту (роботи) _____
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 26 » 11 2019 року № 418

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12 12 2019р
 3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі „Фланець“,
програма випуску 5000 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд літературних джерел
2. Проектування зворотньої цевковки
3. Проектування операції
4. Розробка керуючої програми обробки деталі
5. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, Скаладальне креслення зворотньої
цевки, робочі креслення вхідних деталей, Ска-
ладальне креслення комбінованої свердла-цевки,
наладка на операцію.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|---------------------------|
| | | завдання видав | прийняв виконане завдання |
| 1 | Комочієи М.С. ст. викл. | 27.09.19 | 11.12.19 |
| 2 | Комочієи М.С. ст. викл. | 27.09.19 | 11.12.19. |
| 3 | Комочієи М.С. ст. викл. | 27.09.19 | 11.12.19. |
| 4 | Комочієи М.С. ст. викл. | 27.09.19 | 11.12.19 |
| 5 | Шмирко В.І. к.т.н. доц. | 11.12.2019 | 11.12.2019 |
| 6 | Нормоконтроль. Комочієи М.С. | 11.12.2019. | |

7. Дата видачі завдання « 27 » 09 20 19 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

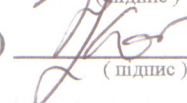
| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1. | Огляд літератури | 28.10.2019р. | виконано |
| 2. | Проектування зворотньої цевки | 04.11.2019р. | виконано |
| 3. | Проектування комбінованого сверла - зворотньої цевки | 11.11.2019р. | виконано |
| 4. | Проектування фрезерно-свердильної операції | 18.11.2019р. | виконано |
| 5. | Розробка керуючої програми обробки деталі на верстаті з ЧПУ | 25.11.2019р. | виконано |
| 6. | Розробка креслень | 02.11.2019р. | виконано |
| 7. | Охорони праці | 29.11.2019р. | виконано |
| 8. | Підготовка до захисту, оформлення презентації | 11.12.2019р. | виконано |

Студент(ка)


(підпис)

Шмирко В.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

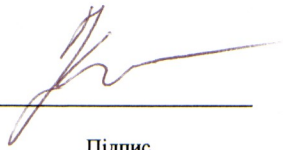
М.С. Комочієи
(прізвище та ініціали)

[11:18:23] **Yah**Найдено 1% совпадений по адресу: <https://helpiks.org/1-13060.html> **Исключить**
[11:18:24] **Yah**Найдено 1% совпадений по адресу: <https://helpiks.org/1-41434.html> **Исключить**
[11:18:24] **Yah**Найдено 1% совпадений по адресу: https://studopedia.su/4_48483_ergonomichni-vimogido-organizatsii-robochih-mists-koristuvachiv-kompyuteriv.html **Исключить**
[11:18:25] **Go** Найдено 1% совпадений по адресу: <http://www.pr-j.ru/voennoe-delo-i-grazhdanskaya-oborona.html> **Исключить**
[11:19:45] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №2 [3] (28704 миллисек.): **Yandex** (The remote name could not be resolved: 'yandex.ru')
[11:19:46] Тип проверки: *Экспресс*
[11:19:46] **Уникальность текста 98%[©]** (**Проигнорировано подстановок: 0%**)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET магістерської роботи Тітко В.В. провів старший викладач кафедри МВтаІ – Комочкін М.С.

11.12.2019

дата


Підпис

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 85 стор., 12 таблиць, 15 рисунків, 14 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – процес комбінованої обробки отворів як один з ефективних способів обробки корпусних деталей.

Мета роботи – дослідження особливостей комбінованої обробки отворів в корпусних деталях для проектування конструкції комбінованої зворотньої цековки.

Методи дослідження – аналіз літературних джерел, розрахунково-аналітичний, графічний з використанням наступних програмних продуктів: Компас-3D, Microsoft Word, Excel, Power Shape, Power Mill, NC corrector.

Частка механічної обробки корпусних деталей при виготовленні виробу сягає 50-70 %. Саме тому скорочення не тільки машинного часу за рахунок використання сучасних ріжучих матеріалів з прогресивними режимами різання, а і допоміжного часу за рахунок поєднання операцій є запорукою підвищення ефективності і економічності технології обробки. На теперішній час на цих засадах базується проектування процесів різання в усіх сферах машинобудівної промисловості, та приладобудування.

У роботі розглянуто фактори технологічної системи, які визначають особливості обробки корпусних деталей. Спроековано різальний інструмент для комбінованої обробки отворів деталей, з обмеженими зонами доступу. Визначено діапазон оптимальних швидкостей різання, що допускаються ріжучими властивостями інструмента.

ДЕТАЛЬ, КОМБІНОВАНА ЗВОРОТНЯ ЦЕКОВКА, ЗОГOTOВКА, СВЕРДЛО, ВЕРСТАТ, ОБЛАДНАННЯ, ПОВОРОТНИЙ СТИЛ, ОПРАВКА, ПРОГРАМА, ДОПУСК, ПРИСТОСУВАННЯ, ЯКІСТЬ.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: 85 стр., 12 таблиц, 15 рисунков, 14 источников литературы.

Объект исследования – процесс комбинированной обработки отверстий как один из эффективных способов обработки корпусных деталей.

Цель работы – исследование особенностей комбинированной обработки отверстий в корпусных деталях для проектирования конструкции комбинированной обратной цековки.

Методы исследования – анализ литературных источников, расчетно-аналитический, графический с использованием следующих программных продуктов: Компас-3D, Microsoft Word, Excel, Power Shape, Power Mill, NC corrector.

Доля механической обработки корпусных деталей при изготовлении изделия достигает 50-70%. Именно поэтому сокращение не только машинного времени за счет использования современных режущих материалов с прогрессивными режимами резания, а и вспомогательного времени за счет сочетания операций является залогом повышения эффективности и экономичности технологии обработки. В настоящее время на этих принципах базируется проектирование процессов резания во всех сферах машиностроительной промышленности, и приборостроения.

В работе рассмотрены факторы технологической системы, которые определяют особенности обработки корпусных деталей. Спроектирован режущий инструмент для комбинированной обработки отверстий деталей, с ограниченными зонами доступа. Определен диапазон оптимальных скоростей резания, допускаются режущие свойства инструмента.

ДЕТАЛЬ, КОМБИНИРОВАННАЯ ОБРАТНАЯ ЦЕКОВКА, ЗАГОТОВКА, СВЕРЛО, СТАНОК, ОБОРУДОВАНИЕ, ПОВОРОТНЫЙ СТОЛ, ОПРАВКА, ПРОГРАММА, ДОПУСК, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, КАЧЕСТВО.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

| Слово/словосполучення | Скорочення |
|----------------------------|------------|
| | В |
| ватт | Вт |
| | Г |
| градус | |
| градус | град. |
| градус Цельсія | °С |
| | Д |
| двигун | Дв |
| державний стандарт України | ДСТУ |
| децибел | дБ |
| | З |
| завідуючий | зав. |
| | К |
| калорія | кал |
| кафедра | каф. |
| кілогерц | кГц |
| кілоньютон | кН |
| кілограм | кг |
| кілограм-сила | кгс |
| | М |
| мегапаскаль | МПа |
| метр | м |
| метрів за хвилину | м/хв |
| метрів за секунду | м/с |

| Слово/словосполучення | Скорочення |
|-----------------------|------------------------------|
| міліметр | мм |
| мікромметр | мкм |
| міліметрів за хвилину | мм/хв |
| МОР | мастильно-охолоджуюча рідина |
| | Н |
| номер | № |
| ньютон | Н |
| ньютон на метр | Н/м |
| | О |
| обертів за хвилину | об./хв. |
| | П |
| пояснювальна записка | ПЗ |
| процент | |
| | С |
| сантиметр | см |
| сторінка | с. |
| | Т |
| так як | т.я. |

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Завдання на проект | 2 |
| Реферат | 4 |
| Перелік умовних позначень | 7 |
| Вступ | 11 |
| 1 Огляд літератури | 12 |
| 1.1 Постановка задачі, її актуальність | 13 |
| 1.2 Аналіз конструкцій-аналогів | 15 |
| 1.2.1 Інструмент фірми SOLO | 15 |
| 1.2.2 Інструмент Flircut | 16 |
| 1.2.3 Інструмент BSF | 19 |
| 1.3 Вибір конструкції-прототипу | 21 |
| 2. Проектування зворотньої цековки | 22 |
| 2.1 Вихідні дані для проектування | 22 |
| 2.2 Вибір інструментального матеріалу | 24 |
| 2.3 Розрахунок режимів різання | 26 |
| 2.3.1 Розсвердлювання отвору | 26 |
| 2.3.2 Зворотнє цекування | 29 |
| 2.4 Опис конструкції інструменту для для комбінованої обробки отворів в корпусних деталях | 31 |
| 2.4.1 Зворотня цековка з регулюванням кута цекування | 32 |
| 2.4.2 Комбіноване свердло-зворотня цековка | 35 |
| 3 Проектування операції. | 37 |
| 3.1 Вибір технологічного обладнання | 37 |
| 3.2 Вибір технологічного оснащення | 48 |
| 3.2.1 Поворотний стіл | 48 |

| | |
|---|----|
| 3.2.2 Інструментальні оправки | 53 |
| 3.3 Розробка наладки на операцію | 55 |
| 4 Розробка керуючої програми обробки деталі на верстаті з ЧПУ | 57 |
| 5 Охорона праці | 60 |
| 5.1 Аналіз потенційних небезпек | 60 |
| 5.2 Заходи з охорони праці | 62 |
| 5.2.1 Заходи по забезпеченню безпеки | 62 |
| 5.2.2 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці | 64 |
| 5.3 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях | 71 |
| 5.3.1 Заходи з пожежної безпеки | 71 |
| 5.3.2 Організація навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях | 73 |
| Перелік посилань | 77 |
| Додаток А Специфікація Цековка | 79 |
| Додаток Б Специфікація Цековка зворотня комбінована | 81 |
| Додаток В Керуюча програма обробки деталі. | 83 |

ВСТУП

Технічний процес машинобудування характеризується як поліпшенням конструкцій машин, так і неперервним удосконаленням технології їх виробництва. Головна задача проектних робіт – забезпечити виготовлення виробу заданої якості у необхідній кількості при найменших витратах матеріалів, мінімальній собівартості та високій продуктивності.

Сучасному інженеру доводиться на практиці займатися і конструюванням, і виробництвом, і експлуатацією різних машин, приладів та апаратів. Тому незалежно від тієї або іншої направленості його інженерної діяльності інженер-механік повинен достатньо добре знати і володіти сучасними методами виробництва цієї продукції.

Дана магістерська робота є підсумком циклу навчання. Її виконання дає можливість магістранту-здобувачу продемонструвати отриманий рівень знань і навичок за обраним напрямком професійного навчання.

Тема роботи торкається актуальних питань ефективної обробки отворів корпусних деталей. Розроблена конструкція комбінованої цековки дозволяє вирішувати питання обробки отворів і торців деталей, протилежних шпинделю, за одну установку без переналагодження обладнання та інструмента

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

До числа важливих питань побудови технологічних процесів в великій мірі пов'язаних з типом і серійністю виробництва, а також конкретних виробничих умов, відноситься питання рівня концентрації та диференціації операцій.

Концентрацією операцій називається об'єднання декількох простих технологічних переходів в одну складну операцію. ТП побудований по принципу концентрації складається з невеликої кількості складних операцій.

До позитивних ознак концентрації операції можна віднести можливість об'єднання в одній операції попередніх (чорнових) і остаточних (чистових) переходів, а також можливість об'єднання в одній операції декількох простих переходів, заміни декількох установів позиціями, використання сумісних переходів (обробка по контуру) і обробкою багатолезовим інструментом.

Що приводить до підвищення:

- точності взаємного розташування поверхонь, що обробляються з одного установа.
- продуктивність обробки за рахунок суміщення в часі декількох технологічних переходів і відповідного скорочення загального основного часу.
- продуктивність за рахунок скорочення допоміжного часу $T_{\text{доп}}$ (в першу чергу затрати часу на переустановку деталі, заміна інструменту, включення та виключення верстата), а також загального скорочення виробничого циклу, що підвищує обіг коштів.

При побудові ТП по принципу концентрації операцій підвищуються вимоги до точності та технологічним можливостям верстатного обладнання і кваліфікації робітників (верстати з ЧПК).

1. Постановка задачі і її актуальність

Тема роботи "Аналіз та розробка ефективної конструкції різального інструменту для комбінованої обробки отворів в корпусних деталях".

У техніці існує безліч корпусних деталей, конструкція яких передбачає наявність фланців і отворів, призначених для приєднання та закріплення інших елементів конструкцій. Часто вимоги точності взаємного розташування осей отворів і торців досить високі. У ряді випадків існує необхідність додаткової чистової обробки торців отворів з протилежного боку від шпинделя верстата, таку обробку неможливо отримати традиційними інструментами, такими як цековки і розгортки за один установ. Тобто для проведення обробки торця з протилежного боку від шпинделя верстата необхідна додаткова переустановка деталі. Крім того, існує ряд деталей (рисунок 1.1) обробка торців яких ускладнена обмеженим доступом до поверхонь. Подвійні фланці, корпуси редукторів, лопатки з великими довжинами пера тощо.

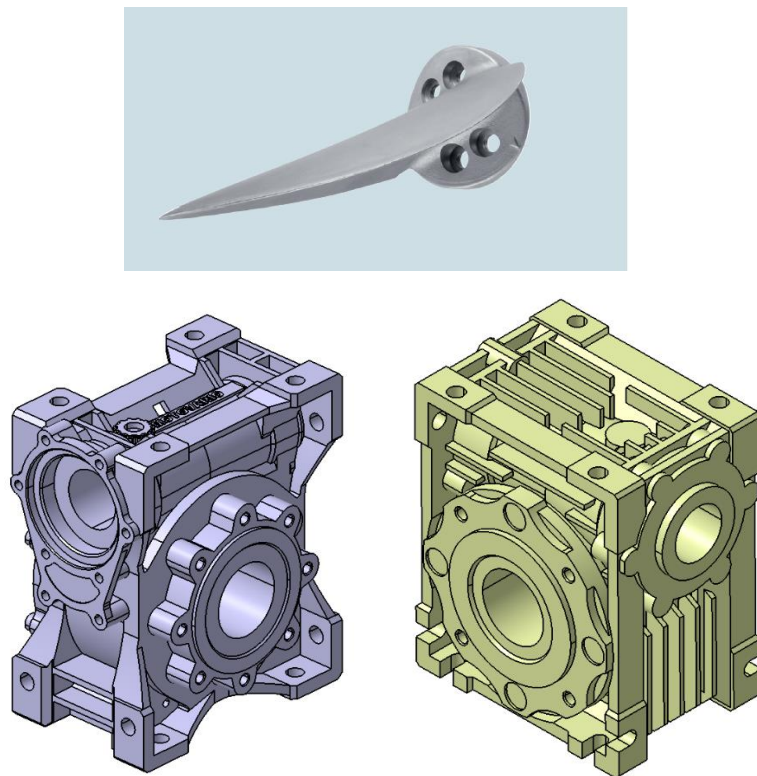


Рисунок 1.1 – Приклади корпусних деталей складної форми

Деталі, які ми розглядаємо, широко застосовуються в машинобудуванні. Часто вони виготовляються за методом лиття і потребують механічної обробки лише базових поверхонь та отворів під кріпильні деталі. Такі відливки неодмінно мають ливарні ухили. Часто через незручність конструкції такої деталі, деякі операції дуже складно виконати стандартним інструментом навіть за умови переустановки деталі, так як габарити деталі заважають і не дозволяють підвести інструмент до поверхні зі сторони шпинделя.

Одним з характерних представників таких деталей є подвійні фланці, які широко використовуються в комунікаційних системах є подвійні фланці (рисунок 1.3). Вони також виготовляються литтям і також потребують механічної обробки отворів і цекованих поверхонь під елементи кріпильних з'єднань. Особливості форми цих деталей ускладнюють токарну обробку фланців, особливо з внутрішньої сторони.

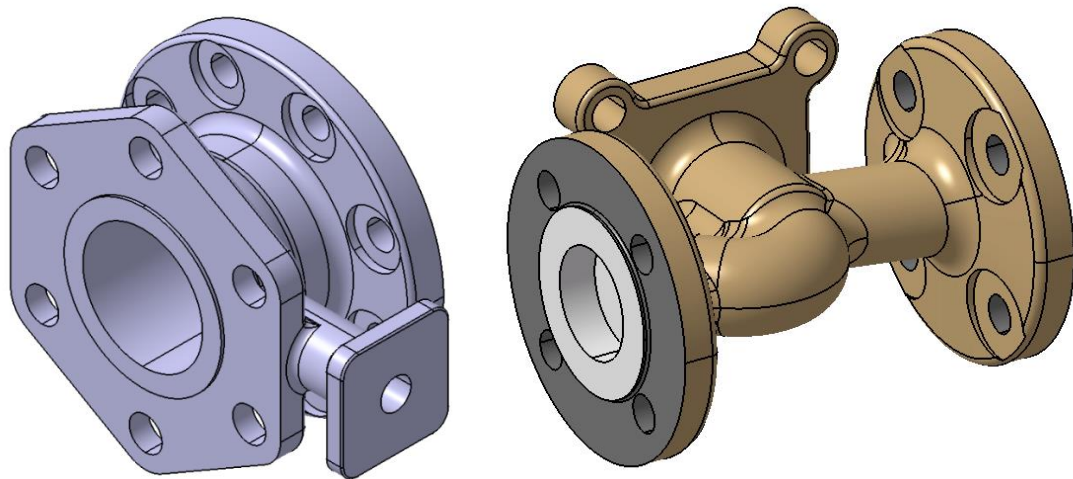


Рисунок 1.3 – Приклад фланців трубопроводів.

Тому актуальним є питання розробки комбінованого різального інструменту, який забезпечував би комбіновану обробку отворів і прилеглих до них торців зі сторони протилежної шпинделю верстата за один установ деталі на столі верстата. Аналог оброблюваної в такий спосіб деталі представлено на рисунку 1.2.



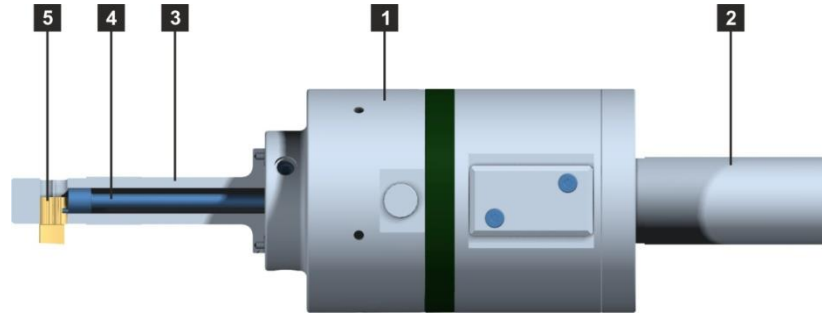
Рисунок 1.2 – Приклад обробки поверхні, яка знаходиться з протилежного боку від шпинделя верстата

Літературний огляд з даного питання показав, що на сьогоднішній день існує кілька конструкцій інструментів які дозволяють виконати зворотне цекування отворів без переустановки деталі. Таким чином інструменти дозволять економити час на обробку деталі.

1.2 Аналіз конструкцій-аналогів

1.2.1 Інструмент фірми SOLO

Інструмент SOLO дозволяє виконувати переднє і заднє розточування отворів і задню точну цековку наскрізних отворів з позитивним контролем в одній операції без необхідності повороту оброблюваної деталі. Лезо витягується і втягується радіально під дією відцентрової сили. Інструмент SOLO відрізняється простотою використання і високою виробничою надійністю. Конструкція інструмента SOLO представлена на рисунку 1.4.



1 - Головка інструменту; 2 - Хвостовик; 3 - Корпус леза;
4 - Управління лезом; 5 - Лезо

Рисунок 1.4 - Конструкція інструменту Solo

Переваги :

- Автоматичне переднє і заднє або тільки заднє точіння без необхідності повертати оброблювану деталь (з тієї ж сторони, що й оригінальне свердління).
- Висока надійність і продуктивність процесу завдяки оптимальній специфікації для задоволення конкретних потреб клієнтів.
- Надзвичайно міцна система інструментів, здатна обробляти від м'яких до важкооброблюваних матеріалів, навіть з дуже переривчастим різанням.
- Змінні твердосплавні леза з ручною геометрією різання і покриттями.
- Може бути негайно використаний на будь-якому верстаті, не вимагаючи додаткового оснащення або іншого з'єднання з верстатом.

1.2.2 Інструмент Flipcut

Інструмент Flipcut призначений для виконання зворотного цекування або зворотного зенкування за один установ. При правому обертанні лезо розкладається, дозволяючи зробити зворотнє цекування або зворотнє зенкування. При лівому

обертанні під дією відцентрової сили лезо складається. Коли лезо повністю складено, то інструмент може бути легко виведений з отвору.

Інструмент Flircut можливо використовувати на всіх типах верстатів і в будь-яких умовах експлуатації. Інструменти з діаметром від 8,00 мм мають внутрішній канал для центрального підведення MOP.

Леза Flircut мають напайні ріжучі кромки з твердого сплаву. Сталева основа поглинає удари.

Твердосплавна ріжучакромка леза Flircut здійснює відведення тепла, забезпечуючи високу якість обробки.

- Лезо розкривається для виконання зворотнього цекування або зворотнього зенкування. Для вилучення інструменту з отвору ріжуча пластина складається. Інструмент може також використовуватися для фронтального зенкування. При цьому міняти положення заготовки не потрібно.

- Праве обертання призводить до розкладання леза, ліве обертання (реверс шпинделя) використовується для складання леза.

- Складання леза здійснюється під дією відцентрової сили за рахунок ексцентриситету центрмасс леза.

- Лезо має напайні твердосплавні ріжучі кромки. Жорстка опора леза забезпечує високу точність.

- Лезо і оправка призначені для обробки жорстких деталей, а також розраховані на тривалий термін служби.

- Ухил ріжучої кромки забезпечує оптимальний відведення стружки від відправки.

- Стандартні інструменти метричного виконання виробляються з кроком 0,5 мм, допустимий діапазон інструментів від 7,00 до 10,00 мм, а також з кроком 1 мм в діапазоні від 10,00 до 34,00 мм.

- Стандартні леза: для прямого і зворотнього зенкування для прямого зенкування і зворотного цекування.

Зовнішній вигляд робочої частини інструменту Flircut представлений на рисунку 1.5.



а) з розкладеним лезом б) зі складеними лезом

Рисунок 1.5. – Робоча частина інструменту Flircut

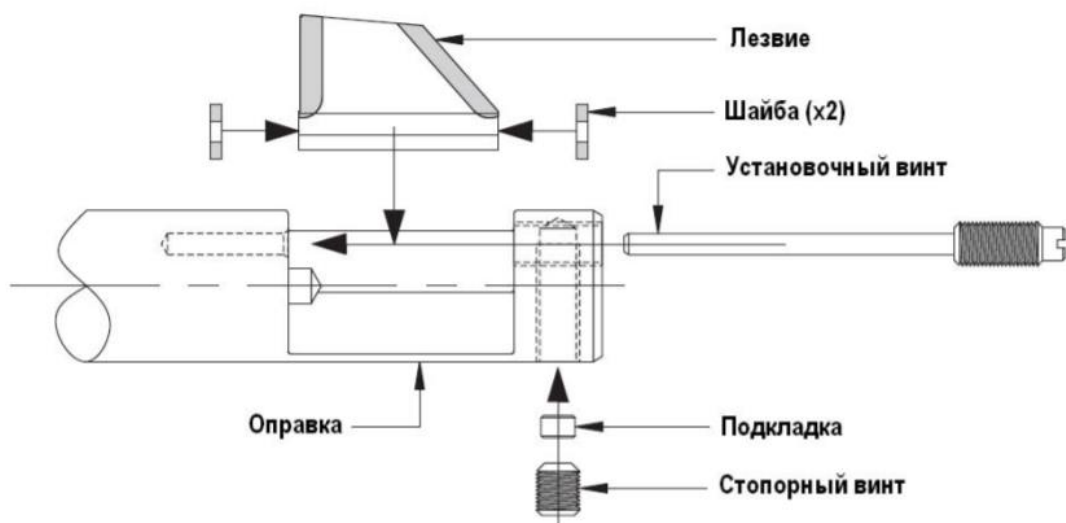


Рисунок 1.6. – Складові деталі інструменту Flircut

1.2.3 Інструмент BSF

Доволі проста концепція інструменту BSF дозволяє йому виконувати зворотню обробку отвору за одну операцію без повороту заготовки. Ефективність виробництва відрізняється простотою і високою технологічністю. При запуску шпинделя з рекомендованою швидкістю активації, лезо повертається в робоче положення. Контроль процесу закривання леза здійснюється за допомогою тиску охолоджуючої рідини.

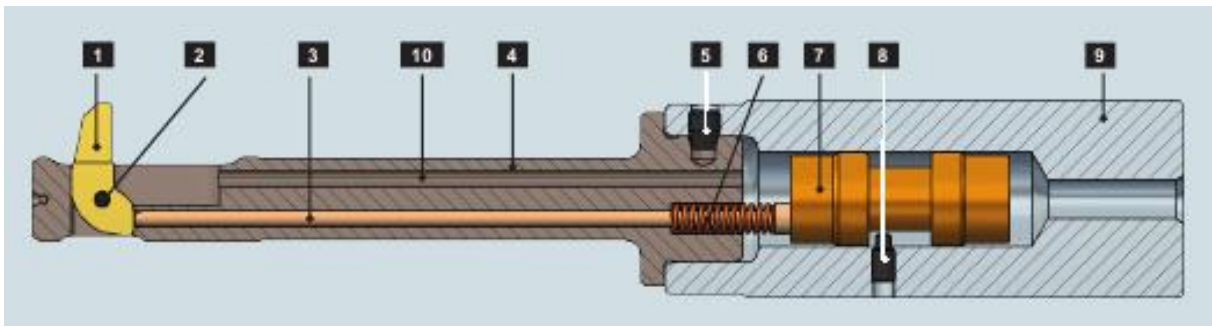
Переваги:

- Інструмент BSF спеціально розроблений для автоматичної роботи і відразу готовий до роботи.
 - Він працює без пристрою проти обертання, зміни напрямку повороту або будь-яких додаткових пристосувань верстата.
 - Простий механізм повороту в поєднанні з внутрішньою системою тиску охолоджуючої рідини забезпечує високу продуктивність інструменту.
 - Всі компоненти інструменту і леза легко замінюються.
- Інструмент працює вертикально і горизонтально.

- Стандартний діапазон з кроком 0,5 мм від діаметра отвору від 6,5 мм до 21,0 мм. Доступні леза всіх розмірів з різними покриттями в твердосплавних якості.

Зовнішній вигляд інструменту BSF представлений на рисунку 1.6.

Проаналізувавши знайдені конструкції інструментів-аналогів можна виділити їх конструктивні особливості, можливі області застосування, діапазони оброблюваних отворів тощо. Результати порівняння основних характеристик наведених інструментів зведено до таблиці 1.1.



- 1 - Ріжуча пластина; 2 - Шплінт; 3 - Шток управління; 4 – Оправка;
 5 - Кріпильний гвинт; 6 – Пружина; 7 – Поршень;
 8 - Гвинт регулювання поршневої системи; 9 - Хвостовик інструменту
 10 - Канал подачі МОР через інструмент

Рисунок 1.6 – Інструмент BSF

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика інструментів-аналогів

| Інструмент характеристика | Solo | Flipcut | BSF |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Діапазон обробки | 6...49/9...62 | 7...34/10,5...67 | 6,5...21/9,5...49 |
| Форма ріжучої пластини | Спеціальна твердосплавна | Спеціальна твердосплавна | Спеціальна твердосплавна |
| Заміна пластини | Автоматизована | Механічна | Механічна |
| Закріплення в шпинделі | Цанговий патрон | Цанговий патрон | Цанговий патрон |
| Подвод МОР | Зовнішній | Зовнішній | Через корпус інструмента |
| Реверс при роботі | Потребує | Потребує | Не має потреби |
| Складність конструкції | Складна, габаритна | Проста | Середня |

1.3 Вибір конструкції-прототипу

Проаналізувавши три аналога інструментів, в якості конструкції прототипа я вибрав інструмент BSF.

Переваги цековки BSF:

- реверс при роботі не потрібен;
- подача МОР через корпус інструмента;
- невеликі габарити;
- середня складність конструкції.

Дана конструкція надійніша і практичніша, ніж інші дві. А відсутність необхідності реверса і подача МОР через корпус інструмента роблять використання цього інструмента зручним для оператора.

2. ПРОЕКТУВАННЯ ЗВОРОТНЬОЇ ЦЕКОВКИ

2.1 Вихідні дані для проектування

Одним з найбільш поширених при спорудженні трубопроводів різного призначення, їх елементів, установки різної трубопровідної, в тому числі і запірної арматури, є фланцеве з'єднання. Воно надійно, герметично і технологічно в монтажі.

Деталь "Фланець" - сталева лита корпусна деталь, з центральним отвором для проходження по трубопроводу рідини або газу, з рівномірно розташованими по периметру отворами під кріплення нарізного сполучення.

Фланець також забезпечує легкий доступ до труби для її очищення, перевірки або модифікації.

Річна програма виготовлення деталей - 5000 штук. Маса деталі 12 кг.

Матеріал деталі – Сталь 20Л (замінники 25Л, 30Л)

Клас: Сталь для відливок звичайна

Вид поставки: відливки ГОСТ 977-88

Використання в промисловості: шаботы, арматура, фасонні відливки деталей загального машинобудування, деталі зварно-литих конструкцій та інші деталі, які працюють при температурі від - 40 до + 450 °С.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 20Л

| C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Cu | Fe |
|----------------|---------------|---------------|--------|-------------|------------|--------|--------|------|
| 0,17 - 0,25 | 0,2 - 0,52 | 0,35 - 0,9 | до 0,3 | до 0,045 | до 0,04 | до 0,3 | до 0,3 | ~ 99 |

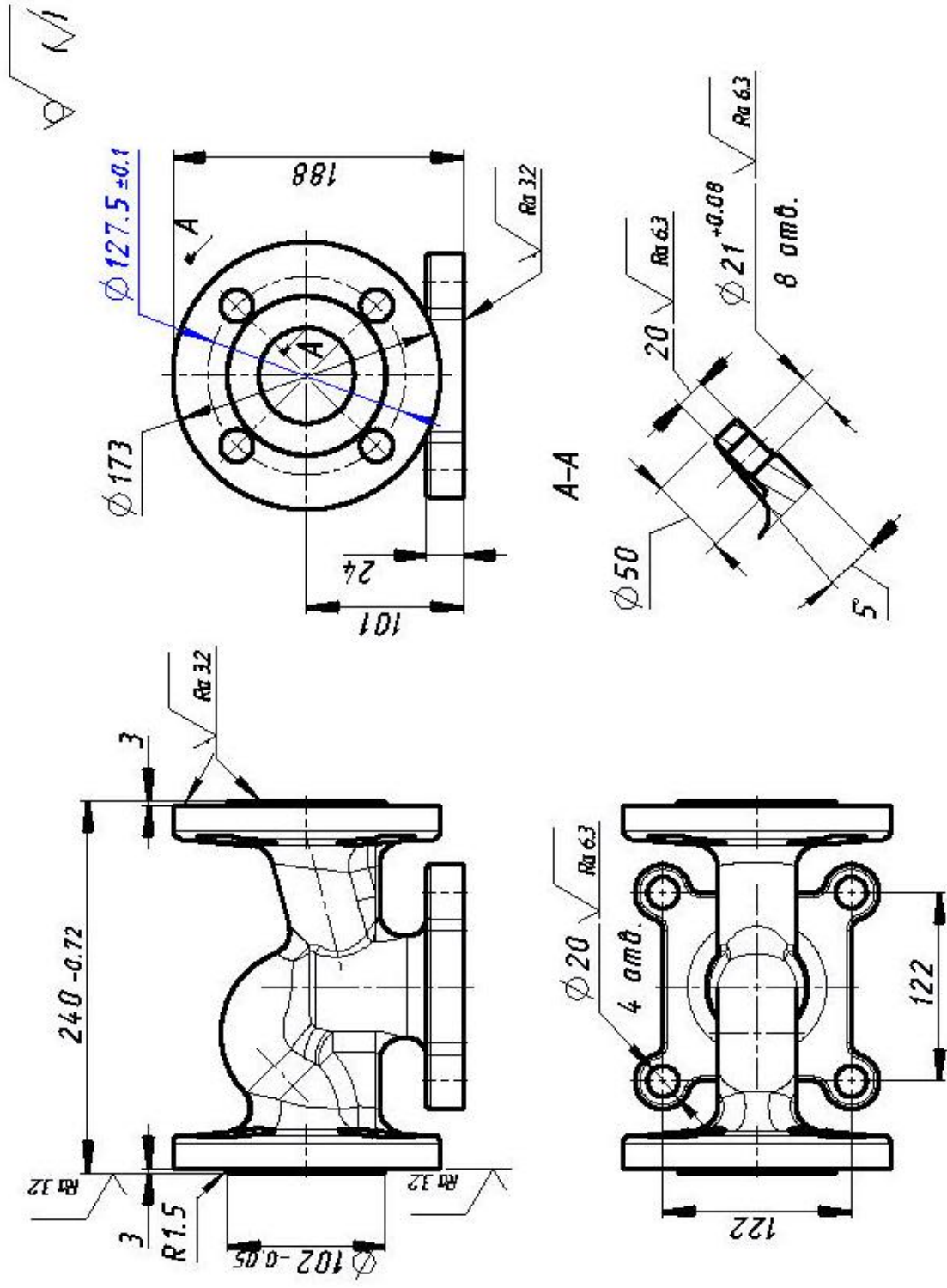


Рисунок 2.1. – Ескіз деталі Фланець

Основні фізичні властивості сталі 20Л:

Питома вага: 7826 кг / м³

Термообробка: Нормалізація 880 - 900°C, Отпуск 630 - 650°C.

Зварюваність матеріалу: без обмежень.

Оброблюваність різанням: в отожженому стані при HB 121-126 и $\sigma_B=390$ МПа, $Kv_{тв.спл}=1,5$ и $Kv_{б.ст}=1,35$

Схильність до відпускнуї крихкості: не склонна.

Температура початку затвердіння, °C: 1512-1521.

Лінійна усадка, %: 2.2 - 2.3.

2.2 Вибір інструментального матеріалу

Вид обробки поверхні заданої деталі – напівчистове свердління та цекування. Для свердлильної на фрезерної обробки деталей із сталі у джерелі [14] та [15] пропонуються для використання тверді сплави марок Т14К8, Т15К6, Т30К4 по ГОСТ 3882-74. Серед рекомендованих сплав Т15К6 має оптимальні міцність та зносостійкість. Для підвищення зносостійкості пластинку можна покрити шаром карбиду титану, або нітриду титану шляхом осадження газового середовища. Таким чином поверхневий шар отримує більшу твердість, а тому й зносостійкість.

Властивості матеріалу Т15К6:

Межа міцності при вигині 1421Н/мм²;

Щільність 12.5 – 13.1 г/см³;

Твердість HRA не менше 88.5.

Проектний інструмент (корпус і оправку) можна виготовити зі сталей 45, 40Х, 18ХГТ.

Для корпусу, як і для оправки, комбінованої цековки обираємо сталь 40Х. Така сталь дещо дорожча за сталь 45, проте має переваги щодо механічних

властивостей. Сталь 18ХГТ має ще більш високу твердість, погану зварюваність, але вона краща для корпусів блоків, в яких закріплюються різці, і до яких виносяться вимоги щодо податливості в межах допустимих значень, та при важких режимах обробки, але вона дорожча.

Клас: Сталь конструкційна легована.

Використання в промисловості: осі, вали, вал-шестерні, плунжери, штоки, колінчаті і кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправки, рейки, губчасті вінці, болти, півосі, втулки та інші покращувані деталі підвищеної міцності.

Таблиця 2.2. Хімічний склад сталі 40Х

| C | Si | Mn | Ni | S | P | Cr | Cu | Fe |
|----------------|----------------|--------------|--------|-------------|-------------|--------------|--------|------|
| 0,36 - 0,44 | 0,17 - 0,37 | 0,5 - 0,8 | до 0,3 | до 0,035 | до 0,035 | 0,8 - 1,1 | до 0,3 | ~ 99 |

Деякі фізичні властивості Сталі 40Х:

Питома вага: 7820 кг / м^3

Твердість матеріалу: $\text{HB}_{10^{-1}} = 217 \text{ Мпа}$

Температура критичних точок: $A_{c1} = 743$, $A_{c3}(A_{cm}) = 815$, $A_{r3}(A_{rcm}) = 730$,
 $A_{r1} = 693$

Флокеночутливість: чутлива

Зварюваність: труднозвана. Способи зварювання: РДС, ЕШС, необхідні підігрів і подальша термообробка. КТС - необхідна подальша ермообробка.

Різанням: в гарячекатаному стані при $\text{HB } 163-168$ і $\sigma_{\text{в}} = 610 \text{ МПа}$, $K_{\text{v, тв. спл}} = 1,2$ і $K_{\text{v, б.ст}} = 0,95$

Температура кування, ° С: початку 1250, кінця 800. Перетини до 350 мм охолоджуються на повітрі.

Схильність до відпускнуї крихкості: схильна

2.3 Розрахунок режимів різання

2.3.1 Розсвердлювання отвору $\varnothing 21$

Глибина різання дорівнює загальному припуску на обробку:

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{21-18}{2} = 1,5\text{мм} \quad (2.1)$$

Призначення подачі [14, с.277 т.25] для чистової обробки: $S = 0,25$ мм / об

Призначаємо період стійкості свердла $T = 60$ хв.

Швидкість різання розраховуємо за формулою:

$$V_P = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_V, \quad (2.2)$$

Таблиця 2.3 – Значення показників ступенів в формулі [14 с.279 т.29]

| Показник | C_V | x | y | m | q |
|----------|-------|-----|-----|-----|-----|
| Значення | 16.2 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,4 |

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} \cdot K_{IV}, \quad (2.3)$$

$$\text{де, } K_{MV} = \frac{750}{\sigma_B} = \frac{750}{660} = 1,14$$

Таблиця 2.4 – Значення поправочних коефіцієнтів

| Показник | $K_{ПВ}$ | $K_{ИВ}$ | K_{IV} | K_V |
|----------|----------|----------|----------|-------|
| Значення | 1 | 1 | 1 | 1,14 |

$$V_{\text{розр}} = \frac{16.2 \cdot 21^{0.4}}{60^{0.2} \cdot 1.5^{0.2} \cdot 0.25^{0.5}} \cdot 1,14 = 50.75 \text{ м / хв.}$$

Визначення числа обертів шпинделя верстата

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ об / хв}, \quad (2.4)$$

$$n_{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot 50.75}{3.14 \cdot 21} = 769,63 \text{ об / хв}$$

Коригуємо вибрані числа оборотів за паспортом верстата

$$n_{\text{чист}} = 760 \text{ об / хв}$$

Визначення дійсної швидкості різання.

$$V_D = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{ст}}}{1000}, \text{ м / хв} \quad (2.5)$$

$$V_D = \frac{3.14 \cdot 21 \cdot 760}{1000} = 50,11 \text{ м / хв}$$

Визначення осьової сили різання.

$$P_0 = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_{MP}, \quad (2.6)$$

де, $C_P = 67$, $x_P = 1,2$, $y_P = 0,65$, [14 с.281 т.32]

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_p} = \left(\frac{660}{750} \right)^{0,75} = 0,9$$

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 1.5^{1,2} \cdot 0,25^{0,65} \cdot 0,9 = 398,3 \text{ Н}$$

Визначення моменту різання.

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_{MP}, \quad (2.6)$$

Таблиця 2.3 – Значення показників ступенів в формулі [14 с.281 т.32]

| Показник | C_M | x | y | q |
|----------|-------|-----|-----|-----|
| Значення | 0,09 | 0,9 | 0,8 | 1 |

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{np} = \left(\frac{660}{750} \right)^{0,75} = 0,9$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 21^1 \cdot 1,5^{0,9} \cdot 0,25^{0,8} \cdot 0,9 = 8,1 \text{ Нм}$$

Визначення потужності різання:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \text{ кВт} \quad (2.7)$$

$$N_{\text{чист}} = \frac{8,1 \cdot 760}{9750} = 0,63 \text{ кВт}$$

Т.ч. потужність різання менше потужності на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta = 7 \cdot 0,85 = 5,95 \text{ кВт} \quad (2.8)$$

Визначення дійсної стійкості інструменту

$$T_d = T \cdot \left(\frac{V}{V_d} \right)^{\frac{1}{m}}, \text{ хв} \quad (2.9)$$

$$T_d = 60 \cdot \left(\frac{50,75}{50,11} \right)^{\frac{1}{0,2}} = 63,93 \text{ хв}$$

Визначення машинного часу

$$t_{\text{маш}} = \frac{l+l_{\text{вр}}+l_{\text{пер}}}{n \cdot S}, \text{ хв} \quad (2.10)$$

$$t_{\text{маш чист}} = \frac{10+2}{760 \cdot 0,25} = 0,063 \text{ хв}$$

2.3.2 Зворотнє цекування $\varnothing 49$

Глибина різання відповідає загальному припуску на обробку:

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{49-21}{2} = 14 \text{ мм}$$

Подача для чистової обробки: $S = 0,25$ мм / об [14 с.268 т.14]

Періоду стійкості цековки приймаємо $T = 60$ хв.

Швидкість різання розраховуємо за формулою:

$$V_P = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_V, \quad (2.11)$$

де

Таблиця 2.4 – Значення показників ступенів в формулі [14 с.269 т.17]

| Показник | C_V | x | y | m |
|----------|-------|------|-----|-----|
| Значення | 420 | 0,15 | 0,2 | 0,2 |

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} \cdot K_{\varphi V} \cdot K_{\varphi_{1V}} \cdot K_{rV}, \quad (2.12)$$

де $K_{MV} = \frac{750}{\sigma_B} = \frac{750}{660} = 1,14$

Таблиця 2.5 – Значення поправочних коефіцієнтів

| Показник | $K_{ПV}$ | $K_{ИV}$ | $K_{\varphi V}$ | $K_{\varphi_{1V}}$ | K_{rV} | K_V |
|----------|----------|----------|-----------------|--------------------|----------|-------|
| Значення | 1 | 1 | 0,7 | 1 | 0,94 | 0,75 |

$$V_{\text{цек}} = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 14^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,75 = 123,36 \text{ м / хв.}$$

Визначення числа обертів шпинделя верстата за формулою (2.4)

$$n_{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot 123,36}{3,14 \cdot 49} = 801,77 \text{ об / хв}$$

Коригуємо вибрані числа оборотів за паспортом верстата

$$n_{\text{чист}} = 800 \text{ об / хв}$$

Визначення дійсної швидкості різання за формулою (2.5).

$$V_{\text{д}} = \frac{3,14 \cdot 49 \cdot 800}{1000} = 123,08 \text{ м / хв}$$

Визначення тангенціальної складової сили різання.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{Pz}, \quad (2.13)$$

де, $C_{Pz} = 300$, $x_{Pz} = 1$, $y_{Pz} = 0,75$, $n_{Pz} = -0,15$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P}, \quad (2.14)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_p} = \left(\frac{660}{750} \right)^{0,75} = 0,9$$

Таблиця 2.6 – Значення поправочних коефіцієнтів

| Показник | $K_{\varphi P}$ | $K_{\gamma P}$ | $K_{\lambda P}$ | K_p |
|----------|-----------------|----------------|-----------------|-------|
| Значення | 0,89 | 1 | 1 | 0,8 |

$$P_{\text{зцек}} = 10 \cdot 300 \cdot 14^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 123,08^{-0,15} \cdot 0,8 = 2734,8 \text{ Н}$$

Визначення потужності різання.

$$N = \frac{P_z \cdot V_d}{60000}, \text{ кВт} \quad (2.15)$$

$$N_{\text{чист}} = \frac{2734,8 \cdot 123,08}{1020 \cdot 60} = 5,5 \text{ кВт}$$

Т.ч. потужність різання менше потужності на шпинделі верстата:

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta = 7 \cdot 0,85 = 5,95 \text{ кВт}$$

Визначення дійсної стійкості інструменту за формулою (2.9)

$$T_{\text{Дчист}} = 60 \cdot \left(\frac{123,36}{123,08} \right)^{\frac{1}{0,2}} = 60,69 \text{ хв}$$

Визначення машинного часу за формулою (2.10)

$$t_{\text{маш чист}} = \frac{5+0+0}{800 \cdot 0,25} = 0,025 \text{ хв}$$

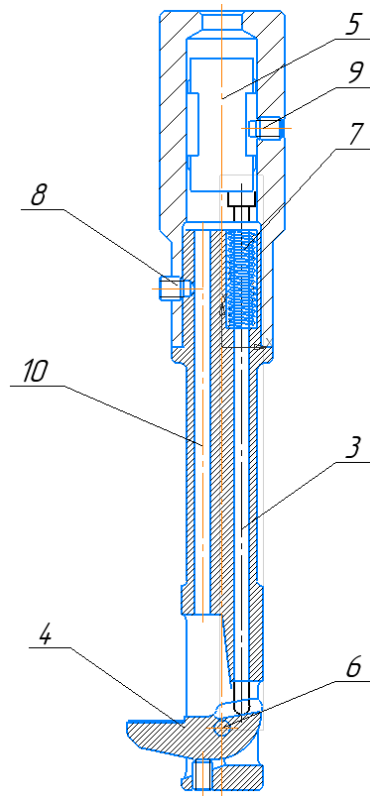
2.4 Опис конструкції інструменту для для комбінованої обробки отворів в корпусних деталях

Після аналізу переваг і недоліків різних типів зворотніх цековок в якості прототипа для проєктованого інструмента було обрано конструкцію інструменту BSF. Він дозволяє виконувати операції зворотного цекування або розточування за 1 прохід без переустановки заготовки. Цей інструмент, відрізняється простотою, технологічністю, легкістю у використанні. Крім того він перспективний з точки зору модернізації і розширення технологічних можливостей.

На базі інструменту BSF в проекті нами розроблено дві різні модифікації зворотніх цековок. Перша - зворотня цековка з регулюванням кута цекування, друга – комбінована зворотня цековка з можливістю роцсвердлювання отвору.

2.4.1 Зворотня цековка з регулюванням кута цекування

Ескіз зворотньої цековки з регулюванням кута цекування представлено на рисунку 2.2. Ріжуча пластина розкладається в робоче положення завдяки обертанню шпинделя. Складання пластини управляється за рахунок тиску МОР через шпиндель верстата. На рисунку 2.2 показаний вид у розрізі зворотньої цековки.



1 - хвостовик інструменту; 2 – оправка; 3 – шток;

4 - ріжуча пластина; 5 – поршень; 6 - вісь (гвинт); 7 – пружина;

8 - кріпильний гвинт; 9 - регулювальний гвинт поршня;

10- канал подачі МОР; 11 - регулювальний гвинт ріжучої пластини.

Рисунок 2.2 – Ескіз зворотньої цековки з регулюванням кута цекування.

В порівнянні з прототипом конструкцію цековки, було модернізовано і зроблено її більш функціональною і практичною. В конструкції прототипа ріжуча пластина поверталась в робоче положення під кутом 90° . В розробленій конструкції для можливості регулювання кута цекування в межах $120^\circ \dots 90^\circ$ в нижній торець вкручено потайний гвинт. Була змінена конструкція поршня, для більш зручної подачі МОР, так само була змінена конструкція леза.

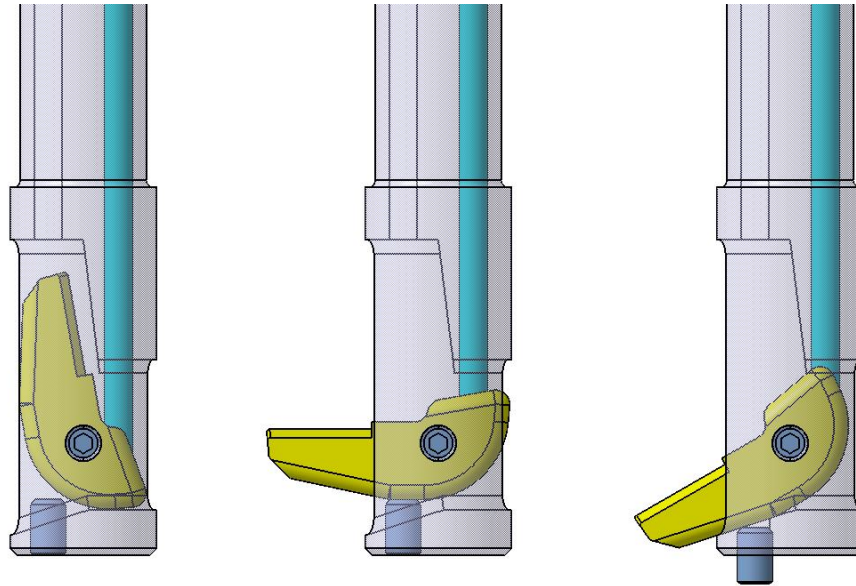


Рисунок 2.3 – Регулювання кута цекування

Розроблена спеціальна конструкція змінного ріжучого елемента, який виготовляється з твердого сплаву Т15К6 методом спікання. Основні розміри і геометрія змінної пластини представлені на рисунку 2.4.

Обрані передній $\gamma=7^\circ$ і задній $\alpha=7^\circ$ кути відповідають рекомендаціям [14] як кути ріжучих елементів твёрдосплавного різця при обробці сталевих заготовок.

В проекті розроблено складальне креслення інструменту, та робочі креслення всіх вхідних деталей.

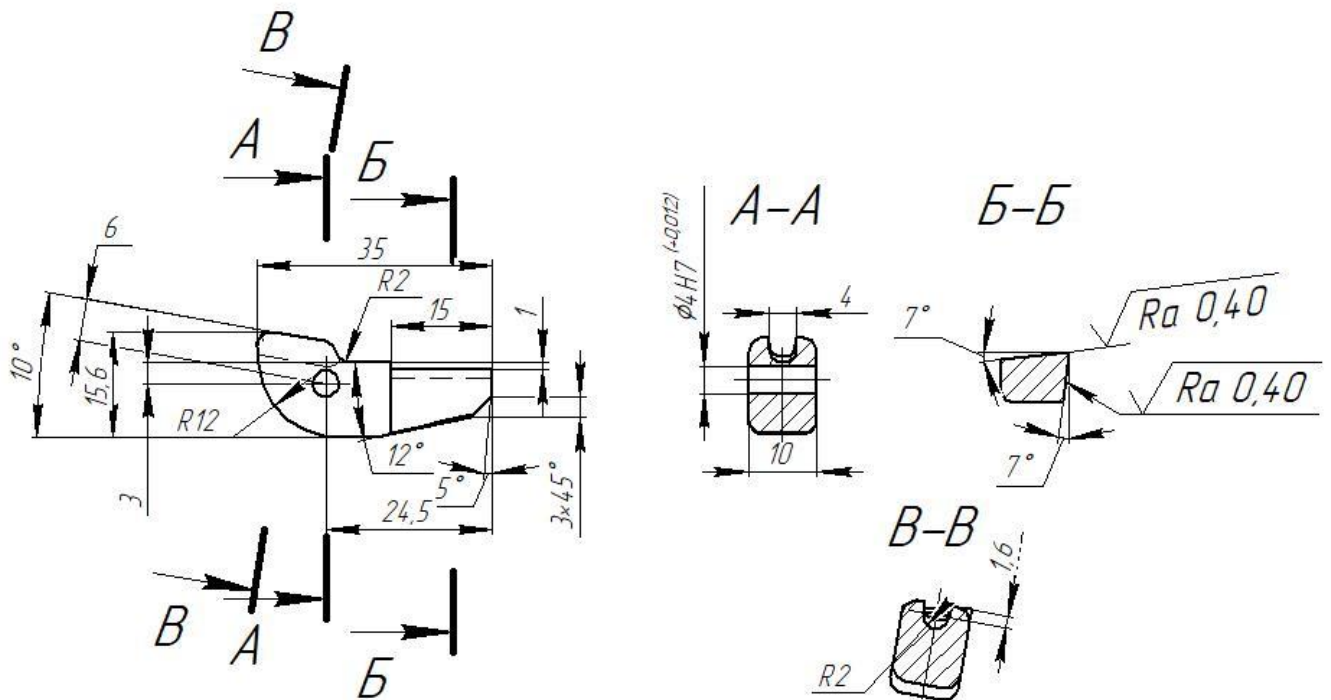


Рисунок 2.4 – Ескіз змінної пластини зворотньої цековки

Особливістю роботи даного інструменту є те, що розкриття ріжучого елемента проходить під час обертання під дією відцентрових сил. А для того, щоб розмістити цековку в оброблюваному отворі необхідно закрити лезо. Для цього в момент коли інструмент не обертається необхідно включити подачу МОР через інструмент. Під тиском рідини поршень змістить шток. Шток натисне на задню частину зуба і поверне його, закривши в оправці.

З огляду на необхідність контролю комбінації періодів обертання інструмента з подачою МОР через корпус інструмента для керування відкриванням і закриванням ріжучого елемента, рекомендовано використовувати цю модель зворотньої цековки на верстатах з ЧПУ. Через те, що автоматизація процесів керування інструментом в даному випадку буде забезпечуватись програмно, майже без втручання оператора в процес.

2.4.2 Комбіноване свердло-зворотня цековка

Для забезпечення можливості об'єднання свердильних операцій технологічного процесу обробки деталі «Фланець» було розроблено модифікацію зворотньої цековки з використанням спеціальної свердильної коронки.

Твердосплавна змінна свердильна пластина встановлюється в центральний отвір на торці оправки, іксується в пазу і затискається кріпильним гвинтом (рисунок 2.5)

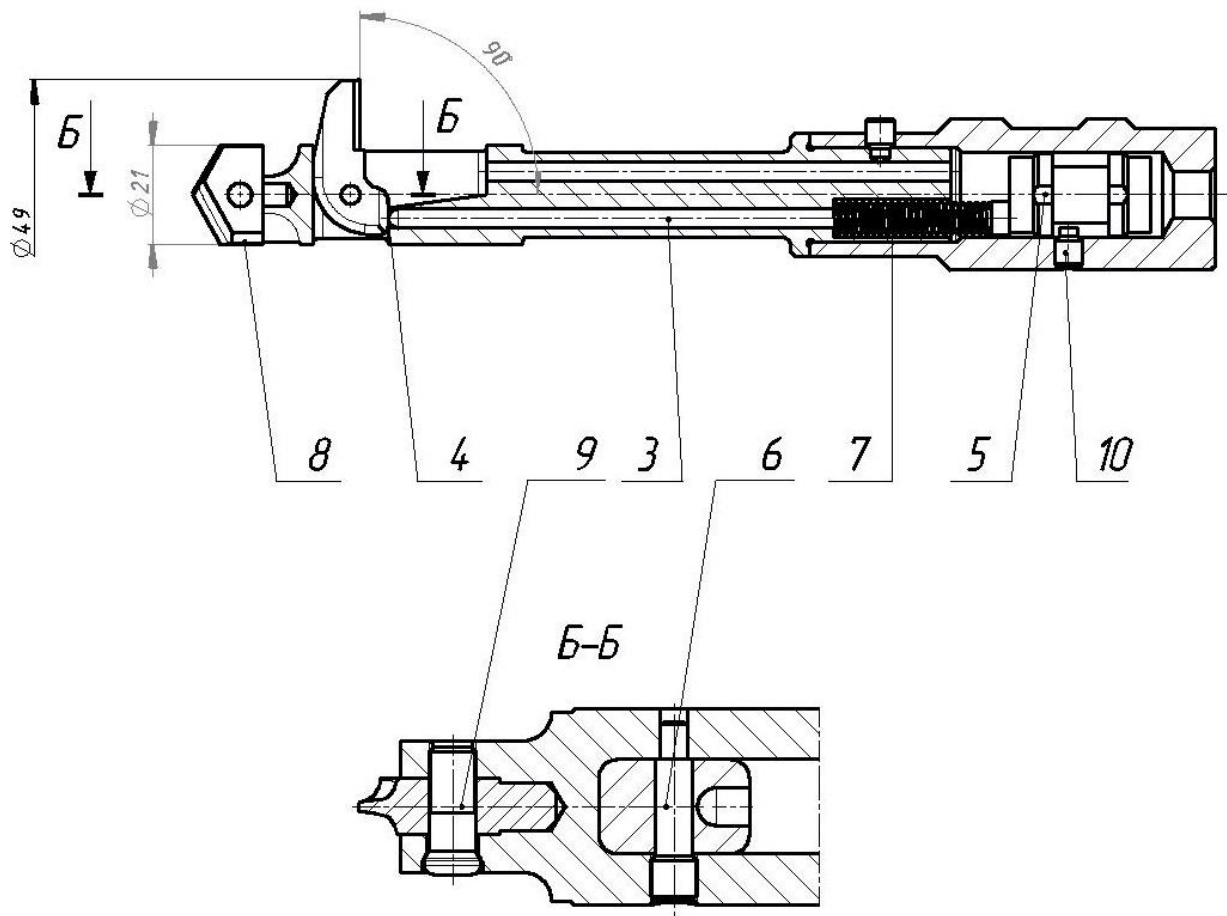


Рисунок 2.5 – Ескіз комбінованого інструменту

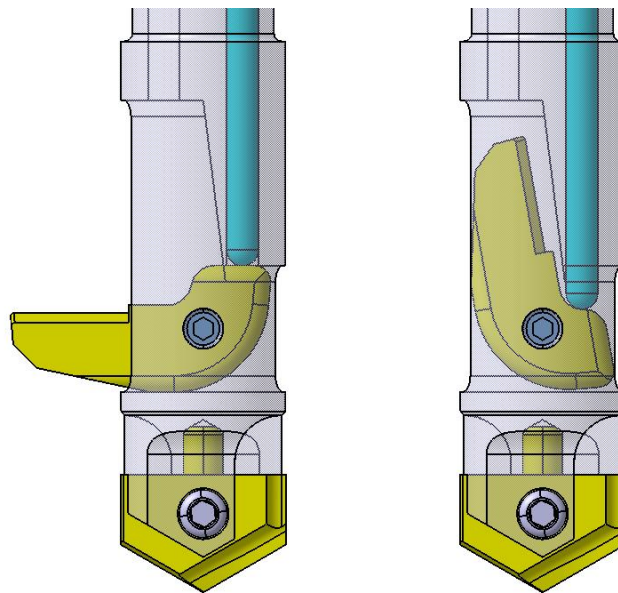


Рисунок 2.5 – положення ріжучих елементів комбінованого інструменту

Принцип роботи комбінованого свердла-цековки аналогічний описаному вище. Різниця полягатиме в тому, що ввід інструмента в оброблюваний отвір буде проходити на робочій подачі розсвердлювання з подачою MOP.

Таким чином один робочий хід інструмента може з'єднати два технологічних переходи – розсвердлювання і зворотнє цекування. Це допоможе скоротити допоміжний час на операцію.

3. ПРОЕКТУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ

3.1 Вибір технологічного обладнання

Для виконання комбінованої обробки деталі «Фланець» необхідно підібрати технологічне обладнання, яке б задовольняло наступним вимогам:

- можливість трьохкоординатної фрезерної обробки плоских поверхонь кінцевими фрезами;
- можливість програмованої свердлильної обробки отворів різного діаметру та довжини;
- можливість відносно швидкої переналадки для обробки деталей іншого типу;
- можливість встановлення додаткового оснащення для розширення технологічних можливостей верстата.

Всім цим вимогам задовольняє свердлильно-фрезерно-розточний вертикальний верстат моделі 400V.

Верстат свердлильно-фрезерно-розточний з числовим програмним управлінням (ЧПУ) і автоматичною зміною інструменту (АСД) класу точності Н призначений для багатоопераційної обробки різноманітних деталей складної конфігурації зі сталі, чавуну, кольорових і легких сплавів.

Крім фрезерних операцій на верстаті можна робити точне свердління, зенкування, розгортання і розточування отворів, пов'язаних координатами.

На верстаті може здійснюватися свердління, зенкування, розгортання отворів, нарізування різей мітчиками і фрезами, а також напівчистове і чистове прямолінійне і контурне фрезерування деталей, чистове розточування отворів. Верстат може бути застосований в області виробництва прес-форм і штампів, виготовлення моделей і для вирішення інших універсальних завдань.

Зовнішній вигляд верстата представлено на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1. – Свердильно-фрезерно-розточний верстат 400V

Верстат має широкі діапазони величин подач і частот обертання шпинделя, які повністю забезпечують вибір нормативних режимів різання для обробки заготовок з різних конструкційних матеріалів. На верстаті програмуються координатні переміщення свердильної головки (вісь Z), стола (вісь X), колони (вісь Y),

Верстат може бути використаний в дрібносерійному і серійному виробництвах різних галузей промисловості.

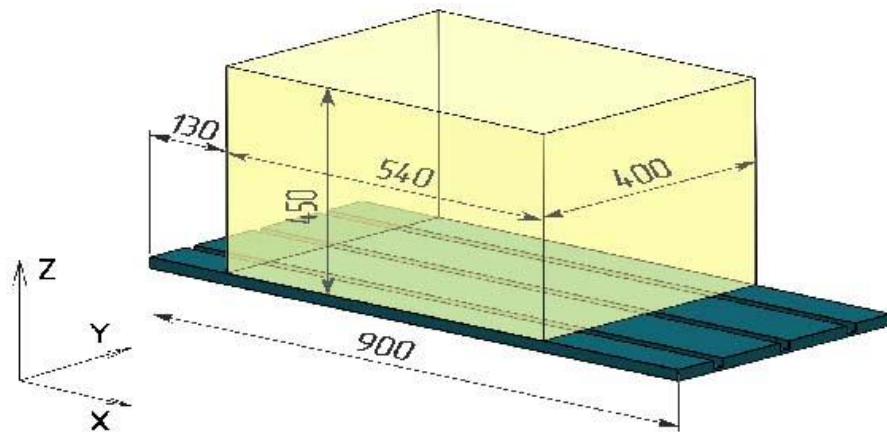
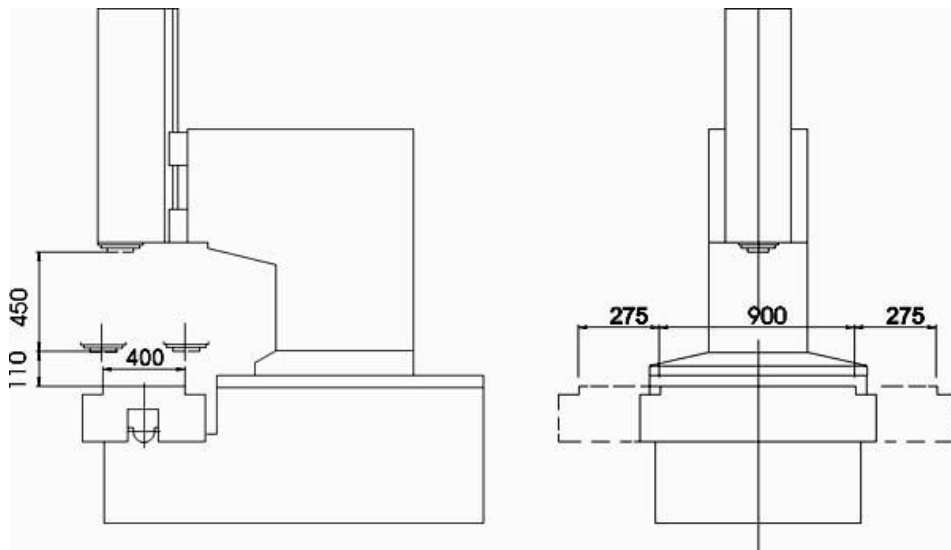


Рисунок 3.2 - Габаритні розміри робочого простору верстата 400V

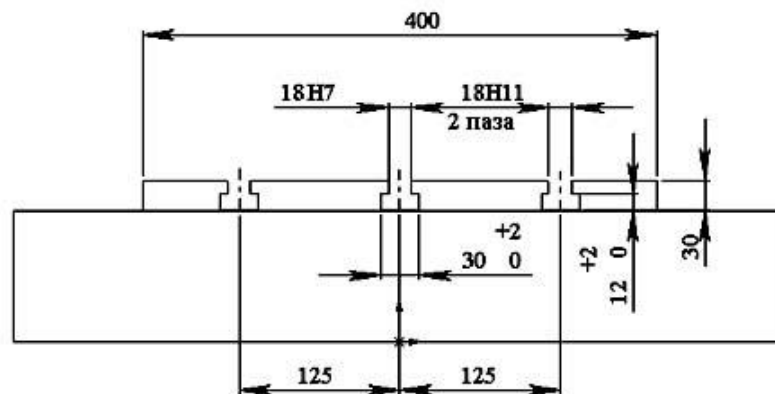


Рисунок 3.3 - Посадочні і приєднувальні розміри стола верстата 400V

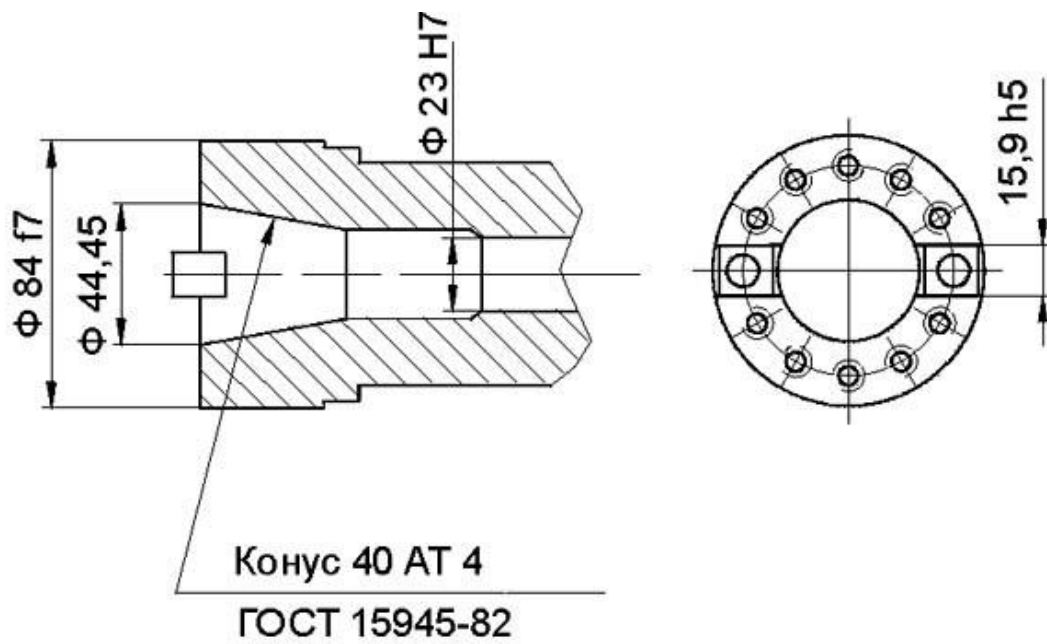


Рисунок 3.4 - Посадочні і приєднувальні розміри кінця шпинделя верстата 400V

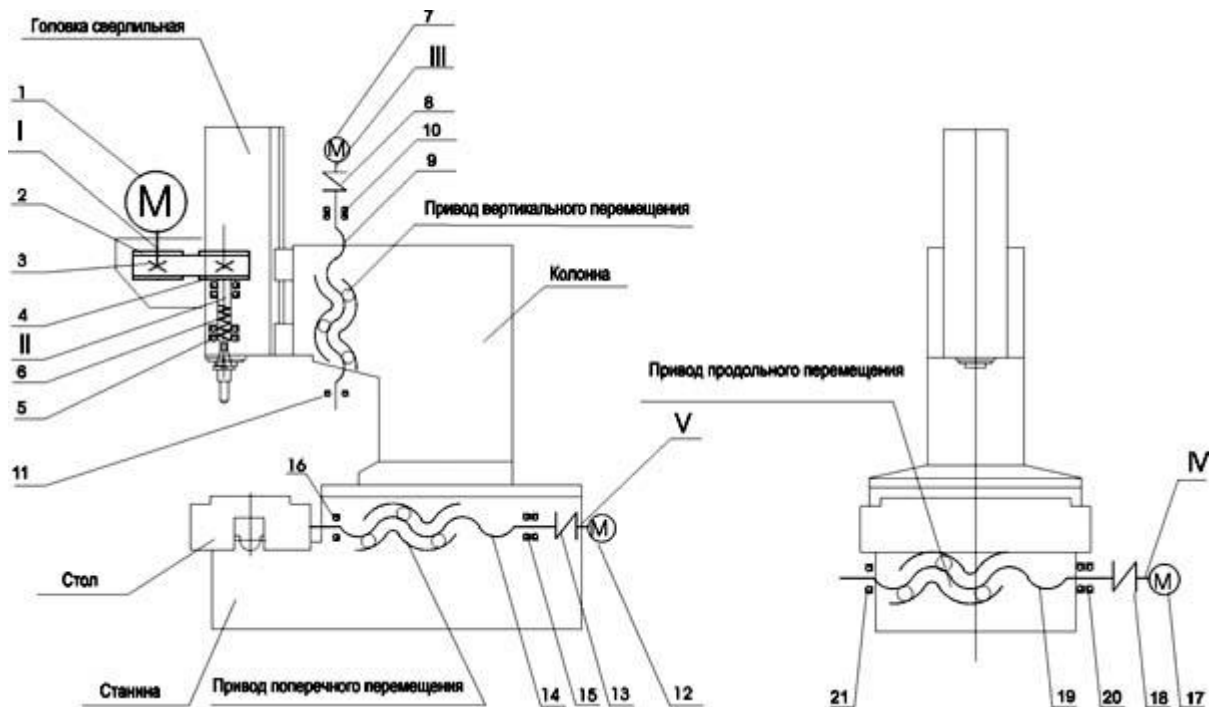


Рисунок 3.5 - Кінематична схема верстата

Основа верстата

Основа - база верстата, вузол, до складу якого входять: станина, стіл, колона (рисунок 3.4).

Станина являє собою литу жорстку конструкцію у формі коробки. По напрямних, закріплених на станині, переміщається колона, по ній вертикально переміщається свердлильна головка. За іншими напрямними станини переміщується стіл. Переміщення столу, колони і сверлильної головки здійснюється індивідуальними приводами з високомоментними електродвигунами постійного струму за допомогою гвинтових пар кочення. Гвинтові пари кріпляться в опорах і з'єднуються з двигунами через муфти, що компенсують несоосность гвинта і вала двигуна. Мащення напрямних осей X і Y здійснюється системою централізованого змащування, напрямні осі Z – вручну через прес-маслєнку.

Стіл призначений для установки і переміщення оброблюваної деталі. Привод столу забезпечує швидке переміщення, позиціонування в заданій координаті, а також робочу подачу виробу. Стіл також має відводи для видалення із зони різання стружки і відпрацьованої МОР.

Колона рухається по напрямних, закріплєнним на станині. Колона складається з верхньої і нижньої частин, з'єднаних між собою.

Привод лінійного переміщення - осі X, Y, Z

Приводи поздовжнього, поперечного і вертикального переміщення відповідно призначені для переміщення робочих органів верстата (рисунок 3.4).

Переміщення здійснюється високомоментним синхронним електродвигуном поз. 17, з'єднаним з кульковою гвинтовою передачею поз. 19 за допомогою розрізної муфти поз. 18. Гвинтові пари кріпляться в опорах поз. 20 і 21, встановлених на станині (привод X, Y). Рухомий орган (стіл - привод X, колона нижня - привід Y,) з'єднаний з гайкою кульково-гвинтової передачі.

Шпиндельна бабка.

Корпус шпindelної бабки являє собою литу деталь, в якій монтуються шпindelний вузол, механізм віджимання і обдування інструменту, електродвигун головного руху. На задній частині корпусу монтуються направляючі кочення переміщення по осі Z.

Обертання від електродвигуна поз.1 до шпинделя передається через шківи поз. 2, 4 і зубчастий ремінь поз. 3 з передавальним відношенням 1: 1.

Вузол шпинделя кріпиться в корпусі шпindelної бабки. У корпусі шпindelного вузла - стакані поз. 2 в високоточних радіально-упорних підшипниках поз. 5 обертається шпindel поз. 11.

На нижньому торці шпинделя розташовані дві шпонки, які служать для передачі крутного моменту на інструмент.

У середині шпинделя розташований механізм затиску інструменту, який складається з штока поз. 6 з набраними на ньому пакетом тарілчастих пружин, налаштованим на зусилля $5900 \pm 10\% \text{ Н}$.

Інструментальний магазин (рисунок 3.5) лінійний, на 20 інструментів; час зміни інструменту - 7 сек.

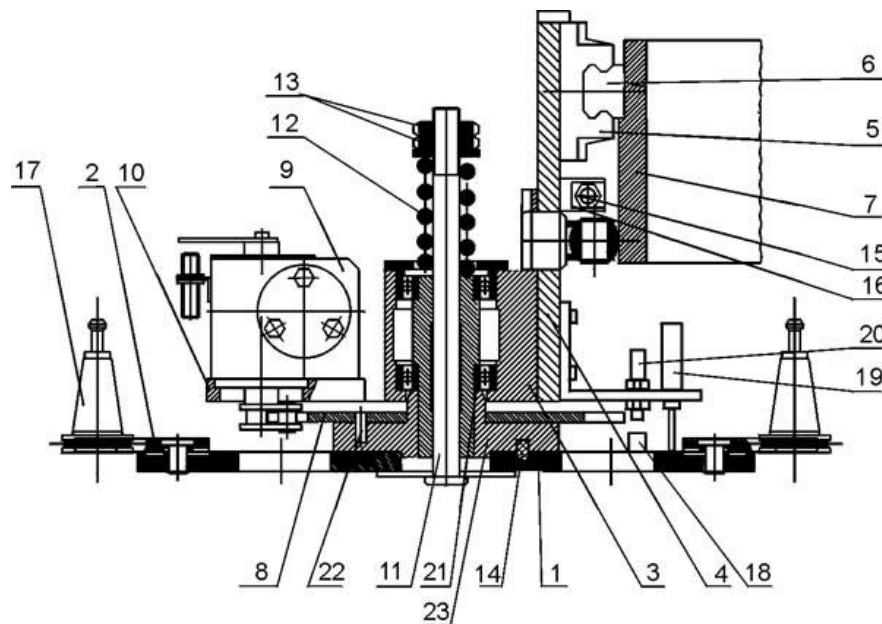


Рисунок 3.6 – Пристрій зміни інструменту верстата

Магазин відповідно до рисунку 3.5 кріпиться до плити кронштейном поз. 7. Він складається з диска поз. 1, на якому розташовані рівномірно 20 механізмів захоплення інструменту поз. 2. Диск підвішений на осі поз. 11 і зусиллям пружини поз. 12 притиснутий до маточини поз. 23, яка обертається разом з диском в підшипниках поз. 21. На маточині закріплений мальтійський хрест поз. 8. узел обертання диска зібраний в корпусі поз. 3, який кріпиться на несучої плиті поз. 4. На цій же плиті встановлений блок поз. 5 за допомогою ключового кочення поз. 6, яка в свою чергу закріплена на кронштейні поз. 7. Привід диска здійснюється від електродвигуна, встановленого на корпусі редуктора поз. 9.

Привід диска лінійного магазину відповідно до малюнком 6.9 являє собою черв'ячний редуктор з передавальним відношенням 1:40, на вихідному валу поз. 11 якого встановлено пелюстка поз. 13 управління безконтактним датчиком рахунку позицій і поводок мальтійського механізму поз. 12.

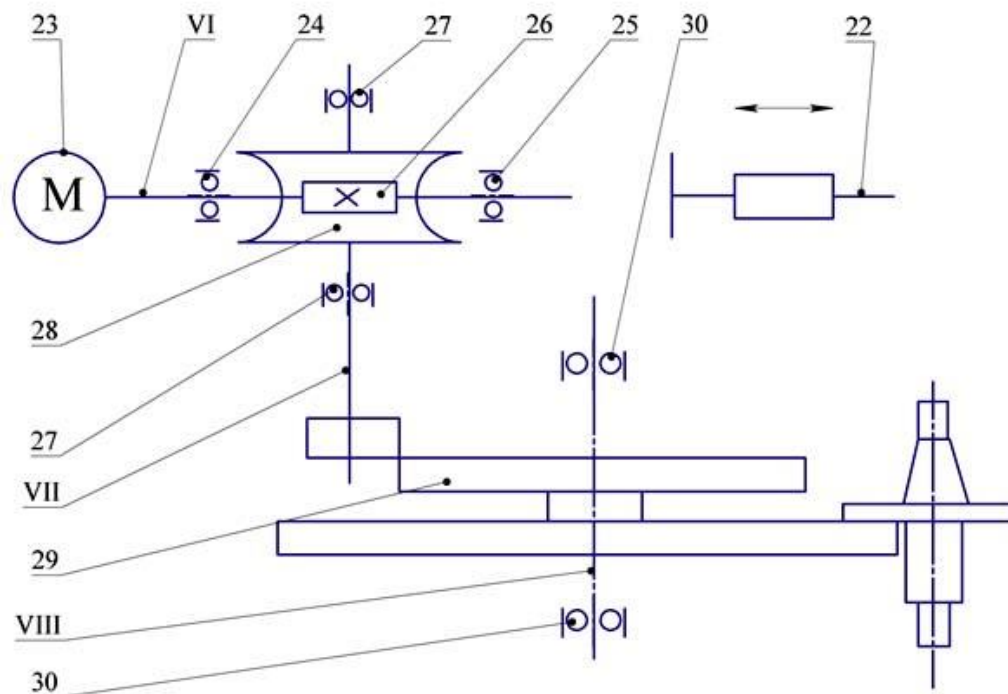


Рисунок 3.7 – Кінематична схема пристрою зміни інструменту

Мальтійський хрест має 20 (за кількістю гнізд в інструментальному магазині) прямих пазів і двадцять півкіл. У початковому стані поводок знаходиться в фіксує півкола і диск зафіксований від проворота, а пелюстка поз. 13 знаходиться над датчиком. При повороті повідця на один оборот його ролик входить в прямий паз мальтійського хреста, повертає хрест на 1/20 частину обороту (18°), далі виходить з паза і входить в фіксуючу півколо мальтійського хреста. Пелюстка доходить до датчика, електродвигун приводу диска відключається, і цикл повороту закінчується.

Точність і надійність фіксації забезпечується точністю виготовлення мальтійського хреста і виставленням повідця щодо нього.

Відповідно до рисунку 3.5 при повороті мальтійського хреста поз. 8 разом з маточиною поз. 23 через палець поз. 14 обертання передається на диск магазину. На диску магазину розташовують інструментальні оправки поз. 17 масою до 10 кг по можливості рівномірно.

Оправки базуються в інструментальних гніздах по V-подібній канавці і орієнтуються по прямокутному пазу пластинчастою шпонкою. Кутові вирізи на діаметрі 64 повинні бути спрямовані до осі магазину.

Пружина, будучи противагою масі магазину, повинна бути відрегульована гайками поз. 13 так, щоб диск магазину був надійно притиснутий до маточини поз. 23. На кронштейні встановлено кінцевий вимикач поз. 19 контролю аварійного наїзду на магазин і безконтактний кінцевий вимикач позиції першого інструменту поз. 20, положення якого визначається встановленою на диску бобишкою поз. 18.

Для забезпечення зміни інструменту магазин має можливість підведення диска під шпindel і відведення в початкове положення. Це переміщення здійснюється за допомогою пневмоциліндра поз. 15 відповідно до малюнком 6.8 через поводок поз 16. Для підведення диска під шпindel повітря подається в ліву порожнину пневмоциліндра і вузол переміщається по напрямної поз. 6 до регульованого упору. Гальмування в кінці ходу при підводі і відвід магазину

здійснюється демпферами, вбудованими в пневмоциліндр. Контроль положення магазину здійснюється безконтактними датчиками.

Для ефективного гальмування диска магазину служить гальмо поз. 24, який постійно притиснутий до поверхні мальтійського хреста поз. 8. Т. к. Робоча поверхня гальма зношується, необхідно в міру зносу виробляти його підтискання до поверхні мальтійського хреста, звільнивши фіксуючий гвинт і зробивши притиснення гальма з деяким зусиллям, після чого знову затягнувши фіксуючий гвинт. Перевірку рекомендується проводити не рідше двох разів на місяць. При повному зносі гальмо необхідно замінити на інший з комплекту.

Робота магазину інструменту

Весь цикл зміни інструменту проводиться переміщенням магазину і шпindelної бабки. Зміна інструменту може проводитися як в налагоджувальному режимі, так і по команді від ЧПУ. Для проведення зміни інструменту необхідно, щоб магазин знаходився в початковому положенні, а шпindelная бабка на 150 мм вище площині захоплення і в координатах, відповідних положенням зміни. За командою магазин переміщається в положення зміни інструменту, шпindelная бабка переміщається вниз і наїжджає конусом шпинделя на конус інструменту, проводиться затиск інструменту, магазин переміщається в початкове положення. Шпindelная бабка вступає в роботу. Після закінчення роботи шпindelная бабка виходить в координати зміни інструменту, магазин переміщається в положення зміни і лапою захоплює інструмент. Відбувається віджимання інструменту, після чого шпindelная бабка відходить вгору, а магазин переміщається в початкове положення. Весь цикл зміни інструменту контролюється кінцевими вимикачами.

Таблиця 3.1 – Основні технічні дані і характеристики верстата 400V

| Найменування параметру | 400V |
|--|-------------------|
| Основні параметри | |
| Клас точності по ГОСТ 8-82 | Н |
| Модель пристрою ЧПУ | Sinumerik 802D sl |
| Кількість керованих координат | 3 |
| Кількість одночасно керованих координат при лінійній / круговій інтерполяції | 3/3 |
| Найбільший діаметр свердління в сталі 45, мм | 25 |
| Найбільший діаметр розточування, мм | 80 |
| Межі діаметрів нарізати різьблення, мм | M6..M16 |
| Найбільший діаметр торцевої фрези, мм | 125 |
| Найбільша довжина інструменту, що встановлюється на верстаті, мм | 250 |
| Найменша і найбільша відстань від торця шпинделя до столу, мм | 110..560 |
| Робочий стіл | |
| Розміри робочої поверхні стола (довжина x ширина), мм | 400 x 900 |
| Граничні розміри оброблюваних поверхні (довжина x ширина x висота), мм | 540 x 400 x 450 |
| Максимальне навантаження на стіл (по центру), кг | 400 |
| Число Т-образних пазів Розміри Т-образних пазів | 3 |
| Найбільше поздовжнє переміщення столу (X), мм | 550 |

| | |
|---|------------|
| Найбільше поперечне переміщення столу (Y), мм | 400 |
| Найбільше вертикальне переміщення повзуна (Z), мм | 450 |
| Межа робочих подач столу і повзуна, мм / хв | 1..15000 |
| Швидкість швидкого переміщення по координатах X, Y, м/хв | 25 |
| Швидкість швидкого переміщення по координаті Z, м / хв | 22 |
| Допустиме зусилля подачі з координування X, Y, Z, Н | 5000 |
| Точність позиціонування по координаті X, Y, Z, мм | 0,010 |
| Шпиндель | |
| Частота обертання шпинделя, об / хв | 0 ... 8000 |
| Кількість швидкостей шпинделя | Б / с |
| Номінальний крутний момент на шпинделі, Нм | 44,6 |
| Конус шпинделя по DIN 69871 | SK 40 |
| Ступінь точності конуса шпинделя | AT5 |
| Магазин інструменту | |
| Ємність інструментального магазину, шт. | 20 |
| Час зміни інструменту, з | 12 |
| Найбільший діаметр інструмента, що встановлюється в магазині, мм (без пропуску гнізд) | 125 (80) |
| Найбільша довжина інструменту, що встановлюється в шпинделі верстата, мм | 250 |
| Максимальний діаметр свердла, мм | 30 |
| Найбільша маса оправки, яка встановлюється в магазині, кг | 10 |
| Електрообладнання і привод | |

| | |
|--|--------------------|
| Електродвигун приводу головного руху, кВт | 7,0 |
| Електродвигуни приводу подач (X, Y, Z), кВт | 5 |
| Електронасос охолоджуючої рідини, кВт | 0,15 |
| Електродвигун обертання магазину, кВт | 0,18 |
| Електродвигун гідростанції, кВт | 2,2 |
| Електродвигун насоса мастила, кВт | 0,25 |
| Сумарна потужність встановлених на верстаті електродвигунів, кВт | 23 |
| Габарити і маса верстата | |
| Габарити верстата (довжина ширина висота), мм | 2300 x 2450 x 2620 |
| Маса верстата, кг | 5000 |

3.2 Вибір технологічного оснащення

3.2.1 Поворотний стіл

Поворотні столи будь-якого типу для фрезерного верстата є одним з головних елементів для металообробного обладнання. Вони грають важливу роль в конструкційній жорсткості агрегату, оскільки стіл можна назвати головним обладнанням для фрезерування.

Поворотний механізму працює за допомогою ручного управління або з ЧПУ. Це дозволяє зручно розташувати на верстаті вироби для обробки під необхідним кутом до різального інструменту.

Поворотний пристрій встановлюється на робочій площині столу верстата. Після установки поворотного механізму робоча поверхня стандартного верстата приводить в рух оброблювані деталі одразу в трьох напрямках.

Для багатогранної обробки різного розміру деталей використовують поворотні механізми, з розширеними можливостями. Таким і є поворотний стіл, він значно підвищує функціональність обладнання, оскільки заготовка на верстаті буде обертатися навколо осі як горизонтальної, так і вертикальної.

З огляду на швидкі темпи розвитку нових технологій є можливість вибрати найефективніший поворотний стіл для фрезерного верстата.

Поворотні і поворотно-похилі (глобусні) столи дозволяють додати одну або дві контрольовані осі до існуючого верстата. CNC столи NIKKEN для верстатів і обробних центрів завдяки своїй високій якості допускають роботу під навантаженням протягом 24 годин на добу. Переваги столів NIKKEN обумовлені застосуванням у виробництві цілого ряду унікальних технологій і технічних рішень.



Рисунок 3.8 – Поворотний стіл NIKKEN CNC260

Твердосплавний черв'ячний гвинт

В системі застосовується твердосплавний черв'ячний гвинт який зберігає міцність при високошвидкісному обертанні. Матеріал гвинта - карбід марки V - має високу зносостійкість і міцність. Працюючи в надважких режимах, твердосплавний гвинт дозволяє підтримувати високу точність практично постійною. У порівнянні з

традиційною конструкцією черв'ячної системи (черв'ячні колесо з фосфористої або алюмінієвої бронзи і сталевий гвинт) така система дозволяє істотно знизити величину зносу.

Черв'ячне колесо виготовлено зі спеціальної сталі. Колесо піддається загартуванню, а зуби - іонному азотуванню. Така обробка вирішує проблему тертя ковзання пари твердий сплав - азотована сталь. Твердість поверхні зубів черв'ячного колеса досягає HV 930 (на глибину 0,1 мм), твердість серцевини зуба - HRC36. Така обробка забезпечує сприйняття поворотним столом високих навантажень протягом тривалого часу без погіршення якості і точності обробки деталі.

У порівнянні з поворотними столами, в яких встановлені черв'ячні колеса з традиційних матеріалів (фосфориста бронза, алюмінієва бронза), столи NIKKEN мають більш високу стійкість до навантажень і набагато більшу довговічність. Ступінь зносу черв'ячної передачі NIKKEN у багато разів нижча від аналогічної інших виробників, виготовленої, наприклад, з фосфористої бронзи (рисунок 3.10).

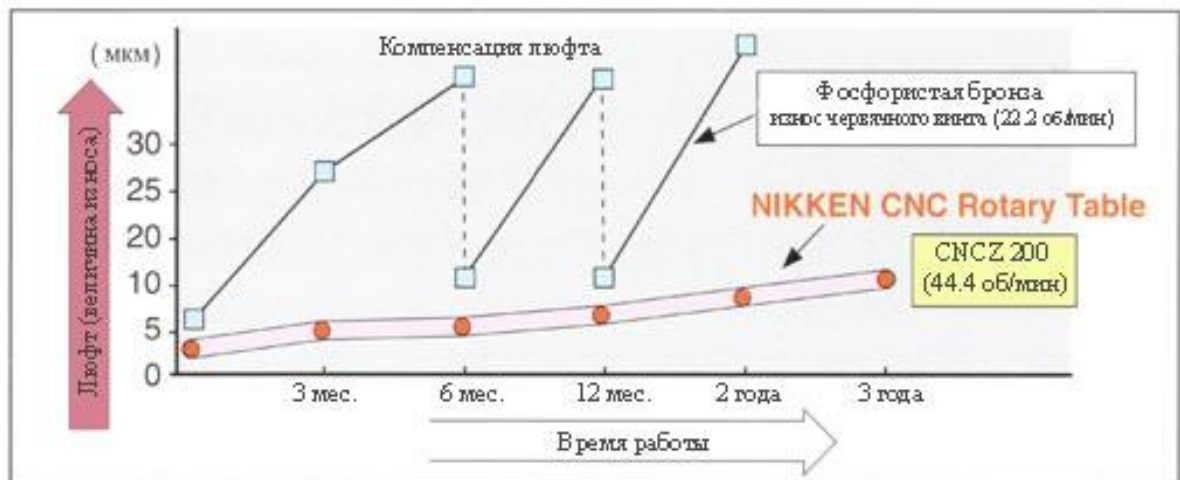


Рисунок 3.9 – Порівняльний графік величини зношування черв'ячної пари поворотного стола

В конструкції стола використовуються гальма похилої осі. ця конструкція забезпечує відсутність вібрації при будь-якому куті нахилу стола. Відмінно працює при багатосторонній обробці, включаючи свердління і обробку циліндричними фрезами.

Представлені на рисунку 3.11 зразки виробів виготовлені допомогою високошвидкісного столу з ЧПУ серії Z: лопатки турбін, конічні шестерні, фрези, коронки, корпусні деталі та ін.

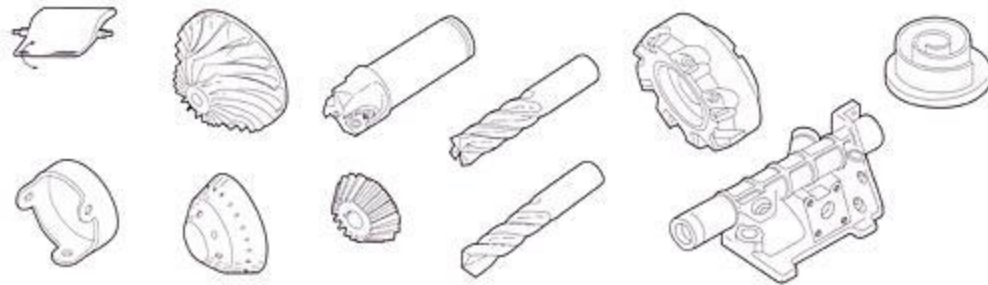


Рисунок 3.10 - Зразки виробів виготовлені допомогою поворотного столу з ЧПУ

Компанія NIKKEN використовує в створенні поворотно-похилих (глобусні) столів технології, запатентовані в Японії, США і Європі. Завдяки цим новітнім розробкам столи NIKKEN відрізняються від аналогів відсутністю вібрації при будь-якому куті нахилу і підходять для одночасної багатоповерхневої обробки деталей, включаючи силове свердління і торцеве фрезерування.

Основні технічні характеристики обраного поворотного столу представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. – технічні характеристики поворотного стола Nikken CNC260

| Код / Номер виробу | | CNC260 |
|---------------------------------------|--|--------------------|
| Діаметр столу | мм | 260 |
| Діаметр отвору шпинделя \varnothing | мм | $\varnothing 80H7$ |
| Висота центрів | мм | 170 |
| Ширина Т-образного паза | мм | 12 |
| затискна система | | Air / Hyd |
| зусилля затиску | Н · м | 588/1568 |
| Інерція столу на валі двигуна | кг · м ² · 10 ⁻³ | 0.33 |
| сервомотор | хв ⁻¹ | 4 / 4000i. 2000 |
| Мін. крок | | 0.001 ° |
| Швидкість обертання | хв ⁻¹ | 16.6 |
| Загальне передавальне число | | 1/120 |
| точність поділу | з | 20 |
| Маса без упаковки | кг | 120 |
| Макс. робоче навантаження на стіл | | |
| По вертикалі | кг | 175 |
| По горизонталі | кг | 350 |
| Макс. осьове навантаження на стіл | Н | 25480 |
| | (FXL) Н · м | 984 |
| | (FXL) Н · м | 3332 |
| Макс. інерція (по вертикалі) | кг · м ² | 3.2 |
| Обертаючий момент | Н · м | 192 |

3.2.2 Інструментальні оправки

Для установки спроектованого інструменту в шпинделі верстата використовуємо інструментальні оправки з хвостовиками з конусністю 7:24 для програмних верстатів з маніпуляторами для автоматичної зміни інструменту по DIN 69871.

Такі оправки рекомендується застосовувати для закріплення кінцевих фрез для чорнової обробки і торцевих хвостових як для чорнового, так і чистового (тонкого) фрезерування. Ступінь точності хвостовика АТЗ, найбільші діаметри кінцевих фрез не повинні перевищувати значень, наведених у таблиці 3.3. Конструкція хвостовика приведена на рисунку 3.12, розміри - в таблиці 3.4.

Таблиця 3.3 – Рекомендовані найбільші діаметри фрез

| | | | | |
|---------------------------------------|----|----|----|----|
| Позначення хвостовика NC | 50 | 45 | 40 | 30 |
| Найбільший діаметр кінцевої фрези, мм | 80 | 63 | 50 | 45 |

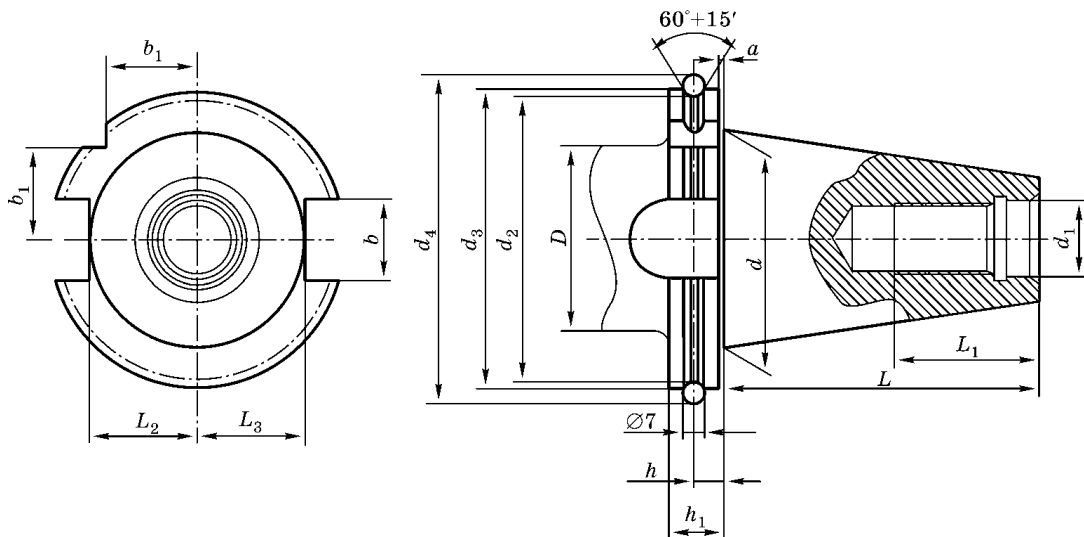


Рисунок 3.12. – Конічний хвостовик по DIN 69871 А для верстатів з автоматичною зміною інструменту

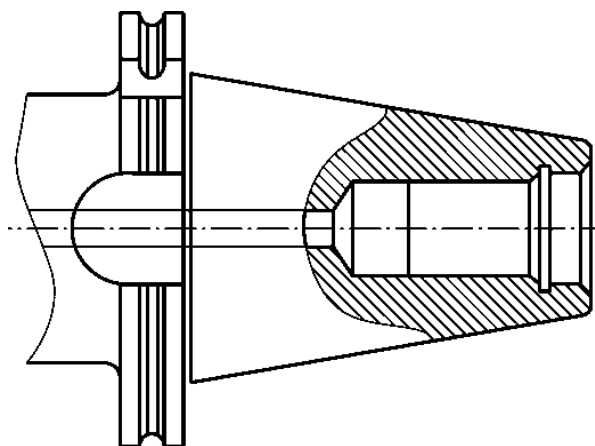


Рисунок 3.13 – Конічний хвостовик по DIN 69871 AD для верстатів з подачею МОР через наскрізний отвір в хвостовику

Таблиця 3.4 – Виконавчі розміри конусів 7:24 для програмних верстатів з автоматичною зміною інструменту

| NC | $a_{\pm 0,1}$ | bH_{12} | $b_{-0,3}$ | d | d_1 | $d_{2-0,5}$ | $d_{3-0,1}$ |
|----------------|---------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 30 | 3,2 | 16,1 | 15 | 31,75 | M12 | 44,3 | 50 |
| 40 | 3,2 | 16,1 | 18,5 | 44,45 | M16 | 56,25 | 63,55 |
| 45 | 3,2 | 19,3 | 24 | 57,15 | M20 | 75,25 | 82,55 |
| 50 | 3,2 | 25,7 | 30 | 69,85 | M24 | 91,25 | 97,5 |
| $d_4 \pm 0,05$ | D_{\max} | $h \pm 0,1$ | $h_{-0,1}$ | $L_{1-0,3}$ | $L_{1\min}$ | $L_{2-0,4}$ | $L_{3-0,4}$ |
| 59,3 | 45 | 11,1 | 19,1 | 47,8 | 24 | 19 | 16,4 |
| 72,3 | 50 | 11,1 | 19,1 | 68,4 | 32 | 25 | 22,8 |
| 91,35 | 63 | 11,1 | 19,1 | 82,7 | 40 | 31,3 | 29,1 |
| 107,25 | 80 | 11,1 | 19,1 | 101,75 | 47 | 37,7 | 35,5 |

Коничний хвостовик по DIN 69871 AD для верстатів с ЧПУ з центральною подачею MOP через наскрізний отвір в хвостовику представлений на рисунку 3.13.

Хвостовик рекомендується застосовувати для кінцевих фрез для чорнової обробки і торцевих хвостових як для чорнового, так чистового (тонкого) фрезерування з підведенням MOP через шпиндель верстата. Рекомендовані діаметри інструменту наведені вище.

3.3 Розробка наладки на операцію

В даному розділі докладно розроблено операцію обробки деталі Фланець комбінованоюцековкою. Обробка ведеться на свердлильно-фрезерно-розточному верстаті моделі 400V. Для розширення технологічних можливостей верстата і забезпечення можливості обробки деталі з двох сторін за одну установку, використано поворотний стіл NIKKEN CNC260. Для закріплення інструмента в інструментальному магазині верстата використовуємо оправку інструментальну з коничним хвостовиком по DIN 69871 AD для верстатів з подачею MOP через наскрізний отвір в хвостовику.

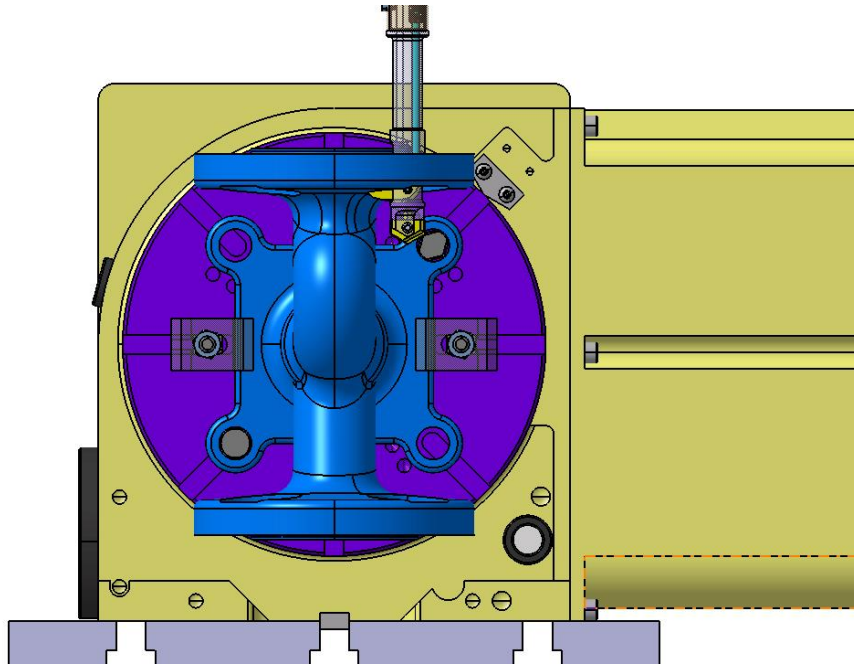
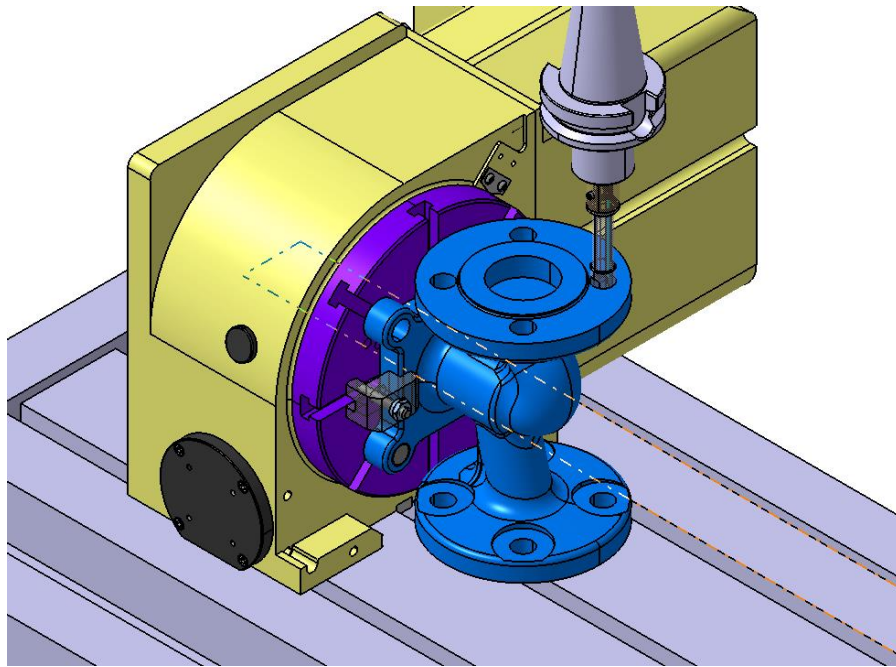


Рисунок 3.14 – Наладка на свердильно-фрезерну операцію

4 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

Розробка керуючої програми обробки деталі «Фланець» проводилась в середовищі САМ-модуля програмного продукту Power Mill. Основні етапи процесу – це:

- Імпорт 3D-моделі оброблюваної деталі і заготовки в САМ-модуль;
- Призначення і вибір параметрів ріжучого інструменту
- Призначення режимів різання
- Вибір стратегій обробки поверхонь
- Призначення основних параметрів переходу
- Автоматичний прорахунок траєкторії
- Контроль згенерованої траєкторії переміщення інструменту
- Редагування параметрів переходу (за необхідності)
- Запис керуючої програми

Результати генерації переходів фрезерування торців з уступами і розсвердлювання отворів наведено на рисунках 4.1 – 4.3.

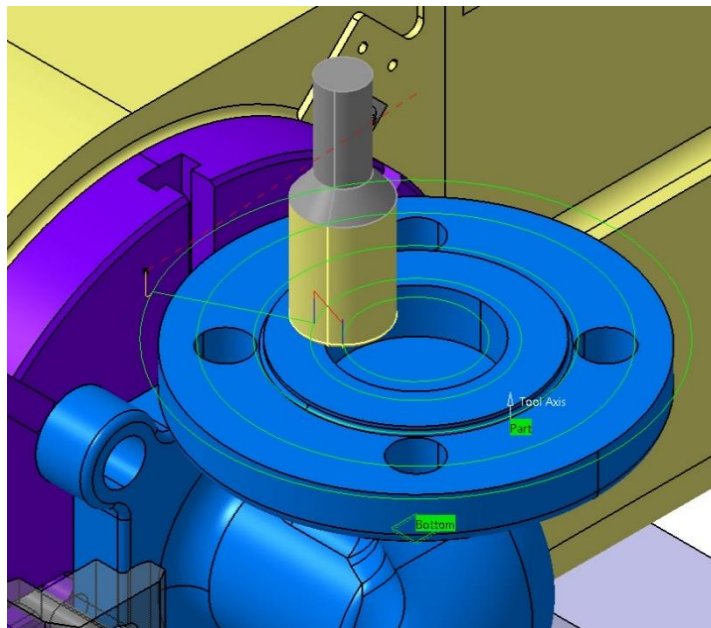


Рисунок 4.1 – Траєкторія руху фрези при обробці торця деталі

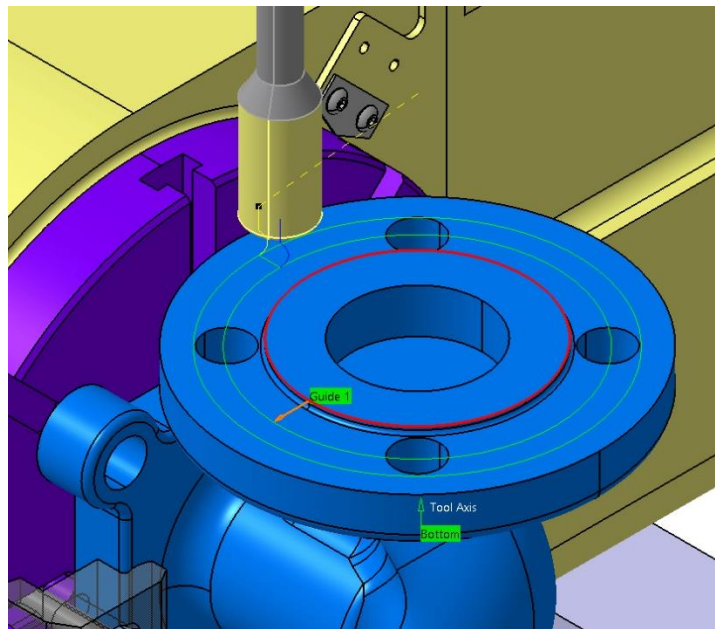


Рисунок 4.2 – Траекторія руху фрези при обробці уступу торця деталі

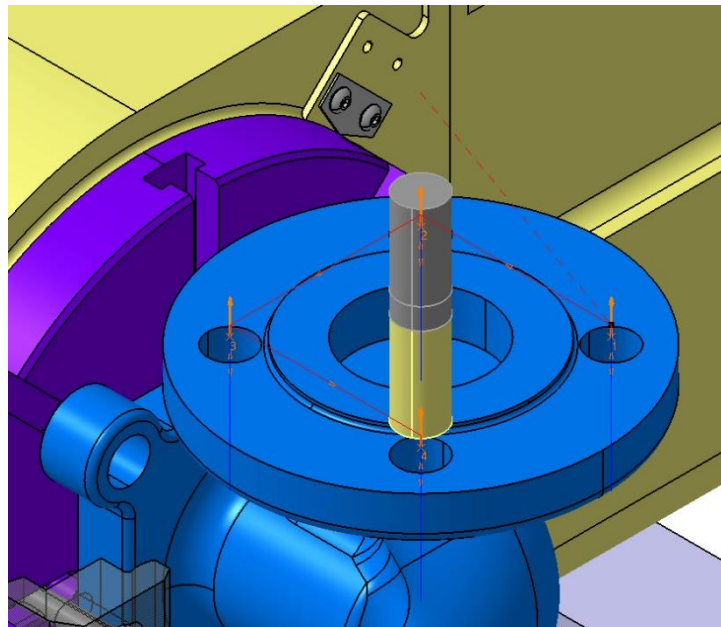


Рисунок 4.3 – Траекторія руху свердла при обробці чотирьох отворів деталі

Після обробки деталі з однієї сторони поворотний стіл повертає деталь на 180° для забезпечення можливості обробки протилежного торця з отворами.

Обрана стратегія свердління отворів не передбачає зміни робочої подачі інструмента і зміну його напрямку під час обробки одного отвору, але для забезпечення процесу зворотнього цекування ми відредагували отриману програму вручну в середовищі NC Corrector.

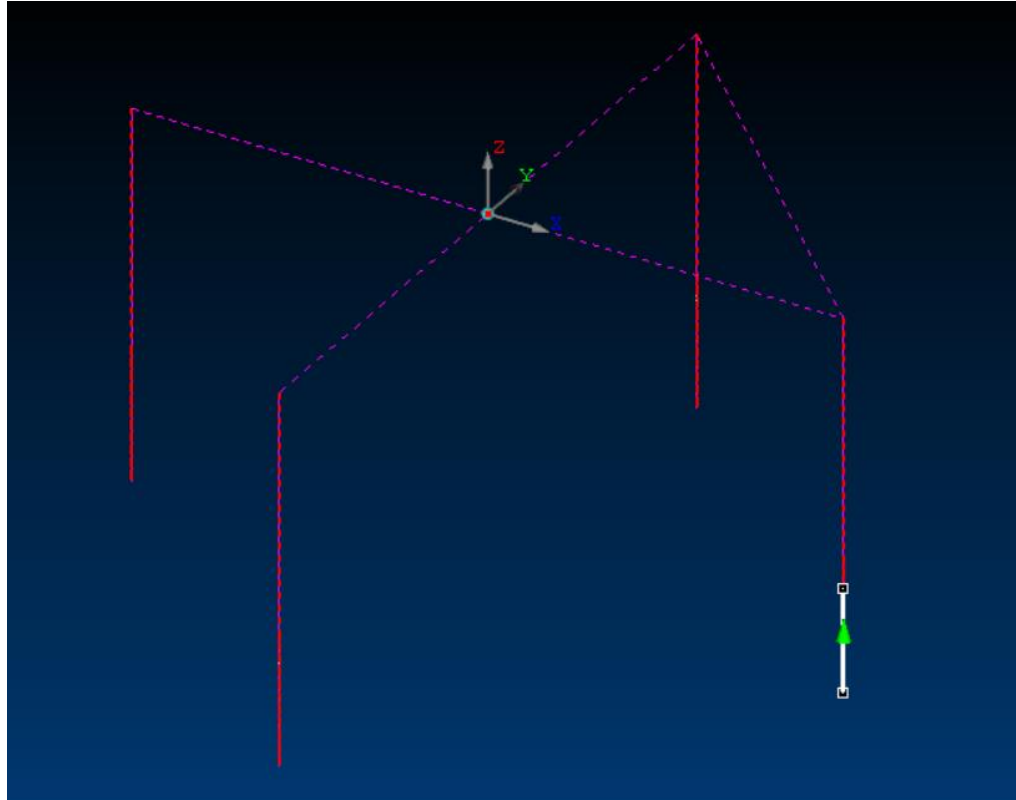


Рисунок 4.3 – Зкорегована траекторія руху інструмента для цековки

Отримана програма забезпечує підведення інструменту до зони небезпечної площини, розсвердлювання отвору на робочій подачі, розкриття, зворотнє цекування, переміщення інструменту вниз для закриття ріжучого елемента і виведення інструмента із отвору.

Текст керуючої програми наведено в додатку А.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Оскільки тема дипломного проекту – «Аналіз та розробка ефективної конструкції різального інструменту для комбінованої обробки отворів в корпусних деталях», передбачає проведення досліджень та розрахунків у приміщенні дослідницької лабораторії обладнаному персональними комп'ютерами (далі– ПК) з візуальними дисплейними терміналами (далі– ВДТ), тому нижче розглянемо заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії гігієни праці для приміщення лабораторії обладнаного ПК з ВДТ, а також заходи з пожежної безпеки та цивільного захисту, у відповідності з методичними вказівками.

5.1 Аналіз потенційних небезпек

На основі аналізу роботи існуючого обладнання і технологічних процесів у приміщенні дослідницької лабораторії обладнаному ПК з ВДТ, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», виявлені наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні привести до травм або ушкодження здоров'я працівників:

- ураження електричним струмом, у наслідок несправності електроболаднання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;
- механічне травмування в наслідок погіршення уваги персоналу при переміщенні в лабораторії, коридорах, сходах;
- механічне травмування в наслідок нераціональної організації робочих місць;

- ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нерационального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу;

- надмірні нервово-психічні навантаження при виконанні роботи в умовах дефіциту інформації та часу, може призвести до погіршення емоційного стану, а в подальшому до захворювань загального характеру;

- недостатня фізична активність, що пов'язана з постійним виконанням роботи сидячи, недотриманням режиму чергування роботи та перерв, сприяє зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів;

- негативний вплив електромагнітних, в тому числі і рентгенівських випромінювань при використанні моніторів ПК з електронно-променевою трубкою, що призводить до погіршень зору, зниження імунітету;

- недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;

- незадовільні параметри мікроклімату робочого місця, у зв'язку із відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, які можуть викликати загальні захворювання;

- вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;

- неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, у разі не якісного навчання населення або його відсутності, призводять до паніки та загибелі людей.

5.2 Заходи з охорони праці

5.2.1 Заходи по забезпеченню безпеки

У приміщенні дослідницької лабораторії застосовується широке різноманіття електроприладів: 4 персональні комп'ютери, принтери, ксерокси, факси, освітлювальні прилади, кондиціонери, побутові електроприлади тощо. Відповідні вимоги ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» поширюються на всі підприємства, установи, організації, юридичні особи незалежно від форми власності, відомчої належності, видів діяльності, які здійснюють розробку, виробництво і застосування ПК з ВДТ у тому числі, які мають робочі місця обладнані ПК або виконують ремонт обслуговування та налагодження ПК.

Для виключення травматизму відстань між робочими столами становить не менше 2 метрів, а відстань між боковими поверхнями моніторів – не менше 1,2 метра. Для забезпечення комфортних та безпечних умов праці, згідно ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» площа на одне робоче місце не менше 6м², а об'єм – не менше 20м³.

Приміщення дослідницької лабораторії за ступенем небезпеки ураження електрострумом, згідно «Правил улаштування електроустановок» (далі – «ПУЕ») характеризується як приміщення «без підвищеної небезпеки» (відсутній струмопровідний пил, струмопровідні поверхні, не струмопровідні поли, температура не більше 250С, вологість не більше 60%).

У приміщенні дослідницької лабораторії обладнаного ПК з ВДТ відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Електробезопасность. Термины и определения» обладнання має подвійну ізоляцію, яка складається з робочої та додаткової ізоляції.

По способу захисту людини від ураження електричним струмом, у приміщенні дослідницької лабораторії обладнаному ПК з ВДТ, згідно НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (далі – «ПБЕЕС») та ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности». ПК, периферійні пристрої ПК та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ПК по способу захисту людини від ураження електричним струмом, належать до I класу, оскільки мають подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для приєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом. II клас захисту – освітлювальні прилади, кондиціонери, опалювальні пристрої, ноутбуки, сканери.

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: «ПУЕ» величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення дослідницької лабораторії – 4 Ом;

Згідно вимог НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» (далі – «ПБЕЕС») та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» у користувачів ПК і обслуговуючого персоналу 2-га кваліфікаційна група з електробезпеки, яка надається особам, які мають елементарні технічні знання з електроустаткування, усвідомлюють небезпеки впливу електричного струму та наближення до струмоведучих частин, знають основні заходи забезпечення безпеки при роботі з електроустаткуванням та правила надання першої допомоги постраждалим.

Для виключення небезпек для людини в робочій зоні приміщення дослідницької лабораторії, обладнаній ПК з ВДТ, експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до вимог «ПУЕ», НПАОП 40.1-1.21-98 «ПБЕЕС», ДСТУ 7237:2011 «ССБП. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту», НПАОП 40.1-1.07-01 «Правила експлуатації електрозахисних засобів» або ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности».

Приміщення дослідницької лабораторії обладнане ПК з ВДТ і його обладнання має подвійну ізоляцію, яка складається з робочої та додаткової ізоляції відповідно вимог «ПУЕ», НПАОП 40.1-1.01-97 «ПБЕЕ», ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности».

Ергономічні вимоги до моніторів, їх технічні характеристики (розмір екрана, роздільна здатність, зернистість зображення, значення частот вертикальної та горизонтальної розгортки, смуга пропускання відеосигналу, можливості регулювання, мікропроцесорне управління, динамічне фокусування, наявність інварової маски та розмагнічування, антивідблискове покриття, захист від електростатичних та електромагнітних полів, система управління енергоспоживанням) враховано згідно вимог розділу «Мінімальні вимоги по охороні праці» директиви ЕС90/270 ЕЕС.

Символи на екрані чіткі і добре розрізняються, зображення без блимання, яскравість та контрастність легко регулюються, екран вільний від відблисків і відбиття, випромінювання знижені до надзвичайно малих рівнів. Застосування плоских екранів зменшує спотворення зображення, на екрані утворюється менше відблисків від відбитого світла. Для підвищення якості зображення, для зменшення відблисків, а також запобігання накопичення статичного заряду передбачається застосування моніторів, на поверхні екрана якого, на переднє скло ЕПТ нанесено спеціальні покриття.

5.2.2 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для приміщення дослідницької лабораторії обладнаного ПК з ВДТ розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за №472/25249 (далі –

«Гігієнічна класифікація праці»), ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Метеорологічні умови в приміщенні дослідницької лабораторії – температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ.Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи в приміщенні лабораторії, належать до категорії Іб– легка фізична робота, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;
- у теплий період року: температура 22-24°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату та трьохкратний повітряобмін за годину досягається оснащенням приміщень пристроями кондиціонування, вентиляції та дезодорації повітря, системами опалювання згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Оптимальні рівні позитивних (n+) і негативних (n-) іонів у повітрі приміщення з ВДТ відповідають вимогам ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становить: n+=1500-30000 (шт. на 1см³); n- = 3000-5000 (шт. на 1см³). Підтримку оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі на робочих місцях забезпечуються за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів.

У приміщенні, згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» передбачено природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовані люмінесцентні лампи типу ЛБ. При застосуванні яких дотримались наступних умов:

- температура навколишнього повітря не нижче, ніж 5°C;
- напруга на освітлювальних приладах не менше, ніж 90% номінальної.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

- використання більш сучасного обладнання;
- розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників;
- переведення жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу;
- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках.

Рівні вібрації під час виконання робіт з ПК у приміщенні дослідницької лабораторії не перевищують допустимих значень, визначених в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

Метою забезпечення захисту користувачів ПК від впливу іонізуючих випромінювань і від неіонізуючих електромагнітних полів і випромінювання моніторів, відповідно до вимог МРПІ, НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» та ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», на робочих місцях обладнаних ПК встановлені рідкокристалічні монітори, які не є джерелами рентгенівського та електромагнітного випромінювань.

Розрахунок приміщення (лабораторії) оснащеного відеодисплейними терміналами.

1. Приміщення, що обладнане ПК з ВДТ і розміщені робочі місця з ПК, спроектовано і організовано згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

2. Приміщення категорій А і Б (ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания»), а також виробництва з мокрими технологічними процесами поряд з приміщенням, де розташовуються ЕОМ, виконується їх обслуговування, налагодження і ремонт не передбачається.

3. Виробничі приміщення, в яких розташовані ЕОМ, не межують з приміщеннями, де рівні шуму та вібрації перевищують норму (механічні цехи, майстерні тощо).

4. Робоча кімната, де розташовані комп'ютери знаходиться на другому поверсі, т.б. відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-

обчислювальних машин» враховано, що неприпустимим є розташування приміщень, призначених для роботи з ВДТ у підвалах та цокольних поверхах.

Площу приміщення, в якому розташовують відеотермінали, визначено згідно з чинними нормативними документами з розрахунку, що для забезпечення виробничого процесу необхідним є застосування 4 комп'ютерів.

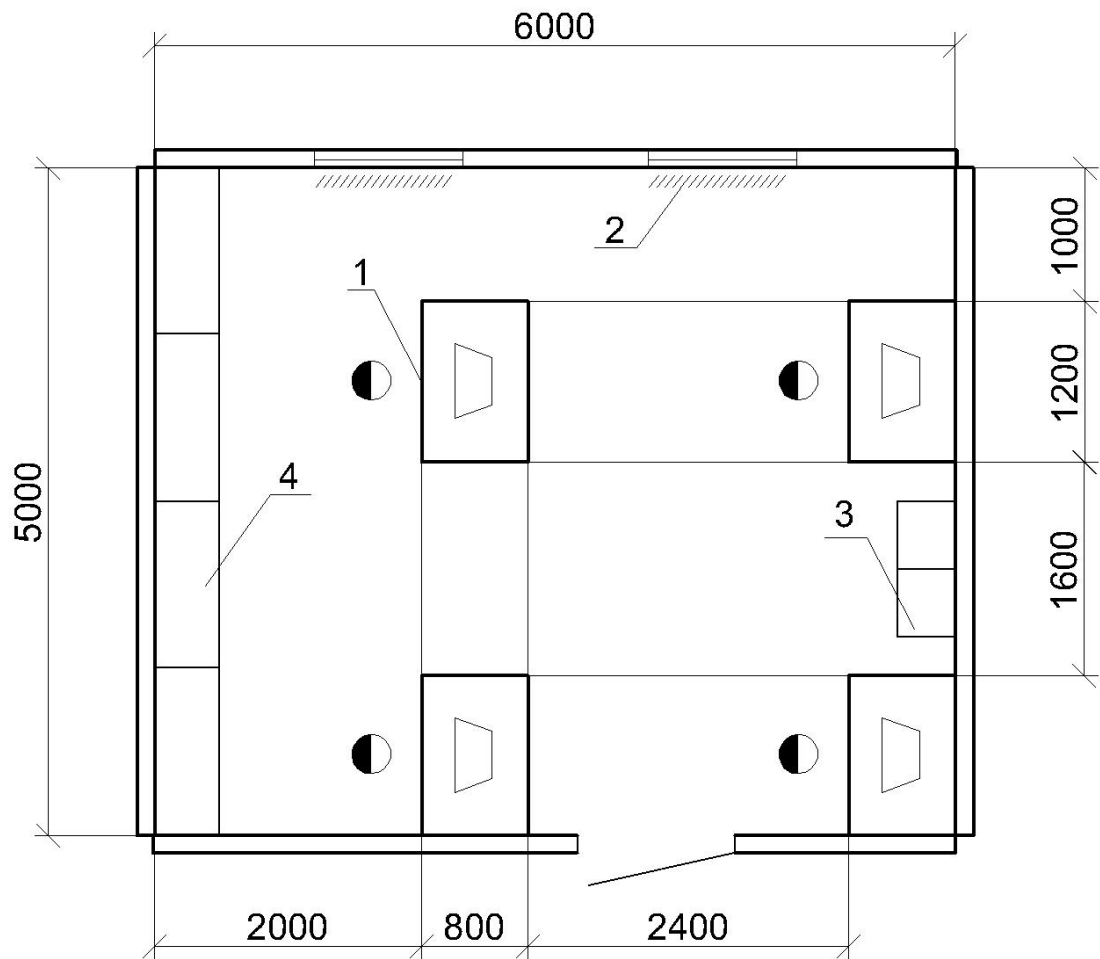
Планування розміщення комп'ютеризованих робочих місць у приміщенні проводимо із врахуванням наступних вимог:

- робочі місця з ВДТ розміщуються на відстані не менше 1 м від стіни зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями ВДТ має бути не менше за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не повинна бути меншою за 2,5 м;
- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м.
- площа на одне робоче місце, обладнане відеотерміналом - не менше 6,0м².
- об'єм - не менше 20,0 м³, з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні.

Врахуємо також розміри меблів на комп'ютеризованих робочих місцях, зокрема робочого столу. Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» рекомендовані розміри столу для робочого місця з ВДТ становлять: висота – 725 мм, ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм.

Приймаємо, що робочий стіл має такі розміри: ширина – 1200 мм, глибина – 800 мм.

Найкращим є розмістити комп'ютеризовані робочі місця в два ряди вздовж стіни з вікнами. Це дасть змогу унеможливити дзеркальне відбиття на екрані ВДТ джерел природного світла (вікон) та потрапляння останніх у поле зору операторів, що погіршує умови їх зорової роботи.



1 – комп'ютеризоване робоче місце з ВДТ; 2 – сонцезахисні жалюзі; 3 – шафи для зберігання дискет та програмного забезпечення; 4 – шафи для зберігання документації та фахової літератури.

Рисунок 5.1 – План виробничого приміщення з комп'ютеризованими робочими місцями

Таким чином, оскільки площа приміщення становить $S_{ПП}=30,0$ м², а площа, на якій розташовується одне робоче місце з ВДТ, відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» повинна становити не менше 6,0 м², то в даному приміщенні можна розмістити

щонайбільше чотири комп'ютеризованих робочих місця. Такої кількості достатньо для технічного переоснащення виробництва.

Перевіримо, чи відповідає це число нормативу щодо мінімального об'єму приміщення на одне робоче місце з ВДТ ($V_{P.M.Min} = 20 \text{ м}^3$), згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин». Якщо висота приміщення 4 метра, об'єм приміщення становить 120 м^3 , а об'єм, що припадає на одне комп'ютеризоване робоче місце – $V_{P.M.} = 30 \text{ м}^3$. Таким чином норматив щодо об'єму приміщення на одне робоче місце з ВДТ виконується.

У відповідності ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», з метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

Для запобігання кістково-м'язових порушень у зв'язку з тривалим статичним напруженням м'язів спини, шиї, рук і ніг необхідно передбачити перерви в роботі та виконувати фізичні вправи 2-3 рази протягом робочого часу. Застосування меблів та організація робочого місця згідно рекомендацій ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования», ДСТУ ISO 9241-5-2004 «Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 5. Вимоги до компонування робочого місця та до робочої пози» дає можливість не тільки уникнути прояву захворювань але і забезпечує гарний настрій та високий рівень працездатності.

Таким чином, передбачені для приміщення дослідницької лабораторії обладнаного ПК з ВДТ заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії та гігієни праці забезпечують безпечні та комфортні умови праці персоналу.

5.3 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

5.3.1 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки для приміщення дослідницької лабораторії обладнаного ПК з ВДТ розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані з горінням електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.)

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» приміщення дослідницької лабораторії відповідає категорії «Д» з пожежної небезпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості приміщення дослідницької лабораторії – II.

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із приміщення обладнаного ПК з ВДТ та два евакуаційних виходи. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного

виходу, згідно п.2.29 СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» не обмежується.

Приміщення дослідницької лабораторії, в якому розташовуються електрообчислювальні матеріали, різноманітне устаткування, належить до пожежонебезпечної зони, класу П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44.

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за №225/31677 приміщення (лабораторія) оснащено переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюється його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотних вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

Для адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДПП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у захищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я.

Враховуючи пожежну небезпеку приміщення дослідницької лабораторії обладнаного ПК з ВДТ також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3).

5.3.2 Організація навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях

Згідно вимог «Кодексу цивільного захисту (далі – ЦЗ) України» навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях (далі – НС) здійснюється:

- за місцем роботи – працюючого населення;
- за місцем навчання – дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- за місцем проживання – непрацюючого населення.

Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

- працюючого та непрацюючого населення – на Державну службу України з НС (далі – ДСНС України), Раду міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування, які розробляють і затверджують відповідні організаційно-методичні вказівки та програми з підготовки населення до таких дій;

- дітей дошкільного віку, учнів та студентів – на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, який розробляє та затверджує навчальні програми з вивчення заходів безпеки, способів захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних надзвичайними ситуаціями, з надання домедичної допомоги за погодженням з ДСНС України.

Стандартами професійно-технічної та вищої освіти передбачається набуття знань у сфері цивільного захисту.

Порядок здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях встановлюється Кабінетом Міністрів України.

Громадські організації та позашкільні навчальні заклади здійснюють навчання діям у надзвичайних ситуаціях відповідно до своїх статутів.

Навчання працюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях є обов'язковим і здійснюється в робочий час за рахунок коштів роботодавця за програмами підготовки населення діям у надзвичайних ситуаціях, а також під час проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту.

Порядок організації та проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту визначається ДСНС України.

Для отримання працівниками відомостей про конкретні дії у надзвичайних ситуаціях з урахуванням особливостей виробничої діяльності суб'єкта господарювання у кожному суб'єкті господарювання обладнується інформаційно-довідковий куточок з питань цивільного захисту.

Особи під час прийняття на роботу та працівники щороку за місцем роботи проходять інструктаж з питань цивільного захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях.

Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, мають попередньо пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань цивільного захисту, зокрема з пожежної безпеки, забороняється.

Програми навчання з питань пожежної безпеки погоджуються з ДСНС України.

Культура безпеки життєдіяльності населення – це сукупність цінностей, стандартів, моральних норм і норм поведінки, спрямованих на підтримання самодисципліни як способу підвищення рівня безпеки.

Популяризація культури безпеки життєдіяльності серед дітей та молоді організовується і здійснюється центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, спільно з центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, громадськими організаціями шляхом:

- проведення шкільних, районних (міських), обласних та всеукраїнських змагань з безпеки життєдіяльності;
- проведення навчально-тренувальних зборів і польових таборів;
- участі команд – переможниць у заходах міжнародного рівня з цих питань.

Навчання учнів, студентів та дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та правилам пожежної безпеки є обов'язковим і здійснюється під час навчально-виховного процесу за рахунок коштів, передбачених на фінансування навчальних закладів.

Навчання дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та запобігання пожежам від дитячих пустощів з вогнем проводиться шляхом формування у них поведінки, відповідної віку дитини, щодо власного захисту та рятування.

Непрацююче населення самостійно вивчає пам'ятки та інший інформаційно-довідковий матеріал з питань цивільного захисту, правила пожежної безпеки у побуті та громадських місцях та має право отримувати від органів державної влади, органів місцевого самоврядування, через засоби масової інформації іншу наочну продукцію, відомості про надзвичайні ситуації, у зоні яких або у зоні можливого

ураження від яких може опинитися місце проживання непрацюючих громадян, а також про способи захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних такими надзвичайними ситуаціями.

Передбачений комплекс заходів з пожежної безпеки і цивільного захисту, щодо навчання працюючого та непрацюючого населення основним нормам поведінки та діям у надзвичайних ситуаціях, підвищує стійкість роботи об'єкта та забезпечує безпеку персоналу в умовах пожеж та інших надзвичайних ситуацій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Кирсанов Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов [Текст]/ Г.Н. Кирсанов и др. – учеб. Пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – под общ. ред. Г.Н. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 288с.
- 2 Методичні вказівки на виконання курсового проекту з дисципліни «Інструмент та інструментальне забезпечення автоматизованих виробництв» для студентів за фахом 7.090203 усіх форм навчання/ Укладачі: С.М. Пісочин, М.В. Фролов. – Запоріжжя: ЗДТУ, 1997. – 33 с.
- 3 Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Режущий инструмент» для студентов специальности 8.090203 «Металлорежущие станки и системы» всех форм обучения/ Сост.: С.М. Песочин, А.Г. Саржинская. – Запорожье: ЗНТУ, 2006. – 60 с.
- 4 Семенченко И.И. Проектирование металлорежущего инструмента [Текст]/ И.И Семенченко, В.М. Матюшин, Г.Н. Сахаров. – М.: Машгиз, 1963. – 952 с
- 5 Родин П.Р. Металлорежущие инструменты: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. [Текст]/ П.Р. Родин. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 455 с.
- 6 Кузнецов Ю.И. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. [Текст]/ Ю.И. Кузнецов, А.Р. Маслов, А.Н. Байков. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
- 7 Иноземцев Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов: Учеб. Пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.

8 Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя [Текст]/ В. И. Анурьев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1980. – 728 с : ил. (Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т./ В. И. Анурьев: Т. 1).

9 Мягков В. Д. Допуски и посадки: Справочник [Текст]/ В. Д. Мягков, М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – 6-е изд., перераб. И доп. – Л.: «Машиностроение». Ленингр. Отд-ние, 1983. – 448 с : ил. (Справочник: в 2 т./ В. Д. Мягков: Т. 2).

10 Сахаров Г.Н. Металлорежущие инструменты: Учебник для вузов по специальностям «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» [Текст]/ Г.Н. Сахаров, О.Б. Арбузов, Ю.Л. Боровой и др. – М.: «Машиностроение», 1989. – 328 с.

11 Шатин В.П. Режущий и вспомогательный инструмент. Справочник [Текст]/ В.П. Шатин, П.С. Денисов. – изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1968. – 420 с.

12 Ординарцев И.А. Справочник инструментальщика [Текст]/ И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др.; под общ. Ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр-е отд-е, 1987. – 846 с.

13 Малов А.Н. Справочник технолога машиностроителя [Текст]/под. ред. заслуженного деятеля науки и техники РСФСР д-ра техн. наук проф. А.Н. Малова. –М.: Машиностроение, 1972. – 568 с (Справочник: в 2 т./ А.Н. Малов: Т. 2).

14 Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя Т.2 [Текст]/ под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.

ДОДАТОК А

ДОДАТОК Б

ДОДАТОК В

Керуюча програма на свердлильну операцію

M88

G0 X67

M08

S 1250 M3

G0 Z-65

M 89

M05

G4 P500

S 400 M3

G0 Z-47

M08

G1 Z-46.5 F20

G1Z-42

M89

G0 Z-65

M5

M88

G0 Z0

M88

G0 X0 X-67

M08

S 1250 M3

G0 Z-65

M 89

M05

G4 P500

S 400 M3

G0 Z-47

M08

G1 Z-46.5 F20

G1Z-42

M89

G0 Z-65

M5

M88

G0 Z0

M88

G0 Y67

M08

S 1250 M3

G0 Z-65

M 89

M05

G4 P500

S 400 M3

G0 Z-47

M08

G1 Z-46.5 F20

G1Z-42

M89

G0 Z-65

M5

M88

G0 Z0

M88

G0 Y-62

M08

S 1250 M3

G0 Z-67

M 89

M05

G4 P500

S 400 M3

G0 Z-47

M08

G1 Z-46.5 F20

G1 Z-42

M89

G0 Z-65

M5

M88

G0 Z0

M5

M89