

Міністерство освіти і науки України  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної роботи  
для освітнього ступеня «МАГІСТР»  
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»  
на тему:

**Розробка системи автоматизованого проектування  
типового технологічного оснащення**

**Development of a computer-aided design system for  
standard technological equipment**

Виконавець: ст. гр. ПМ-23М-3

\_\_\_\_\_ Іван ШЕСТАКОВ

Керівник: к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Віталій МАЖАРА

Рецензент: к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Любов ОЛІЙНИЧЕНКО

Завідувач кафедри ММР

\_\_\_\_\_ Андрій ГРЕЧКА

Кропивницький – 2024

Центральноукраїнський національний технічний університет

СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «МАШИНОБУДУВАННЯ, МЕХАТРОНІКИ І РОБОТОТЕХНІКИ»

Освітній ступінь МАГІСТР

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 131 «ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Андрій ГРЕЧКА

“ ” 2024 року

### З А В Д А Н Н Я

НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Шестакову Івану Сергійовичу

(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема роботи: «Розробка системи автоматизованого проектування типового технологічного оснащення»

«Development of a computer-aided design system for standard technological equipment»

керівник роботи: к.т.н., доц. Мажара Віталій Анатолійович

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” 20 року №

2. Строк подання роботи 15.12.2024

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загальна частина

2 Дослідна частина

3 Економічна частина

5. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

| Розділ             | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                    |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| Економічна частина | к.е.н., доц. Журило І.В.                  |                |                  |
|                    |                                           |                |                  |

6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту | Строк виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|---------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Загальна частина                | 30.09.2024р.                   |          |
| 2     | Дослідна частина                | 05.11.2024р.                   |          |
| 3     | Економічна частина              | 30.11.2024р.                   |          |
| 4     | Розробка графічного матеріалу   | 10.12.2024р.                   |          |
|       |                                 |                                |          |
|       |                                 |                                |          |
|       |                                 |                                |          |
|       |                                 |                                |          |

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_

Іван ШЕСТАКОВ

Керівник роботи \_\_\_\_\_

Віталій МАЖАРА

**Анотація**  
**на випускну роботу здобувача вищої освіти гр. ПМ-23М-3**  
**Шестакова Івана Сергійовича**

Випускна робота на тему: “Розробка системи автоматизованого проектування типового технологічного оснащення” містить 72 сторінки та 8 листів графічних креслень.

В роботі наведені результати розробки системи автоматизованого проектування типового технологічного оснащення, що використовується при обробці деталей типу «Вал», «Втулка» та «Шестерня». Аналіз типових затискних пристроїв та методів їх розрахунку дозволив створити передумови для розробки системи автоматизованого проектування технологічного оснащення в середовищі Delphi. Було розроблено блок-схеми головної програми, основної вирішувальної процедури, процедури визначення сил затиску, процедури визначення діаметру силового приводу на основі яких було розроблено систему автоматизованого проектування типового технологічного оснащення, яка за вхідними даними розраховує діаметр силового приводу, який потрібний для створення зусилля необхідного для утримування деталі в процесі обробки. Виконано опис компонентів, які використані при створенні головної форми проекту, та наведені приклади вигляду форми проекту при успішному та неуспішному відпрацюванні.

Проведений аналіз методів розрахунку та конструктивних особливостей типових затискних пристроїв, дав змогу створити передумови для розробки системи автоматизованого проектування технологічного оснащення. Дана система створена в середовищі Delphi на основі розроблених блок-схем та протестована в різних умовах. Використання такої системи дозволяє швидко і якісно виконувати проектування затискних пристроїв, при цьому значно скорочуються етапи виконання креслень в порівнянні з ручним методом.

## **ANNOTATION**

for the qualifying master's thesis of a higher education applicant PM-23M-3

**Shestakov Ivan Serhiyovych**

The graduation thesis on the topic: “Development of a computer-aided design system for standard technological equipment” contains 72 pages and 8 sheets of graphic drawings.

The paper presents the results of the development of a computer-aided design system for typical technological tooling used in the processing of parts such as “Shaft”, “Sleeve” and “Gear”. The analysis of typical clamping devices and methods of their calculation allowed to create prerequisites for the development of a system of computer-aided design of technological equipment in the Delphi environment. Block diagrams of the main program, the main solving procedure, the procedure for determining the clamping forces, the procedure for determining the diameter of the power drive were developed, on the basis of which a system for computer-aided design of typical technological equipment was developed, which, using input data, calculates the diameter of the power drive required to create the force necessary to hold the part during processing. The components used to create the main project form are described, and examples of the project form's appearance during successful and unsuccessful development are given.

The analysis of the calculation methods and design features of typical clamping devices made it possible to create the prerequisites for the development of a computer-aided design system for technological equipment. This system was created in the Delphi environment on the basis of the developed flowcharts and tested in various conditions. The use of such a system allows for fast and high-quality design of clamping devices, while significantly reducing the stages of drawing as compared to the manual method.

## ***ЗМІСТ***

|                                                                                                                                              |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Вступ</b>                                                                                                                                 | <b>8</b> |
| <b>1 Загальна частина</b>                                                                                                                    |          |
| 1.1 Вимоги, що висуваються до затискних пристроїв технологічних процесів                                                                     | 9        |
| 1.2 Огляд типового технологічного оснащення                                                                                                  | 10       |
| 1.2.1 Технологічне оснащення для токарних верстатів                                                                                          | 10       |
| 1.2.2 Технологічне оснащення для свердлильних верстатів                                                                                      | 16       |
| 1.2.3 Технологічне оснащення для фрезерних верстатів                                                                                         | 20       |
| 1.2.4 Технологічне оснащення для зубообробних верстатів                                                                                      | 24       |
| <b>2 Дослідна частина</b>                                                                                                                    |          |
| 2.1 Вступ                                                                                                                                    | 28       |
| 2.2 Розробка системи автоматизованого проектування типового технологічного оснащення в середовищі Delphi                                     | 29       |
| 2.2.1 Постановка задачі                                                                                                                      | 29       |
| 2.2.2 Систематизація даних                                                                                                                   | 32       |
| 2.2.3 Розробка і опис ідентифікаторів                                                                                                        | 34       |
| 2.2.4 Опис головної форми проекту                                                                                                            | 39       |
| 2.2.5 Розробка блок-схеми головної програми проекту                                                                                          | 44       |
| 2.2.6 Розробка блок-схеми основної вирішуючої процедури                                                                                      | 46       |
| 2.2.7 Розробка блок-схеми процедури визначення сили затиску деталей класу втулки на токарній операції                                        | 47       |
| 2.2.8 Розробка блок-схеми процедури визначення діаметру силового механізму для деталей класу вали на фрезерній операції                      | 48       |
| 2.2.9 Інструкція користувача                                                                                                                 | 49       |
| <b>3 Економічна частина</b>                                                                                                                  |          |
| 3.1 Економічний аналіз ефективності застосування САПР автоматизованого проектування типового технологічного оснащення                        | 52       |
| 3.2 Методика розрахунку і зіставлення техніко-економічних показників традиційного і машинного проектування типового технологічного оснащення | 53       |

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3 Витрати на виконання робіт із проектування та розрахунок типового технологічного оснащення ручним методом        | 57 |
| 3.3.1 Витрати на заробітну плату і розрахунок трудомісткості виконання робіт                                         | 58 |
| 3.3.2 Накладні витрати                                                                                               | 60 |
| 3.3.3 Витрати на господарський інвентар                                                                              | 60 |
| 3.3.4 Витрати на утримання приміщення і його амортизацію                                                             | 60 |
| 3.4 Витрати на виконання робіт по проектуванню річного обсягу типового технологічного оснащення з використанням САПР | 62 |
| 3.4.1 Розрахунок витрат на експлуатацію САПР проектування типового технологічного оснащення                          | 62 |
| 3.4.2 Витрати на утримання приміщення і його амортизацію                                                             | 65 |
| 3.4.3 Розрахунок одночасних капітальних витрат                                                                       | 66 |
| 3.4.4 Вартість проектного варіанту                                                                                   | 67 |
| 3.5 Економічний ефект                                                                                                | 68 |
| <b>Висновки</b>                                                                                                      | 69 |
| <b>Література</b>                                                                                                    | 70 |

## Вступ

Затрати на виготовлення та експлуатацію різного технологічного оснащення складають до 20 % від собівартості продукції, а вартість та терміни підготовки виробництва в основному визначаються величиною затрат праці та часу на проектування і виготовлення технологічного оснащення.

Найбільшу питому вагу в загальній масі оснащення мають верстатні пристосування, за допомогою яких вирішуються три основних завдання:

1) базування оброблюваних деталей на верстатах з вивіркою по перевірочним базам замінюється базуванням без вивірки, що прискорює процес базування й забезпечує можливість автоматичного одержання розмірів на налагоджених верстатах;

2) підвищується продуктивність та полегшуються умови праці робітників за рахунок механізації й автоматизації пристосувань, а також за рахунок застосування багатомісної, позиційної та безперервної обробки;

3) розширюються технологічні можливості верстатів, що дозволяє на звичайних верстатах виконувати таку обробку, або одержувати таку точність, для яких ці верстати не призначені.

За останні роки значно підвищився рівень механізації й автоматизації пристосувань, а також проведена велика робота по їх стандартизації й нормалізації.

Випускна кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматизованого проектування типового технологічного оснащення.

## **1 Загальна частина**

### **1.1 Вимоги, що висуваються до затискних пристроїв**

До пристосувань для верстатів з ЧПК висувається ряд специфічних вимог, обумовлених особливістю цих верстатів, недотримання яких значно знижує ефективність застосування верстатів з ЧПК.

Пристосування повинні мати підвищену розмірну точність. Похибки базування та закріплення, що виникають при установці заготовок у пристосуваннях, повинні бути зведені до мінімуму. Для можливості використання повної потужності верстата на чорнових операціях пристосування повинні мати підвищену твердість. У той же час конструкція пристосування повинна забезпечити одержання високої точності на чистових операціях.

Відносне переміщення заготовки й інструмента на верстатах з ЧПК здійснюється в системі заздалегідь заданих координат. Отже, заготовки повинні мати повне базування в пристосуваннях, а їхньої бази - строго певне положення відносно початку координат верстата (нульової точки).

Для забезпечення автоматичної орієнтації опор відносно початку координат верстата пристосування повинні мати повне базування на верстаті, що забезпечує строго певне їх положення щодо нульової точки верстата.

Верстати з ЧПК забезпечують можливість обробки до чотирьох-п'яти поверхонь із однієї установки заготовки. Для цієї мети пристосування повинні забезпечувати можливість підходу інструмента до всіх оброблюваних поверхонь.

Найбільш істотне скорочення часу простоїв верстатів з ЧПК досягається шляхом зменшення часу затиску-розтиску заготовок. Можливість обробки на верстатах з ЧПК максимального числа поверхонь заготовки з однієї її установки різко збільшує цикл обробки заготовки на одному верстаті, що обумовлює можливість зміни заготовки поза робочою зоною верстата або поза верстатом під час обробки на верстаті іншої заготовки. Отже, пристосування повинні забезпечувати можливість зміни заготовок під час роботи верстата.

Верстати з ЧПК на відміну від верстатів-автоматів мають високу гнучкість, тому що переналагодження їх полягає лише в зміні програмного носія. Найбільша частина підготовчо-заключного часу затрачається не на переналагодження верстата, а на зміну або переналагодження оснащення - пристосувань та інструмента. Тому для скорочення простою верстатів пристосування повинні забезпечувати можливість їхнього швидкого переналагодження або зміни. На верстатах з ЧПК найбільш ефективно застосовувати системи переналагоджуваних пристосувань, що забезпечують можливість обробки широкої номенклатури заготовок завдяки перекомпонуванню, зміні або регулюванню установчих і затискних елементів. Пристосування, застосовувані в серійному виробництві при обробці малогабаритних деталей, повинні бути багатомісними, тому що при цьому можлива обробка отворів у всіх заготовках послідовно тим самим інструментом. Продуктивність обробки збільшується за рахунок скорочення часу, затрачуваного на зміну інструменту. Крім того, багатомісні пристосування забезпечують можливість зміни заготовок під час роботи верстата й багатOVERстатне обслуговування.

## **1.2 Огляд типового технологічного оснащення**

### **1.2.1 Технологічне оснащення для токарних верстатів**

Кулачкові патрони застосовуються для установки і закріплення заготовок, що оброблюються на токарних верстатах.

В залежності від кількості кулачків патрони поділяються на дво-, три- та чотирикулачкові. Патрони дво-, трикулачкові являються самоцентруючими, чотирикулачкові патрони виготовляються в основному з незалежним переміщенням кулачків, але бувають і самоцентруючі. Застосування патронів залежить від конфігурації оброблюваної заготовки.

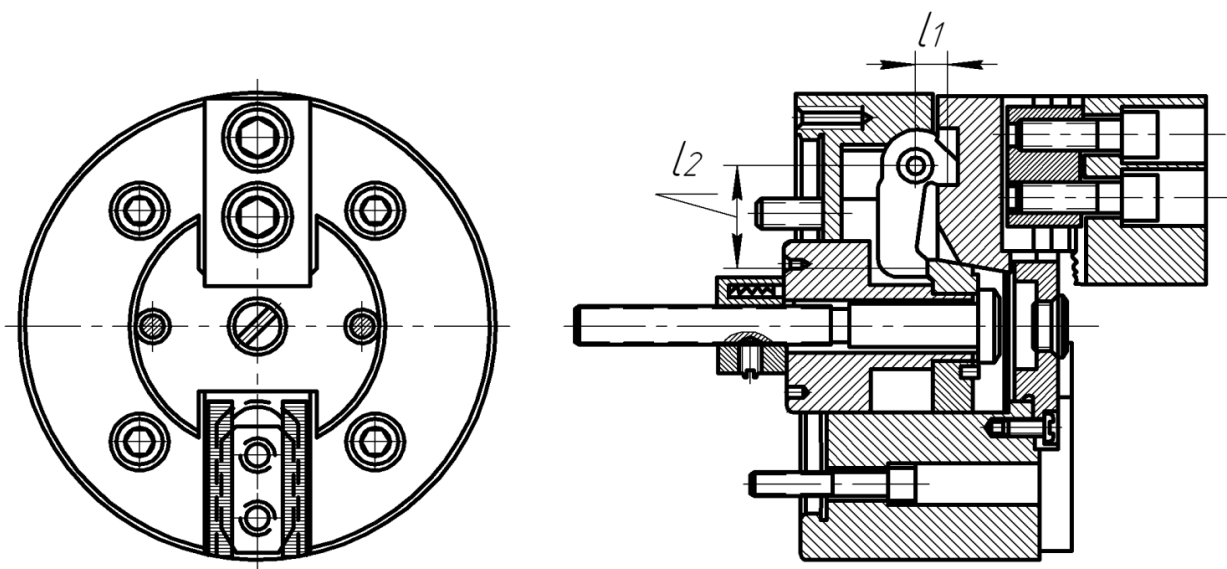


Рисунок 1.1 Патрон двокулачковий з клино-важільним механізмом

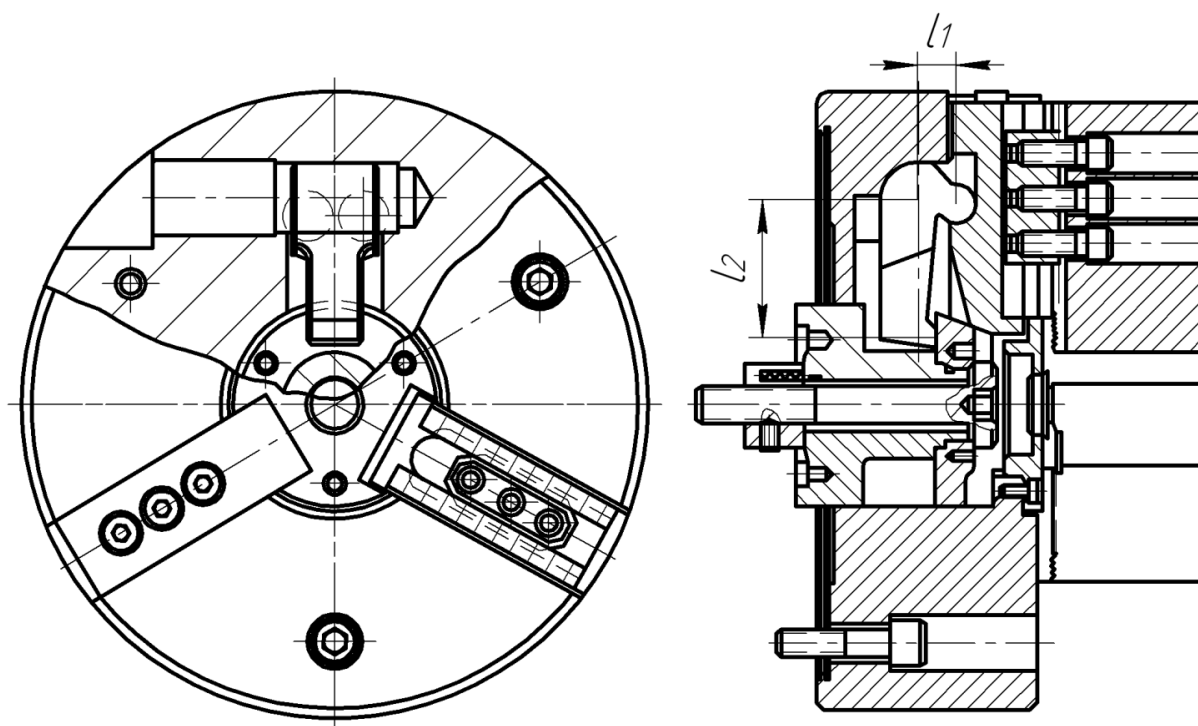


Рисунок 1.2 Патрон трикулачковий з клино-важільним механізмом

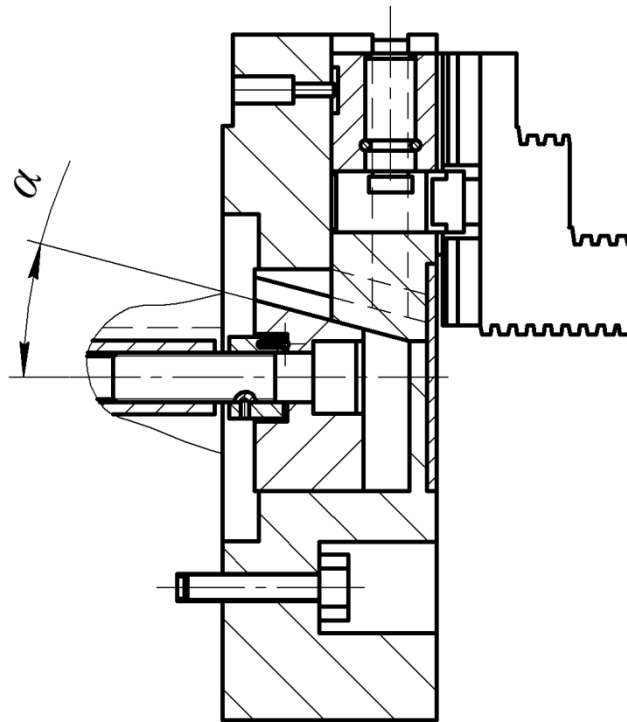


Рисунок 1.3 Патрон трикулачковий з клиновим механізмом

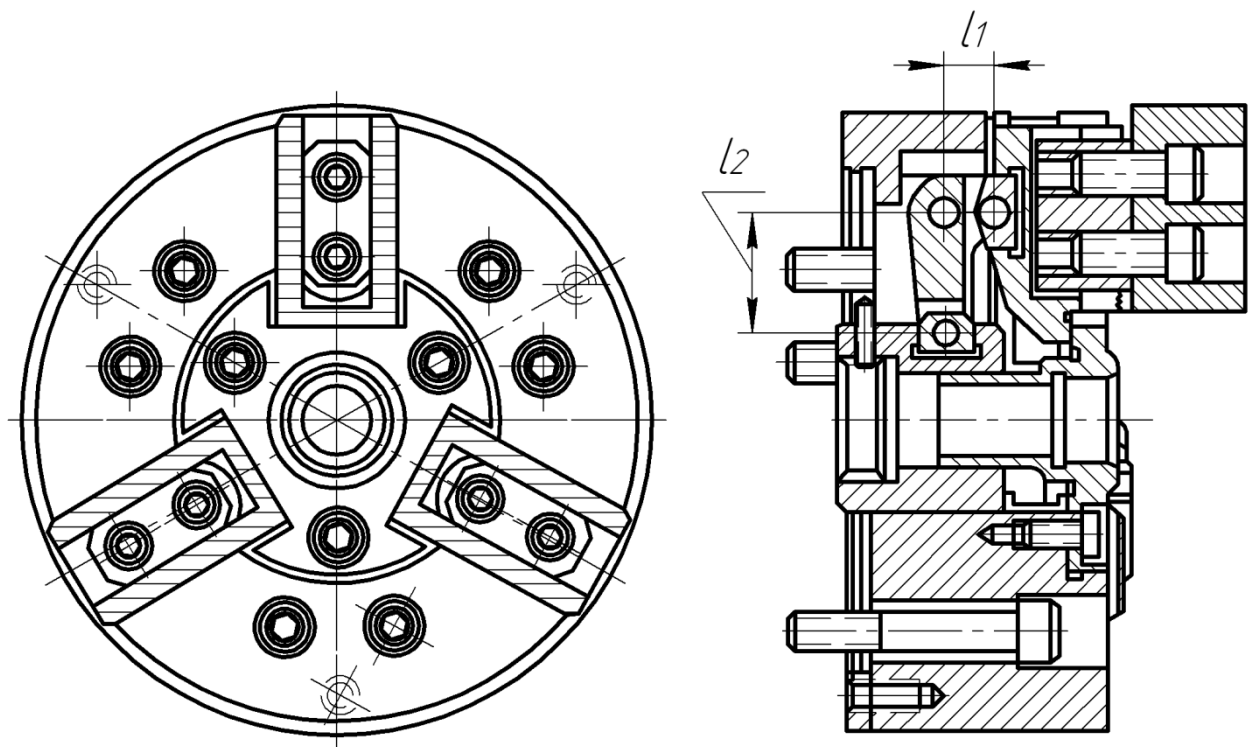


Рисунок 1.4 Патрон трикулачковий з важільним механізмом

Цанги – це розрізні (вздовж осі симетрії) пружні втулки, що залежно від їх конструкції (розміщення конусної поверхні) допускають встановлення та закріплення штучних і пруткових заготовок за допомогою внутрішньої або зовнішньої поверхонь зовнішнього профілю (круглих, квадратних, призматичних, шестигранних тощо).

Повздовжні прорізи перетворюють кожний пелюсток цанги у консольний брус, один з кінців якого переміщується у радіальному напрямку шляхом ковзання конічної його поверхні по відповідній нерухомій поверхні корпусу, або гайки, що з'єднані з ним. Самоцентрування забезпечується одночасним деформуванням усіх пелюстків цанги. Кількість пелюстків цанги залежить від її розмірів і профілю встановлюваних заготовок. Для заготовок круглого перерізу з діаметром до 30 мм цанга має три пелюстки, з діаметром від 30 до 80 мм – чотири, а з діаметром понад 80 мм – шість.

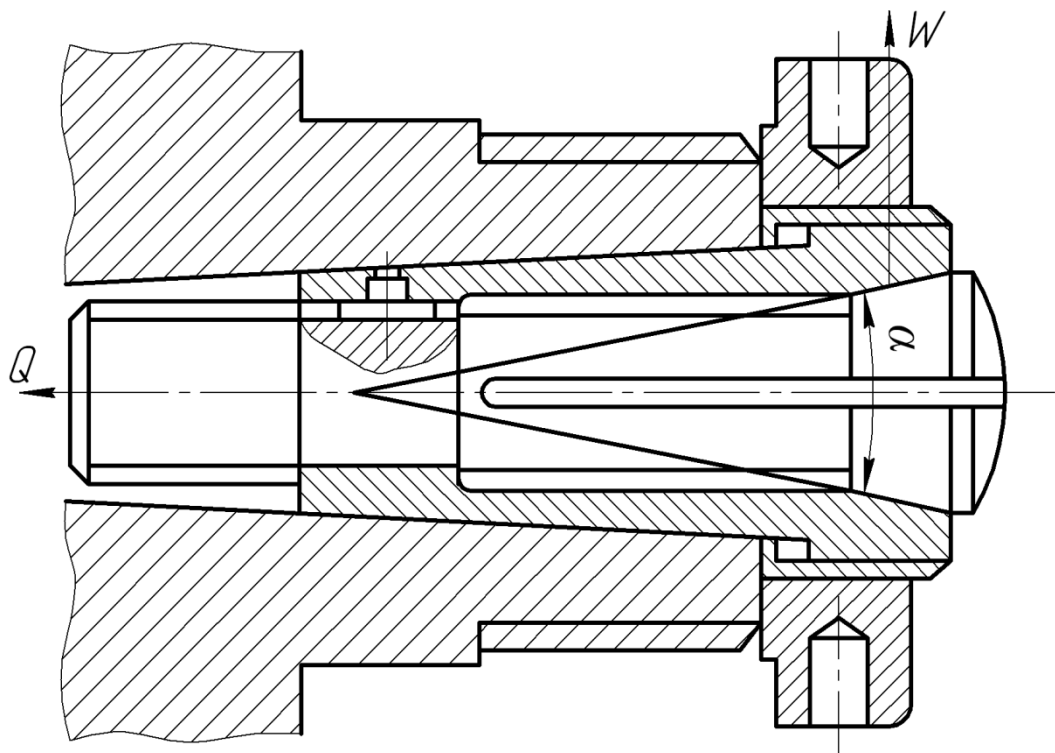


Рисунок 1.5 Патрон цанговий

Для забезпечення довговічності цанги деформування її пелюстків не має перевищувати границі пружності матеріалу, з якого вона виготовлена. Виготовляють цанги з високо вуглецевих (У8А, У10А, 65Г тощо) або легованих (15ХА, 12ХН3А тощо) сталей з гартуванням їх робочих частин до твердості 55..62 HRC та відпусканням неробочих частин до твердості 39..40 HRC.

Точність центрування нових цанг становить 0,02..0,05 мм. Установчі поверхні цанг обробляють відповідно до шостого-восьмого квалітетів точності. Беручи до уваги, що під час гартування цанга може жолобитися, оброблення різанням і гартування разом з чистовим шліфуванням виконують із наявністю невеликих перемичок між пелюстками, які після оброблення вилучають за допомогою тонких шліфувальних кругів.

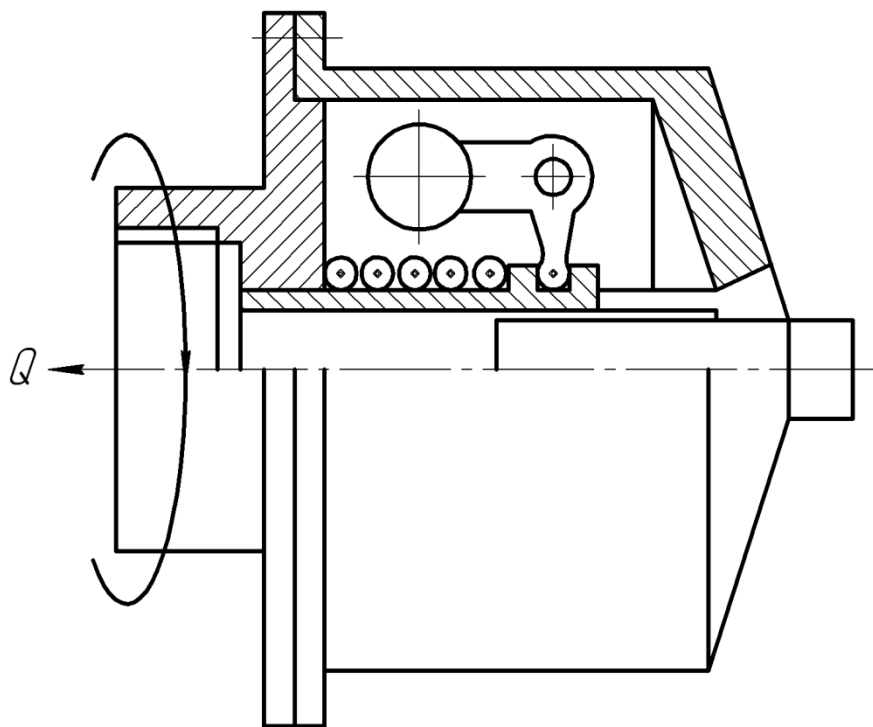


Рисунок 1.6 Патрон цанговий інерційний

На рисунку 1.6 зображено цанговий інерційний патрон. Затиск в такому патроні відбувається за рахунок дії відцентрової сили.

Мембранні затискні пристосування застосовують для встановлення та закріплення таких заготовок, як диски, втулки, кільця тощо за допомогою як внутрішніх, так і зовнішніх поверхонь. Основною деталлю таких затискних пристосувань є пружна мембрана, що за формою може бути ріжко-, чашко- та кільцеподібною.

Виготовляють мембрани з високо вуглецевих сталей (У7А, 30ХГС, 60С2А, 65Г тощо) із гартуванням до твердості 40..45 HRC.

Мембранні патрони можуть забезпечити точність центрування до 0,005 мм. Досягають такої високої точності центрування шляхом додаткового оброблення кулачків у складеному патроні. Конструкція патронів при затиску, або розтиску повинна передбачувати збереження упругої деформації під дією сил, що прикладені до заживної частини. В протилежному випадку, при пережимі мембрани може виникнути залишкова деформація, яка визиває втрати точності центрування.

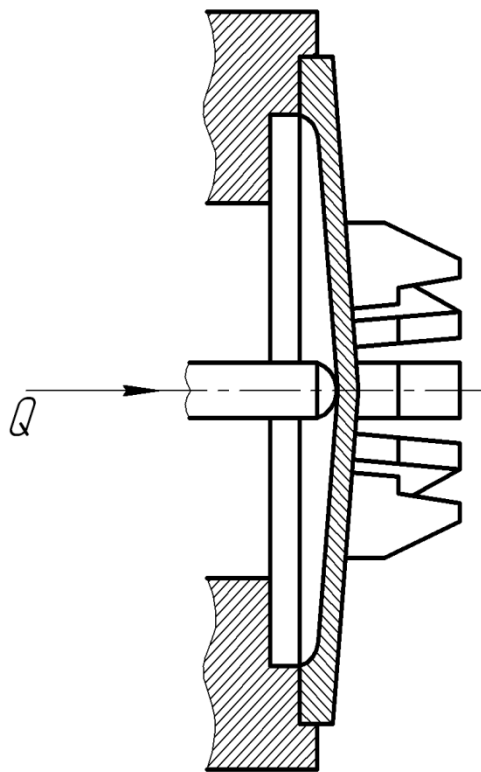


Рисунок 1.7 Патрон мембранний

### 1.2.2 Технологічне оснащення для свердлильних верстатів

Для обробки отворів на свердлильних верстатах проектується та виготовляється різноманітне оснащення: скальчаті та інші типи кондукторів, поворотні столи і стійки, багатошпиндельні та револьверні головки, усілякий допоміжний інструмент і т.д.

У ряді випадків розточувальні роботи, що раніше виконувалися на розточувальних і токарних верстатах, переводяться на свердлильні верстати. Пояснюється це тим, що свердлильні верстати дешевші за розточувальні, займають мало місця й зручні в експлуатації. Так, наприклад, обробка системи отворів із застосуванням поворотного кондуктора виконується на радіально-свердлильному верстаті швидше, ніж на розточувальному, тому що швидше виконується установка шпинделя по осі отвору, а можливість вільного відводу хобота верстата убік полегшує й прискорює зміну розточувальних скалок. Усе більше починає впроваджуватися переналагоджуване механізоване й частково автоматизоване свердлильне оснащення із пневматичним або гідравлічним приводом.

Пристосування для обробки отворів, що мають кондукторні втулки для напрямку різального інструменту (свердлів, зенкерів, розгорнень), називаються кондукторами.

Кондукторні втулки встановлюються в стінках корпусів пристосувань або плитах, які називають кондукторними плитами. Ці плити підрозділяються на постійні, шарнірні або відкидні, знімні або накладні, підвісні й підйомні.

Постійні плити виконуються разом з корпусом кондуктора. Кондукторна плита й корпус можуть бути виготовлені окремо, при цьому плита прикріплюється до корпусу гвинтами, а для забезпечення точності її установки застосовують установчі контрольні штифти.

Шарнірні або відкидні плити виготовляються окремо від корпусу, вони пов'язані з корпусом шарнірно для зручності установки й зняття оброблюваної заготовки. Ці плити характеризуються зниженою точністю.

Зйомні плити не мають постійного зв'язку з корпусом пристосування, координуються з ним за допомогою точно розташованих на корпусі пальців і при необхідності кріпляться до оброблюваної заготовки за допомогою болтів, гайок, шайб або пневмопривода, змонтованого на столі верстата. Вага зйомних плит не повинна перевищувати 8...10 кг. Кондуктори із зйомними плитами застосовують при виготовленні великих деталей. Зйомні плити забезпечують більш високу точність обробки в порівнянні з відкидними й більшою свободою доступу до оброблюваної заготовки, але зняття й установка їх займає багато часу. Щоб виключити ці недоліки, у крупносерійному та масовому виробництві такі плити підвішують до шпинделя верстата подібно плитам багатошпиндельних головок і називають їх тому підвісними.

Підйомні плити - плити, що перебувають у постійному зв'язку з корпусом пристосування за допомогою напрямних колонок. Підйом плити здійснюється за допомогою спеціальних механізмів.

Для забезпечення достатньої твердості кондукторних плит товщина їх визначається висотою кондукторної втулки і знаходиться в межах 15...30 мм.

Пристосування залежно від положення, займаного заготовкою в процесі всієї операції, підрозділяються на стаціонарні, пересувні, перекидні і поворотні.

Стаціонарними називаються пристосування, у яких оброблювана заготовка в процесі всієї обробки на даному верстаті залишається нерухомою. Такі пристосування застосовують головним чином на радіально-свердлильних, розточувальних і багатошпиндельних верстатах. На вертикально-свердлильних верстатах такі пристосування застосовують у тому випадку, коли в заготовці обробляється один отвір або група отворів за допомогою багатошпиндельної головки. Плита в таких пристосуваннях найчастіше нерухома. Однак у практиці в стаціонарних пристосуваннях використовують підйомні та підвісні кондукторні плити, які поліпшують умови завантаження заготовок і використовуються як затискач. Підвісні плити частіше використовують у компонованні з багатошпиндельними головками.

Установка пристосувань на столі верстата виконується за допомогою установчих шпонок, для кріплення пристосування до стола верстата на корпусній плиті передбачаються відкриті пази для кріплення болтів, при їхній відсутності пристосування кріплять за полицю спеціальними прихватами.

Свердлильні пристосування з підйомною кондукторною плитою називаються скальчатими кондукторами. Скальчаті кондуктори стандартизовані й виконуються консольного й порталного типів з ручним або пневматичним затискачем. У конструкцію скальчатого кондуктора входять постійні й змінні вузли (налагодження). Постійна частина кондуктора стандартизована й складається з корпусу, двох або трьох розташованих у ньому скалок, що несуть кондукторну плиту, механізму для переміщення скалок і затискача оброблюваних заготовок. Змінні налагодження проектується відповідно до конфігурації оброблюваних заготовок і складаються з установочно-затискних вузлів і змінної кондукторної плити з комплектом кондукторних втулок. Для базування й фіксації змінних налагоджень у корпусі та кондукторній плиті передбачаються нустановчі поверхні (центрувальні отвори, настановні пальці, Т-образні пази й т.п.). У скальчатих кондукторах механізм підйому й опускання скалок одночасно є і силовим механізмом, що займає оброблювані заготовку кондукторною плитою. Механізм підйому й опускання скалок може бути виконаний з роликівими, конічними, клиновими, пружинним замками або пневматичним приводом.

Пристосування, у яких сполучення осей інструмента і кондукторної втулки виконується переміщенням пристосування, називаються пересувними. Ці пристосування застосовують на одношпindelних свердлильних верстатах при послідовній обробці групи отворів, при цьому пристосування пересувають по площині столу верстата між двома закріпленими на ньому планками. Для обробки цих отворів, що лежать в одній площині, на кінцях корпусу пристосування доцільно застосовувати регульовані опори для якнайшвидшого сполучення кондукторних втулок із шпинделем верстата.

Поворотними називаються пристосування, призначені для обробки отворів у декількох площинах або по окружності. Ці пристосування можна застосовувати

на свердлильних верстатах будь-якого виду і вони можуть мати горизонтальну, вертикальну або похилу вісь обертання.

Поворотні пристосування звичайно складаються з нерухомого корпусу (або стійок) і поворотної частини, що несе робочу частину пристосування з оброблюваною заготовкою, що закріплена на ньому. У пристосуваннях з вертикальною віссю обертання корпус і поворотна частина стандартизовані й називаються поворотними столами. Пристосування з горизонтальною віссю обертання також стандартизовані та представляють поворотну з ділильним пристроєм стійку, на планшайбі якої закріплюється робоча частина пристосування, опори, затискачі і напрямні втулки. Застосування поворотних столів дає можливість усунути багаторазові перестановки заготовки, тобто скоротити допоміжний час, особливо при обробці заготовок великої ваги (20...30 кг), а також скорочує час на конструювання й виготовлення пристосувань (конструюється й виготовляється тільки робоча частина пристосування, призначена для установки й затиску оброблюваних заготовок). Поворотні столи приводяться в дію вручну або за допомогою механізованого або автоматизованого привода.

Перекидні пристосування застосовують для обробки отворів у заготовках у декількох площинах. Ці пристосування застосовують у серійному виробництві невеликих деталей. Для зручності роботи до пристосувань прикріплюють рукоятки. Для запобігання зношування опорних поверхонь пристосування на них ставлять загартовані пластинки, штирі або ніжки спеціальної конструкції.

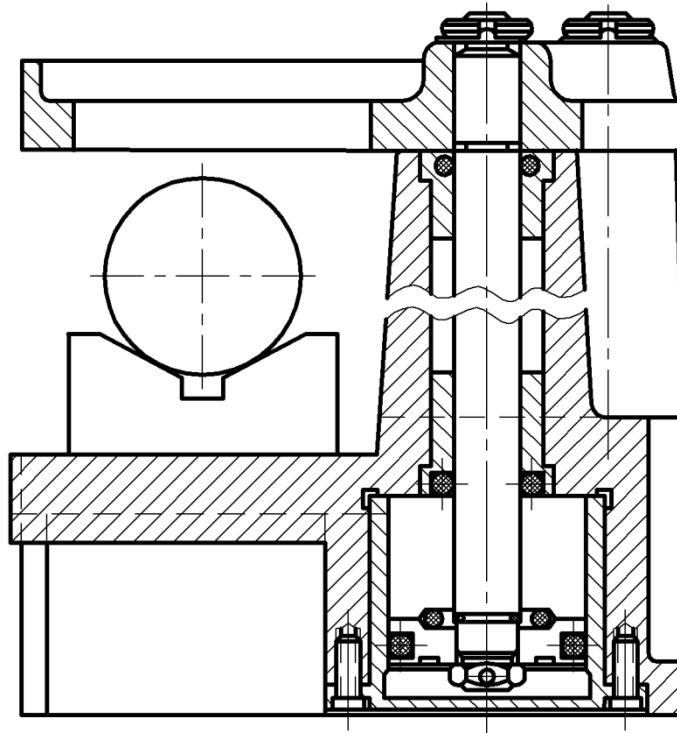


Рисунок 1.8 Кондуктор.

### 1.2.3 Технологічне оснащення для фрезерних верстатів

Пристосування для фрезерних верстатів по виду подачі розділяють на пристосування до верстатів з прямолінійною, круговою та складною копіювальною подачею. За ступенем суміщення допоміжного часу з основним ці пристосування розділяють на дві групи:

- пристосування, в яких при обробці заготовок допоміжний час суміщається з основним;
- пристосування, в яких при обробці заготовок допоміжний час не суміщається з основним.

Пристосування для фрезерних верстатів бувають універсальними, універсально-складними, універсально-налагоджувальними груповими та спеціальними.

Лещата відносяться до групи універсальних пристосувань, що допускають переналагодження. Корпус із полозками й механізм затискача лещат - постійні. Наладка складається із змінних губок та інших установчих елементів, що

проектуються і виготовляються у відповідності з формою й розмірами оброблюваних заготовок.

Лещата можна розділити на наступні групи:

1. по загальній конструкції: з однією рухливою губкою: самоцентруючі з двома рухливими губками; із плаваючими губками; з губками, що переміщуються взаємно перпендикулярно;
2. по конструкції механізму затиску: гвинтові; эксцентрикові; эксцентрикові з важільним підсилювачем;
3. по типу силового привода: з ручним приводом; пневматичні; механогідравлічні; пневмогідравлічні; гідравлічні пружинні з автоматизованим затиском від переміщення столу верстата;
4. по напрямку зусилля, прикладеного до рухливої губки: з тягнучим зусиллям (полозки рухомої губки працюють на розтяг); із зусиллям, що штовхає (полозок рухливої губки працюють на стиск).

Крім того лещата бувають: неповоротні; поворотні в одній площині; поворотні у двох взаємно перпендикулярних площинах. Основні типи лещат стандартизовані.

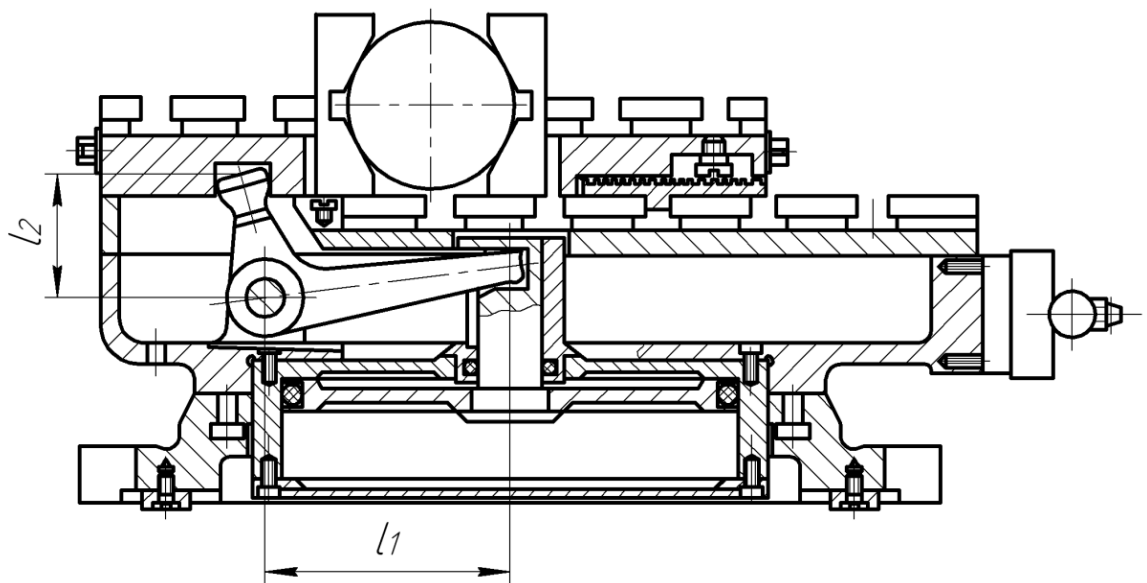


Рисунок 1.9 Лещата з призматичними губками та важільним механізмом

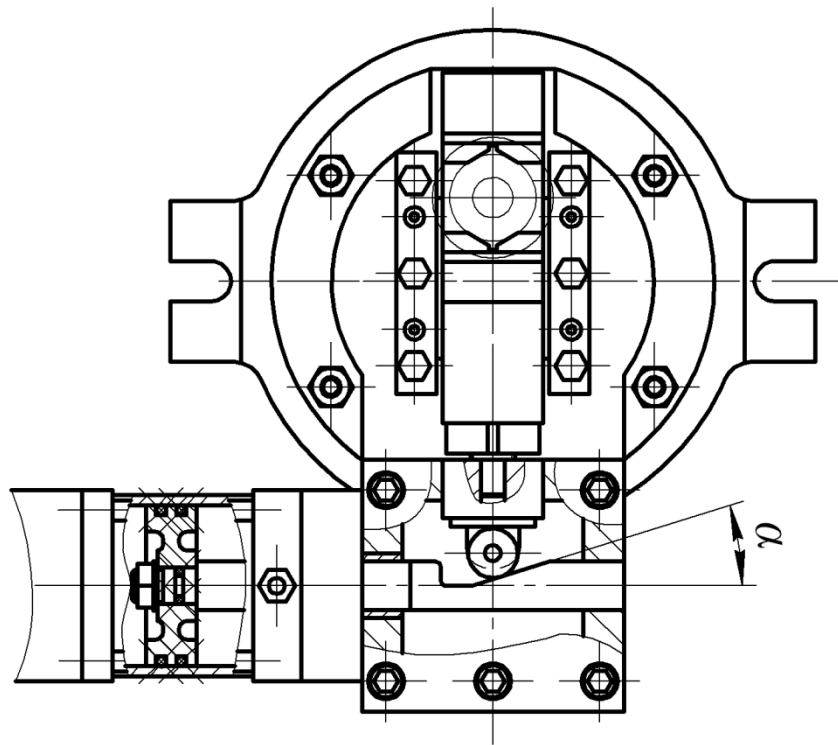


Рисунок 1.10 Лещата з призматичними губками та клиновим механізмом

В основу класифікації спеціальних пристосувань покладені дві головних ознаки:

1. число одночасно встановлюваних заготовок (одномісні й багатомісні пристосування);
2. форма їхніх базових поверхонь (схеми базування).

Наладки на лещата, ділильні й поворотні столи й т.д. відносяться до групи спеціальних пристосувань. Однак наладки істотно відрізняються від звичайних спеціальних пристосувань:

- 1) поверхні, що базують, наладки повинні відповідати установчим поверхням базового пристосування, на якому вони монтуються;
- 2) силовий привід і силовий механізм звичайно є в базового пристосування, а в наладці можуть передбачатися лише додаткові затискні елементи;
- 3) головною та визначальною частиною наладки є її установчі елементи, форма, розміри та розташування яких відповідають базовим поверхням оброблюваної заготовки.

Конструкції спеціальних пристосувань повинні включати стандартизовані вузли й деталі, що значно дозволить знизити їх вартість.

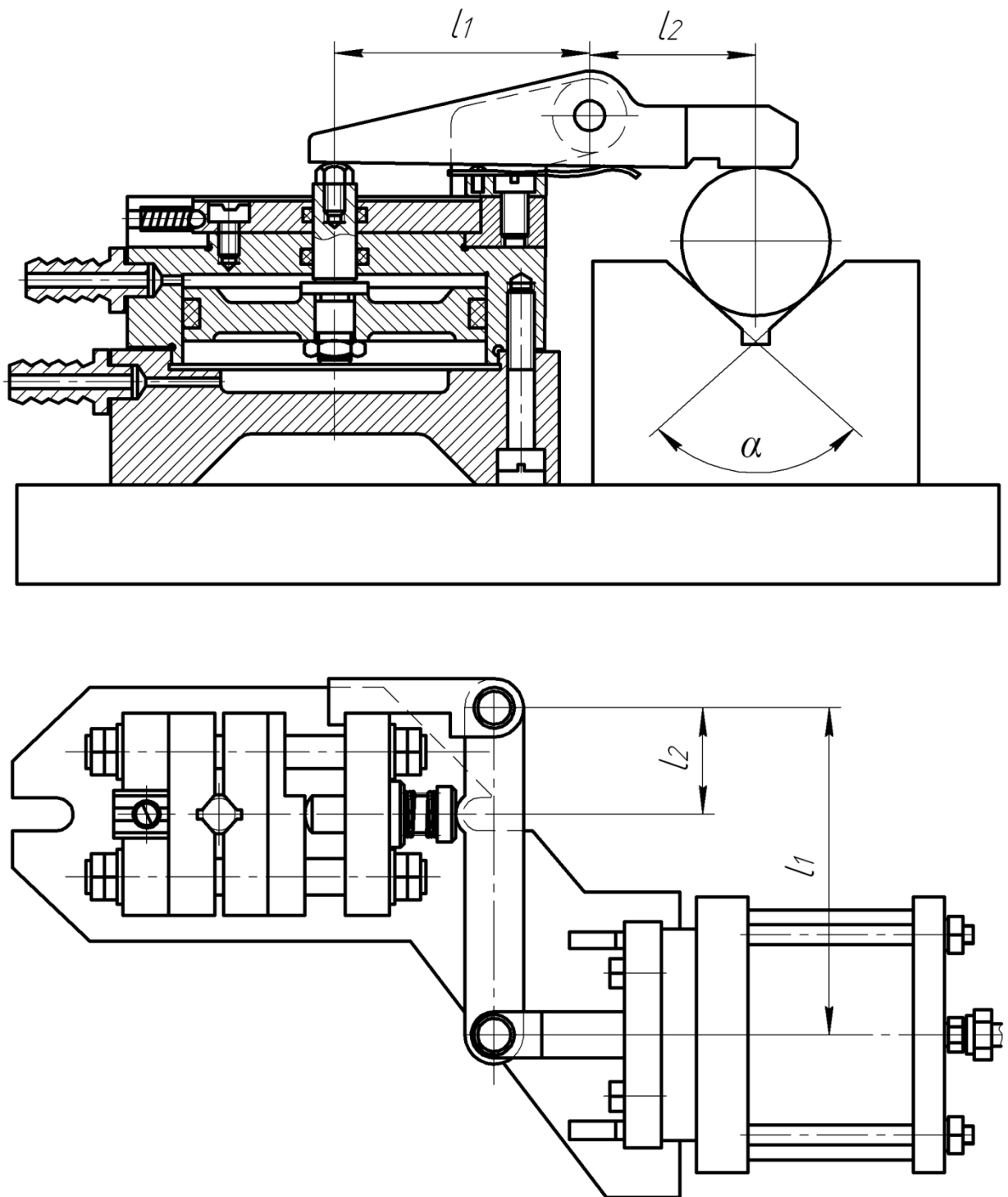


Рисунок 1.11 Спеціальні затискні пристрої з важільним механізмом

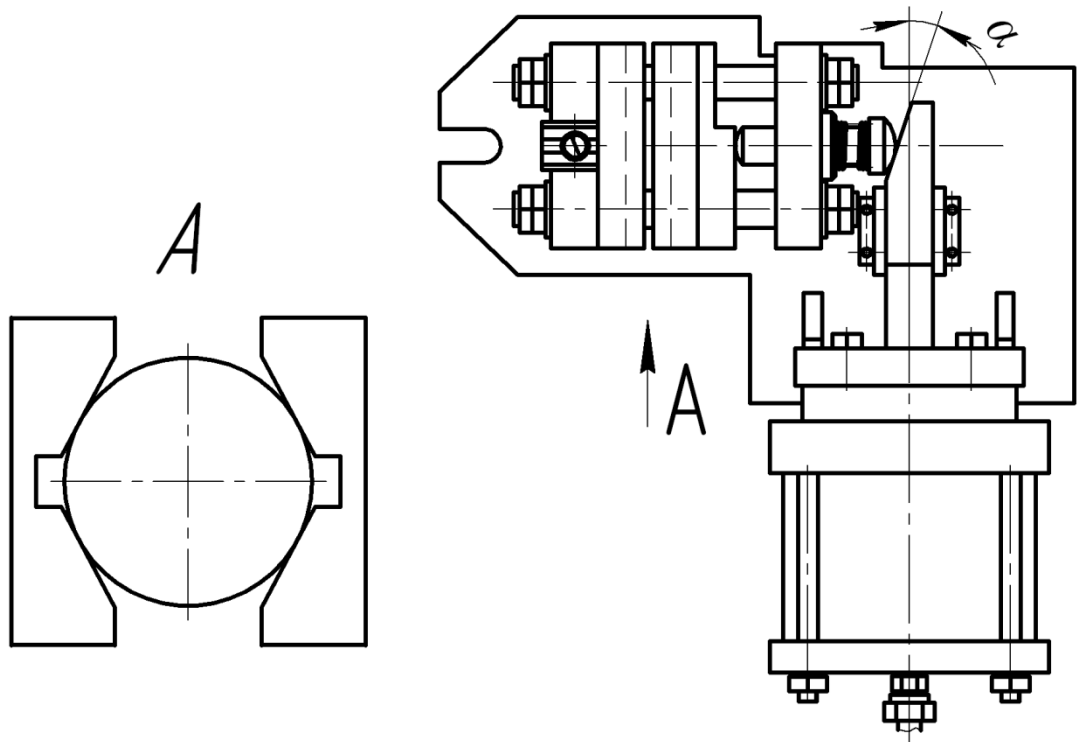


Рисунок 1.12 Спеціальний затискний пристрій з клиновим механізмом

#### 1.2.4 Технологічне оснащення для зубообробних верстатів

Для центрування й закріплення заготовок, оброблюваних на зуборізних та зубообробних верстатах, застосовуються різноманітні оправки та інші центруючі пристрої. По типу устаткування їх прийнято ділити на наступні групи:

- 1) для зубофрезерних верстатів;
- 2) для зубодовбальних верстатів;
- 3) для зубострогальних верстатів і т.д.

У межах кожної групи залежно від конфігурації зубчастих коліс пристосування можуть бути розділені на підгрупи:

1. для обробки коліс із маточиною;
2. для плоских коліс;
3. для двох- і багатовінцевих блоків;
4. для зубчастих валиків і т.д.

На конструкцію пристосування безпосередній вплив мають також розміри зубчастих коліс, ступінь їх точності, форма й розміри базових поверхонь, а також

посадкових місць стола або шпинделя верстата, з яким пристосування сполучаються.

Залежно від довжини маточини та загальної конфігурації зубчастого колеса основною установчою базою може бути отвір або торцева поверхня маточини або ободу. При довгому отворі воно звичайно приймається за основну базу (чотири опорні точки); тоді торець використовується як додаткова база з однією точкою опори. У плоских коліс і зубчастих вінців основною базою є торцева поверхня (три опорні точки), а отвір служить додатковою базою (дві точки); у цьому випадку центрування повинне виконуватися по вузькій циліндричній ділянці.

При нарізанні зубчастих коліс із невисоким ступенем точності, а також на операціях попереднього нарізання зубів для центрування використовують жорсткі оправки, на які встановлюють із невеликим зазором (посадки H7/h6, H7/g6). При підвищених вимогах до точності центрування повинне виконуватися з натягом або вивіркою по індикатору, тому що при центруванні із зазором зсув осі отвору щодо осі обертання стола верстата приводить до радіального биття основної та ділильної окружностей вінця, рівному подвійному ексцентриситету або максимальному зазору ( $S_{\max}$ ). Для точного центрування звичайно застосовують оправлення із пружною оболонкою, деформуємою за допомогою того або іншого робітничого середовища (гідропласт, масло, тарілчасті пружини й т.п.).

У більшості конструкцій оправок механізми центрування й затиску розділені, тобто заготовку спочатку центрують, а потім закріплюють, причому для закріплення звичайно використовують ручний гвинтовий затискач. В останні роки замість оправок із ручним затискачем усе ширше впроваджуються пристосування із пневматичним приводом, а в крупносерійному і масовому виробництві здійснюється повна автоматизація всього процесу зубонарізання.

На точність зубообробки безпосередньо впливає точність центрування самих пристосувань, вісь яких повинна збігатися з віссю обертання стола. Спосіб центрування й закріплення пристосувань залежить від форми посадкових місць верстатів.

Так, наприклад, на фрезерних та зубодовбальних верстатах пристосування мають вертикальну вісь і центруються по одному із чотирьох методів:

- 1) циліндричним хвостовиком корпуса (підставки) по циліндричному отворі в столі верстата;
- 2) конусним хвостовиком по конусному гнізді в столі;
- 3) у центрах;
- 4) з вивіркою по індикаторі.

Биття встановленої на верстаті оправки необхідно перевіряти; воно не повинне перевищувати 0,005 мм, а для особливо точних шестерень - 0,0025 мм.

На зубодовбальних верстатах пристосування центруються конусними хвостовиками, з вершиною конуса, поверненою убік повзуна з довб'яком, і закріплюються на фланці шпинделя через різьбові отвори.

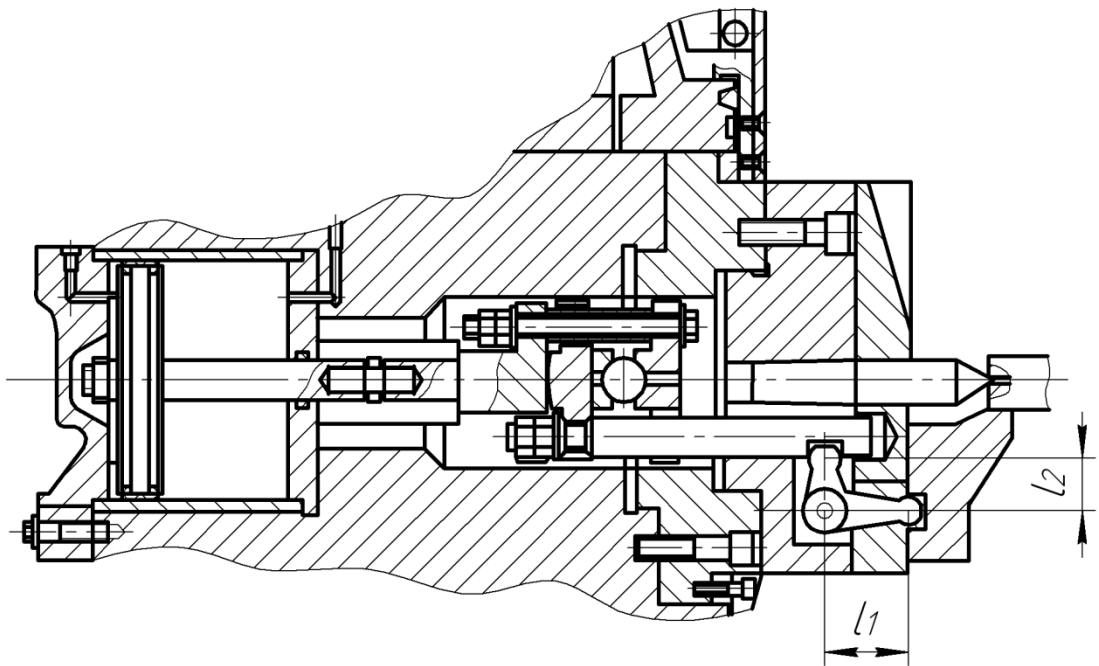


Рисунок 1.13 Спеціальний затискний пристрій для зубообробки з важільним механізмом

## Висновки.

Проектування технологічного оснащення для механооброблювальних верстатів є однією з основних задач з якими стикається інженер конструктор на виробництві.

У машинобудуванні якість, енергомісткість і вартість продукції, безпека та продуктивність праці здебільшого зумовлені рівнем технології, вдалим добором основного та допоміжного спорядження.

Технологічне оснащення дає змогу значно розширити виробничі можливості основного устаткування, уникнути малопродуктивного та втомливого розмічування заготовок перед їх обробкою, зменшити обсяг ручної праці; механізувати та автоматизувати процеси встановлення, закріплення та знімання заготовок, транспортування їх між операціями. Вдало підібране технологічне оснащення забезпечує обслуговування декількох верстатів одним робітником, скорочує терміни наладки та виробництва продукції, знижує вимоги до кваліфікації робітників, тобто значно пришвидшує та здешевлює виробництво продукції машинобудування, зберігаючи заданий рівень її якості.

## **2. Дослідна частина**

### **Розробка системи автоматизованого проектування типового технологічного оснащення.**

#### **2.1. Вступ**

Актуальність теми. Добробут суспільства і його положення у світовому співтоваристві значною мірою визначаються досягнутим рівнем продуктивності суспільної праці. Сучасні умови характеризуються бурхливим розвитком виробництва та усе більш широким використанням високопродуктивних машин у всіх галузях народного господарства. Це визначає пріоритетне значення машинобудування, завданням якого є виробництво машин, що полегшують працю людини й підвищують її продуктивність.

Тож для підвищення продуктивності праці робітника, який проектує технологічне оснащення було розроблено систему автоматизованого проектування технологічного оснащення (САПТО). Автоматизація проектування технологічного оснащення сприяє зменшенню витрат матеріальних засобів і часу на його проектування та виготовлення, а відповідно скорочення часу на виробництво нових виробів, зниження їх собівартості тощо.

Наукова новизна. Проведено аналіз типових затискних пристроїв, що дало змогу створити передумови для розробки системи автоматизованого проектування технологічного оснащення (САПТО).

Практична цінність. Розроблено систему автоматизованого проектування типового технологічного оснащення. Програма за вхідними даними розраховує діаметр силового приводу який потрібен для створення затискного зусилля необхідного для утримування деталі в процесі обробки.

Під час проведення аналізу літературних джерел було встановлено, що більшість існуючої інформації має оглядовий характер, зокрема в роботі В. М. Бурцева [2] міститься інформація про наявність таких систем, як «Кондуктор-1»,

«Кондуктор-2ЕС», «Кондуктор-3», «Токарь-1М». Але опис не йде далі від зазначення існування даних систем. Тому було вирішено будувати свій алгоритм для виконання поставленої задачі.

## 2.2. Розробка системи автоматизованого проектування типового технологічного оснащення в середовищі Delphi

### 2.2.1. Постановка задачі

Розробити систему автоматизованого проектування типового технологічного оснащення для розрахунку діаметру силового привода за вказаними на формі даними.

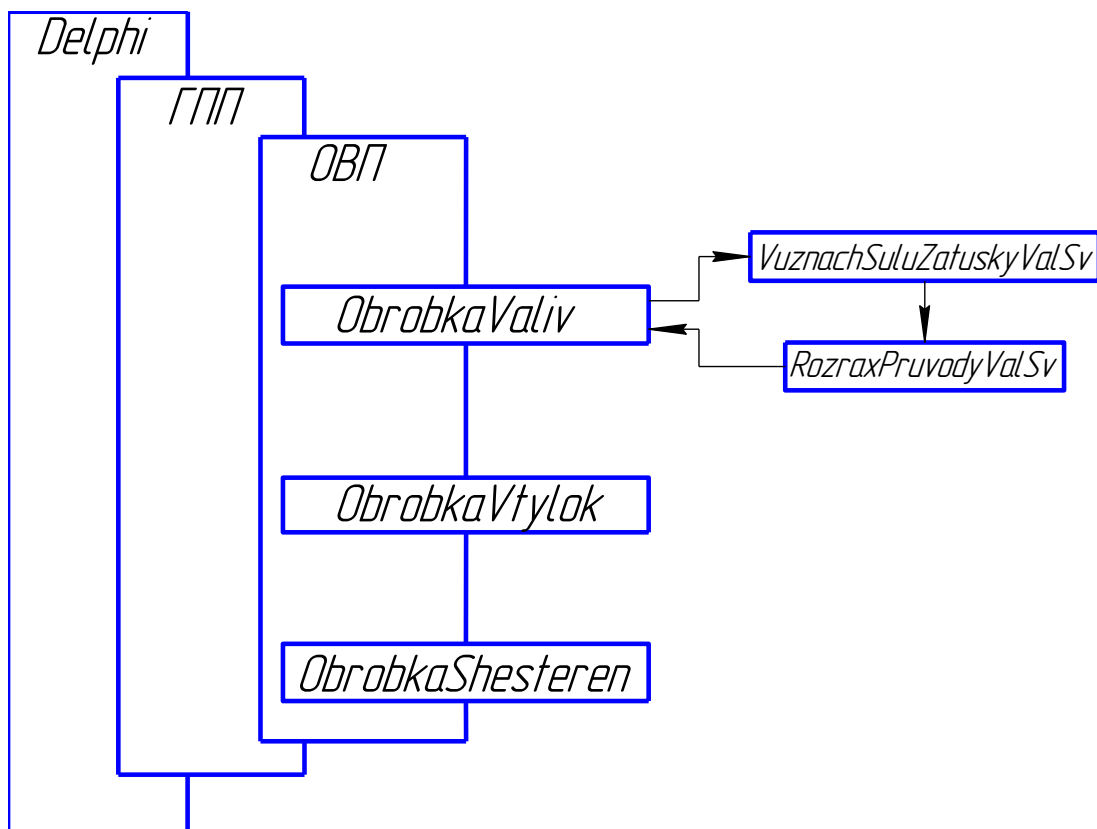


Рисунок 2.1 Ієрархія визначення діаметру силового привода.

На рисунку 2.1 приведена ієрархія визначення діаметру силового привода. В таблиці 2.1 приведені процедури та їх описання.

Таблиця 2.1 - Процедури та їх описання

| № п/п | Назва процедури                | Призначення та описання процедури                                                              |
|-------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 2                              | 3                                                                                              |
| 1     | ГПП, або «main»                | Головна процедура проекту                                                                      |
| 2     | ОВП, або «RozrahynokZatusknux» | Основна вирішуюча процедура проекту                                                            |
| 3     | «ObrobkaValiv»                 | Процедура визначення сили затиску та діаметру силового приводу для деталей класу вали          |
| 4     | «ObrobkaVtylok»                | Процедура визначення сили затиску та діаметру силового приводу для деталей класу втулки        |
| 5     | «ObrobkaShesteren»             | Процедура визначення сили затиску та діаметру силового приводу для деталей класу шестерні      |
| 6     | «VuznachSuluZatuskyValSv»      | Процедура визначення сили затиску для деталей класу вали на свердлильній операції              |
| 7     | «RozraxPruvodyValSv»           | Процедура визначення діаметру силового приводу для деталей класу вали на свердлильній операції |
| 8     | «VuznachSuluZatuskyValTok»     | Процедура визначення сили затиску для деталей класу вали на токарній операції                  |
| 9     | «RozraxPruvodyValTok»          | Процедура визначення діаметру силового приводу для деталей класу вали на токарній операції     |

Продовження таблиці 2.1

| 1  | 2                               | 3                                                                                                |
|----|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | «VuznachSuluZatuskyValFrez»     | Процедура визначення сили затиску для деталей класу вали на фрезерній операції                   |
| 11 | «RozraxPruvodyValFrez»          | Процедура визначення діаметру силового приводу для деталей класу вали на фрезерній операції      |
| 12 | «VuznachSuluZatuskyVtylSv»      | Процедура визначення сили затиску для деталей класу втулки на свердлильній операції              |
| 13 | «RozraxPruvodyVtylSv»           | Процедура визначення діаметру силового приводу для деталей класу втулки на свердлильній операції |
| 14 | «VuznachSuluZatuskyVtylTok»     | Процедура визначення сили затиску для деталей класу втулки на токарній операції                  |
| 15 | «RozraxPruvodyVtylTok»          | Процедура визначення діаметру силового приводу для деталей класу втулки на токарній операції     |
| 16 | «VuznachSuluZatuskyVtylFrez»    | Процедура визначення сили затиску для деталей класу втулки на фрезерній операції                 |
| 17 | «RozraxPruvodyVtylFrez»         | Процедура визначення діаметру силового приводу для деталей класу втулки на фрезерній операції    |
| 18 | «VuznachSuluZatuskyZyboobrobka» | Процедура визначення сили затиску для деталей класу шестерні на зубообробних операціях           |

Продовження таблиці 2.1

| 1  | 2                          | 3                                                                                                                                                |
|----|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 19 | «RozraxPruvodyZyboobrobka» | Процедура визначення діаметру силового приводу для деталей класу шестерні на зубообробних операціях                                              |
| 20 | «VubirKlasyDet»            | Процедура визначення вхідних даних по вибору класу деталей                                                                                       |
| 21 | «VubirPerexody»            | Процедура визначення вхідних даних по вибору переходу для вибраного класу деталей                                                                |
| 22 | «VubirZatusknogo»          | Процедура визначення вхідних даних по вибору затискного пристрою, його силового механізму та виду приводу по вибраному класу деталей та переходу |

### 2.2.2. Систематизація даних

Складові визначення діаметру силового приводу розділимо на уточнюючі елементи та приведемо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Складові визначення діаметру силового приводу

| Уточн.<br>елем. | Операція                                 | Перехід                           | Вид<br>затискного            | Вид<br>механізму                               | Тип<br>приводу                        | Вид<br>установки                  | Вид<br>затиску |
|-----------------|------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| Клас<br>дет.    |                                          |                                   |                              |                                                |                                       |                                   |                |
| 1               | 2                                        | 3                                 | 4                            | 5                                              | 6                                     | 7                                 | 8              |
| Вали            | Токарна,<br>Свердлиль<br>на,<br>Фрезерна | Свердлити<br>радіальний<br>отвір, | Патрони<br>двокулачко<br>ві, | Важільний,<br>Клиновий,<br>Клино-<br>важільний | Пневма<br>тичний,<br>Гідрав<br>лічний | Горизонталь<br>на,<br>Вертикальна | -              |

Продовження таблиці 2.2

| 1      | 2                                        | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4                                                                                                                                                                              | 5                                              | 6                                     | 7                                 | 8                                                          |
|--------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------|
|        |                                          | Свердли<br>ть осьовий<br>отвір,<br>Точити зов.<br>пов. різцем<br>з кутом в<br>плані 45°,<br>Точити зов.<br>пов. різцем<br>з кутом в<br>плані 90°,<br>Підрізати<br>торець,<br>Точити<br>канавку,<br>відрізати<br>деталь,<br>Фрезерува<br>ти шпонко<br>вий паз,<br>Фрезерува<br>ти лиску | Патрони<br>трикулачко<br>ві,<br>Патрони<br>цангові,<br>Патрони<br>мембранні,<br>Лещата з<br>призматич<br>ними<br>губками,<br>Кондуктори,<br>Спеціальні<br>затискні<br>пристрої |                                                |                                       |                                   |                                                            |
| Втулки | Токарна,<br>Свердлиль<br>на,<br>Фрезерна | Свердли<br>ть радіальний<br>отвір,<br>Свердли<br>ть осьовий<br>отвір,<br>Точити зов.<br>пов. різцем<br>з кутом в<br>плані 45°,                                                                                                                                                         | Патрони<br>двокулачко<br>ві,<br>Патрони<br>трикулачко<br>ві,<br>Патрони<br>цангові,<br>Патрони<br>мембранні,                                                                   | Важільний,<br>Клиновий,<br>Клино-<br>важільний | Пневма<br>тичний,<br>Гідравліч<br>ний | Горизонталь<br>на,<br>Вертикальна | За<br>зовнішню<br>поверхню,<br>За<br>внутрішню<br>поверхню |

### Продовження таблиці 2.2

| 1        | 2                           | 3                                                                                                                                                                                           | 4                                                                        | 5         | 6                          | 7 | 8 |
|----------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------|---|---|
|          |                             | Точити зов. пов. різцем з кутом в плані 90°, Підрізати торець, Точити канавку, відрізати деталь, Фрезерувати шпонковий паз, Фрезерувати лиску<br>Зенкерування, Розточування внутр. поверхні | Лещата з призматичними губками, Кондуктори, Спеціальні затискні пристрої |           |                            |   |   |
| Шестерні | Зубофрезерна, Зубодовбальна | Фрезерувати зубці шестерні, Довбити зубці шестерні                                                                                                                                          | Спеціальні затискні пристрої                                             | Важільний | Пневматичний, Гідравлічний | - | - |

#### 4.2.3. Розробка і опис ідентифікаторів

Згідно систематизації розроблюємо ідентифікатори, для використання їх в середовищі Delphi. Розроблені ідентифікатори приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Ідентифікатори, для використання їх в середовищі Delphi

| Назви змінних        | Опис і характеристика змінних                                            |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1                    | 2                                                                        |
| rDr:real;            | Розрахункове значення діаметру силового приводу                          |
| rDvubr:real;         | Значення діаметру силового приводу зі стандартного ряду розмірів         |
| rN1:real;            | Частота обертання патрону для інерційного цангового патрону              |
| rDz:real;            | Значення діаметру D оброблюваної деталі                                  |
| rDvn:real;           | Значення діаметру d оброблюваної деталі                                  |
| rDvn1:real;          | Значення діаметру d1 оброблюваної деталі                                 |
| rPz:real;            | Значення сили різання Pz                                                 |
| rPx:real;            | Значення сили різання Px                                                 |
| rl:real;             | Значення розміру l для лиски при фрезеруванні                            |
| rl1:real;            | Значення розміру l1 для важільного та клино-важільного механізмів        |
| rl2:real;            | Значення розміру l2 для важільного та клино-важільного механізмів        |
| rKytKluna:real;      | Значення розміру кута клина для клинового та клино-важільного механізмів |
| boValu:boolean;      | Параметр вибору класу деталей вали                                       |
| boVtylku:boolean;    | Параметр вибору класу деталей втулки                                     |
| boShesterni:boolean; | Параметр вибору класу деталей шестерні                                   |

Продовження таблиці 2.3

| 1                    | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| bVudOper:byte;       | <p>Вид операції:</p> <p>if boValu=true then</p> <p>    0 - Свердлильна;</p> <p>    1 - Токарна;</p> <p>    2 - Фрезерна;</p> <p>if boVtylku=true then</p> <p>    0 - Свердлильна;</p> <p>    1 - Токарна;</p> <p>    2 - Фрезерна;</p> <p>if boShesterni=true then</p> <p>    0 - Зубофрезерна;</p> <p>    1 - Зубодовбальна;</p>                                                                                                                                        |
| bVudZatusknogo:byte; | <p>Вид затискного пристрою:</p> <p>case bVudOper of</p> <p>0:</p> <p>case bNazvaPerexodu of</p> <p>    0:</p> <p>    0 – Кондуктор;</p> <p>    1 – Спеціальний затискний пристрій;</p> <p>    2 – Лещата з призматичними губками;</p> <p>1:</p> <p>    0 – Лещата з призматичними губками;</p> <p>    1 – Спеціальний затискний пристрій;</p> <p>    1:</p> <p>        case bNazvaPerexodu of</p> <p>        0,1,2,3,4:</p> <p>            0 – Патрони двокулачкові;</p> |

Продовження таблиці 2.3

| 1                    | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                      | <p>1 – Патрони трикулачкові;<br/> 2 – Патрони цангові;<br/> 3 – Патрони мембранні;<br/> 2:<br/> 0:<br/> 1 – Спеціальний затискний пристрій;<br/> 1:<br/> 0 – Спеціальний затискний пристрій;<br/> 1 – Кондуктор;<br/> 2 – Лещата з призматичними губками;</p>                                                                                                                                                                                                      |
| bNazvaPerexodu:byte; | <p>Назва переходу:<br/> if boValu=true then<br/> case bVudOper of<br/> 0:<br/> 0 – Свердлити радіальний отвір;<br/> 1 – Свердлити осьовий отвір;<br/> 1:<br/> 0 – Точити зов. пов. різцем з кутом в<br/> плані 45°;<br/> 1 – Точити зов. пов. різцем з кутом в<br/> плані 90°;<br/> 2 – Підрізати торець;<br/> 3 – Точити канавку, відрізати деталь;<br/> 4 – Свердлити осьовий отвір;<br/> 2:<br/> 0 – Фрезерувати шпонковий паз;<br/> 1 – Фрезерувати лиску;</p> |

Продовження таблиці 4.3

| 1                 | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | <p>if boVtylku=true then</p> <p>case bVudOper of</p> <p>0:</p> <p>0 – Свердлити радіальний отвір;</p> <p>1 – Свердлити осьовий отвір;</p> <p>1:</p> <p>0 – Точити зов. пов. різцем з кутом в плані 45°;</p> <p>1 – Точити зов. пов. різцем з кутом в плані 90°;</p> <p>2 – Підрізати торець;</p> <p>3 – Точити канавку, відрізати деталь;</p> <p>4 – Свердлити осьовий отвір,</p> <p>Зенкерування;</p> <p>5 – Розточування внутрішньої поверхні;</p> <p>2:</p> <p>0 – Фрезерувати шпонковий паз;</p> <p>1 – Фрезерувати лиску;</p> <p>if boShesterni=true then</p> <p>case bVudOper of</p> <p>0:</p> <p>0 – Фрезерувати зубці шестерні;</p> <p>1:</p> <p>0 – Довбити зубці шестерні;</p> |
| bMexanizm:byte;   | Механізм затискного пристрою:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| bKyt_Pruzmu:byte; | Значення розміру кута призми: 0 - 90°,<br>1 - 120°,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Продовження таблиці 2.3

| 1                   | 2                                                                               |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| bVudZatusky:byte;   | Вид затиску деталей:<br>0 – за зовнішню поверхню,<br>1 – за внутрішню поверхню, |
| bTupPruvody:byte;   | Тип приводу силового механізму:<br>0 – пневматичний,<br>1 – гідравлічний,       |
| bVudYstanovku:byte; | Вид установки:<br>0 – Горизонтально,<br>1 – Вертикально,                        |

#### 2.2.4. Опис головної форми проекту

Головна форма проекту (ГФП) створюється шляхом використання набору компонентів Label, Edit, ComboBox, Button, Memo, Checkbox, Panel, RadioGroup та з обов'язковим використанням пакету базових процедур Unit\_dcu\_integral\_tech-nol\_40\_160606\_080108.dcu.

В даній ГФП використовуються такі компоненти та їх властивості:

Label → Caption, Font (TFont...);

Edit → Text, Font (TFont...);

ComboBox → Text, Font (TFont...), Items (TStrings...);

Button → Caption, Font (TFont...);

Memo → Lines (TStrings...);

Checkbox → Caption, Font (TFont...), Checked;

Panel → Caption, Color;

RadioGroup → Text, Font (TFont...), Items (TStrings...);

Задані властивості компонентів мають певні абстрактні значення по замовчуванню. Для того, щоб вони відображали суть нашої задачі необхідно

змінити типові значення на конкретні.

Для зміни властивостей компонентів необхідно звернутись до :

Object Inspector → Properties.

В даній ГФП :

Компонент Label → Caption використовується для запису

Компонент Edit → Text використовується для вводу та виводу

Компонент ComboBox → Text використовується для запису

Компонент RadioGroup → Text використовується для запису

Компонент Button, властивості Caption якого ми присвоюємо значення

«Підрахувати», використовується для створення подійної процедури, яка є головною в проекті.

Компонент Memo → Lines (TStrings...) використовується для виводу ситуаційних повідомлень, які можуть бути генеровані ОВП та процедурами ПБП.

Компонент Checkbox → Caption використовується для запису

Компонент Panel → використовується як контейнер для інших компонентів, з тим щоб полегшити продукування клонів ГФП в інших проектах. При цьому властивість Caption, яка по замовчуванню розміщуються в центрі панелі, краще очистити (опробілити), а при необхідності її підписати рекомендується скористатись компонентом Label.

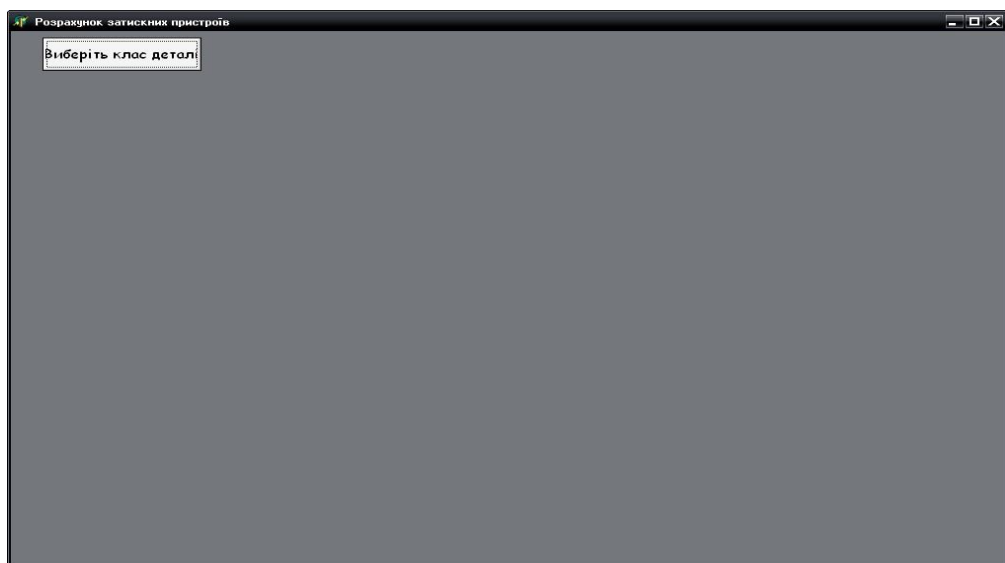


Рисунок 2.2 Головна форма проекту після трансляції.

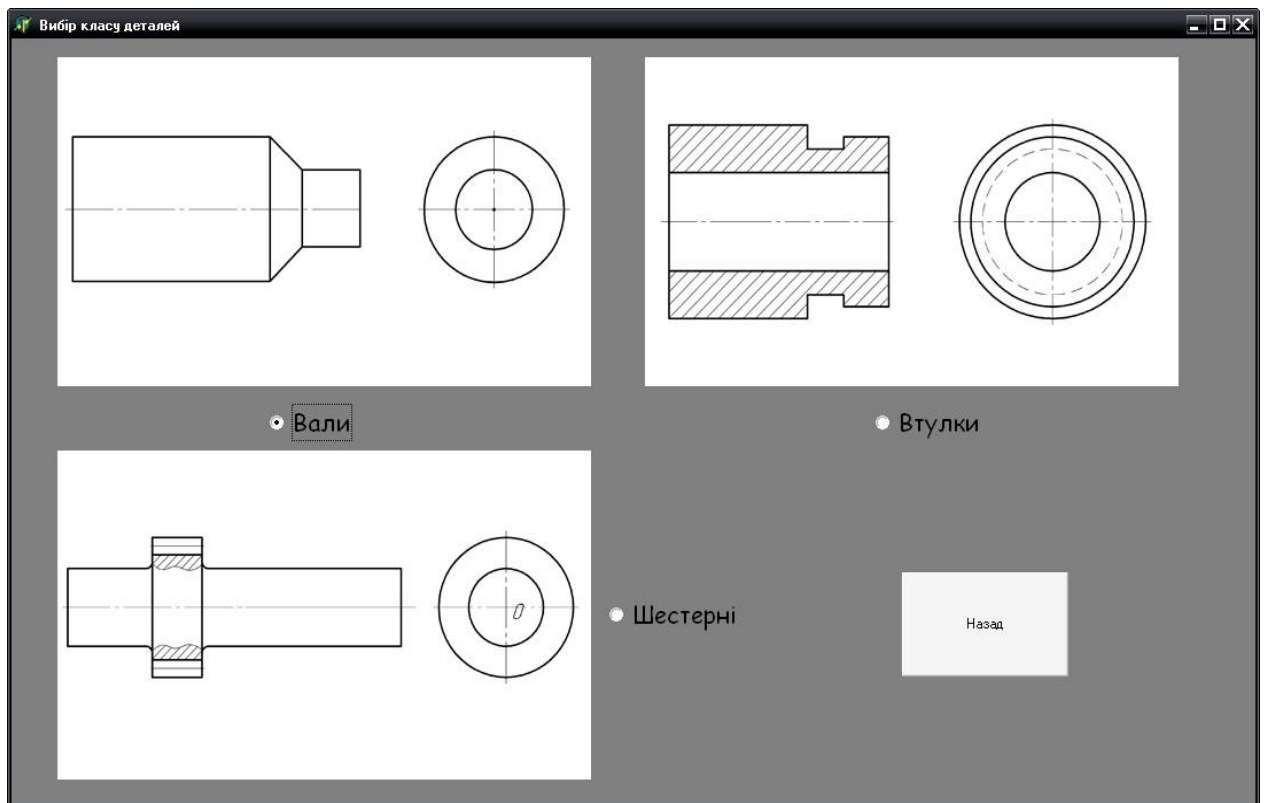


Рисунок 2.3 Приклад вибору на ГФП класу деталей.

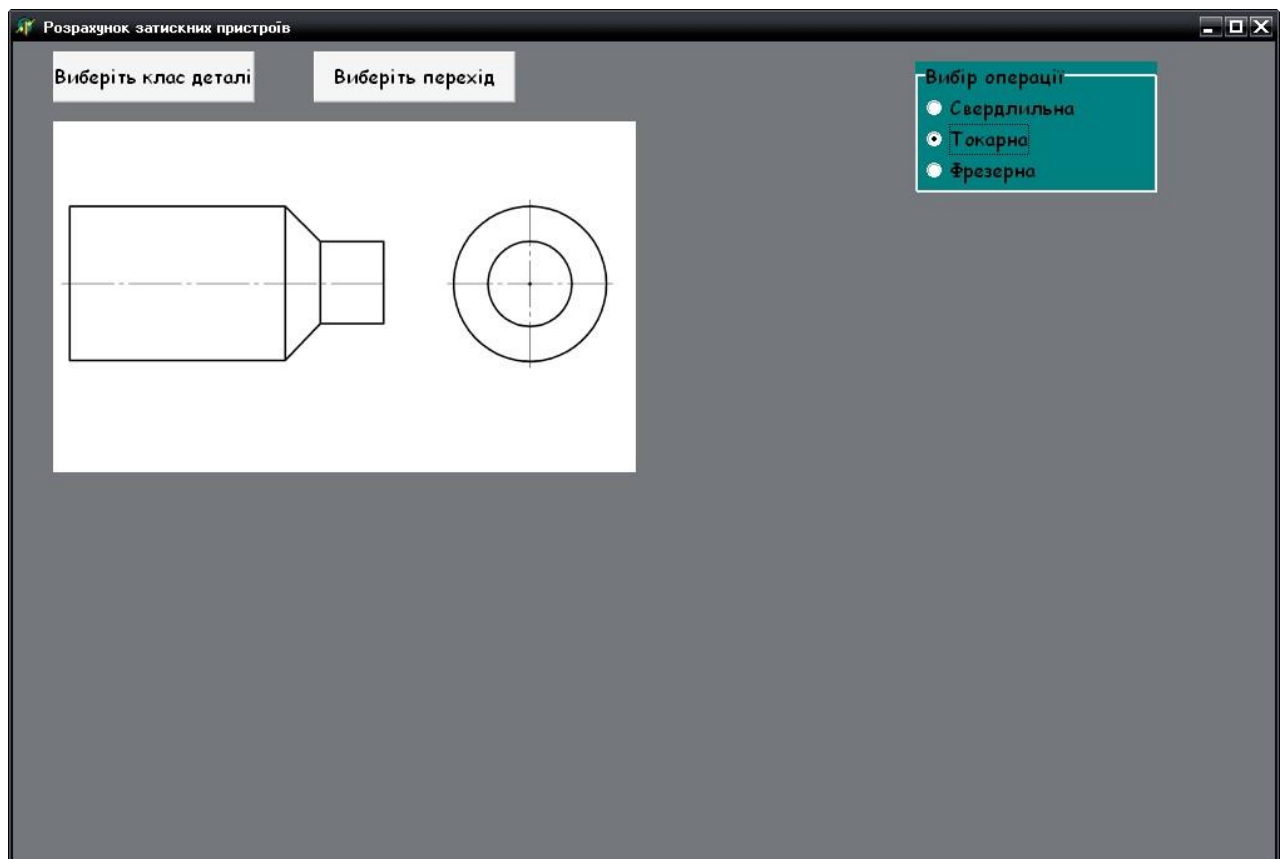


Рисунок 2.4 Головна форма проекту після вибору класу деталі та операції.

Вибір переходу

Назва переходу

- Точити зов. пов. різцем з кутом в плані 45°
- Точити зов. пов. різцем з кутом в плані 90°
- Підрізати торець
- Точити канавку, відрізати деталь
- Свердлити осьовий отвір

Діаметр  $D$ , мм

30

Діаметр  $d$ , мм

10

Сила  $P_z$ , Н

1200

Сила  $P_x$ , Н

900

Назад

Рисунок 2.5 Приклад вибору на ГФП переходу.

Вибір затискного пристрою

Затискний пристрій

- Патрони 2х кулачкові
- Патрони 3х кулачкові
- Цангові патрони
- Патрони мембранні

Механізм

- Клиновий
- Клино-важільний
- Важільний

Довжина  $l_1$

30

Довжина  $l_2$

20

Кут клина

45

Тип приводу

- Пневматичний
- Гідравлічний

ОК

Рисунок 2.6 Приклад вибору на ГФП затискного пристрою.

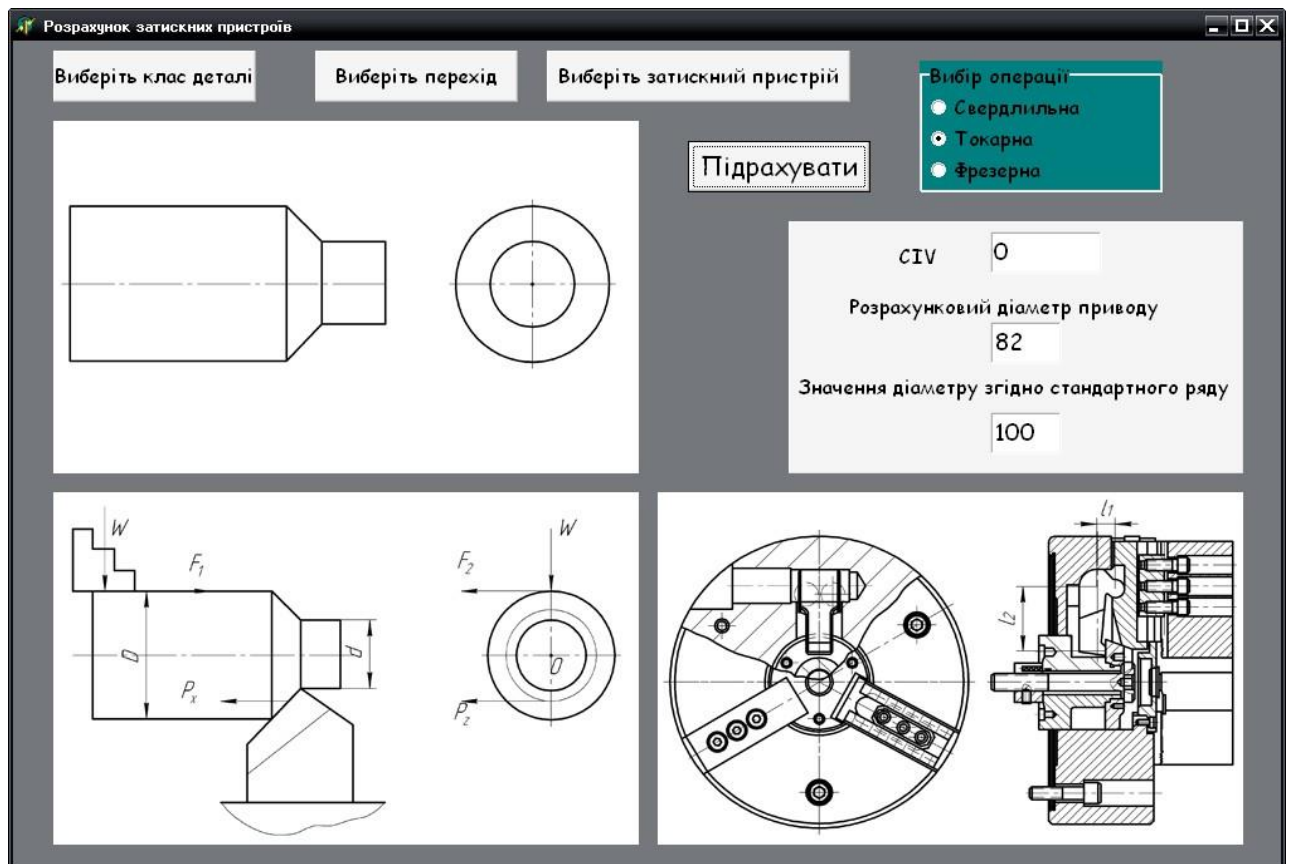


Рисунок 2.7 Вигляд головної форми проекту при успішному відпрацюванні.

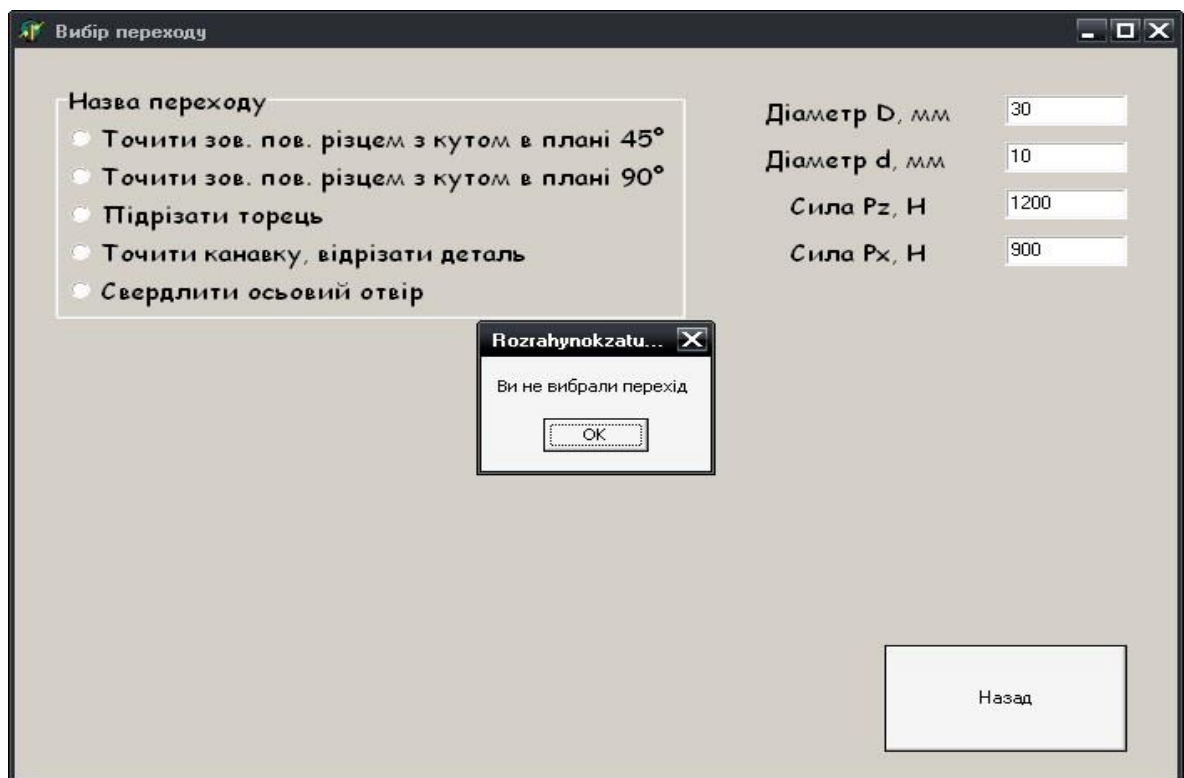


Рисунок 2.8 Вигляд головної форми при одному з варіантів неуспішного відпрацювання проекту, коли не вибрано перехід.

На рисунку 2.2 показано вигляд головної форми проекту після трансляції. На ній знаходиться лише компонент Button для переходу до іншого вікна та вибору класу деталей.

На рисунку 2.3 зображено форму вибору класу деталей з компонентами Image, RadioButton та Button.

Після вибору класу деталей програма повертає нас на головну форму проекту, де з'являється компонент RadioGroup для вибору операції рисунок 2.4.

На рисунку 2.5 зображено форму вибору переходів для обраного класу деталей, з компонентами Label, Edit, RadioGroup, Button та Image.

Вибір затискного пристрою, а також силового механізму та типу приводу зображено на рисунку 2.6.

На рисунку 2.7 представлено вигляд програми при успішному відпрацюванні. В цьому вікні ми бачимо розрахований діаметр силового приводу та відповідне йому значення зі стандартного ряду, а також значення CIV, яке рівне 0, що показує на відсутність помилок.

При некоректному зверненні до програми вона видає відповідні повідомлення, як на рисунку 2.8. В даному випадку була спроба без вказання переходу порахувати діаметр силового приводу.

#### 2.2.5. Розробка блок-схеми головної програми проекту

На рисунку 2.9. приведено блок-схему подійної main-процедури, як текстової, яка формує необхідні і достатні умови для відпрацювання інших підлеглих їй процедур приведених в таблиці 2.1.

## Блок-схема головної програми MAIN

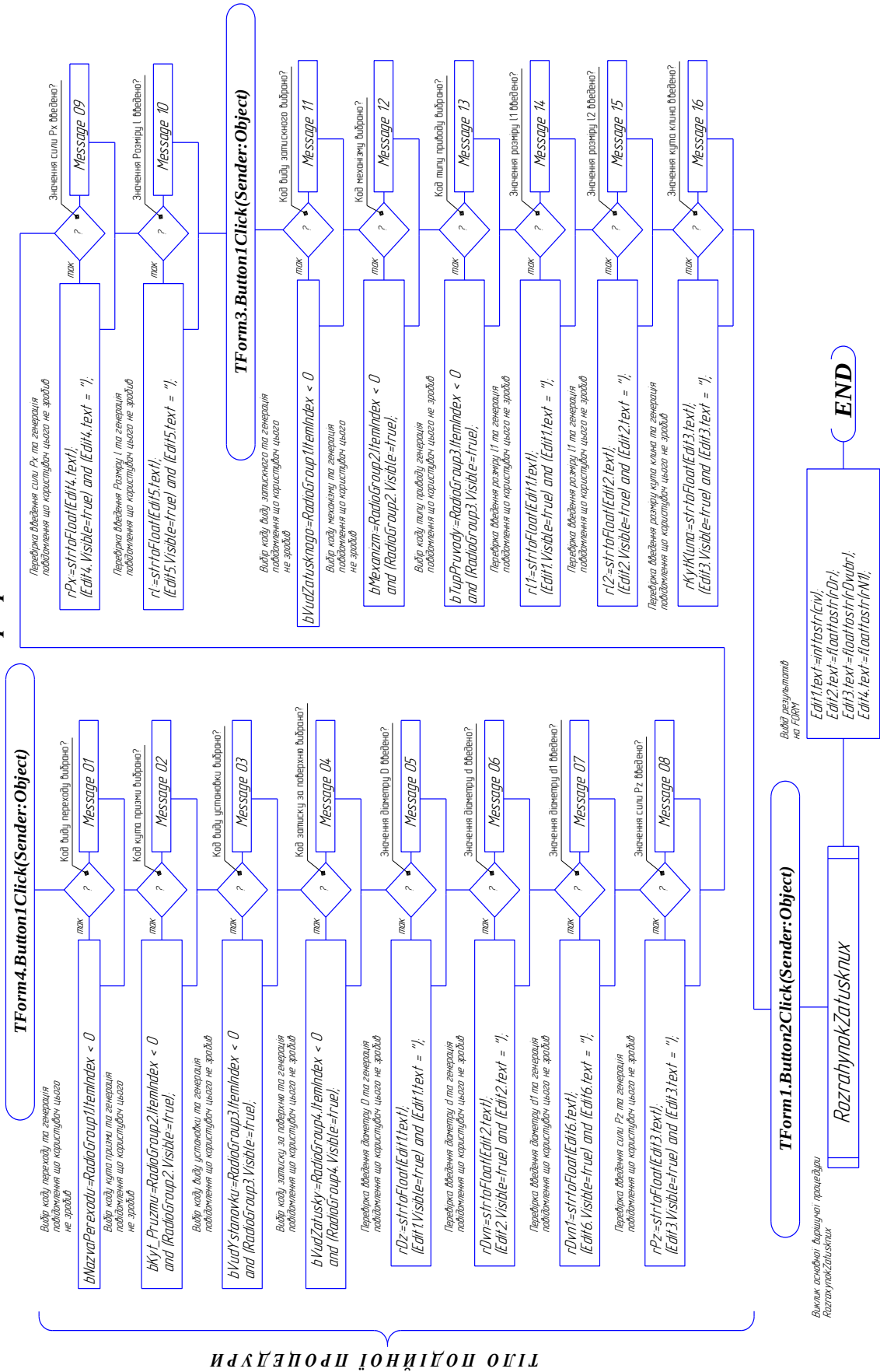


Рисунок 2.9 Блок-схема головної програми проекту (ГПП).

## 2.2.6. Розробка блок-схеми основної вирішуючої процедури

### Блок-схема основної вирішуючої процедури

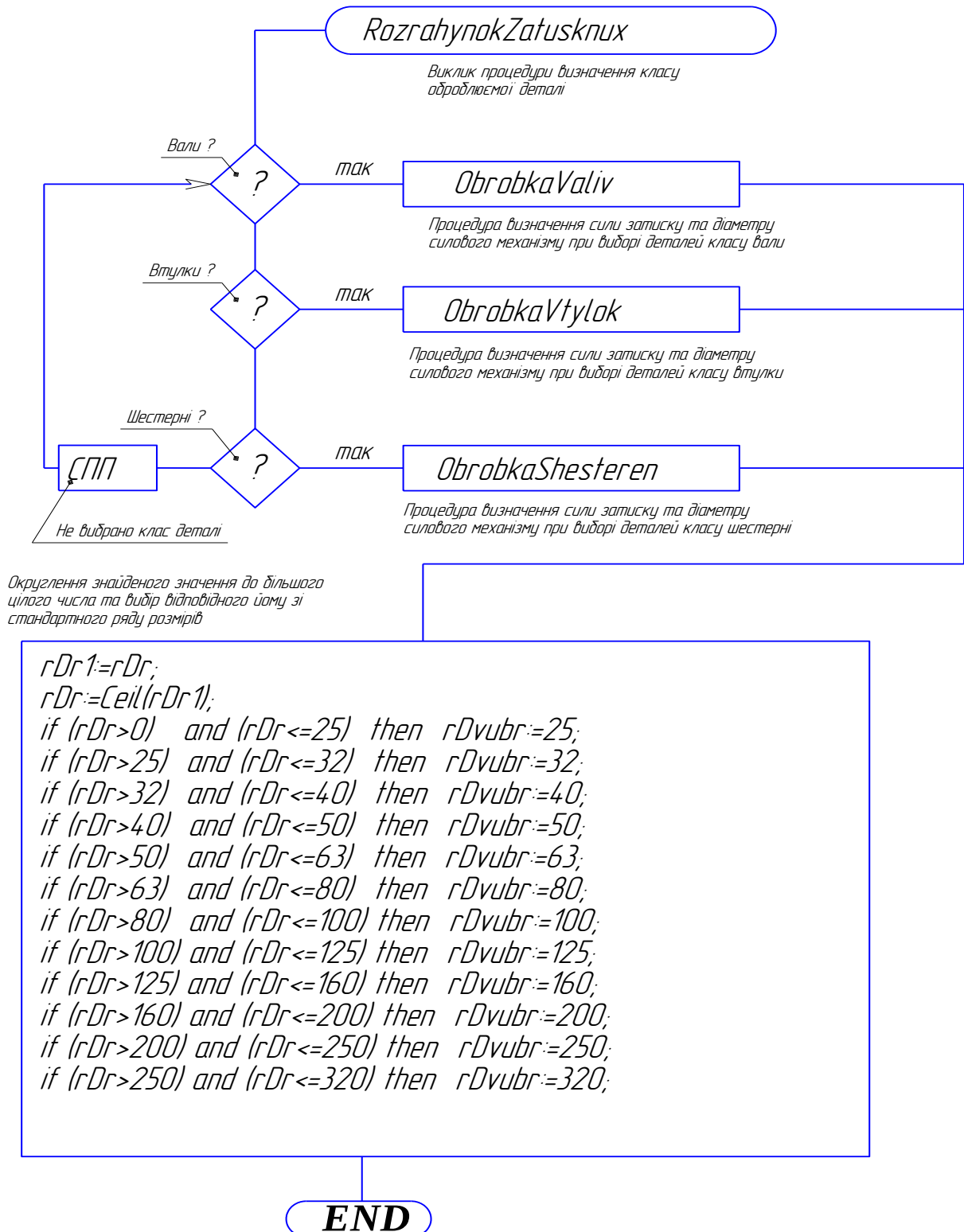


Рисунок 2.10 Блок-схема основної вирішуючої процедури (ОВП).

### 2.2.7. Розробка блок-схеми процедури визначення сили затиску деталей класу втулки на токарній операції

*Блок-схема процедури визначення сили затиску  
деталей класу втулки на токарній операції*

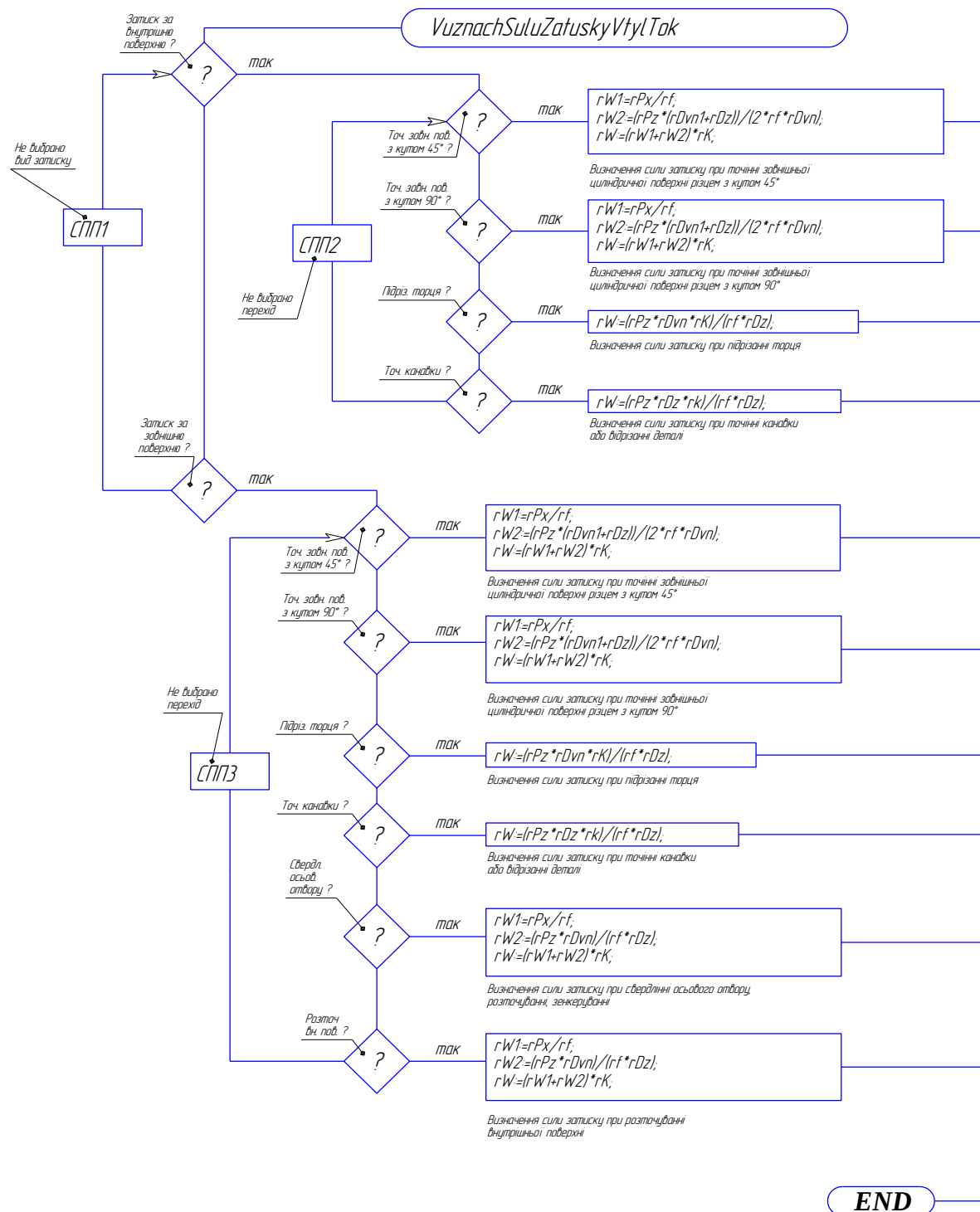
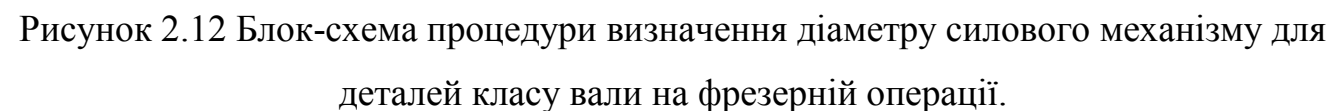


Рисунок 2.11 Блок-схема процедури визначення сили затиску деталей класу втулки на токарній операції.

*Блок-схема процедури визначення діаметру  
силового механізму для деталей класу вали на  
фрезерній операції*



### 2.2.9. Інструкція користувача

Шановний користувач перед тобою програма для розрахунку діаметра силового приводу затискних пристроїв. Для початку розглянемо з чого вона складається.

У вікні програми є пункти меню двох типів видимі та невидимі. В залежності від вибору перших можуть з'являтися, або не з'являтися другі типи пунктів меню. Тобі пропонується методом вибору потрібних підпунктів із пунктів меню обрати всі необхідні параметри для розрахунку діаметра силового приводу.

Детально розглянемо роботу програми на прикладі.

Після запуску програми ми бачимо пусте вікно з кнопкою «Виберіть клас деталі». Натиснувши цю кнопку програма переносить нас до вікна вибору класів деталей:

- «Вали»;
- «Втулки»;
- «Шестерні».

Обираємо необхідний клас деталей, наприклад оберемо клас «Вали». Тепер підтверджуємо свій вибір натиском на кнопку «Назад» і програма повертає нас до попереднього вікна в якому з'явився ескіз обраного класу деталей та меню вибору операцій:

- «Свердлильна»;
- «Токарна»;
- «Фрезерна».

Для прикладу обираємо «Токарну» операцію. Після вибору операції з'являється кнопка з написом «Виберіть перехід», натиснувши на неї ми переходимо в меню вибору переходів. Вибравши один з переходів, а саме:

- «Точити зовнішню поверхню різцем з кутом  $\varphi=45^\circ$ »;
- «Точити зовнішню поверхню різцем з кутом  $\varphi=90^\circ$ »;
- «Підрізати торець»;
- «Точити канавку, відрізати деталь»;
- «Свердлити осьовий отвір»;

Обравши потрібний перехід, наприклад «Точити зовнішню поверхню різцем з кутом  $\varphi=45^\circ$ », ми бачимо відповідний ескіз. Тепер потрібно заповнити пусті клітинки справа від переходів, а саме:

- Діаметр  $D$  – діаметр по якому відбувається затиск деталі;
- Діаметр  $d$  – діаметр який оброблюється;
- Сили  $P_z$  та  $P_x$  – сили різання.

Ввівши всі дані тиснемо на кнопку «Назад» для повернення в головне меню. Якщо один з параметрів не вказано, то програма повідомить відповідним повідомленням.

Повернувшись в головне меню ми бачимо ескіз обраного переходу та нову кнопку «Виберіть затискний пристрій». Тиснемо на неї та переходимо в меню вибору затискних пристроїв.

В цьому меню ми бачимо зліва назви затискних пристроїв, а при виборі одного з них справа з'являється меню вибору силового механізму для обраного приводу, а саме:

- «Патрони двокулачкові»;
- o «Клино-важільний»;
- «Патрони трикулачкові»;
- o «Клиновий»;
- o «Клино-важільний»;
- o «Важільний»;
- «Цангові патрони»;
- o «Цанговий»;
- o «Інерційний»;
- «Патрони мембранні»;

Після вибору затискного пристрою та його механізму з'являється його ескіз та пусті клітинки які потрібно заповнити:

- «Кут клина» - кут клина у клиновому механізмі;
- «Довжина  $l_1$  та  $l_2$ » - розміри важелів у важільному механізмі;

Для всіх типів затискних приводів, крім інерційної цанги, передбачено два типи приводу:

- «Пневматичний»;
- «Гідравлічний»;

Для прикладу оберемо «Трикулачковий патрон з важільним механізмом та пневматичним приводом». Коли всі дані введено з'являється кнопка «ОК» натиснувши на яку ми потрапляємо до головного меню.

Як бачимо головне меню змінилося у порівнянні з самим початком роботи з програмою. Зараз на головному меню ми бачимо ескізи обраного класу деталей «Вали», переходу «Точити зовнішню поверхню різцем з кутом  $\phi=45^\circ$ » та затискного пристрою «Трикулачковий патрон з важільним механізмом та пневматичним приводом». Крім цього з'явилася кнопка «Підрахувати» та панель на якій розташовані пусті клітинки. В ці клітинки програма буде виводити отримані дані:

- «CIV» - обов'язків оператор для перевірки правильності відпрацювання програми, він повинен бути рівним 0;
- «Розрахунковий діаметр приводу» - в цю клітинку виводиться значення діаметру силового приводу згідно введених нами даних;
- «Значення діаметру згідно стандартного ряду» - в цю клітинку виводиться значення «Розрахунковий діаметр приводу», але округлене до ближчого більшого зі стандартного ряду розмірів;

Правильно введені параметри та послідовність вибору параметрів в меню - це гарантія правильної роботи програми, а отже і правильність виведеного значення діаметру силового приводу затискного пристрою.

### **3. Економічна частина**

Аналіз економічної ефективності від впровадження систем автоматизованого проектування (САПР) на прикладі проектування типового технологічного оснащення

#### **3.1. Економічний аналіз ефективності застосування САПР автоматизованого проектування типового технологічного оснащення**

Сучасні методи проектування і використання систем автоматизованого проектування (САПР) є одним з важливих напрямків досягнення високого рівня машинобудування. У наш час створені і розвиваються САПР конструювання деталей і вузлів, технологічних процесів, підготовки програм для верстатів з ЧПУ, нормування трудомісткості виготовлення деталей і ін.

Світовий досвід створення і функціонування САПР свідчить про те, що економічний ефект досягається не тільки завдяки скороченню часу виконання проектних, конструкторських, технологічних робіт. Важливу роль у цьому грає технологічно обґрунтований, швидкий і якісний розрахунок конструкцій з урахуванням усіх особливостей та вимог.

Економічний ефект при проектуванні машинним способом досягається завдяки скороченню часу розробки, збільшенню точності отриманого технічного параметру і, зокрема, можливість при необхідності швидко зміни даний параметр при зміні конструктивних елементів.

При проектуванні за допомогою САПР можливо швидко та якісно прорахувати більшу кількість конструкцій. Як наслідок підвищується задоволеність працею, робота конструкторів стає більш престижною.

В основу нормування витрат часу на виконання проектних робіт у даному проекті покладені типові норми часу, що розроблені за допомогою хронометражних вимірів, даних оперативного обліку і результатів аналізу організації праці проектувальників.

Розрахунок ведеться на прикладі проектування типового технологічного оснащення, а саме визначення економічного ефекту від впровадження САПР на етапі проектування пристосування.

Метою проведеного економічного аналізу застосування САПР проектування типового технологічного оснащення є порівняння витрат на його проектування.

Проектування типового технологічного оснащення - складається з таких основних етапів:

- розробка ескізного проекту на основі технічного завдання (пошук, аналіз існуючих конструкцій, виявлення недоліків та переваг існуючих конструкцій, постановка завдання на проектування). Об'єм - мінімум 30 аркушів формату А4. Цей етап є спільним для обох варіантів що порівнюється, тому у розрахунках його не враховуємо;

- розробка технічного проекту на основі ескізного проекту (проведення розрахунків по конструктивним елементам та вибору взагалі, виконання креслень). Роботи в цій частині можуть бути автоматизовані, тому розрахунки економічного ефекту стосуватимуться цього етапу.

### **3.2. Методика розрахунку і зіставленні техніко-економічних показників традиційного і машинного проектування типового технологічного оснащення**

Річний економічний ефект від застосування САПР ПР розраховується по формулі:

$$E_p = E - E_n * K$$

де:  $E_p$  - річна економія від впровадження нового варіанту, грн.;  $E_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності використання капітальних витрат;  $E_n = 1.6$ ;

$K$  - одноразові капітальні витрати на впровадження САПР проектування типового технологічного оснащення, грн.;

$$E = C_{\text{баз}} - C_{\text{проект}}$$

де: Сбаз – витрати на проектування типового технологічного оснащення базовим методом, грн.;

Спроект – витрати на проектування типового технологічного оснащення з використання САПР ПР, грн.;

Строк окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{E_p}$$

Необхідні для виконання розрахунку економічного ефекту дані приведені в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиці 3.1 – Визначення кількості оснащення яке можна спроектувати

| Операція | Перехід                                                                                                                                                                                                                | Вид<br>затискного<br>пристрою                                                                       | Вид<br>силового<br>приводу                     | Тип<br>приводу                | К-сть |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|-------|
| 1        | 2                                                                                                                                                                                                                      | 3                                                                                                   | 4                                              | 5                             | 6     |
| Токарна  | Точити зов.<br>пов. різцем з<br>кутом в<br>плані 45°,<br>Точити зов.<br>пов. різцем з<br>кутом в<br>плані 90°,<br>Підрізати<br>торець,<br>Точити<br>канавку,<br>відрізати<br>деталь,<br>Свердли<br>ть осьовий<br>отвір | Патрони<br>двокулачкові,<br>Патрони<br>трикулачкові,<br>Патрони<br>цангові,<br>Патрони<br>мембранні | Важільний,<br>Клиновий,<br>Клино-<br>важільний | Пневматичний,<br>Гідравлічний | 13    |

Продовження таблиці 3.1

| 1           | 2                                                                  | 3                                                                                           | 4                      | 5                             | 6  |
|-------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------|----|
| Свердлильна | Свердлити<br>радіальний<br>отвір,<br>Свердлити<br>осьовий<br>отвір | Лещата з<br>призматичним<br>и губками,<br>Кондуктори,<br>Спеціальні<br>затискні<br>пристрої | Важільний,<br>Клиновий | Пневматичний,<br>Гідравлічний | 12 |
| Фрезерна    | Фрезерува<br>ти шпонко<br>вий паз,<br>Фрезерува<br>ти лиску        | Лещата з<br>призматичним<br>и губками,<br>Кондуктори,<br>Спеціальні<br>затискні<br>пристрої | Важільний,<br>Клиновий | Пневматичний,<br>Гідравлічний | 16 |

Таблиця 3.2 – Вхідні дані

| Показники                                                 | Умовні<br>позначе<br>ння  | Одиниці<br>виміру | Базовий<br>варіант | Проект.<br>варіант |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 1                                                         | 2                         | 3                 | 4                  | 5                  |
| Загальна кількість<br>оснащення яке можна<br>спроектувати | $n_{оп}$                  | шт.               | 41                 | 41                 |
| Вартість ПК                                               | $B_{пк}$                  | грн.              | -                  | 6000               |
| Вартість кондиціонера                                     | $B_{контд}$               | грн.              | 3000               | 3000               |
| Вартість програмного<br>забезпечення                      | $B_{прогр}$<br>$B_{САПР}$ | грн.              | -                  | 30000              |
| Вартість навчання САПР                                    | $B_{навч}$                | грн.              | -                  | 1500               |

Продовження таблиці 3.2

| 1                                                              | 2                                    | 3              | 4     | 5     |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------|-------|-------|
| Річний фонд часу роботи ПК                                     | $F_{\text{ПК}}^{\text{роб}}$         | грн.           | -     | 1780  |
| Площа, займана ПК при однозмінній роботі                       | $S_{\text{ПК}}$                      | м <sup>2</sup> | -     | 4     |
| Вартість одного кВт електроенергії                             | $B_{\text{кВт}}$                     | грн.           | 0,472 | 0,472 |
| Потужність, споживана одним ПК                                 | $P_{\text{ПК}}$                      | кВт            | -     | 0,25  |
| Потужність, споживана одним кондиціонером                      | $P_{\text{конд}}$                    | кВт            | 1,5   | 1,5   |
| Норма амортизації ПК і кондиціонера                            | $A_{\text{ПК.конд.}}$                | %              | 25    | 25    |
| Річний фонд часу роботи технолога                              | $F_{\text{техн.}}^{\text{річн.}}$    | год.           | 1840  | -     |
| Річний фонд часу роботи технолога-програміста                  | $F_{\text{прог.}}^{\text{річн.}}$    | год.           | -     | 1380  |
| Середньомісячна зарплата технолога                             | $Z_{\text{техн.}}^{\text{сер.міс.}}$ | грн.           | 1300  | -     |
| Середньомісячна зарплата технолога-програміста                 | $Z_{\text{прог.}}^{\text{сер.міс.}}$ | грн.           | -     | 1600  |
| Площа, займана робочим місцем фахівця (технолога, програміста) | $S_{\text{місц.}}^{\text{роб}}$      | м <sup>2</sup> | 4     | 4     |
| Вартість 1 м <sup>2</sup> приміщення                           | $B_{\text{прим.}}$                   | грн.           | 600   | 600   |
| Питомі витрати на утримання 1 м <sup>2</sup> приміщення        | $B_{\text{прим.}}^{\text{утр.}}$     | грн.           | 19    | 19    |

Продовження таблиці 3.2

| 1                                                                    | 2                        | 3    | 4    | 5    |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------|------|------|------|
| Коефіцієнт, що враховує додаткову з/п і премії                       | $K_{\text{доп}}$         | б/р  | -    | -    |
| Коефіцієнт, що враховує відрахування на соц.-страх і до інших фондів | $K_{\text{соц.страх}}$   | б/р  | 1,56 | 1,56 |
| Коефіцієнт, що враховує загальнозаводські накладні витрати           | $K_{\text{накл. витр.}}$ | б/р  | 1,6  | 1,6  |
| Витрати на господарський інвентар                                    | $B_{\text{хоз. інв.}}$   | грн. | 300  | 180  |
| Витрати на ремонт технічних засобів і придбання комплектуючих        | $B_{\text{компл.}}$      | грн. | -    | 900  |
| Нормативний коефіцієнт ефективності                                  | $E_n$                    | б/р  | 0,16 | 0,16 |

### 2.3. Витрати на виконання робіт із проектування та розрахунок типового технологічного оснащення ручним методом

Витрати на виконання робіт із проектування та розрахунку типового технологічного оснащення ручним методом (базова технологія) включають:

- заробітну плату (основну і додаткову) інженерів-технологів;
- відрахування на соціальне страхування та в інші фонди;
- накладні витрати;
- витрати на господарський інвентар;
- витрати на амортизацію і утримання приміщення.

### 2.3.1. Витрати на заробітну плату і розрахунок трудомісткості виконання робіт

Норма часу на проектування типового технологічного оснащення в умовах експериментального виробництва містить у собі визначену послідовність.

Нижче приведений перелік цих робіт і оцінка їхньої трудомісткості, визначена з урахуванням методики призначення режимів різання по нормативам, таблиця 3.3.

Трудомісткість виконання робіт із проектування типового технологічного оснащення визначається з розрахунку, що необхідно підготувати весь перелік конструкторської та технологічної документації, провести розрахунки імовірної кількості експериментальних конструкцій (поп), які можуть виникнути у процесі пошуку раціональної конструкції, протягом року.

Таблиця 3.3 – Зміст проектних операцій для базового методу

| № п/п | Зміст робіт по етапам                                                                       | Трудомісткість, н/год |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1     | Проведення розрахунків та виконання супутньої документації. (мінімально 30 арк. формату А4) | 30*3,9=117            |
| 2     | Виконання креслень та їх контроль. (мінімально 3 арк. формату А1)                           | 3*15=45               |
|       | Норма часу на проектування                                                                  | 162                   |

З огляду на тип виробництва (експериментальне) вводимо поправочний коефіцієнт на норму часу  $K_n = 1,2$ . Тоді норма часу ( $N_{пр}^t$ ) на проектування типового технологічного оснащення складе, годин:

$$N_{пр}^t = K_n * N_{пр} = 1,2 * 162 = 194,4$$

Трудовістість виконуваних робіт із проектування типового технологічного оснащення протягом року (без машинним методом) складе, годин:

$$T_{\text{пр}}^t = n_{\text{оп}} * N_{\text{пр}}^t = 41 * 194,4 = 7970,4$$

Розрахункова кількість технологів складе, чоловік:

$$n_{\text{техн.}}^{\text{роз}} = \frac{T_{\text{пр}}^t}{F_{\text{техн.}}^{\text{річн.}}} = \frac{7970,4}{1840} = 4,33$$

$$n_{\text{техн.}}^{\text{пр}} = 5$$

де:  $F_{\text{техн.}}^{\text{річн.}}$  - річний фонд робочого часу технолога;

$n_{\text{техн.}}^{\text{пр}}$  - прийнята кількість технологів.

Тоді,  $K_{\text{техн.}}^{\text{зав}}$  - коефіцієнт завантаження технологів даною роботою визначиться вираженням:

$$K_{\text{техн.}}^{\text{зав}} = \frac{T_{\text{пр}}^t}{F_{\text{техн.}}^{\text{річн.}} * n_{\text{техн.}}^{\text{пр}}} = \frac{7970,4}{1840 * 5} = 0,87$$

Фонд основної заробітної плати проектувальників при місячному окладі технолога 1-ї категорії -  $Z_{\text{техн.}}^{\text{сер.міс.}}$  - з урахуванням коефіцієнта їхнього завантаження  $K_{\text{техн.}}^{\text{зав}}$  складе, грн.:

$$F_{\text{осн.}}^{\text{зп}} = Z_{\text{техн.}}^{\text{сер.міс.}} * K_{\text{техн.}}^{\text{зав}} * 12 * n_{\text{техн.}}^{\text{пр}} = 1300 * 0,87 * 12 * 5 = 67860$$

Фонд додаткової заробітної плати, грн.:

$$F_{\text{дод.}}^{\text{зп}} = F_{\text{осн.}}^{\text{зп}} * (K_{\text{допл.}} + K_{\text{соц.страх.}}) = 67860 * (0 + 1,56) = 105861,6$$

Річний фонд заробітної плати, грн.:

$$F_{\text{річн.}}^{\text{зп}} = F_{\text{осн.}}^{\text{зп}} + F_{\text{дод.}}^{\text{зп}} = 67860 + 105861,6 = 173721,6$$

### 3.3.2. Накладні витрати

Накладні витрати з урахуванням коефіцієнта загальнозаводських накладних витрат  $K_{\text{вир.}}^{\text{накл.}}$  визначаються з вираження, грн.:

$$V_{\text{накл}} = F_{\text{осн.}}^{\text{зп}} * K_{\text{вир.}}^{\text{накл.}} = 67860 * 1,6 = 108576$$

### 3.3.3. Витрати на господарський інвентар

Річні витрати на господарський інвентар (столи, стільці, світильники, підставки та ін.) прийняті як добуток  $V_{\text{інв.}}^{\text{хоз}}$  на одне робоче місце проектанта (при однозмінній роботі число робочих місць дорівнює прийнятій чисельності технологів) на прийняту кількість робочих місць з урахуванням їх завантаження технологів даною роботою, грн.:

$$\sum V_{\text{інв.}}^{\text{хоз}} = V_{\text{інв.}}^{\text{хоз}} * K_{\text{техн.}}^{\text{зав}} * n_{\text{техн.}}^{\text{пр}} = 300 * 0,87 * 5 = 1305$$

### 3.3.4. Витрати на утримання приміщення і його амортизацію

Витрати на утримання приміщення визначаються, виходячи з площі робочого місця з урахуванням їх завантаження даною роботою, грн.:

$$\sum V_{\text{прим.}}^{\text{утр.}} = V_{\text{прим.}}^{\text{утр.}} * S_{\text{місц.}}^{\text{роб}} * K_{\text{техн.}}^{\text{зав}} * n_{\text{техн.}}^{\text{пр}} = 19 * 4 * 0,87 * 5 = 330,6$$

Витрати на амортизацію приміщення визначають виходячи з площі робочого місця, їхньої кількості і питомої вартості кожного робочого місця, грн.:

$$\begin{aligned} V_{\text{прим.}}^{\text{амор.}} &= A_{\text{прим.}}^{\text{норм.}} * V_{\text{прим.}} * S_{\text{місц.}}^{\text{роб}} * K_{\text{техн.}}^{\text{зав}} * n_{\text{техн.}}^{\text{пр}} = 8,21 * 600 * 4 * 0,87 * 5 = \\ &= 85712,4 \end{aligned}$$

де:  $S_{\text{місц.}}^{\text{роб}}$  - площа робочого місця технолога,  $\text{м}^2$ ;  $V_{\text{прим}}$  - вартість 1  $\text{м}^2$  приміщення,  $\text{грн}/\text{м}^2$ ;  $A_{\text{прим.}}^{\text{норм.}}$  - норма річних відрахувань на амортизацію приміщення, %.

Загальні витрати на виконання робіт із проектування типового технологічного оснащення безмашинним методом складають:

$$V_{\text{заг}}^{\text{бм}} = F_{\text{річн}}^{\text{зп}} + V_{\text{накл}} + \sum V_{\text{інв.}}^{\text{хоз}} + \sum V_{\text{прим.}}^{\text{утр.}} + V_{\text{прим.}}^{\text{амор.}} =$$

$$= 173721,6 + 108576 + 1305 + 330,6 + 85712,4 = 369645,6$$

Вартість базового проекту,  $\text{грн.}$ :

$$C_{\text{баз}} = V_{\text{заг}}^{\text{бм}} = 369645,6$$

Накладні витрати з урахуванням коефіцієнта загальнозаводських накладних витрат визначаються з вираження,  $\text{грн.}$ :

### 5.3.3. Витрати на господарський інвентар

Річні витрати на господарський інвентар (столи, стільці, світильники, підставки та ін.) прийняті як добуток на одне робоче місце проектанта (при однозмінній роботі число робочих місць дорівнює прийнятій чисельності технологів) на прийняту кількість робочих місць з урахуванням їх завантаження технологів даною роботою,  $\text{грн.}$ :

### 3.4. Витрати на виконання робіт по проектуванню річного обсягу типового технологічного оснащення з використанням САПР

Витрати на проектування типового технологічного оснащення з використанням САПР складаються з двох складових:

- витрати на експлуатацію САПР ( $V_{САПР}^{експл.}$ ), тобто поточних витрат, що забезпечують функціонування системи, обумовлених трудомісткістю та кваліфікацією виконуваних робіт, витрат на електроенергію, амортизацію устаткування і т.п., грн.;
- одноразових капітальних витрат ( $V_{САПР}^{техн.}$ ), обумовлених придбанням необхідного технічного забезпечення: кондиціонерів, персональних комп'ютерів програмного забезпечення, таке інше, грн.

#### 3.4.1. Розрахунок витрати на експлуатацію САПР проектування типового технологічного оснащення

Витрати на експлуатацію САПР проектування включають:

- річний фонд основної і додаткової заробітної плати технологів-програмістів з урахуванням відрахувань на соціальне страхування та в інші фонди  $F_{річнСАПР}^{зп}$ , грн.;
- накладні витрати  $V_{САПР}^{накл}$ , грн.;
- витрати на господарський інвентар  $\sum V_{САПР}^{хоз.інв.}$ , грн.;
- витрати на амортизацію технічних засобів  $V_{тзСАПР}^{рем.}$ , грн.;
- витрати на електроенергію для САПР  $V_{САПР}^{ен.}$ , грн.;
- витрати на ремонт технічних засобів  $V_{тзСАПР}^{рем.}$ , грн.;
- витрати на утримання приміщення  $\sum V_{САПР}^{утр.прим.}$ , грн.;
- витрати на амортизацію приміщення  $V_{САПР}^{амор.прим.}$ , грн.

Загальна трудомісткість проектування типового технологічного оснащення визначається переліком робіт, приведеним у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Зміст проектних операцій для базового методу

| № п/п | Зміст робіт по етапам                                                                       | Трудомісткість,<br>н/год |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1     | Проведення розрахунків та виконання супутньої документації. (мінімально 10 арк. формату А4) | 10*3,9=39                |
| 2     | Виконання креслень та їх контроль. (мінімально 3 арк. формату А1)                           | 3*2=6                    |
|       | Норма часу на проектування                                                                  | 45                       |

З огляду на тип виробництва ( експериментальне ) вводимо поправочний коефіцієнт на норму часу  $K_n = 1,2$ . Тоді норма часу ( $N_{пр}^t$ ) на проектування типового технологічного оснащення складе, годин :

$$N_{прСАПР}^t = K_n * N_{САПР}^{пр} = 1.2 * 45 = 54$$

Річна трудомісткість проектування типового технологічного оснащення визначається з виразу, годин :

$$T_{прСАПР}^t = n_{оп} * N_{САПР}^{пр} = 54 * 41 = 2214$$

Розрахункова кількість технологів-програмістів складе, чоловік :

$$n_{прог}^{роз} = \frac{T_{прСАПР}^t}{F_{прог}^{річн}} = \frac{2214}{1380} = 1,6$$

$$n_{прогр}^{пр} = 2$$

Тоді,  $K_{прог}^{зав}$  - коефіцієнт завантаження технологів-програмістів даною роботою визначиться вираженням :

$$K_{прог}^{зав} = \frac{T_{прСАПР}^t}{(F_{прог}^{річн} * n_{прогр}^{пр})} = \frac{2214}{1380 * 2} = 0,8$$

Фонд основної заробітної плати технолога-програміста при середньомісячній заробітній платі  $Z_{\text{прогр}}^{\text{сер.міс}}$  складе, грн. :

$$F_{\text{осн.САПР}}^{\text{зп}} = Z_{\text{прогр}}^{\text{сер.міс}} * 12 * n_{\text{прогр}}^{\text{пр}} * K_{\text{пр}}^{\text{зав}} = 1600 * 12 * 2 * 0,8 = 30720$$

Фонд додаткової заробітної плати, грн. :

$$F_{\text{дод.САПР}}^{\text{зп}} = F_{\text{осн.САПР}}^{\text{зп}} * (K_{\text{допл}} + K_{\text{соц.стр.}}) = 30720 * (0 + 15,6) = 47923,2$$

Річний фонд заробітної плати, грн.:

$$F_{\text{річн.САПР}}^{\text{зп}} = F_{\text{осн.САПР}}^{\text{зп}} + F_{\text{дод.САПР}}^{\text{зп}} = 30720 + 47923,2 = 78643,2$$

Накладні витрати

$$B_{\text{САПР}}^{\text{накл}} = F_{\text{осн.САПР}}^{\text{зп}} * K_{\text{витр.}}^{\text{накл}} = 30720 * 1,6 = 42152$$

Розрахункова кількість

Визначається по числу технологів-проектантів, шт.:

$$n_{\text{пк}} = n_{\text{прогр.}}^{\text{пр.}} = 2$$

Коефіцієнт завантаження ПК :

$$K_{\text{пк}}^{\text{зав}} = \frac{T_{\text{пр}}^{\text{т}}}{F_{\text{прог.САПР}}^{\text{річн.}}} = \frac{1107}{1380} = 0,8$$

Витрати на господарський інвентар

Річні витрати на господарський інвентар ( столи, стільці, світильники, підставки та ін. ) по вихідним даним підприємства складаються  $B_{\text{інв.}}^{\text{хоз.}}$  на одне робоче місце проектанта (при двозмінній роботі число робочих місць дорівнює прийнятій кількості персональних комп'ютерів  $n_{\text{пк}}$  ), з урахуванням коефіцієнта завантаження технологів-програмістів даною роботою, грн. :

$$\sum V_{\text{САПР}}^{\text{хоз.інв}} = V_{\text{інв.}}^{\text{хоз.}} * K_{\text{пр}}^{\text{зав}} * n_{\text{ПК}} = 180 * 0,8 * 2 = 288$$

Витрати на амортизацію технічних засобів ПК і кондиціонера, грн.:

$$\begin{aligned} V_{\text{ТЗСАПР}}^{\text{амор.}} &= \left( (V_{\text{ПК}} * n_{\text{ПК}}) + V_{\text{конд}} \right) * K_{\text{ПК}}^{\text{зав}} * A_{\text{ПК.конд}} = \\ &= ((6000 * 2) + 3000) * 0,8 * 0,25 = 3000 \end{aligned}$$

Витрати на електроенергію

$$\begin{aligned} V_{\text{САПР}}^{\text{ен}} &= \left( (P_{\text{ПК}} * n_{\text{ПК}}) + P_{\text{конд}} \right) * K_{\text{ПК}}^{\text{зав}} * V_{\text{кВт}} * T_{\text{прСАПР}}^t = \\ &= ((0,25 * 2) + 1,5) * 0,8 * 0,472 * 1107 = 836 \end{aligned}$$

Витрати на ремонт

Витрати на ремонт ПК визначаються з урахуванням витрат на щорічну профілактику і витрати на запчастини з урахуванням коефіцієнта його завантаження. Витрати на щорічну профілактику і витрати на запчастини  $V_{\text{ТЗСАПР}}^{\text{рем.}}$  прийняті з розрахунку  $V_{\text{рем}}^{\text{ПК}} = 600$  грн./рік, складають грн.:

$$V_{\text{ТЗСАПР}}^{\text{рем.}} = V_{\text{рем}}^{\text{ПК}} * K_{\text{ПК}}^{\text{зав}} * n_{\text{ПК}} = 600 * 0,8 * 2 = 960$$

### 3.4.2. Витрати на утримання приміщення і його амортизацію

Витрати на утримання приміщення визначаються виходячи з площі робочого місця, їхньої кількості ( по кількості технологів-програмістів ) і питомої вартості утримання кожного робочого місця, грн.:

$$\sum V_{\text{САПР}}^{\text{утр.прим}} = V_{\text{прим}}^{\text{утр}} * S_{\text{ПК}} * K_{\text{ПК}}^{\text{зав}} * n_{\text{ПК}} = 19 * 4 * 0,8 * 2 = 121,6$$

Витрати на амортизацію приміщення визначають виходячи з площі робочого місця, їхньої кількості питомої вартості кожного робочого місця і норми річних амортизаційних відрахувань.

$$V_{\text{САПР}}^{\text{амор.прим}} = A_{\text{прим.}}^{\text{норм.}} * V_{\text{прим.}} * S_{\text{пк}} * K_{\text{пк}}^{\text{зав}} * n_{\text{пк}} = 8,21 * 600 * 4 * 0,8 * 2 = 31526,4$$

де:  $S_{\text{пк}}$  - площа робочого місця технолога – програміста,  $\text{м}^2$ ;  $V_{\text{прим}}$  - вартість  $1 \text{ м}^2$  приміщення,  $\text{грн./м}^2$ ;  $A_{\text{прим.}}^{\text{норм.}}$  - норма на амортизацію приміщення.

Загальні витрати на виконання всього обсягу робіт із проектування типового технологічного оснащення з використанням даної САПР складуть:

$$\begin{aligned} V_{\text{САПР}}^{\text{експл.}} &= F_{\text{річн.САПР}}^{\text{зп}} + V_{\text{САПР}}^{\text{накл}} + \sum V_{\text{САПР}}^{\text{хоз.інв}} + V_{\text{тзСАПР}}^{\text{амор}} + V_{\text{САПР}}^{\text{ен}} + V_{\text{тзСАПР}}^{\text{рем.}} \\ &+ \sum V_{\text{САПР}}^{\text{утр.прим}} + V_{\text{САПР}}^{\text{амор.прим.}} = \\ &= 78643,2 + 49152 + 288 + 3000 + 836 + 960 + 121,6 + 31526,4 \\ &= 164527,2 \end{aligned}$$

### 3.4.3. Розрахунок одночасних капітальних витрат

Одночасні витрати по впровадженню САПР визначають по формулі :

$$K = V_{\text{прог}} + V_{\text{тех}}$$

де:  $V_{\text{прог}}$  – витрати на придбання , налагодження, генерацію прикладних математичних засобів САПР,  $\text{грн.}$ :

$$V_{\text{прог}} = V_{\text{САПР}}^{\text{прогр.}} + V_{\text{інстр.}} + V_{\text{навч}} = 30000 + 112 + 1500 = 31612$$

де:  $V_{\text{САПР}}^{\text{прогр.}}$  - витрати на придбання математичних засобів і їх генерацію,  $\text{грн.}$ :

$V_{\text{інстр}}$  - витрати на інсталяцію, налаштування САПР і її з'єднання з ОС ( визначається через трудомісткість виконання організаційно – підготовчих робіт і

годинну тарифну ставку інженера - електронника ), грн.:

$$V_{\text{інстр}} = \frac{Z_{\text{прогр}}^{\text{сер.міс}} * 12}{F_{\text{прог}}^{\text{річн}}} * T_{\text{інстр}} = \frac{1600 * 12}{1380} * 8 = 112$$

де:  $Z_{\text{прогр}}^{\text{сер.міс}}$  - середньомісячна зарплата технолога – програміста, грн.;

$T_{\text{інстр.}} = 8$  год – час на інсталяцію і настроювання САПР і її сполучення з ОС, година ;

$F_{\text{прог.}}^{\text{річн}}$  - річний фонд часу роботи фахівця – програміста, година;

$V_{\text{навч}}$  - витрати на навчання виробничого персоналу по впровадженню САПР технологічного процесу, грн.

Визначаємо вартість технічних засобів, застосованих у САПР ( з урахуванням їх коефіцієнта завантаження ):

$$\begin{aligned} V_{\text{тех}} &= (n_{\text{пк}} * V_{\text{пк}} + V_{\text{конд}} + V_{\text{інв}}^{\text{хоз}} + V_{\text{САПР}}^{\text{прим}} + V_{\text{компл}}) * K_{\text{пк}}^{\text{зав}} \\ &= (2 * 6000 + 3000 + 180 + 24000 + 900) * 0,8 = 14784 \end{aligned}$$

де :  $n_{\text{пк}}$  - прийнята кількість комп'ютерів при двозмінній роботі, шт.;  $V_{\text{пк}}$  – вартість одного персонального комп'ютера ( ПК ), грн.;  $V_{\text{конд}}$  - вартість кондиціонера, грн.;  $V_{\text{компл}}$  - вартість робочого комплексу дискет, грн.;  $K_{\text{пк}}^{\text{зав}}$  - коефіцієнт завантаження ПК;  $V_{\text{САПР}}^{\text{прим}}$  - вартість виробничої площі, грн./м<sup>2</sup> ;

Капіталовкладення складуть, грн.:

$$K = V_{\text{прог}} + V_{\text{тех}} = 31612 + 14784 = 46396$$

#### 3.4.4. Вартість проектного варіанта, грн.

$$V_{\text{Сапр}}^{\text{техн}} = K = 46396$$

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{САПР}}^{\text{пр}} = V_{\text{САПР}}^{\text{експл}} + V_{\text{САПР}}^{\text{техн.}} = 164527,2 + 46396 = 210923,2$$

### 3.5. Економічний ефект

$$E = C_{\text{баз}} + C_{\text{проект}} = 369645,6 - 210923,2 = 158722,4$$

Річний економічний ефект від застосування САПР, грн.:

$$E_p = E - E_n * K = 158722,4 - 0,16 * 46396 = 151299,04$$

Строк окупності, роки :

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{E_p} = \frac{46396}{151299,04} = 0,3$$

#### Висновок

Застосування САПР дозволяє швидко і якісно проводити проектування новаторських конструкцій, швидко усувати недоліки при проектуванні. Значно скорочуються етапи виконання креслень в порівнянні з ручним методом.

Автоматичним і автоматизованим методикам підготовки виробництва властива постійна готовність вихідної інформації, необхідно для рішення ряду задач автоматизованої системи керування підприємством.

Крім того, відзначається підвищення оборотності оборотних коштів за рахунок скорочення термінів виробництва і прискорення виходу продукції на ринок.

Застосування дійсної САПР у порівнянні з базовими безмашинним варіантом, дозволяє досягти річного економічного ефекту, що дорівнює 151299,04 гривень при строку окупності 0,3 року.

## **Загальні висновки**

У кваліфікаційній роботі на тему: “Розробка системи автоматизованого проектування типового технологічного оснащення” було проведено аналіз типових затискних пристроїв, що дало змогу створити передумови для розробки системи автоматизованого проектування технологічного оснащення.

Розроблено блок-схеми головної програми, основної вирішувальної процедури, процедури визначення сил затиску, процедури визначення діаметру силового приводу на основі яких розроблено систему автоматизованого проектування типового технологічного оснащення. Дана програма за вхідними даними розраховує діаметр силового приводу який потрібен для створення затискного зусилля необхідного для утримування деталі в процесі обробки.

Застосування САПР дозволяє швидко і якісно проводити проектування новаторських конструкцій, швидко усувати недоліки при проектуванні. Значно скорочуються етапи виконання креслень в порівнянні з ручним методом. Автоматичним і автоматизованим методикам підготовки виробництва властива постійна готовність вихідної інформації, необхідно для рішення ряду задач автоматизованої системи керування підприємством.

Крім того, відзначається підвищення оборотності оборотних коштів за рахунок скорочення термінів виробництва і прискорення виходу продукції на ринок. Застосування дійсної САПР у порівнянні з базовими безмашинним варіантом, дозволяє досягти річного економічного ефекту, що дорівнює 151299,04 гривень при строку окупності 0,3 року.

## Література

1. М. А. Ансеров Приспособления для металлорежущих станков. – М. – Л., Машиностроение, 1964. 652 с.
2. В. М. Бурцев, А. С. Васильев, О. М. Деев и др. Технология машиностроения. Под ред Г. Н. Мельникова. – 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 640 с.
3. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження. – Львів: Світ, 2001. – 296 с.
4. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. I - М.: Машиностроение, 1978.
5. Озеров В. Delphi. Советы программистов. – СПб: Символ – Плюс, 2002.
6. Криськов О.Д. САПР операцій механічної обробки; математичне моделювання технологічних процесів. Методичні вказівки по використанню спеціалізованої бібліотеки технолога-проектанта для студентів очної та заочної форм навчання. Кіровоград: КНТУ, 2004, - 74 с.
7. Криськов О.Д., Петренко М.М. Основи комп'ютерної технології обґрунтування структури технологічних операцій (з використанням можливостей програмованих технологічних модулів). Вибрані лекції та практичні вправи. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2007. – 282с., 93.
8. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения. - М:Машиностроение, 1969.
9. Балакшин Б. С. Теория и практика технологии машиностроения: В. кн. 2. - М.: Машиностроение, 1982.
10. Барташов Л. В. Организация и экономика технической подготовки производства. - М.: Высш. шк., 1972.
11. Барташов Л. В. Техничко-економические расчеты при проектировании и производстве машин. - М.: Машиностроение, 1973.

- 12.Беспалов Б. Л., Глейзер Л. А., Колесов И. М. И др. Технология машиностроения (специальная часть). 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1973.
- 13.Богатырев В. Н. Выбор экономичного процесса механической обработки деталей на машиностроительных заводах. - М.: Машгиз, 1961.
- 14.Болотин Х. Л., Костромин Ф. П. Станочные приспособления. - М.: Машиностроение, 1983.
- 15.Великанов К. М. Определение экономической эффективности вариантов механической обработки деталей. - М.: Машгиз, 1961.
- 16.Великанов К. М. и др. Экономика и организация производства в дипломных проектах. - Л.: Машиностроение, 1973.
- 17.Вульф А. М. Резание металлов. 2-е изд. - Л.: Машиностроение, 1973.
- 18.Гамрат-Курек Л. И., Иванов К. Р. Выбор варианта изготовления изделий и коэффициенты затрат. - М.: Машиностроение, 1975.
- 19.Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - М.: Высш. шк., 1984.
- 20.Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. - М.: Машиностроение, 1979.
- 21.ГОСТ 31119-83. ДСТД. Комплектность документов в зависимости от характера производства.
- 22.Дипломное проектирование по технологии машиностроения / Под ред. В. В. Бабука. - Минск: Высшэйшая школа, 1979.
- 23.Долматовский Г. А. Справочник технолога по обработке металлов резанием. - М.: Машгиз, 1962.
- 24.Жданов А. И. Экономическая эффективность прогрессивных методов металлообработки. - М.: Экономическая литература, 1962.
- 25.Картавов С. А. Технология машиностроения. - Киев: Вища шк., 1984.
- 26.Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений. - М.: Машиностроение, 1983.

- 27.Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник технолога. - М.: Машиностроение, 1976.
- 28.Марков Н. Н. Выбор измерительных средств для линейных измерений от 1 до 500 мм в зависимости от точности изготовления. - М.: НИИМАШ, 1965.
- 29.Металлорежущие станки. Каталог-справочник. -М.:НИИМАШ, 1971.
- 30.Металлорежущие станки с ЧПУ. Каталог. М.: НИИМАШ,1972.
- 31.Методические указания по расчету припусков на механическую обработку деталей при разработке технологических процессов в курсовом и дипломном проектировании (на основе размерного анализа). -Кировоград: КИСМ, 1983.
- 32.Методические указания к выполнению дипломного проекта для студентов специальности 0501. сост. И. И. Павленко и др. - Кировоград: КИСМ, 1986.
- 33.Микитянский В. В. Точность приспособлений в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1984.