

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Кафедра Механіко-машинобудівний факультет  
Технологій машинобудування та матеріалознавства  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Сумарюк Валерій Анатолійович  
(ПІБ)

академічної групи 131М-17-1  
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва  
(офіційна назва)

на тему Технологічна підготовка виробництва деталі «Шестерня» на верстатах з ЧПК  
(назва за наказом ректора)

| Керівники              | Прізвище,<br>ініціали | Оцінка за шкалою |               | Підпис |
|------------------------|-----------------------|------------------|---------------|--------|
|                        |                       | рейтинговою      | інституційною |        |
| кваліфікаційної роботи | доц. Богданов О.О.    |                  |               |        |
| розділів               |                       |                  |               |        |
| Аналітичний            | доц. Богданов О.О.    |                  |               |        |
| Технологічний          | доц. Богданов О.О.    |                  |               |        |
| Конструкторський       | доц. Богданов О.О.    |                  |               |        |
| Спеціальний            | доц. Богданов О.О.    |                  |               |        |

|               |  |  |  |
|---------------|--|--|--|
| Рецензент     |  |  |  |
| Нормоконтроль |  |  |  |

Дніпро  
2018

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
**Технологій машинобудування та матеріалознавства**  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ **В.В. Проців** \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеню магістр**  
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

студенту \_\_\_\_\_ **Сумарюку В.А.** \_\_\_\_\_ академічної групи \_\_\_\_\_ **131М-17-1** \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності \_\_\_\_\_ **131 Прикладна механіка** \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою \_\_\_\_\_  
**Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва**  
(офіційна назва)

на тему **Технологічна підготовка виробництва деталі «Шестерня» на верстатах з ЧПК**

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від **27.11.18** № **2018-Л**

| Розділ           | Зміст  | Термін виконання  |
|------------------|--|-------------------|
| Аналітичний      | Аналіз технологічності деталі                              | 15.10.18-30.10.18 |
| Технологічний    | Проектування технології механічної обробки                 | 28.10.18-15.11.18 |
| Конструкторський | Проектування довбняка                                      | 01.12.18-14.12.18 |
| Спеціальний      | Дослідження операцій механічної обробки на верстатах з ЧПК | 16.11.18-30.11.18 |

Завдання видано \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

\_\_\_\_\_ **доц. Богданов О.О.** \_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі \_\_\_\_\_ **15.10.2018** \_\_\_\_\_

Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_ **14.12.2018** \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис студента) \_\_\_\_\_ **Сумарюк В.А.** \_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

## Реферат

Кваліфікаційна робота: 66 сторінок, 8 рисунків, 17 таблиць, 12 джерел, 2 додатки.

Ключові слова: заготовка, технологічний процес, режими різання, верстати з ЧПК, робот, технологічна оснастка, верстатні інструменти, вимірювальні інструменти, верстатні пристосування.

Представлена кваліфікаційна робота містить розробку раціонального варіанту технологічного процесу обробки деталі «шестерня» в умовах середньосерійного виробництва з використанням верстатів з ЧПК і сучасного оснащення.

### Об'єкт досліджень

Технологічний процес виготовлення деталі «шестерня» на верстатах з ЧПК.

### Мета роботи

Вдосконалення процес виготовлення деталі «шестерня» на верстатах з ЧПК.

### Предмет досліджень

Технологічні операції з механічної обробки «шестерні» кінцевими фрезами.

У кваліфікаційній роботі наведені аналіз технологічності деталі, вибір схем базування і установки заготовки на верстаті для операцій техпроцесу. На підставі розрахунків зроблено вибір способу отримання заготовки.

Розроблено технологічний процес обробки деталі.

У конструкторському розділі спроектовано спеціальний інструмент-довб'як.

В спеціальному розділі проведено дослідження рентабельності використання кінцевої фрези для зубообробки, замість спеціального спроектованого довб'яка.

## Содержание

|   |  |
|---|--|
| 1. Вступ.....   |  |
| 1. Аналітичний розділ.....  |  |
| 1.1 Характеристика виробництва.....                                   |  |
| 1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі .....                   |  |
| 2. Технологічний розділ .....   |  |
| 2.1 Встановлення виробничої програми випуску деталей .....            |  |
| 2.2 Вибір заготовки .....   |  |
| 2.2.1 Визначення розмірів заготовки .....                             |  |
| 2.4 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі .....        |  |
| 2.4.1 Призначення методів обробки поверхонь .....                     |  |
| 2.5 Обґрунтування технологічного маршруту виготовлення деталі .....   |  |
| 2.6 Розрахунок припусків на механічну обробку .....                   |  |
| 2.7. Детальна розробка операцій технологического процесса.....        |  |
| 2.7.1 Загальна характеристика операції 005.....                       |  |
| 2.7.3 Загальна характеристика операції 020.....                       |  |
| 3. Конструкторський розділ .....                                      |  |
| 3.1 Проектування долбяка .....  |  |
| 4. Спеціальний розділ   |  |
| 4.1 Характеристика операції 005 на верстаті з ЧПК.....                |  |
| 4.2 Характеристика операції 020 на верстаті з ЧПК (зубофрезерна)..... |  |
| Перелік посилань .....  |  |

|          |          |          |        |      |  |  |  |                 |       |         |  |
|----------|----------|----------|--------|------|--|--|--|-----------------|-------|---------|--|
|          |          |          |        |      | <b>ТММ.КВР.18.13.00.000.ПЗ</b>                                 |  |  |                 |       |         |  |
| Зм.      | Адк.     | № доквм. | Підпис | Дата |  |  |  |                 |       |         |  |
| Розроб.  | Сумарюк  |          |        |      | Технологічний процес<br>«Шестерня ведуча IV и V пере-<br>дачі» |  |  | Літ.            | Аркуш | Аркушів |  |
| Перевір. | Богданов |          |        |      |  |  |  |                 | 3     |         |  |
| Н.контр. |          |          |        |      |  |  |  | <b>ГВУЗ НТУ</b> |       |         |  |
| Затвер.  |          |          |        |      |  |  |  |                 |       |         |  |

## ВСТУП

Мета роботи - удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі "Шестерня".

Об'єктом дослідження є існуючий технологічний процес виготовлення деталі "Шестерня".

У процесі дослідження проводилися: Аналіз призначення деталі, аналіз існуючого технологічного процесу, проектування і розрахунок долбяка.

В результаті дослідження: були запропоновані заходи щодо вдосконалення існуючого технологічного процесу, за допомогою верстатів з ЧПУ.

Ступінь впровадження: розроблений технологічний процес деталі шестерня на змішаному устаткуванні.

Область застосування: Рекомендується застосування на різних виробництвах, в редукторах, приводних механізмах і ін.

Економічна ефективність / значимість роботи: Економічний ефект отриманий за рахунок заміни частини універсальних верстатів на верстат з ЧПУ. В майбутньому планується: Впровадження вдосконаленого технологічного процесу деталі шестерня в виробництво.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 4    |

## 1. Аналітичний розділ

### 1.1 Характеристика об'єкта виробництва

Деталь «Шестерня ведуча IV і V передачі» входить до складу кінематичного ланцюга механізму перемикач передат коробки швидкостей трактора ЮМЗ-6КЛ. Деталь розміщена в закритому корпусі і працює в умовах багатого мастила при температурі 60-80 С°. Шестерня періодично навантажується незначним знакозмінним крутним моментом в процесі перемикач передат.

Основними конструкторськими базами деталі є шліци, а також правий торець деталі.

Найбільш відповідальною поверхнею шестірні є зуби і шліци. Вона працює як підшипник ковзання, тому повинна мати підвищену зносостійкість з відповідним параметром шорсткості. Зносостійкість забезпечується підвищеною поверхневою твердістю, 57-64 одиниць HRC. Така твердість досягається поверхневої загартуванням, з подальшим високим відпуском вуглецевої сталі. Об'ємна твердість деталі повинна бути в межах 30-46 HRC. Таке значення має вуглецева сталь в стані поставки.

Виходячи з вищесказаного можна зробити висновок, що матеріалом для виготовлення даної деталі конструкційна сталь марки 18ХГТ. Цей матеріал добре обробляється різанням і використовується для виготовлення колінчастих і розподільних валів, шестерень, шпинделів і інших нормалізованих, поліпшуються і піддаються поверхневій термообробці деталей, від яких потрібна підвищена міцність.

Хімічний склад даного матеріалу наведено в таблиці 1.1, а механічні властивості в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1-Хімічеський склад сталі 18ХГТ

| C,%       | Si,%      | Mn,%    | Ni,%   | S,%      | P,%      | Cr,%  | Ti,%      | Cu,%   | Fe,% |
|-----------|-----------|---------|--------|----------|----------|-------|-----------|--------|------|
| 0,17-0,23 | 0,17-0,37 | 0,8-1,1 | До 0,3 | До 0,035 | До 0,035 | 1-1,3 | 0,03-0,09 | До 0,3 | ~96  |

Таблиця 1.2-Механічеськіє свойства сталі 18ХГТ

| $\sigma_{0,2}$ , МПа | $\sigma_b$ , МПа | $\delta_5$ , % | $\Psi$ , % | KCU | HRC |
|----------------------|------------------|----------------|------------|-----|-----|
| 930                  | 1180             | 13             | 50         | 78  | 38  |

## 1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь «Шестерня ведуча IV і V передачі» має складну просторову форму. Внутрішні поверхні мають шліци. Беручи до увагу, що деталь є однією з основних деталей коробки швидкостей, вважаємо неможливим при якісному аналізі технологічності конструкції, припускати зміна геометричної форми, розташування або вимог до шорсткості робочих поверхонь, оскільки вони визначають працездатність агрегату в цілому.

Аналізуючи вимоги робочого креслення, приходимо до висновку, що матеріал деталі забезпечує необхідні механічні властивості, шорсткість необроблених поверхонь і задану товщину стінок при використанні спеціальних методів штампування, що застосовуються і в умовах серійного виробництва.

Співвідношення геометричних параметрів деталі, в поєднанні з особливостями конструкції і умовами оброблюваності конструкційної сталі, дозволяє призначати оптимальні режими різання.

У конструкції деталі є поверхні, які можуть бути використані в якості чорнових технологічних баз. Так, зовнішня поверхня фланця, хоча і має неправильну геометричну форму, може бути використана для базування в патрон, що самоцентрує, що забезпечує обробку з одного установочного основних і допоміжних конструкторських баз з дотриманням основного принципу - поєднання технологічних, вимірювальних і конструкторських баз.

Конструкція деталі дозволяє обробляти взаємопов'язані поверхні з однієї установки і «на прохід». Єдиним нетехнологічним з цієї точки зору елементом округлення радіусом 26 на зубах, яка чиниться з боку протилежної руху подачі інструменту. Отримання цієї поверхні можливо шляхом оформлення її в заготівлі, з подальшою проточкою. З іншого боку, радіус можна отримати, застосувавши спеціальний інструмент.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 6    |



Співвідношення квалитетов і параметрів шорсткості оброблюваних поверхонь є оптимальним. З огляду на, що матеріал деталі - конструкційна сталь, може бути отриманий чистовим точінням з використанням алмазного інструменту при достатній жорсткості системи ВПД і точності обертання шпинделя верстата.

Точність розташування кріпильних шліц щодо зубів визначена позиційним допуском, який не перевищує 0,09 мм.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КВР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 7    |

## 2 Технологічний розділ

### 2.1 Встановлення виробничої програми випуску деталей

Виробнича програма випуску деталей встановлюється в залежності від річної потреби виробів. На початковому етапі проектування технологічного процесу річна виробнича програма випуску деталі визначається за формулою:

$$N = N_{и} \cdot q \cdot \left(1 + \frac{h}{100}\right); \quad (1)$$

где  $N_{и}$  – годовая программа выпуска изделий;

$q$  – количество деталей данного наименования в одном изделии;

$h$  – процент деталей, предназначенных на запасные части (1-3%).

$$N = 5000 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{2}{100}\right) = 5100 \left(\frac{\text{шт}}{\text{год}}\right) \quad (2)$$

Основним показником, що характеризують серійне виробництво, є величина партії деталей, одночасно що запускаються у виробництво (серіями запускається виріб, що складається з певних деталей). Розмір партії визначається за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi}, \quad (3)$$

де  $a$  - періодичність запуску деталей у виробництво, днів. Можливі значення - 3, 6, 12, 24;

$\Phi$  - число робочих днів у році, 254.

$$n = \frac{5100 \cdot 6}{254} = 120 \quad (4)$$

### 2.2 Вибір заготовки

Оскільки перепади діаметрів ступенів колеса більше 5 мм, а товщина стінок занадто велика для використання трубного прокату, варіантом заготовки для виготовлення деталі може бути сталева штампована поковка, отримана гарячої об'ємним штампуванням. У цьому випадку форма заготовки в значній мірі наближена до форми готової деталі, а її конфігурація і конструктивні елементи залежать від виду застосовуваного технологічного устаткування. Вважаємо, що для прийнятих умов виробництва заготовка буде формуватися на ротаційно-кувальних машинах (РКМ). При використанні цього обладнання

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 8    |

коефіцієнт використання матеріала досягає значення 0,8 і значно зменшується трудомісткість обробки.

Конфігурація заготовки приведена на малюнку 1.

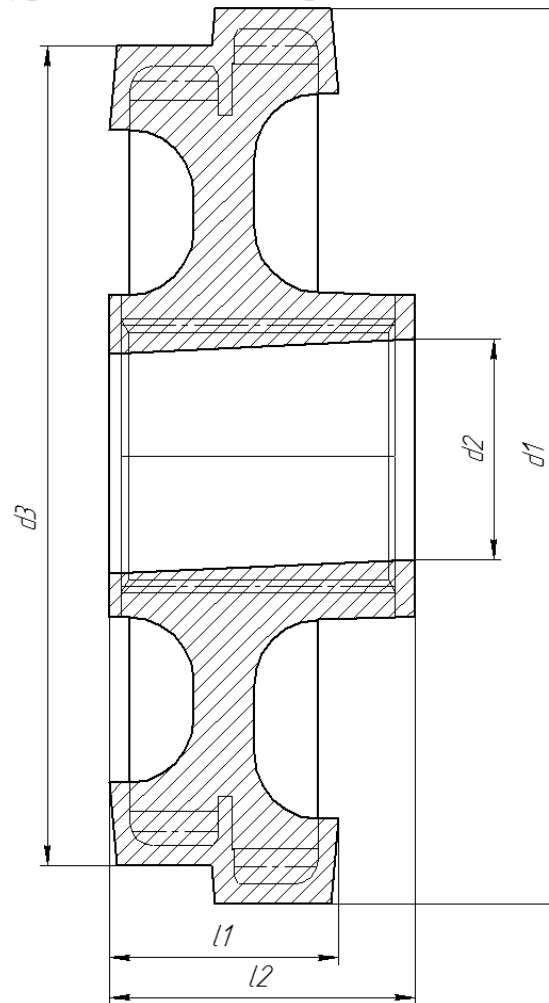


Рис 1.

Значення припусків і допусків на розміри заготовки, встановлені згідно з прийнятими вихідними даними відповідно до ГОСТ 7505-89. Для оброблюваних поверхонь штампування встановлюється симетричне розташування полів допусків. Для необроблюваних поверхонь допускається будь-яке розташування, в тому числі і одностороннє.

При проектуванні заготовки бралось до уваги, що форма деталі в поєднанні з прийнятою формою роз'єму штампа, дозволяють використовувати мінімальні радіуси заокруглень. Штампувальні ухили при штампуванні на РКМ призначають по ГОСТ 7505-89: зовнішні - до  $5^\circ$ , внутрішні - до  $7^\circ$ . У ряді випадків штампувальні ухили можуть бути відсутніми або бути мінімальними. З урахуванням цих рекомендацій і даних таблиці 3.1 виконаний робочий проект штампування.

Таблиця 3.1-Складові припуску

| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |

ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ

Арк.

9

| Размер поверхности, мм     | Параметр Ra, мкм | Основной припуск, мм | Дополнительный припуск, мм | Общий припуск, мм | Исполнительный размер заготовки, мм    |
|----------------------------|------------------|----------------------|----------------------------|-------------------|--|
| Ø212,2h11 <sub>-0,29</sub> | 12,5             | 2,6                  | 2                          | 4,6               | Ø216,8 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub> |
| Ø193,4h11 <sub>-0,29</sub> | 12,5             | 2,6                  | 2                          | 4,6               | Ø198 <sup>+1,3</sup> <sub>-0,7</sub>   |
| 68±0,15                    | 25               | 1,1                  | 1,4                        | 2,5               | 70,5 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,5</sub>   |
| Ø61,5h11                   | 12,5             | 2,2                  | 1,4                        | 3,6               | Ø57,9 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,5</sub>  |
| 22±0,28                    | 25               | 1                    | 1,2                        | 2,2               | 24,2 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,4</sub>   |
| 21±0,28                    | 25               | 1                    | 1,2                        | 2,2               | 23,2 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,4</sub>   |

## 2.1 Визначення розмірів заготовки

Розрахунок вихідних даних для проектування

### 1) Визначення розрахункової маси поковки

$$M_{п.р.} = M_{д} \cdot K_{р} \quad (5)$$

$$M_{п.р} = 6,4 \cdot 1,8 = 8,52 \quad (6)$$

де  $M_{п.р}$  - розрахункова маса поковки, кг;

$M_{д}$  - маса деталі, кг;

$K_{р} = 1,8$  - розрахунковий коефіцієнт по ГОСТ 7505-89

Призначення класу точності поковки відповідно до ГОСТ 7505-89.

При застосуванні горизонтально-кувальних машин рекомендується вибирати клас точності Т4 або Т5. Вибираємо Т4.

Визначаємо групу стали.

Сталь 18ХГТ відноситься до другої групи стали - М2.

Ступінь складності форми для поковок, отриманих на горизонтально-кувальних машинах, допускається визначати в залежності від числа переходів.

В даному випадку ступінь складності форми С4.

### 1) Визначення вихідного індексу

Виходячи з отриманих даних визначаємо вихідний індекс по табл. 4 ГОСТ 7505-89. Вихідний індекс 9.

### 2) Призначення основного припуску.

Припуск 1,5; 1,8; 2,0 мм на сторону відповідно для параметра шорсткості Ra 100-12.5; 10-1.6; 1.25

Визначення коефіцієнта використання матеріалу за формулою:

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 10   |

$$K_{\text{им}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{шт}}} = \frac{6,4}{8,52} = 0,75 \quad (7)$$

де  $m_{\text{д}}$  - маса деталі по робочим кресленням, кг

$m_{\text{шт}}$  - маса штампування заданої форми, визначена за розрахунковим розмірами, кг.

Визначаємо показник технологічності конструкції заготовки - коефіцієнт ваговій точності, який розраховується за формулою:

$$K_{\text{в.т.}} = \frac{G_{\text{д}}}{G_{\text{з}}}, \quad (8)$$

де  $G_{\text{д}}$  - маса готової деталі;

$G_{\text{з}}$  - Норма витрат

## 2.4 Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі

### 2.4.1 Призначення методів обробки поверхонь

При розробці маршруту виготовлення деталі орієнтуємося на вигляд застосовуваної заготовки та її точність. Кількість технологічних операцій, їх концентрація буде визначатися методами обробки поверхонь, які призначені виходячи з необхідного квалітета, розміру, параметра шорсткості і умов оброблюваності алюмінієвий ливарних сплавів. Перелік оброблюваних поверхонь і методи обробки, які забезпечують виконання вимог креслення, наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1- Методи обробки поверхонь

| Вид поверхності<br>розмер, мм               | Квалітет | Ra, мкм | Метод обробки<br>поверхності                   |
|---|----------|---------|--|
| Наружная Ø212,2 <sub>-0,29</sub>            | 11       | 6,3     | Точение черновое<br>Точение чистовое           |
| Наружная Ø193,4 <sub>-0,29</sub>            | 11       | 6,3     | Точение черновое<br>Точение чистовое           |
| Внутренняя Ø61,5                            | 11       | 12,5    | Растачивание черновое<br>Растачивание чистовое |
| Зубья Ø212,2 <sub>-0,29</sub>               | -        | 6,3     | Долбление                                      |
| Зубья Ø193,4 <sub>-0,29</sub>               | -        | 6,3     | Долбление                                      |
| Шлицы Ø68 <sup>+0,14</sup> <sub>-0,02</sub> | -        | 6,3     | Протягивание                                   |

## 2.5 Обґрунтування технологічного маршруту виготовлення деталі

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 11   |

В якості технологічного обладнання може використовуватися токарно-револьверний напівавтомат, який ефективний в умовах великосерійного і масового виробництв. Даний тип верстатів має високу швидкохідні і жорсткість, що дозволяє вести обробку на високих режимах різання, що, в свою чергу, значно скорочує машинне допоміжний час. Конструкції даних верстатів дозволяють вбудовувати їх в автоматичні лінії, також вони оснащені шнековими транспортерами для прибирання стружки.

Для обробки зубів і шліц передбачаємо дві операції, на яких використовуємо універсальні верстати зі спеціальними налагодженнями і багатомісними пристосуваннями. Настановної технологічною базою на цих операціях буден зовнішня і внутрішня циліндрична поверхня, тому що така схема базування забезпечує надійне закріплення заготовки і дозволяє призначати найбільш продуктивні режими різання.

Після гарту шліц і зубів на ТВЧ, необхідно додатково про-шліфувати їх виправивши термічні деформації.

Технологічний процес виготовлення деталі завершується контрольної операцією, на якій здійснюється комплексний контроль розмірів поверхонь і їх взаємного розташування, але попередньо повинна бути виконана термічна обробка зубів і шліц. Пропонований маршрут обробки деталі «Шестерня ведуча» наведено в таблиці 4.2.

Таблица 4.2

| № оп. | Наименование операции | Краткое содержание операции                            | Модель станка |
|-------|-----------------------|--|---------------|
| 05    | Токарная              | Подрезка торца, наружная обработка, прорезание канавки | 1Е340П        |
| 10    | Токарная              | Обработка с другой стороны, растачивание отверстия     | 1К341         |
| 15    | Протяжная             | Нарезать шлицы   | 7А534         |
| 20    | Долбежная с ЧПУ       | Нарезать зубья   | 200-3АС       |
| 25    | Термическая           | Закалка ТВЧ зубьев и шлиц                              | -             |

|    |             |                             |   |
|----|-------------|-----------------------------|---|
| 30 | Контрольная | Комплексный контроль детали | - |
|----|-------------|-----------------------------|---|

## 2.6 Розрахунок припусків на механічну обробку

На поверхню діаметром 61,5h11 і лінійний розмір 49<sub>-0,34</sub> мм припуски визначаємо табличним методом. Результати відповідно в таблицях 5.1 і 5.2.

Таблиця 5.1-Припуски на поверхнь 61,5h11

| МОП<br>Наружная<br>61,5h11 | При-<br>пуск<br>мкм | Расчет-<br>ный<br>размер,<br>мм | До-<br>пуск,<br>мм | Размер, мм |           | Припуск, мм |           |
|----------------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------|------------|-----------|-------------|-----------|
|                            |                     |                                 |                    | $d_{min}$  | $d_{max}$ | $Z_{min}$   | $Z_{max}$ |
| Заготовка                  | -                   | 53,981                          | 2400               | 51,581     | 53,981    | -           | -         |
| Точение чер-<br>новое      | 5,8                 | 59,781                          | 340                | 59,431     | 59,781    | 5,8         | 9,9       |
| Точение чисто-<br>вое      | 1,7                 | 61,481                          | 190                | 61,481     | 61,5      | 0,19        | 1,7       |

Таблиця 5.2- Припуски на поверхні 49<sub>-0,34</sub>

| МОП<br>Наружная<br>49 <sup>+0</sup> <sub>-0,34</sub> | При-<br>пуск<br>мкм | Расчет-<br>ный<br>размер,<br>мм | До-<br>пуск,<br>мм | Размер, мм |           | Припуск, мм |           |
|--|---------------------|---------------------------------|--------------------|------------|-----------|-------------|-----------|
|  |                     |                                 |                    | $l_{min}$  | $l_{max}$ | $Z_{min}$   | $Z_{max}$ |
| Заготовка  |                     | 48,66                           | 2000               | 49         | 53        |             |           |
| Точение чер-<br>новое                                | 1,5                 | 47,16                           | 340                | 48,66      | 49        | 1,52        | 3,00      |

Для досягнення необхідних параметрів поверхні при обробці чорнове і чистове розточування.

По таблиці 8 визначаємо припуск на чистове розточування поверхні. Він дорівнює 3 мм на діаметр.

Знайдемо граничні значення припусків:

$$2Z_{min2}^{pp} = 61,481 - 59,781 = 1,7 \text{ мм}$$

$$2Z_{min1}^{pp} = 59,781 - 53,981 = 5,8 \text{ мм}$$

$$2Z_{max2}^{pp} = 61,5 - 59,981 = 0,019 \text{ мм}$$

$$2Z_{max1}^{pp} = 61,481 - 51,581 = 9,9 \text{ мм}$$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КВР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 13   |

Проводимо перевірку правильності розрахунків:

$$\delta_3 - \delta_d = 2Z_{\max} - 2Z_{\min}$$
$$2400 - 35 = 8500 - 6535$$
$$1965 = 1965$$

## 2.7 Детальна розробка операцій технологічного процесу

### 2.7.1 Загальна характеристика операції

Операція 005, «Токарська», виконується на токарно-револьверний станке 1E340П, з вертикальною віссю револьверної головки для робіт в умовах серійного виробництва.

Деталь базується в самоцентровому клиновому патроні 7102-0077-1-1В ГОСТ 24351-80 по зовнішній поверхні діаметром 212,5 мм і торця.

Коротка характеристика верстата:

Універсальний токарно-револьверний верстат, що оснащується 16-позиційної РГ з механічним поворотом і автоматичним відключенням механічної подачі в кінці робочого ходу супорта.

Коротка характеристика:

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм  
над станиною - 400

над верхньою частиною супорта - 220

Найбільший відстань від торця шпинделя до РГ, мм - 150

Конус отвору шпинделів, ГОСТ 12595-72 1-6Ц Ряд частот обертання,  
об/хв: 36;50;71;100;140;200;280;400;660;800;1120;1600

Ряд подач, мм / об: 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6

Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт - 6,3

### 2.7.2 Розрахунок режимів різання і машинного часу на виконання операції

Операція 05Токарная

Перехід 1. Підрізати торець діаметром 193,4 в розмір 68,3

Припуск на обробку становить 1 мм. За табл. 25, встановлюємо число ходів. Для глибини різання до 3 мм і параметра шорсткості Ra 12,5 рекомен-

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 14   |



дується один переходу. Глибина різання для першого переходу  $t = 0,3$  мм.

За табл. 26, при розмірі державки  $16 \times 25$ , і глибиною різання до  $t = 2$  мм, відповідно рекомендується подача на оборот  $S_{01} = 0,55$  мм.

За паспортними даними верстата приймаємо  $S_{01} = 0,4$  мм.

За табл. 36, визначаємо швидкість різання: при  $t = 0,3$  мм,  $S_0 = 0,4$  мм і роботі з охолодженням: швидкість різання  $v_e = 239$  м / хв.

З урахуванням поправочних коефіцієнтів (табл.37) швидкість різання

$$v = v_T \cdot K_{vm} \cdot K_{vu} \cdot K_{vf} \cdot K_{vl} \cdot K_{vb} = 239 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,82 = 235 \text{ м/хв};$$

де  $V_T$  - матричний значення швидкості;

$K_{Vc}$  - коефіцієнт, що враховує технологічні умови обробки (по таблиці 108 с.299-301 встановлюється шифр типової схеми обробки, потім по таблиці 109 - коефіцієнт  $K_{Vc}$ );

$K_{Vm}$  - коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

$K_{Vi}$  - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

$K_{Vf}$  - коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{Vb}$  - коефіцієнт, що враховує вид точіння.

За встановленої швидкості різання визначаємо частоту обертання шпинделя верстата

$$n = \frac{1000 \cdot v_1}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 235}{3,14 \cdot 193,4} = 387 \text{ об/хв}$$

За паспортом верстата найближче значення  $n_1 = 400$  об/хв.

Фактична швидкість різання відповідно буде  $v_f = 242$  м/хв;

Основний час

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot s} \cdot i$$

Путь резца  $L = l + y + \Delta$ , мм

Врезание резца  $y = 0,6$  мм.

Перебег резца  $\Delta = 0,4$

Тогда  $L = 97 + 0,6 + 0,4 = 98$  мм.

$$T_0 = \frac{98}{400 \cdot 0,4} \cdot 1 = 0,6 \text{ мин}$$

Результати розрахунку режимів різання на інші технологічні перехід наведені в зведеній таблиці 6.2.

Таблиця 6.2.- Режими різання

| Операция 05Токарная |                |       |       |          |          |
|---------------------|----------------|-------|-------|----------|----------|
| Модель станка       | Приспособление | $T_0$ | $T_B$ | $T_{пз}$ | $T_{шк}$ |
|                     |                | мин   | мин   | мин      | мин      |
| 1Е340П              | Патрон         | 0,81  | 0,46  | 26,63    | 1,42     |

| Содержание и оснащение операции   |       |                                  |                      |          |                                     |                      |                      |
|-----------------------------------|-------|----------------------------------|----------------------|----------|-------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Содержание перехода               |       | Режущий инструмент               |                      |          | Вспомогательный инструмент          |                      |                      |
| Подрезать торец в размер 68,3     |       | Резец подрезной<br>ГОСТ 18880-73 |                      |          | 6500-1056 Державка<br>ГОСТ 19020-73 |                      |                      |
| Точить на проход диаметр 193,4h11 |       | Резец проходной<br>ГОСТ 18869-73 |                      |          | 6500-1056 Державка<br>ГОСТ 19020-73 |                      |                      |
| Прорезать канавку шириной 6 мм    |       | Резец прорезной<br>ГОСТ 18874-73 |                      |          | -                                   |                      |                      |
| Характеристика перехода           |       |                                  |                      |          |                                     |                      |                      |
| Переход                           | t, мм | S, мм/об                         | L <sub>рх</sub> , мм | V, м/мин | n, об/мин                           | T <sub>о</sub> , мин | T <sub>в</sub> , мин |
| 1                                 | 0,3   | 0,4                              | 98                   | 242      | 400                                 | 0,6                  | 0,05                 |
| 2                                 | 0,4   | 0,4                              | 29                   | 270      | 800                                 | 0,1                  | 0,04                 |
| 3                                 | 12.5  | 0,1                              | 13,5                 | 282      | 1120                                | 0,11                 | 0,03                 |

Структурні складові технічної норми часу на операцію і результати розрахунку штучно-калькуляційного часу на виготовлення однієї деталі розраховані з використанням і наведені в таблиці 6.3.

Допоміжний час на установку і зняття деталі вагою до 8 кг в лещата, без вивірки і з закріпленням пневматичним затискачем дорівнює 0,26 хв.

Підготовчо-заключний час включає в себе іду-щие роботи:

- отримання наряду, технічної документації та необхідного інструктажу;
- знайомство з роботою і кресленнями;
- підготовка робочого місця, налагодження верстата, інструменту та пристосувань;
- пробна обробка деталі на верстатах, що працюють на однопрохідних операціях інструментом, встановленим на розмір;
- зняття інструменту і пристосування після закінчення обробки партії деталей.

Для даної операції підготовчо-заключний час со-ставляет 26,63 хв. і включає наступні витрати часу:

- организационная підготовка середньої складності з п'ятьма інструментами в налагодженні - 16 хв.
- встановити і зняти інструмент в резцедержатель або втулку 3x2 = 6 хв.
- виготовлення пробної деталі 0,89 хв.

Таблиця 6.3.-Норми часу

|     |      |          |        |      |                         |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|--|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         |  | 16   |

|           | Структурные составляющие нормы времени                   | Значение мин.                        |        |
|-----------|--|--------------------------------------|--------|
| $T_0$     | Время автоматической работы                              | 0,81                                 |        |
| $T_d$     | Вспомогательное время на установку и снятие заготовки    | 0,26                                 |        |
|           | Вспомогательное время, связанное с выполнением переходов | 0,2                                  |        |
|           | в том числе  |                                      |        |
|           |  | измерение штангенциркулем            |        |
|           |  | размеры 68,3                         | 2x0,1  |
|           |  | $\varnothing 193,4; \varnothing 169$ | 0,13x2 |
|           |  |                                      |        |
| $T_{оп}$  | Оперативное время (0,81+0,26+0,2)                        | 1,27                                 |        |
| $T_{пз}$  | Подготовительно-заключительное время                     | 26,63                                |        |
| $K_{сер}$ | Коэффициент серийности (ф.хх)                            | 1,05                                 |        |
| $T_{орг}$ | Время на обслуживания рабочего места, 4% от $T_{оп}$     | 0,05                                 |        |
| $T_{воп}$ | Время на отдых и личные потребности, 6% от $T_{оп}$      | 0,07                                 |        |
| $T_{шт}$  | Штучное время на выполнение операции (ф. хх)             | 1,15                                 |        |
| $T_{шк}$  | Штучно-калькуляционное время (ф. хх)                     | 1,59                                 |        |

### 2.7.3 Загальна характеристика операції 020

Операція 020, «Довбальна з ЧПУ», виконується на Довбальні верстати з ЧПУ, ефективні при обробці пазів, канавок зубчастих коліс різних розмірів в одиничному, серійному і масовому виробництвах з автоматизацією.

Деталь базується на 7110-0683 оправка ГОСТ 31.1066-85 по внутрішньої поверхні діаметром 61,5Н11 мм і торця.

Опис верстата 200 ЗАС з системою ЧПУ 3 осями (осі Y, X і A):

Автоматична подача по поздовжній і поперечній осях з автоматичним обертанням / індексацією оборотного поворотного столу, положення якого може бути запрограмовано для виконання колес любого модуля. Автоматичний підйом інструменту по команді системи ЧПУ з невеликим відведенням повзуна. Після досягнення попередньо обраної модуля автоматично виконуються кілька фінішних ходів, повзун зупиняється в певному верхньому положенні, а стіл автоматично на швидкій подачі повертається в початкову позицію. Вбудований композитний поворотний стіл з прохідним отвором в центрі і електронної індексацією (до 1500 симетричних і 99 асиметричних поділів). Система ЧПУ забезпечує інтерфейс оператора з верстатом. Дані відображаються на дисплеї, і вони можуть бути обрані за допомогою поста-

|     |      |          |        |      |                                |      |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|     |      |          |        |      | <b>ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ</b> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                                | 17   |

вляється буквено-цифровий клавіатури. Інтуїтивно-зрозуміле програмування з безпосереднім контролем деталі, яка буде виготовлятися. Дві або більше програми можуть виконуватися автоматично послідовно.

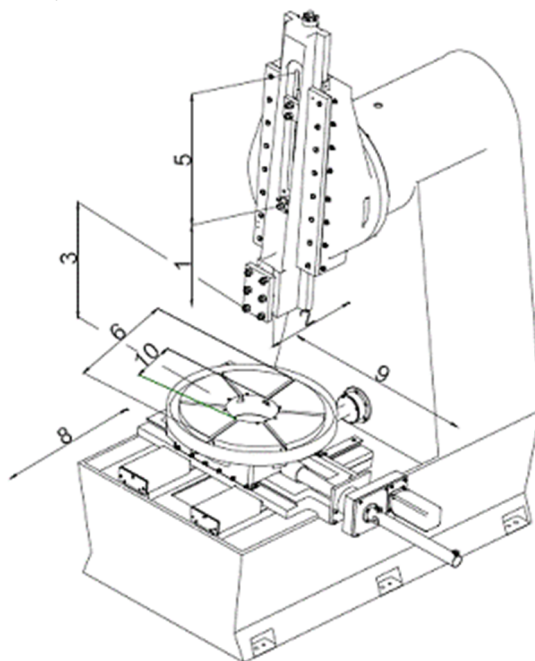


Рис 2: Схема довального верстата з ЧПУ мод. 200-3АС.

Технические характеристики:

|   |       |                |
|---|-------|----------------|
| 1. Регулируемый ход   | мм    | 0 – 200        |
| 2. Расстояние колонна / резцедержатель                              | мм    | 350            |
| 3. Расстояние поверхность стола / головка                           | мм    | 360            |
| 5. Регулировка ползуна по вертикали                                 | мм    | 370            |
| 6. Диаметр поворотного стола (ЧПУ – ось А)                          | Æмм   | 320            |
| 8. Продольный ход стола (ЧПУ – ось Y)                               | мм    | 225            |
| 9. Поперечный ход стола (ЧПУ – ось X)                               | мм    | 250            |
| 10. Отверстие в центре стола  | Æмм   | 100            |
| Плавное изменение числа ходов ползуна                               | №/мин | 30 – 120       |
| Мощность двигателя привода ползуна<br>(асинхронный, с автотормозом) | кВт   | 2,2            |
| Габаритные размеры при полностью<br>поднятом ползуне                | мм    | 1220           |
| (Длина x Глубина x Высота)  |       | 1220x1250x2300 |
| Примерный вес, нетто  | кг    | 1300           |

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |

ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ

Арк.

18

## 2.7.4 Розрахунок режимів різання і машинного часу на виконання операції 020

Операція 020 Долбежная з ЧПУ

Перехід 1. Нарізати зуби на діаметрі 193,4h11 модулем 5 мм.

Вибір подачі. За табл. 53 кругова подача при чистовому нарізуванні по суцільному металу для сталі вибирається  $S_{кр} = 0,3$  мм / дв.хід. За табл. 55 поправочний коефіцієнт на подачу  $K_{Ms} = 1,0$ .

Згідно з паспортом верстата кругова подача приймається  $S_{кр} = 0,315$  мм / дв.хід.

Величина радіальної подачі долічується  $S_{рад} = S_{кр} \cdot 0,2 = 0,3 \cdot 0,2 = 0,06$  мм / дв.хід і приймається согласно паспорта верстата  $S_{рад} = 0,067$  мм / дв.хід.

За табл. 54 для нарізування модуля до 6 мм і при кругової подачі 0,32 мм / дв.хід швидкість різання складає  $v = 18,2$  м / хв.

За табл. 55 поправочний коефіцієнт на швидкість різання а) в залежності від механічної характеристики сталі  $K_{Mv} = 1,0$  б) в залежності від кута нахилу зубів  $K_{M\beta} = 0,9$ . Нормативна швидкість різання з урахуванням коефіцієнтів:

$$v = 18,2 \cdot 1 \cdot 0,9 = 16,4 \text{ м / хв}$$

За табл. 56 величина перебіг долбяка для ширини вінця понад 19 і до 51 мм становить  $l_1 = 8$  мм.

Довжина ходу долбяка  $L = b + l_1 = 22 + 8 = 30$  мм. За табл. 57 для довжини ходу долбяка 35 мм і швидкості різання 17 м / хв частота руху долбяка становить:  $n = 245$  дв.хід / хв.

Згідно з паспортом верстата приймаємо найближчим велике значення, так як нормативна взята за меншими параметрами швидкості різання:  $n = 280$  дв.ход/мин

При цьому фактична швидкість різання буде:

$$v = \frac{2 \cdot n \cdot L}{100} = \frac{2 \cdot 280 \cdot 30}{100} = 18,5 \text{ м/мин}$$

Основний час:

$$T_0 = \frac{d \cdot n \cdot i}{n \cdot S_{кр}} + \frac{h}{n \cdot S_p}$$

где  $d$ - діаметр делительной окружности колеса, мм;

$n$  - частота движения долбяка, дв. ход/мин;

$S_{кр}$ ,  $S_p$  - круговая и радиальная подачи, мм/дв. ход;

$i$  - число рабочих ходов;

$h$  - высота зуба, мм.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КВР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 19   |

$$T_0 = \frac{185 \cdot 280 \cdot 7}{280 \cdot 0,315} + \frac{8,5}{280 \cdot 0,067} = 0,86 \text{ мин}$$

Результати розрахунку режимів різання на інші технологічний перехід наведені в зведеній таблиці 6.5.

Таблице 6.5.-Режимы резанья

| Операция 020Долбежная с ЧПУ                      |                |                                  |                      |                 |                                      |                      |                      |
|--|----------------|----------------------------------|----------------------|-----------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Модель станка                                    | Приспособление | T <sub>0</sub>                   | T <sub>в</sub>       | T <sub>пз</sub> | T <sub>шк</sub>                      |                      |                      |
|  |                | мин                              | мин                  | мин             | мин                                  |                      |                      |
| 200 ЗАС  | Оправка        | 1,78                             | 0,46                 | 26,63           | 1,92                                 |                      |                      |
| Содержание и оснащение операции                  |                |                                  |                      |                 |                                      |                      |                      |
| Содержание перехода                              |                | Режущий инструмент               |                      |                 | Вспомогательный инструмент           |                      |                      |
| Нарезать зубья на диаметре 193,4h11 модулем 5 мм |                | 2530-0189 Долбяк<br>ГОСТ 9329-79 |                      |                 | 7110-0683 оправка<br>ГОСТ 31.1066-85 |                      |                      |
| Нарезать зубья на диаметре 212,5h11 модулем 5 мм |                |                                  |                      |                 |                                      |                      |                      |
| Характеристика перехода                          |                |                                  |                      |                 |                                      |                      |                      |
| Переход  | t, мм          | S, мм/об                         | L <sub>рх</sub> , мм | V, м/мин        | n, дв.х/мин                          | T <sub>0</sub> , мин | T <sub>в</sub> , мин |
| 1  | 1,2            | 0,4                              | 26                   | 18,5            | 280                                  | 0,86                 | 0,05                 |
| 2  | 1,2            | 0,4                              | 24                   | 18              | 270                                  | 0,92                 | 0,05                 |

Структурні складова технічної норми часу на операцію і результати розрахунку штучно-калькуляційного часу на виготовлення однієї деталі розраховані з використанням і наведені в таблиці 13.

Допоміжний час на установку і зняття деталі вагою до 8 кг на оправлення, без вивірки і з закріпленням пневматичним затискачем дорівнює 0,26 хв.

Підготовчо-заключний час включає в себе іду-щие роботи:

- отримання наряду, технічної документації та необхідного інструктажу;
- знайомство з роботою і кресленнями;
- підготовка робочого місця, налагодження верстата, інструменту та пристосувань;
- пробна обробка деталі на верстатах, що працюють на однопрохідних операціях інструментом, встановленим на розмір;
- зняття інструменту і пристосування після закінчення обробки партії деталей.

Для даної операції підготовчо-заключний час становить 26,63 хв. і включає наступні витрати часу:

|     |      |          |        |      |                         |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|--|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         |  | 20   |

-организационная підготовка середньої складності з п'ятьма інструментами в налагодженні - 16 хв.

- встановити і зняти інструмент в резцедержатель або втулку  $2 \times 2 = 4$  хв.

- виготовлення пробної деталі 1,85 хв.

Таблица 6.6.-Нормы часу

|           | Структурные составляющие нормы времени                  | Значение мин. |        |
|-----------|---|---------------|--------|
| $T_o$     | Время автоматической работы станка                      | 1,78          |        |
| $T_d$     | Вспомогательное время на установку и снятие заготовки   | 0,26          |        |
|           | Вспомогательное время, связанное с выполнении переходов | 0,2           |        |
|           | в том числе   |               |        |
|           | измерение штангензубомер                                |               |        |
|           | размеры $\varnothing 212,5$                             |               | 2x0,11 |
|           | $\varnothing 193,4$                                     |               | 0,13   |
|           |   |               |        |
| $T_{оп}$  | Оперативное время (1,78+0,26+0,2)                       | 2,24          |        |
| $T_{пз}$  | Подготовительно-заключительное время                    | 26,48         |        |
| $k_{сер}$ | Коэффициент серийности (ф.хх)                           | 1,05          |        |
| $T_{орг}$ | Время на обслуживания рабочего места, 4% от $T_{оп}$    | 0,04          |        |
| $T_{воп}$ | Время н отдых и личные потребности, 6% от $T_{оп}$      | 0,06          |        |
| $T_{шт}$  | Штучное время на выполнение операции (ф. хх)            | 1,02          |        |
| $T_{шк}$  | Штучно-калькуляционное время (ф. хх)                    | 1,81          |        |

| Оброблювальна поверхня | Загальна кількість переходів | $L_x$ , мм | $t$ , мм | $S$ , мм/дв.хід | $n$ дв.хід /хв | $V$ , м/хв | $T_{маш}$ , хв |
|------------------------|------------------------------|------------|----------|-----------------|----------------|------------|----------------|
| Зуби шестерні          | 243                          | 350        | 1,2      | 0.315           | 280            | 18.5       | 115,8          |

### 3. Конструкторський розділ

#### 3.1 Проектування довбняка

Вихідні дані:

Модуль нормальний нарізається колеса  $m_{n1} = 5$  мм;

Кількість зубів шестерні і сполученого з нею колеса  $z1 / z2 = 37/41$

Кут нахилу зуба шестерні на ділильної окружності  $\beta_1 = 0^\circ$ ;

Кут профілю колеса  $\alpha = 12^\circ$ ;

Напрямок зуба  $K_4 = 0$  (пряме);

Коефіцієнти зміщення вихідного контуру шестерні до колеса відповідно  $x_1 / x_2 = 0,3 / 0,3$ ;

Ступінь точності шестерні Ст.т - 8С;

Тип шестерні  $K_2 = 0$  (вінець відкритий);

Ширина вінця шестерні  $b_2 = 49$  мм;

Матеріал шестерні його механічні властивості МО -сталь вуглецева 18ХГТ ГОСТ 1050-88, НВ 218-255;

Параметр шорсткості  $R_a = 0,8$  мкм.

#### 1. Основний розрахунок довбняка

Номінальний діаметр ділильної окружності в вихідному перерізі вибирається по ГОСТ 9323-79, по якому повинен бути таким ряд номінальних діаметрів  $d_0$ : 25, 38, 50, 80, 100, 125, 160, 200 мм (середнє машинобудування).

Виходячи із завдання на проектування дискового косозубого долбняка, з модулем 5 мм, числом зубів від 14 до 100 приймаємо  $d_0 = 100$  мм.

Число зубів  $Z_0$  відноситься до найбільш важливим параметрам долбняка. Від  $Z_0$  залежить не тільки розмір діаметра долбняка, але і інтерференція профілів, підрізання ніжки зуба нарізається колеса, зрізання головки зуба.

Після вибору номінального діаметра  $d_0$  число зубів долбняка визначається оп формулою:

$$Z_0 = d_0 / m = 100 / 5 = 20 \quad (1.1)$$

тогда приймаем  $Z_0 = 20$

#### 1.1 Геометрія довбняка

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 22   |



Геометрія долбяка характеризується величиною переднього і заднього кутів:

а) передній кут приймається для чистових долбяков  $\gamma_a = 5^\circ$ ;

б) задній кут при вершині зубців приймається  $\alpha_a = 6^\circ$  для чистових долбяків.

в) бічний задній кут визначається за такими формулами:

$$\text{на основному циліндрі: } \operatorname{tg}\alpha_{\delta b} = \operatorname{tg}\alpha_a \cdot \sin\alpha_0 = 0,1051 \cdot 0,242 = 0,025 \quad (1.1.1)$$

$$\text{на ділильному циліндрі: } \operatorname{tg}\alpha_{\delta 0} = \operatorname{tg}\alpha_a \cdot \operatorname{tg}\alpha_0 = 0,1051 \cdot 0,263 = 0,028 \quad (1.1.2)$$

$$\alpha_{\delta b} = 1^\circ 26'$$

$$\alpha_{\delta 0} = 1^\circ 36'$$

В данных формулах  $\alpha_0$  – фактический угол профиля долбяка, что определяется с учетом уродования от углов  $\gamma_a$  и  $\alpha_a$  по формуле:

$$\operatorname{tg}\alpha_0 = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{1 - \operatorname{tg}\alpha_a \cdot \operatorname{tg}\gamma_a} = \frac{0,2125}{1 - 0,1051 \cdot 0,087} = 0,2146 \quad (1.1.3)$$

$$\alpha_0 = 14^\circ 2'$$

где  $\alpha$  – профильный угол колеса, что нарезается  $\alpha = 12^\circ$  (точность 0,000001).

Размеры зубцов долбяка в выходном перерезе определяются в зависимости от размеров зубцов колеса, что нарезаются:

а) высота головки зуба долбяка  $h_{a0} = h_{f1,2} = 2,5 \text{ мм}$ ;

где  $h_{f1,2} = (h_a + c) \cdot m = 1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 2 = 2,5 \text{ мм}$ , высота ножки зуба нарезаемых некорректированных колес;

б) высота ножки зуба долбяка  $h_{f0} = h_{a1,2} + c = 2 + 0,5 = 2,5 \text{ мм}$ ;

где  $h_{a1,2} = h_a \cdot m = 2 \text{ мм}$ , высота головки зуба нарезаемых некорректированных колес;

$c = c \cdot m = 0,25 \cdot 2 = 0,5 \text{ мм}$ , величина радиального зазора;

в) толщина зуба по дуге делительной окружности:

$$S = \frac{\pi \cdot m}{2} + \Delta S = \frac{3,14 \cdot 5}{2} + 0,1 = 3,24 \text{ мм}$$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КВР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 23   |

где  $\Delta S$  – утолщение зубцов долбяка с учетом получения необходимого бокового зазора в зацеплении (принимает по таблицы в зависимости от модуля)  $\Delta S = 0,1\text{мм}$ .

Величина смещения выходного перереза.

Расстояние от передней плоскости долбяка до выходного перереза определяется по формуле:

$$A = \frac{x_0 \cdot m}{\text{tg} \alpha_a} = \frac{0,4 \cdot 5}{0,105} = 7,61\text{мм}$$

где  $x_0$  – коэффициент смещение выходного контура долбяка.

При расчете долбяка необходимо стремиться применить максимально допустимое значение коэффициента  $x_0$ , потому что это повышает качество обрабатываемой поверхности, точность профиля колеса и количество переточек. Максимально допустимая величина у коэффициента  $x_0$  ограничивается заострением зуба долбяка и отсутствием интерференции по передним кривым, которая может образоваться в процессе зацепления колес, нарезаемых данным долбяком.

Точного аналитического определения оптимального значения параметра  $A$  не существует. Таким образом, расчет расстояния  $A$  сводится к определению максимально допустимого коэффициента  $x_0$ .

Единой для всех модулей  $m_0$  и диаметров  $d_0$  является зависимость:

$$x_0 = 0,01 \cdot (Z_0 - 10) = 0,01 \cdot (50 - 10) = 0,4 \quad (1.1.6)$$

При таких значениях  $x_0$  толщина зуба на вершине выходит достаточной.

Значение  $x_0$  по данной зависимости имеют изготовлены по ГОСТ 9323-79 чистовые долбяки, где указывается вершина исходного перереза новых  $A$  и коэффициент смещения граничного стачивание ( $-x_0$ ) долбяков.

## 1.2 Размеры зубцов долбяка в передней плоскости.

Проверку размеров долбяка легче всего производить в передней плоскости, поэтому они указываются на чертеже.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 24   |

Размеры долбяка в передней плоскости подчитываются как размеры скорректированного колеса со смещением исходного профиля:

а) толщина зуба по дуге делительной окружности:

$$S_o = S_o + 2 \cdot A \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\delta o} = 3,24 + 2 \cdot 7,61 \cdot 0,028 = 3,66 \text{ мм}$$

б) высота головки зуба:

$$h_{ao} = h_{ao} + A \cdot \operatorname{tg} \alpha_a = 2,5 + 7,61 \cdot 0,1051 = 3,3 \text{ мм}$$

в) высотаножки зуба:

$$h_{fo} = h_{fo} - A \cdot \operatorname{tg} \alpha_a = 2,5 - 7,61 \cdot 0,1051 = 1,7 \text{ мм}$$

г) диаметр окружности по вершине зубцов:

$$d_{oa} = d_o + 2 \cdot h_{ao} = 100 + 2 \cdot 3,3 = 106,6 \text{ мм}$$

д) диаметр окружности впадин:

$$d_{fo} = d_o - 2 \cdot h_{fo} = 100 - 2 \cdot 1,7 = 96,6 \text{ мм}$$

Допустимое уменьшение длины зуба долбяка при перезаострении ограничивается жесткостью зубьев сточенного долбяка, срезанием головки зубцов нарезаемых колес прямолинейным участком ножек зуба долбяка и подрезанием ножек зубьев нарезаемых колес.

Максимально допустимое уменьшение длины зуба долбяка с условия допустимого срезания головок зубьев нарезаемых колес:

$$\Delta B = A - \frac{x_{o \min} \cdot m}{\operatorname{tg} \alpha_a} = 7,61 - \frac{0,33 \cdot 5}{0,1051} = 1,33 \text{ мм}$$

где  $x_{o \min}$  – минимальная величина коэффициента смещения исходного контура, выбрана из условия допустимого срезания головок;  $x_{o \min}$  берется с учетом знака.

Определение минимального коэффициента смещения, при котором высота среза головки зуба колеса, будет равна допустимой величине  $\Delta r_{ai}$ , производится по формуле:

$$\begin{aligned} x_{o \min} &= (\operatorname{inv} \alpha_{a1 \min} - \operatorname{inv} \alpha) \cdot \frac{Z_1 + Z_0}{2 \operatorname{tg} \alpha} \cdot x_1 = \\ &= (0,0042075 - 0,0031171) \cdot \frac{50 + 85}{0,425} \cdot 0,39 = 0,33 \end{aligned}$$

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КВР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 25   |

где  $x_1$  – коэффициент смещения исходного контура колеса, что нарезается;  
 $Z_1$  – число зубьев колеса, что нарезается;

$$\sin\alpha_{a1min} = \frac{2\sqrt{(r_{a1} - \Delta r_{a1})^2 - r_{af}^2}}{m \cdot (Z_0 + Z_1)} = \frac{2\sqrt{43.2 - 1,35)^2 - 35,1^2}}{5 \cdot (50 + 85)} = 0.41$$

$$\alpha_{a1min} = 12^\circ 18'$$

где  $r_{a1}$  – внешний радиус колеса, что нарезается.

$r_{af}$  – радиус основной окружности колеса, что нарезается.

За допустимую величину срезания головки зуба можно принять высоту фланка  $\Delta r_{a1} \leq 0,45m$ .

После определения коэффициента  $x_{omin}$  из условия допустимой величины срезания кромок необходимо проверить его на подрезание ножки зуба нарезаемого колеса (данный расчет приведен ниже).

Если в результате проверки будет установлена наличие подрезания, тогда необходимо увеличить коэффициент смещения  $x_{omin}$ .

## 2 Проверочный расчет долбяка

Проверочный расчет долбяка проводится на отсутствие интерференции с переходными кривыми, подрезания ножки и срезания головки зуба нарезаемого колеса.

### Проверка на отсутствие интерференции с переходными кривыми.

При данных условиях проверка на отсутствие интерференции с переходными кривыми выполняется с помощью специального расчета. Такой расчет выполняется для шестерни  $Z_2$ , что нарезается долбяком.

Интерференция будет отсутствовать если придерживается неравенство:

$$\alpha_{\omega 01} \cdot \sin\alpha_{01} - \sqrt{r_{a0}^2 - r_{b0}^2} \leq \alpha_{\omega 12} \cdot \sin\alpha_{12} - \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2} \quad (2.1)$$

Параметры, которые входят в данное неравенство рассчитываются по следующим формулам:

а) расстояние между осями долбяка и обрабатываемой шестерни:

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КВР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 26   |

$$\alpha_{\omega 01} = \frac{m \cdot (Z_0 + Z_1) \cdot \cos \alpha}{2 \cdot \cos \alpha_{01}} = \frac{5 \cdot (50 + 85) \cdot 0,9781}{2 \cdot 0,97029} = 136,1 \text{ мм}$$

б) расстояние между осями пары зубчатых колес:

$$\alpha_{12} = \frac{m \cdot (Z_1 + Z_2) \cdot \cos \alpha}{2 \cdot \cos \alpha_{01}} = \frac{5 \cdot (85 + 75) \cdot 0,9781}{2 \cdot 0,97029} = 161,3 \text{ мм}$$

в) угол зацепления передачи:

$$\begin{aligned} \operatorname{inv} \alpha_{12} &= \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{Z_1 + Z_2} (x_1 + x_2) + \operatorname{inv} \alpha = (2.4) \\ &= \frac{2 \cdot 0,2126}{85 + 75} (0,3 + 0,3) + 0,0031171 = 0,0016 \\ \alpha_{12} &= 12^\circ 05 \end{aligned}$$

г) угол зацепления долбяка с шестерней:

$$\begin{aligned} \operatorname{inv} \alpha_{01} &= \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{Z_0 + Z_2} (x_1 + x_2) + \operatorname{inv} \alpha = (2.5) \\ &= \frac{2 \cdot 0,2126}{50 + 75} \cdot (0,3 + 0,3) + 0,0031171 = 0,002 \\ \alpha_{01} &= 12^\circ 5 \end{aligned}$$

д) радиус усокругности выступов долбяка:

$$r_{oa} = \frac{d_{oa}}{2} = \frac{93,4}{2} = 46,7 \text{ мм}$$

е) радиус основной окружности долбяка:

$$r_{bo} = \frac{d_o}{2} \cdot \cos \alpha_0 = \frac{100}{2} \cdot 0,9702 = 48,51 \text{ мм}$$

ж) радиус основной окружности зубчатого колеса:

$$r_{b2} = \frac{d_2}{2} \cdot \cos \alpha = \frac{70}{2} \cdot 0,9781 = 34,2 \text{ мм}$$

Подставив полученные значения в неравенство:

$$\begin{aligned} 136,1 \cdot 0,2141 - \sqrt{46,7^2 - 34,2^2} &\leq 143,3 \cdot 0,2249 - \sqrt{43,2^2 - 39,6^2} \\ 13,03 &\leq 14,9 \end{aligned}$$

Данное неравенство выдерживается, т.е. интерференция отсутствует.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КВР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 27   |

Проверка на отсутствие подрезания ножки зуба шестерни (проводится для всех долбяков).

Подрезания не будет, если:

$$r_{a1} \leq \sqrt{(\alpha_{\omega 01} \cdot \sin \alpha_{01})^2 + r_{a0}^2} \quad (2.9)$$

где  $r_{a0}$  – радиус окончательного стачивания долбяка.

$$r_{a1} \leq \sqrt{(136,1 \cdot 0,2283)^2 + 46,7^2}$$

$$43,2 \leq 56,08$$

Данное неравенство выдерживается, т.е. отсутствует подрезание ножки зуба шестерни.

Проверка срезания головки зуба. Срезание головки зуба колеса отсутствует если данное неравенство верно:

$$r_{a2} \leq \sqrt{(\alpha_{\omega 01} \cdot \sin \alpha_{02})^2 + r_{B2}^2} \quad (2.10)$$

$$r_{a2} \leq \sqrt{(136,1 \cdot 0,2869)^2 + 48,12^2}$$

$$39,6 \leq 61,9$$

Данное неравенство выдерживается, т.е. отсутствует срезание головки зуба. Другие параметры долбяка определяются конструктивно.

#### 4. Спеціальний розділ

##### Розробка технологічних операцій 005 і 020 на верстатах з ЧПК

Для сьогоднішнього дня вже не актуальні вузькоспеціалізовані верстати. У них мала продуктивність, крім того, вони незручні, тому що доводиться перетягувати заготовку з місця на місце. Технологічним рішенням служить придбання та встановлення одного верстата, у якого є можливості для виконання безлічі різних функцій. Такі агрегати здатні замінити кілька застарілих моделей і економити час і витрати.

Сучасне обладнання, яке дозволяє вершити токарно-фрезерну обробку, в наші дні активно застосовується в промисловій сфері виробництва. Більш того, випускаються дані типи верстатів для використання їх в побутових умовах. Такі агрегати мають компактні розміри і не такий великий потужністю, як промислові зразки, але все ж здатні зробити фрезерну і токарних роботу на дуже високому рівні.

Операція 005, «Токарська», виконується на токарно верстаті з ЧПК HURCO ТММ 8, з Деталь базується в самоцентровому клиновому патроні 7102-0077-1-1В ГОСТ 24351-80 по зовнішній поверхні діаметром 212,5 мм і торця.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 29   |

Коротка характеристика верстата:

Технічні характеристики токарно-фрезерного центру HURCO TMM 8 (рис.3)



Рис.3

|                 |                             |       |
|-----------------|-----------------------------|-------|
| Робоча зона     | Макс. діаметр обробки, мм   | 256   |
|                 | Макс. довжина обробки, мм   | 455   |
|                 | Діаметр патрона, мм         | 200   |
|                 | Макс. діаметр прутка, мм    | 50    |
| Переміщення     | X-Ось, мм                   | 200   |
|                 | Z-Ось, мм                   | 508   |
| Подача          | X / Z, м/мин                | 19/24 |
| Двигун шпінделя | Потужність, кВт             | 13    |
| Шпіндель        | Швидкість обертання, об/мин | 4800  |
|                 | Крутящий момент, Нм         | 350   |



Револьверна головка

Тип по DIN 5480 VDI 30

Кількість станцій 12

Час зміни інструменту, с 0,23

Додатково

Вага станка, кг 4000

#### 4.1 Розрахунок режимів різання і машинного часу на виконання операції

##### Операція 05Токарна

Режими різання для верстатів з ЧПК приймаємо табличні та корегуємо в програмі NX(рис.4), де й проводимо обробку деталі.

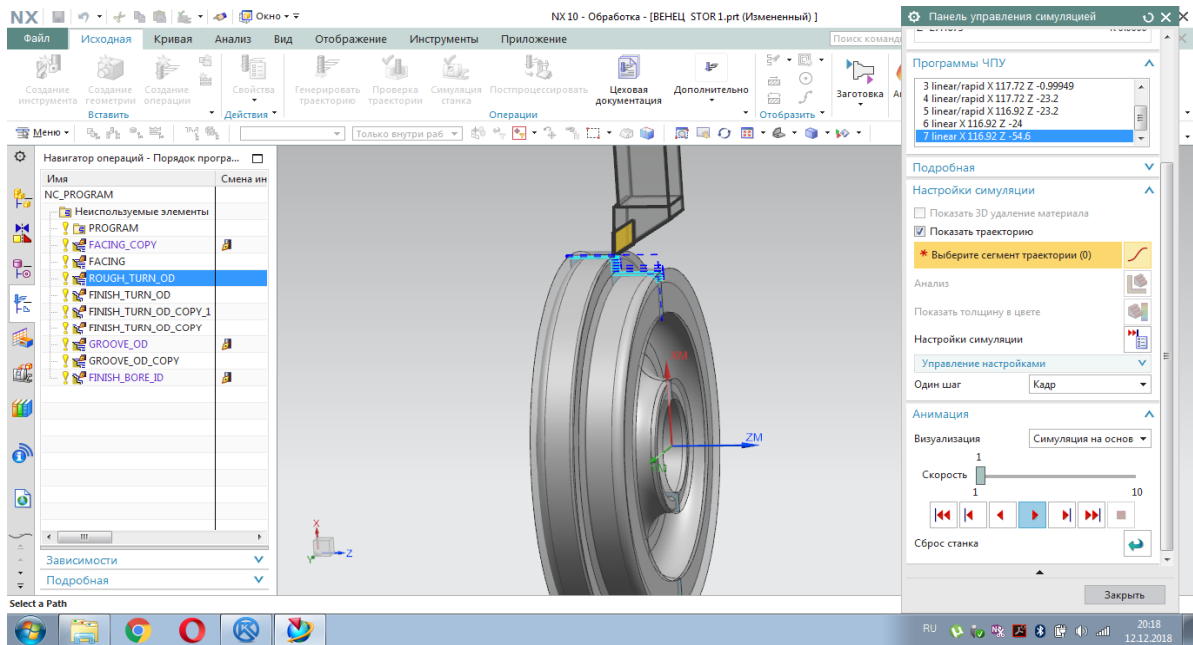


Рис.4

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |

ТММ.КВР.18.13.00.000.ПЗ

Арк.

31



операціях інструментом, встановленим на розмір;

- зняття інструменту і пристосування після закінчення обробки партії деталей.

Для даної операції підготовчо-заклучний час со-стовляє 26,63 хв. і включає наступні витрати часу:

-организационная підготовка середньої складності з п'ятьма інструментами в налагодженні - 16 хв.

- встановити і зняти інструмент в резцедержатель або втулку  $3 \times 2 = 6$  хв.

- виготовлення пробної деталі 0,89 хв.

Таблиця 7.1.-Норми часу

| Структурні складові норми часу |   | Значение<br>мин.                     |        |
|--------------------------------|---|--------------------------------------|--------|
| $T_o$                          | Час автоматичної роботи                                   | 0.63                                 |        |
| $T_d$                          | Допоміжний час на установку і зняття заготовки            | 0,26                                 |        |
|                                | Допоміжний час, пов'язане з виконання переходів           | 0,2                                  |        |
|                                | в тому числі  |                                      |        |
|                                |   | вимір штангенциркулем                |        |
|                                |   | розміри 68,3                         | 2x0,1  |
|                                |   | $\varnothing 193,4; \varnothing 169$ | 0,13x2 |
|                                |   |                                      |        |
| $T_{оп}$                       | Оперативний час (0,81 + 0,26 + 0,2)                       | 1,27                                 |        |
| $T_{пз}$                       | Підготовчо-заклучний час                                  | 26,63                                |        |
| $K_{сер}$                      | Коефіцієнт серійності (ф.хх)                              | 1,05                                 |        |
| $T_{орг}$                      | Времени на обслуговування робочого місця, 4% від $T_{оп}$ | 0,05                                 |        |
| $T_{воп}$                      | Час н відпочинок і особисті потреби, 6% від $T_{оп}$      | 0,07                                 |        |
| $T_{шт}$                       | Штучний час на виконання операції (ф. Хх)                 | 1,15                                 |        |
| $T_{шк}$                       | Штучно-калькуляційний час (ф. Хх)                         | 1,59                                 |        |

#### 4.2 Операція 020, фрезерна обробка зубів шестерні кінцевою фрезою

Кінцеві фрези, переважно, використовуються, коли інші інструменти виключаються, наприклад, з причини зіткнень, наприклад, при виготовленні замкнутих шевронних зубчастих коліс, шевронних зубчастих коліс з малим

проміжним простором або обробці заготовок, в яких не існує будь-якого придатного допуску для дископодібного або черв'ячного інструменту; перш за все, з зубчастими колесами з великим або дуже великим модулем. Крім того, інструмент з хвостовиком дуже недорогий в порівнянні з черв'ячною фрезою в цьому діапазоні розмірів. Описаний спосіб, таким чином, також цікавий для отримання великих зубчастих коліс з меншими обсягами серії. Кінцева фреза, переважно, може бути придатною для виготовлення зубчастих профілів, що мають циклічні криві, наприклад, для нарізування евольвентного зубчастого вінця або циклоїдного зубів і / або передач Новікова, а також, можливо, що складаються з них профілів. Завдяки заданій паралельності осі фрези та циклічній кривій або евольвенти оброблюваної заготовки, профіль перетину кінцевої фрези, відповідно, вимагає порівняно малих різниць діаметра уздовж осі фрези. В результаті, може бути досягнутий приблизно постійний профіль швидкості різання по всій бічній поверхні зуба при виготовленні цих зубчастих пристроїв.

Значною мірою, таким чином може бути досягнута постійна швидкість різання по всій бічній поверхні зуба оброблюваної заготовки. Вибір відповідної кутової швидкості кінцевої фрези навколо осі фрези, крім того, суттєво спрощено зуборізна верстатом відповідно до винаходу, так як можлива робота фрези в ідеальному діапазоні швидкостей різання по всій ріжучій поверхні, і окремі часткові області можна не враховувати окремо. Крім того, відбувається рівномірне спрацьовування уздовж всієї ріжучої поверхні від вершини зуба дощенту зуба, що дає позитивний ефект для досяжних термінів служби фрези. В цілому, завдяки цьому підходу, час обробки заготовки також може бути оптимізовано.

Можливі варіанти виконання кінцевої фрези також відносяться до цільним фрез, виконаним як цілісна деталь (стрижневі інструменти), збірні фрези, такі як змінні насадні фрези, або фрези, що мають змінні головки.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 34   |

Винахід також направлено на отримання кінцевої фрези для нарізування зубів способом фасонного фрезерування заготовки, зокрема, нарізування зубів або подібних профілів. Згідно винаходу, кінцева фреза має майже незмінний профіль діаметра в напрямку осі фрези, таким чином, що вирівнювання осі фрези приблизно паралельно оброблюваній бічній поверхні зуба відповідної секції бічній поверхні зуба може бути забезпечено для обробки різанням заготовки. Конкретний варіант виконання різальних крайок фрези залежить від форми виготовленої бічній поверхні. Наприклад, можливі невеликі зміни діаметра профілю кінцевих фрез для нарізування евольвентного зубчастого вінця або циклоїдного нарізування зубів, або нарізування по дузі кола. На відміну від відомих конічних кінцевих фрез, вони, однак, порівняно невеликі. Тільки таким чином може бути досягнуто майже постійний профіль швидкості різання уздовж осі фрези. Варіант виконання кінцевої фрези відповідно до винаходу однаково придатний для фрезерування особливої конфігурації зубів, такий як комбіновані профілі або асиметричні конфігурації зубів. Такі профілі описані, наприклад, в WO 2005/060650, на утримання якого можуть бути зроблені посилання в цьому описі.

Кінцева фреза відповідно до винаходу, зокрема, придатна для використання в зуборізна верстаті відповідно до одного з описаних вище кращих варіантів виконання. Кінцева фреза, відповідно, має такі ж переваги і властивості, як і зазначені в описі зуборізного верстата відповідно до винаходу. Таким чином, тут не буде приводитися повторне опис.

Винахід також відноситься до способу фасонного фрезерування при нарізанні зубів на заготівлі, зокрема при нарізанні зубів на зубчастому колесі, яке виконують на зуборізна верстаті з використанням кінцевої фрези. Винахідницький рівень відповідно до заявленого способу полягає в тому, що вісь фрези поєднується приблизно паралельно оброблюваній бічній поверхні зуба для досягнення приблизно постійної швидкості різання по всій ширині фрези.

Спосіб відповідно до винаходу знижує знос використовуваної кінцевої фрези або підтримує його постійним по всій довжині ріжучої поверхні. Спосіб, крім того, дозволяє спрощувати вибір ідеальної швидкості різання для управління кінцевою фрезою, так як діаметр більше значно не відрізняється уздовж осі фрези. Таким чином, може використовуватися більш висока швидкість різання без ризику часткового перевантаження деяких районів фрези. Це призводить до зменшення часу обробки заготовки.

Спосіб відповідно до винаходу, зокрема, спрямований на односторонню обробку бічній поверхні зуба оброблюваної заготовки або часткових областей бічній поверхні зуба заготовки. Відповідно, кінцева фреза поєднується знову після кожної обробки бічної поверхні зуба для забезпечення паралельного вирівнювання осі фрези для наступної бічній поверхні зуба.

Кінцеві фрези з рівною стійкістю бічних і торцевих ріжучих лез позитивно показали себе в виробничих умовах механічного цеху на виробничій ділянці ВАТ «Гипроуглемаш» при виготовленні деталей машин, а також в ВАТ «Об'єднані машинобудівні технології» при зубообробки на верстатах з ЧПУ закритих зубчастих вінців циліндричних зубчастих коліс із зовнішніми і внутрішніми зубами, а також зірок зубчастих рейкових передач [1-6].

Кінцеві фрези призначені для фрезерування площин, пазів, уступів, деталей, а також для обробки робочих формотворчих поверхонь пресформ, штампів, копіїрів.

Кінцеві фрези з рівною стійкістю бічних і торцевих ріжучих лез відрізняються від традиційних стандартних фрез тим, що в них крім стандартних ріжучих зубів містяться у торцевій площині фрези спеціальні ріжучі зуби, мають меншу висоту і призначені для того, щоб взяти на себе частину роботи різання в найбільш зношуються і лімітують за умовою стійкості зоні торцевої частини фрези; стійкість фрези при цьому збільшується орієнтовно в два рази [1-6]. Збільшена стійкість інструменту скорочує витрати на дорогий інструментальний матеріал і зменшує час зупинки верстатів для переточки або заміни інструменту.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 36   |

Кінцева фреза з рівною стійкістю бічних і торцевих ріжучих лез має свої особливості при аналізі температурних полів стандартних і спеціальних зубів, нерівномірності фрезерування, стружкообформування і умов відведення різного виду стружок (в тому числі і зливний стружки) із зони різання [1-6].

Виготовити кінцеву фрезу з рівною стійкістю бічних і торцевих ріжучих лез нескладно і недорого можна в інструментальному цеху практично будь-якого машинобудівного підприємства, але відчутний економічний ефект можна отримати тільки в серійному або масовому виробництві.

У даній статті викладені конструктивні особливості цієї фрези і технологічні способи, необхідні для її виготовлення; ці питання в роботах [1-6] практично не порушувалися.

Конструктивні схеми дано без дрібних конструктивних подробиць для більш чіткого викладу матеріалу статті. Кінцеві фрези з рівною стійкістю бічних і торцевих ріжучих лез мають різні конструкції спеціальних зубів і різні конструкції їх кріплення до корпусу фрези.

Спеціальні ріжучі зуби повинні конструктивно розміщуватися в торцевій частині фрези і повинні розміщуватися також елементи кріплення цих зубів.

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 37   |

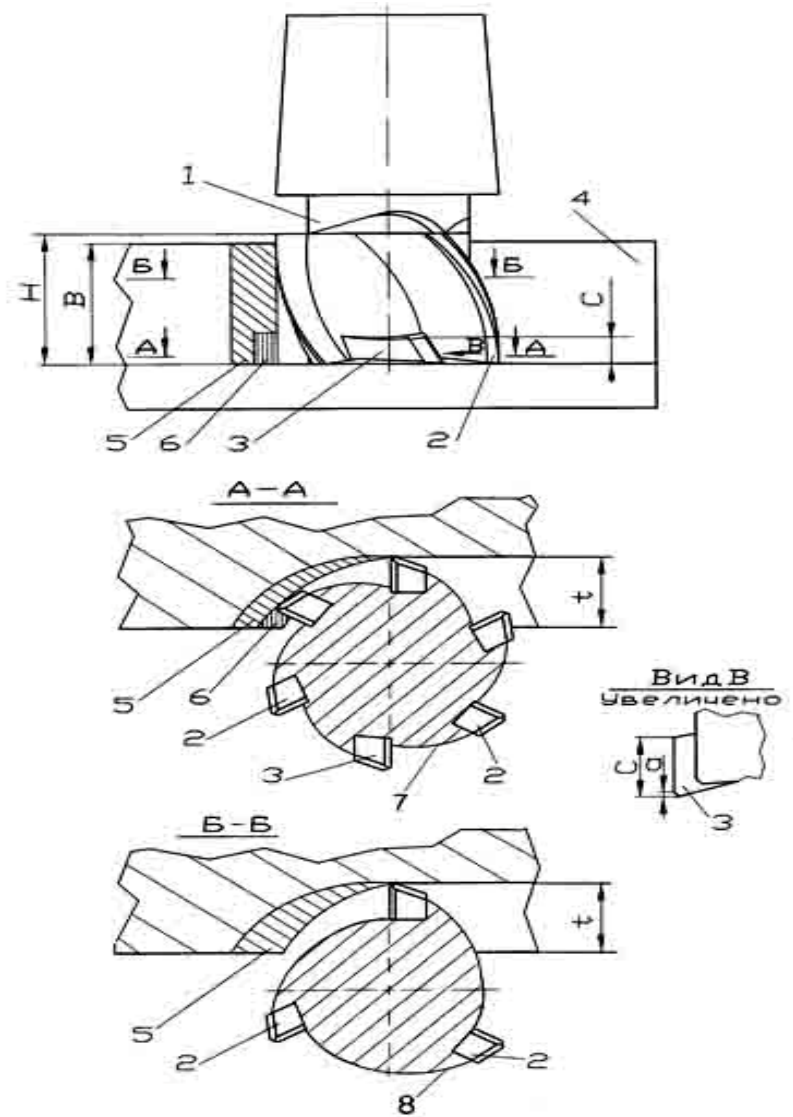


Рис. 6. Конструктивна схема кінцевої фрези з рівною стійкістю бічних і торцевих ріжучих лез, в якій у торцевій частині мають потилиці і спеціальні та стандартні зуби.

На рис. 6 представлена конструктивна схема кінцевої фрези з рівною стійкістю бічних і торцевих ріжучих лез, в якій у торцевій частині мають потилиці і спеціальні та стандартні зуби: 1 - тіло фрези; 2 - стандартні зуби; 3 - спеціальні зуби; 4 - оброблювана деталь; 5 - схема стружки від стандартного зуба; 6 - схема стружки від спеціального зуба; 7 - потилицю спеціального зуба фрези; 8 - потилицю стандартного зуба фрези; H - висота стандартного зуба; C -

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |

ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ

Арк.

38



висота спеціального зуба; В - ширина фрезерування; а - розмір зміцнюючої фаски.

З рис. 6 видно, що потилицю мають і стандартні зуби і спеціальні зуби. Потилицю стандартного зуба на висоті В-С має розмір більше. На висоті З цього потилицю менше за розмірами і може мати розміри такі ж, як і у спеціального зуба. Потилиці, хоча і мають менший розмір, але мають достатню міцність по вигину і деформації, так як число ріжучих зубів у торцевій частині фрези в два рази більше і зусилля різання орієнтовно в два рази менше. Такого виду конструкції потилиць при одиничному виготовленні фрези можна отримати при обробці пальчиковими фрезами (в тому числі і спеціально спрофільоване) на універсальному фрезерному верстаті і цей процес дуже трудомісткий. При виготовленні досить великій кількості фрез доцільно обробку вести на верстатах з ЧПУ за спеціальною програмою, де пальчикові фрези роблять складне просторове рух і формують профіль потилиці як стандартного, так і спеціального зуба. Спеціальні зуби мають конструктивну особливість у вигляді упрочнюючої фаски, розмір якої цілеспрямовано змінюється при переточуванні зубів після затуплення, з метою відновлення рівностійких, яке порушується при зміні режимів різання.

#### Способи обробки евольвентного профілю

Загальним методом отримання складних профілів є копіювання. З іншого боку, можливо використовувати властивість взаємної пов'язаності двох евольвентних профілів. Тоді, імітуючи кинематику зубчастого зачеплення, можна виконати одну з зубчастих коліс у вигляді ріжучого інструменту і нарізати їм зуби на заготовлі. У машинобудуванні деталі складного профілю отримують, використовуючи такі методи:

- метод копіювання
- метод обкатки

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 39   |

Розглянемо їх докладніше.

### Метод копіювання

У цьому випадку інструмент повторює форму утворює поверхні обробки - фасонні різці, пальцеві або дискові фрези .

У процесі різання забезпечується відносний рух інструменту по направляючої виробу (в залежності від особливостей конкретного виду обробки головний рух може здійснювати або інструмент, або оброблюваний виріб).

Для виготовлення зубчастих коліс застосовуються так звані модульні фрези, що копіюють профіль зуба (пальцеві або дискові).

До переваг методу копіювання відносяться:

- порівняльна простота виготовлення інструменту
- можливість обробки на універсальному обладнанні

Таким образом, несмотря на высокое качество и производительность метода зубофрезерования, Таким чином, незважаючи на високу якість і продуктивність методу зубофрезерования, в сучасній промисловості активно вдосконалюється як верстатне обладнання, так і сам технологічний процес. Векторами вдосконалення є:

- підвищення якості зубофрезерования, за рахунок оптимізації різних аспектів зубофрезерования в цілому
- підвищення гнучкості верстатів за рахунок впровадження ЧПУ

Режими різання для даної операції були взяті табличні та відкориговані в програмі UNIGRAPHICS NX (програма для 3Д обробки деталі та виведення ЧПК програми)

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 40   |





$$T_{\text{ОП}} = T_{\text{ОП}} \times 0,09 = 10,2 \times 0,09 = 0,92 \text{ хв} \quad 9.56$$

Час на відпочинок та особисті потреби:

$$T_{\text{ОТЛ}} = T_{\text{ОП}} \times 0,07 = 10,2 \times 0,07 = 0,71 \text{ хв} \quad 9.57$$

Штучний час на виконання операції:

$$T_{\text{ШТ}} = T_{\text{О}} + T_{\text{В}} + T_{\text{ОП}} + T_{\text{ОТЛ}} = 4,12 + 6,08 + 0,92 + 0,71 = 11,83 \text{ хв} \quad 9.58$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{ШК}} = T_{\text{ШТ}} + \frac{T_{\text{ПЗ}}}{n} = 11,83 + \frac{25}{60} = 12,25 \text{ хв} \quad 9.59$$

Таблиця 7.3-Норми часу

|                  | Структурні складові норми часу                                   | Значение мин.               |        |
|------------------|--|-----------------------------|--------|
| $T_{\text{О}}$   | Час автоматичної роботи верстата                                 | 4.12                        |        |
| $T_{\text{Д}}$   | Допоміжний час на установку і зняття заготовки                   | 0,26                        |        |
|                  | Допоміжний час, пов'язане з виконання переходів                  | 0,2                         |        |
|                  | в тому числі   |                             |        |
|                  |  | вимір штангензубоміри       |        |
|                  |  | розміри $\varnothing 212,5$ | 2x0,11 |
|                  |  | $\varnothing 193,4$         | 0,13   |
| $T_{\text{ОП}}$  | Оперативне час (1,78 + 0,26 + 0,2)                               | 10,2 хв                     |        |
| $T_{\text{ПЗ}}$  | Підготовчо-заклучний час   | 26,48                       |        |
| $k_{\text{сер}}$ | Коефіцієнт серійності (ф.хх)                                     | 1,05                        |        |
| $T_{\text{орг}}$ | Времени на обслуговування робочого місця, 4% від $T_{\text{ОП}}$ | 0,4                         |        |
| $T_{\text{воп}}$ | Час на відпочинок і особисті потреби, 6% від $T_{\text{ОП}}$     | 0,6                         |        |
| $T_{\text{ШТ}}$  | Штучний час на виконання операції (ф. Хх)                        | 11,83                       |        |
| $T_{\text{ШК}}$  | Штучно-калькуляційний час (ф. Хх)                                | 12,5                        |        |

Таблиця 7.4-Режими різання та машинний час(загальний)

| Оброблюваль-<br>на поверхня | Загальна<br>кількість<br>переходів | $L_x, \text{мм}$ | $t, \text{мм}$ | $S, \text{мм/зуб}$ | $n,$<br>об/хв | $V, \text{мм/хв}$ | $T_{\text{маш}}, \text{хв}$ |
|-----------------------------|------------------------------------|------------------|----------------|--------------------|---------------|-------------------|-----------------------------|
| Зуби шестерні               | 1224                               | 935              | 0.5            | 0.06               | 400           | 700               | 356,34                      |

Перечень ссылок:

1. Марочник сталей и сплавов / Под ред. В.Г.Сорокина – М.:Машиностроение, 1989 –638с.
2. Машиностроительные материалы. Краткий справочник /Под ред. В.М.Раскатова – Москва.: Машиностроение, 1980, 511с.
3. Руденко П.А., Харламов Ю.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. Киев.: Вища школа, 1991
4. ГОСТ 7505-89 (Справочное пособие по проектированию штампованных поковок)
5. ГОСТ 26645-85 (Справочное пособие по проектированию литых заготовок)
6. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. -Минск.: Высшая школа, 1983.
7. Справочник технолога-машиностроителя 4-е изд. / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985. Т.1.
8. Комплектность и правила заполнения бланков технологических документов: Методическое пособие для самостоятельной работы/ Сост. С.Г.Пиньковский, В.И.Холоша, Ю.Г.Кравченко – Днепропетровск: НГУ, 2004.-34с.
9. Кодирование технологической информации: Справочное пособие/ Сост. С.Г.Пиньковский, В.Г.Олейниченко – Днепропетровск: НГУ, 2003.-24с.
10. Справочное пособие по назначению операционных припусков на механическую обработку табличным методом / Сост.: С.Г. Пиньковский, Ю.Г.Кравченко, В.Г.Олейниченко – Днепропетровск: НГАУ, 2002.-15с.
11. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / Под ред. А.А.Панова. . - М.: Машиностроение, 1988, 736 с..

|     |      |          |        |      |                         |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|     |      |          |        |      | ТММ.КвР.18.13.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпи. | Дата |                         | 45   |

# Додаток А



|                                   |                     |  |                          |   |
|-----------------------------------|---------------------|--|--------------------------|---|
|                                   |                     |  | 11                       | 1 |
| ГВУЗ «НГУ»                        | ТГМ.КП.131М-17-1.01 |  | 02070743.<br>01140.00001 |   |
| Шестерня, ведущая IV и V передачи |                     |  |                          |   |

Министерство образования и науки Украины

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Детали «Шестерня, ведущая IV и V передачи»

СОГЛАСОВАНО:

Метрол. контроль \_\_\_\_\_ ( )

Вед. технолог \_\_\_\_\_ ( )

Н. контроль \_\_\_\_\_ ( )

Акт № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Подпись \_\_\_\_\_

Гл. специалист \_\_\_\_\_ ( )

Нач. техбюро \_\_\_\_\_ ( )

Разработчик \_\_\_\_\_ (Сумарюк В.)









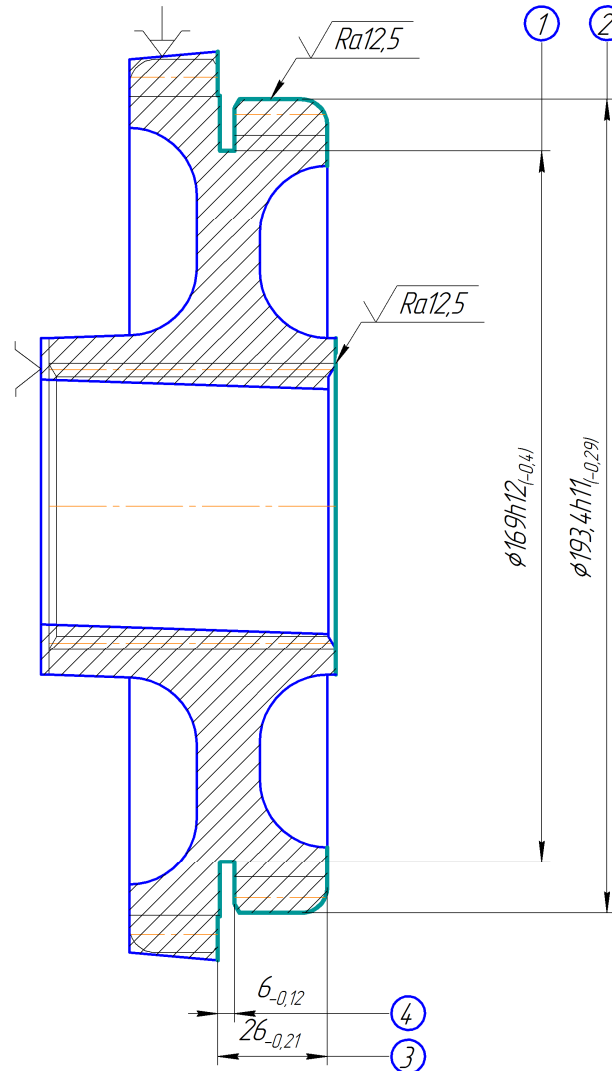




|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|      |      |          |         |      |      |      |                      |         |      |
|------|------|----------|---------|------|------|------|----------------------|---------|------|
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | Изм. | Лист | № Докум.             | Подпись | Дата |
|      |      |          |         |      |      |      | 02070743.60140.01601 | 1       | 1    |

|           |         |  |  |                                   |                         |  |                      |   |    |    |
|-----------|---------|--|--|-----------------------------------|-------------------------|--|----------------------|---|----|----|
| Разраб    | Сумарюк |  |  | НГУ ДП                            | ТММ.КвР.18.13.00.000.ТД |  | 02070743.20140.01601 |   |    |    |
| Н. контр. |         |  |  | Шестерня, ведущая IV и V передачи |                         |  | 13                   | 1 | 99 | 05 |

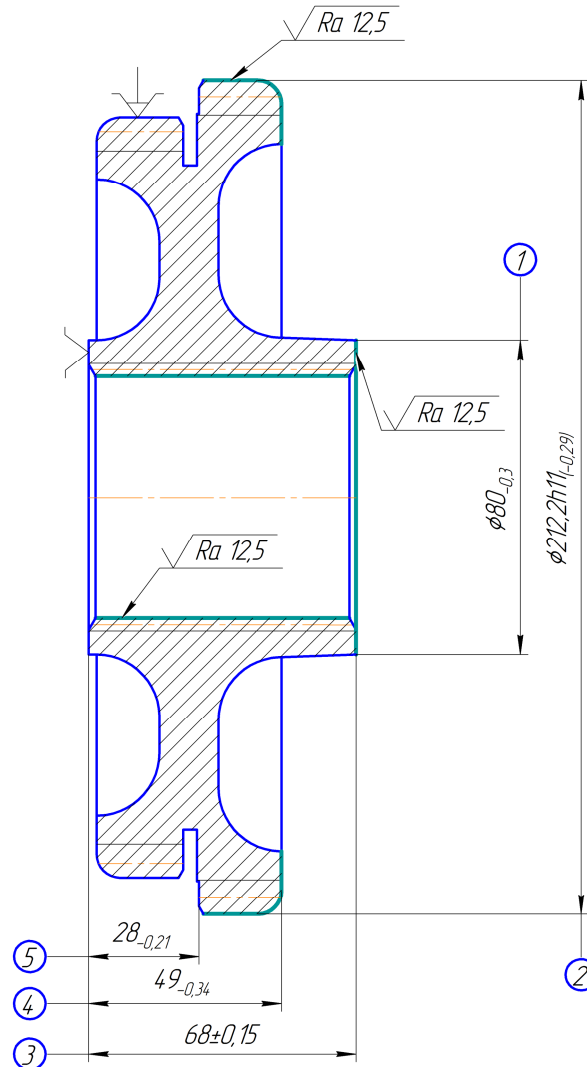




|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|      |      |          |         |      |      |      |                      |         |      |
|------|------|----------|---------|------|------|------|----------------------|---------|------|
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | Изм. | Лист | № Докум.             | Подпись | Дата |
|      |      |          |         |      |      |      | 02070743.60146.01601 | 1       | 1    |

|           |         |  |  |                                   |                         |  |                      |   |     |    |
|-----------|---------|--|--|-----------------------------------|-------------------------|--|----------------------|---|-----|----|
| Разраб    | Сумарюк |  |  | НГУ ДП                            | ТММ.КвР.18.13.00.000.ТД |  | 02070743.20146.01601 |   |     |    |
| Н. контр. |         |  |  | Шестерня, ведущая IV и V передачи |                         |  | 13                   | 3 | 203 | 10 |



|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

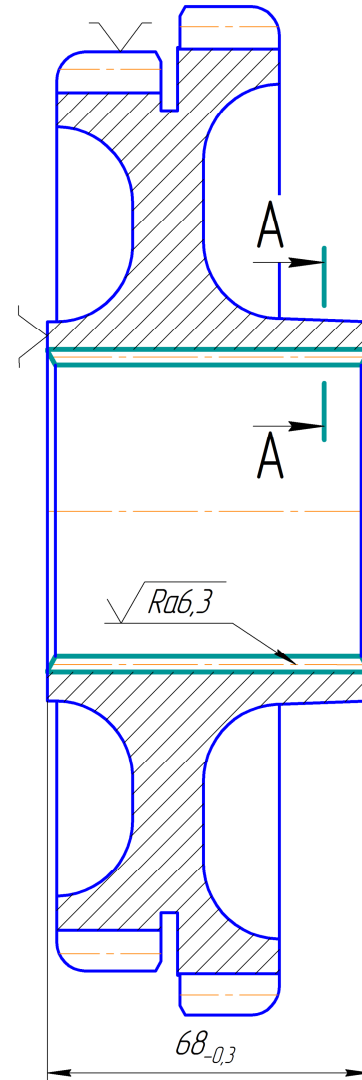
|      |      |          |         |      |      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|------|------|----------|---------|------|

02070743.60140.01601

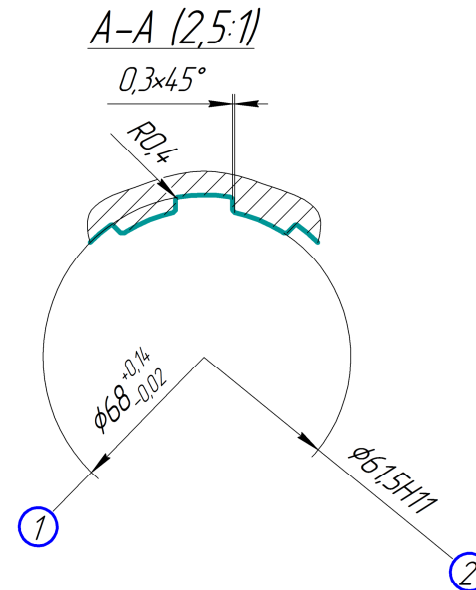
1

1

|           |         |  |  |                                   |                         |  |  |                      |   |     |    |
|-----------|---------|--|--|-----------------------------------|-------------------------|--|--|----------------------|---|-----|----|
| Разраб    | Сумарюк |  |  | НГУ ДП                            | ТММ.КвР.18.13.00.000.ТД |  |  | 02070743.20140.01601 |   |     |    |
| Н. контр. |         |  |  | Шестерня, ведущая IV и V передачи |                         |  |  | 13                   | 3 | 250 | 15 |



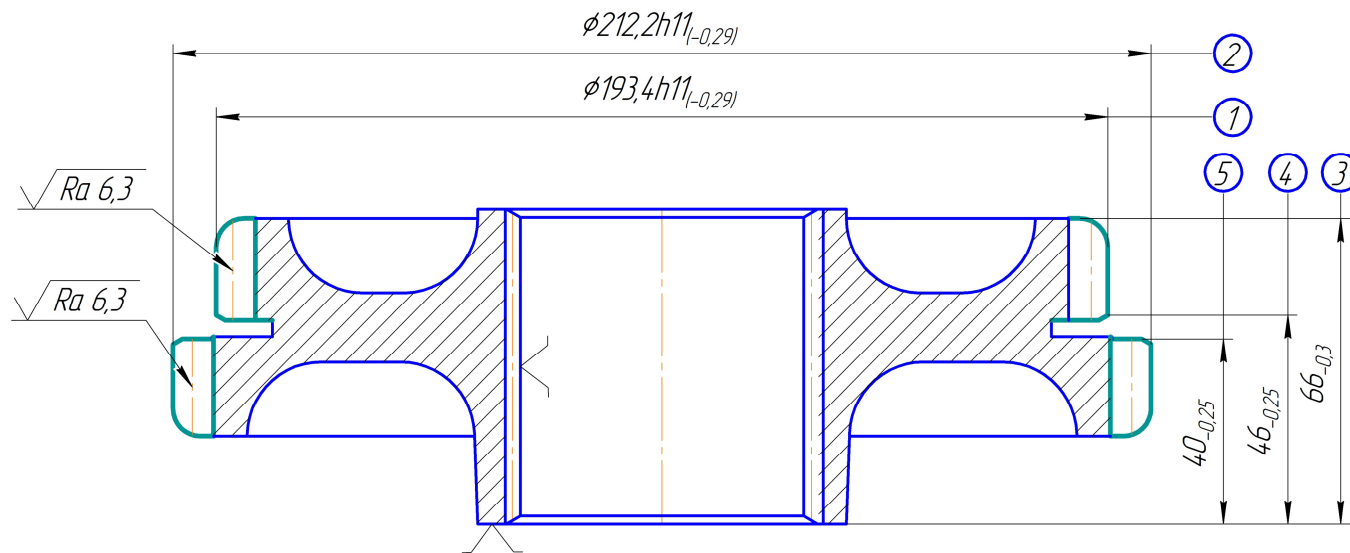
| Параметры эвольвентных шлиц    |                      |  |
|--------------------------------|----------------------|--|
| Модуль, мм                     | <i>m</i>             | 4,5                                      |
| Число зубьев, шт               | <i>z</i>             | 14                                       |
| Угол профиля, град             | $\beta$              | 20°                                      |
| Высота головки зуба, мм        | <i>h<sub>r</sub></i> | 0,75                                     |
| Полная высота зуба, мм         | <i>h</i>             | 3,25                                     |
| Длина общей нормали, мм        | <i>w</i>             | 20,178 <sup>+0,14</sup> <sub>-0,15</sub> |
| Диаметр делительной окружности | <i>d</i>             | 63                                       |



|       |  |  |  |
|-------|--|--|--|
| Дубл. |  |  |  |
| Взам. |  |  |  |
| Подл. |  |  |  |

|      |      |          |         |      |      |      |                      |         |      |
|------|------|----------|---------|------|------|------|----------------------|---------|------|
| Изм. | Лист | № Докум. | Подпись | Дата | Изм. | Лист | № Докум.             | Подпись | Дата |
|      |      |          |         |      |      |      | 02070743.60146.01601 | 1       | 1    |

|           |         |  |  |                                   |                         |  |                      |   |     |    |
|-----------|---------|--|--|-----------------------------------|-------------------------|--|----------------------|---|-----|----|
| Разраб    | Сумарюк |  |  | НГУ ДП                            | ТММ.КвР.18.13.00.000.ТД |  | 02070743.20146.01601 |   |     |    |
| Н. контр. |         |  |  | Шестерня, ведущая IV и V передачи |                         |  | 13                   | 5 | 361 | 20 |



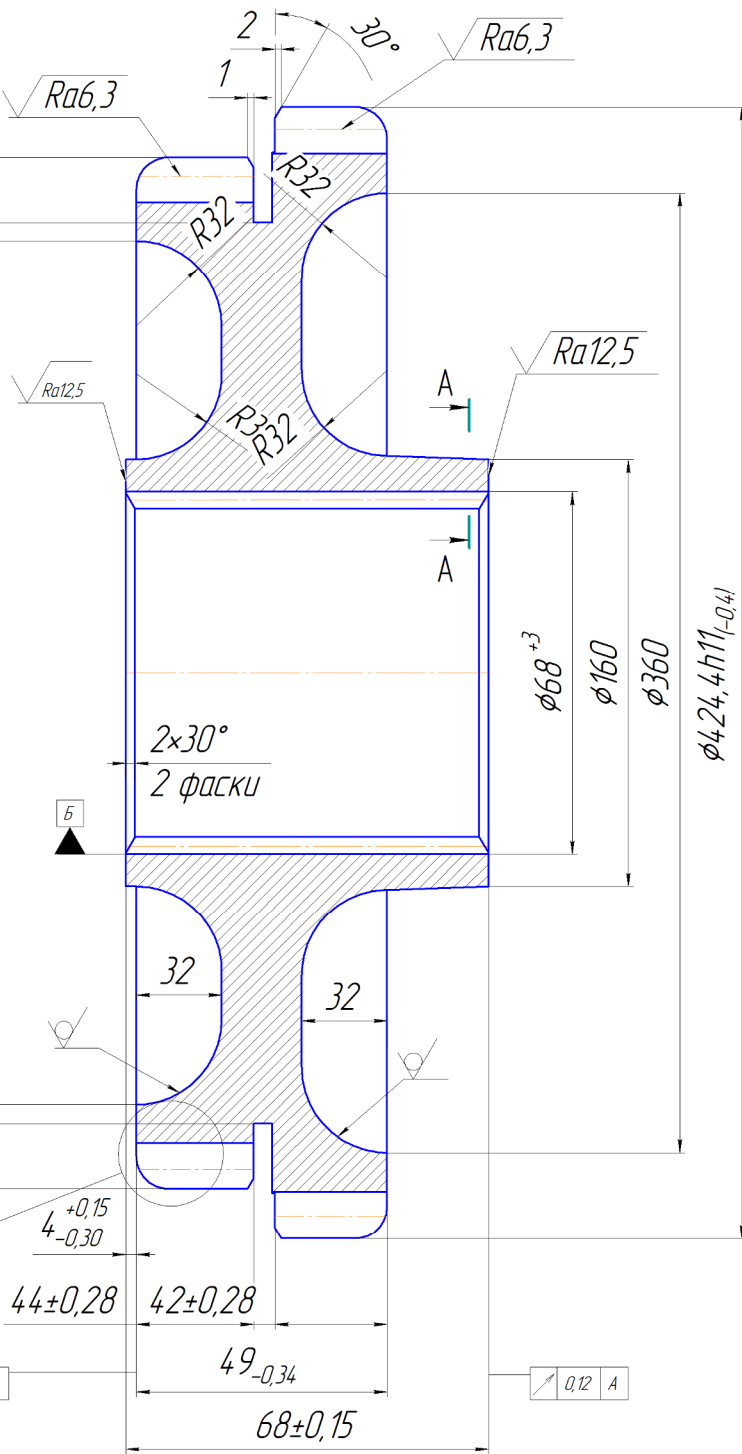
| Зубчатый венец                |              | A                          | B                          |              |
|-------------------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|
| Модуль, мм                    | $m$          | 5                          | 5                          |              |
| Число зубьев, шт              | $z$          | 37                         | 41                         |              |
| Угол наклона линии зуба, град | $\beta$      | 20°                        | 20°                        |              |
| Высота головки зуба, мм       | $h$          | 4,2                        | 3,6                        |              |
| Нормальный исход контур       |              | ГОСТ 13755-81              |                            |              |
| Кэф. смещения                 | $x$          | +0,118                     | 0                          |              |
| Степень точности              | -            | 8Г                         | 8Г                         |              |
| Длина общей нормали, мм       | $w$          | $69,419_{-0,314}^{-0,194}$ | $69,295_{-0,314}^{-0,194}$ |              |
| Делительный диаметр, мм       | $d$          | 185                        | 205                        |              |
| Сопряжение                    | № детали     | -                          | 40-1701116-A1              | 40-1701117-A |
|                               | Число зубьев | $z$                        | 21                         | 18           |

## Додаток Б

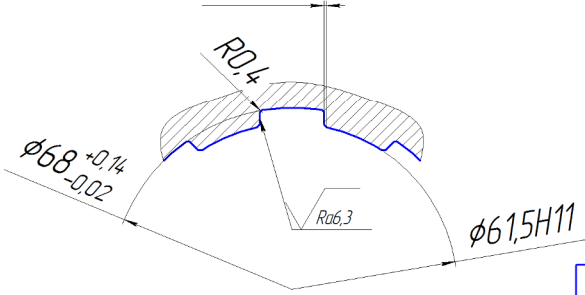
Ø386,8h11<sub>(-0,36)</sub>

Ø338

Ø324



A-A (2,5:1)  
0,3x45°



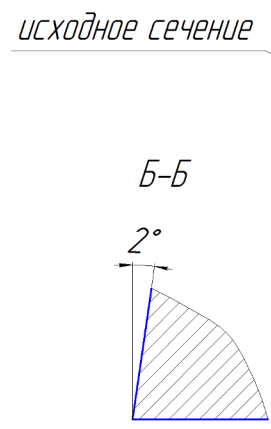
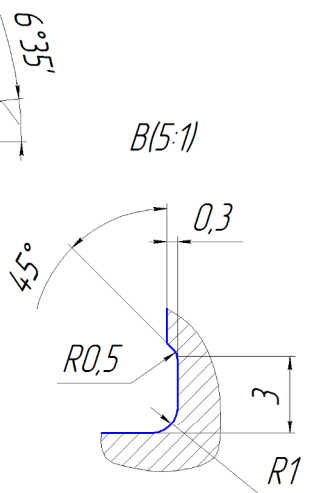
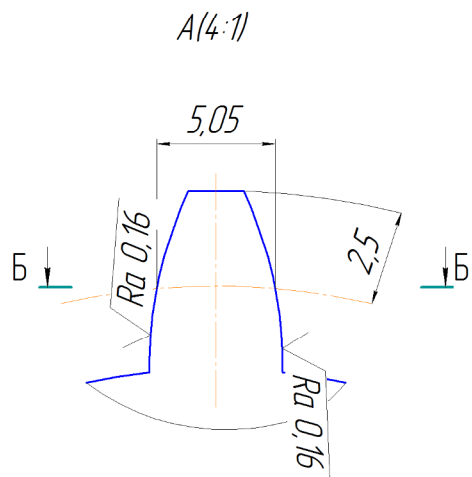
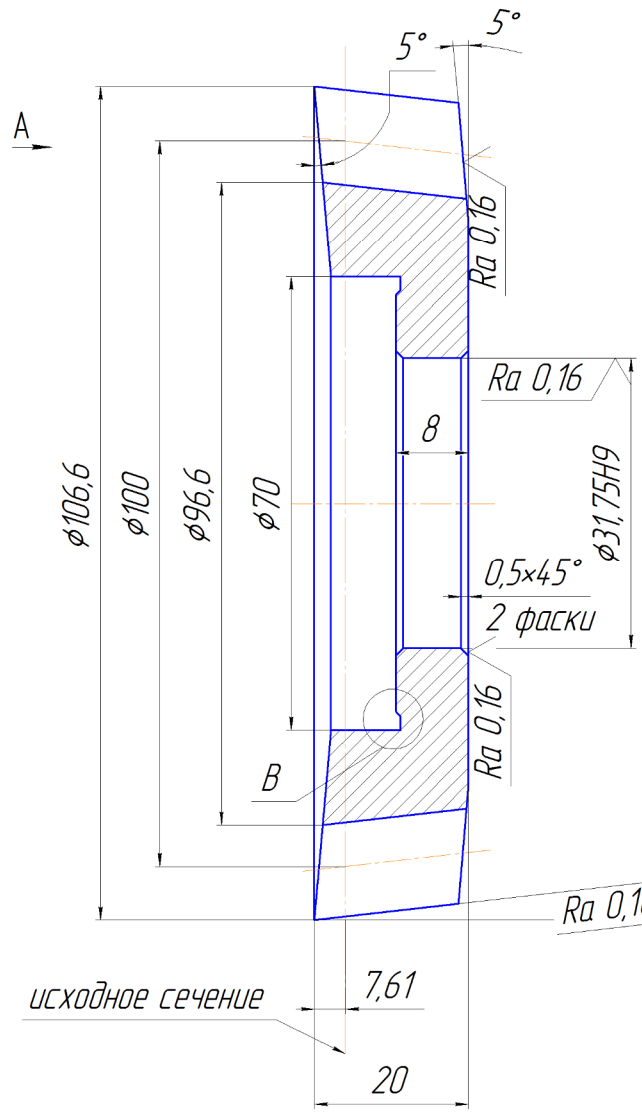
| Зубчастий вінець              |             | А  | Б  |
|-------------------------------|-------------|--|--|
| Модуль, мм                    | <i>m</i>    | 5  | 5  |
| Число зубів, шт               | <i>z</i>    | 37   | 41   |
| Кут нахилу лінії зуба, градус | $\beta$     | 20°  | 20°  |
| Висота головки зуба, мм       | <i>h</i>    | 4.2  | 3.6  |
| Нормальний исход. контур      |             | ГОСТ 13755-81                              |  |
| Козф. зміщення                | <i>x</i>    | +0,3                                       | +0,3                                       |
| Ступінь точності              | -           | 8С   | 8С   |
| Довжина загальної нормалі, мм | <i>w</i>    | 69,419 <sup>-0,194</sup> <sub>-0,314</sub> | 69,295 <sup>-0,194</sup> <sub>-0,314</sub> |
| Дільний діаметр, мм           | <i>d</i>    | 185  | 205  |
| Сполучення зуб. колеса        | № деталі    | -  | 40-1701116-А1                              |
|                               | Число зубів | <i>z</i>                                   | 21   |

| Параметри звольвентних шліців |                      |  |
|-------------------------------|----------------------|--|
| Модуль, мм                    | <i>m</i>             | 4,5                                      |
| Число зубів, шт               | <i>z</i>             | 14                                       |
| Кут профіля, градус           | $\beta$              | 20°                                      |
| Висота головки зуба, мм       | <i>h<sub>1</sub></i> | 0,75                                     |
| Повна висота зуба, мм         | <i>h</i>             | 3,25                                     |
| Довжина загальної нормалі, мм | <i>w</i>             | 20,178 <sup>-0,14</sup> <sub>+0,15</sub> |
| Діаметр дільної окружності    | <i>d</i>             | 63                                       |

1 Цементувати *h* 0,8 ... 1,2 мм: *d*/поверхня зубів 57 ... 64 HRC, *δ*/серцевини зубів 30 ... 46 HRC. *в*/поверхня шліц 40 HRC.  
2 Незазначення граничні відхилення по Н14, h14

| ТММКВР.18.13.00.000КР1 |          |      |      |                               |      | Лист | Маса | Внеси |
|------------------------|----------|------|------|-------------------------------|------|------|------|-------|
| Мет. лист              | № деталі | Лист | Лист | Шестерня ведущая              | Лист | 6,4  | 14   |       |
| Разработ               | Сумарак  |      |      | IV и V передача               | Лист |      | 1    |       |
| Проект                 | Богданов |      |      |                               |      |      |      |       |
| Инженер                |          |      |      |                               |      |      |      |       |
| Провер                 |          |      |      |                               |      |      |      |       |
| Материал               |          |      |      | Сталь 18ХГТ ГОСТ 4543-71      |      |      |      |       |
| Сдел                   |          |      |      | НТУ "Дніпровська політехніка" |      |      |      |       |

Лист № 1 з 1  
Лист № 2 з 2  
Лист № 3 з 3  
Лист № 4 з 4  
Лист № 5 з 5  
Лист № 6 з 6  
Лист № 7 з 7  
Лист № 8 з 8  
Лист № 9 з 9  
Лист № 10 з 10  
Лист № 11 з 11  
Лист № 12 з 12  
Лист № 13 з 13  
Лист № 14 з 14  
Лист № 15 з 15  
Лист № 16 з 16  
Лист № 17 з 17  
Лист № 18 з 18  
Лист № 19 з 19  
Лист № 20 з 20  
Лист № 21 з 21  
Лист № 22 з 22  
Лист № 23 з 23  
Лист № 24 з 24  
Лист № 25 з 25  
Лист № 26 з 26  
Лист № 27 з 27  
Лист № 28 з 28  
Лист № 29 з 29  
Лист № 30 з 30  
Лист № 31 з 31  
Лист № 32 з 32  
Лист № 33 з 33  
Лист № 34 з 34  
Лист № 35 з 35  
Лист № 36 з 36  
Лист № 37 з 37  
Лист № 38 з 38  
Лист № 39 з 39  
Лист № 40 з 40

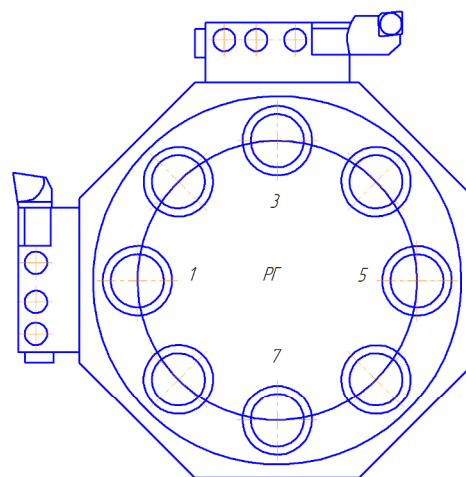
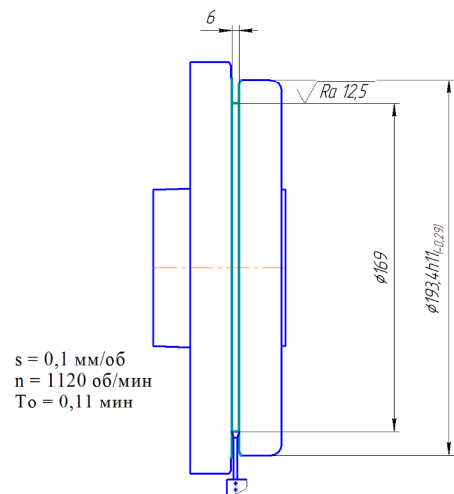
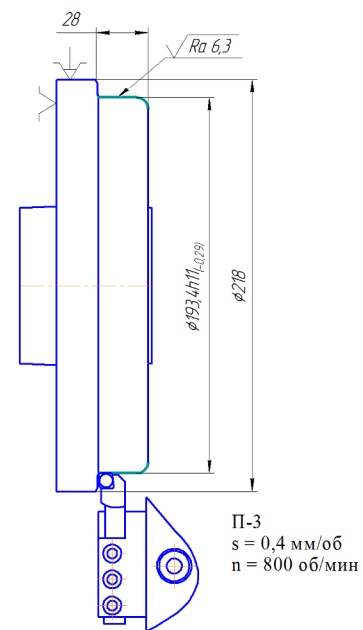
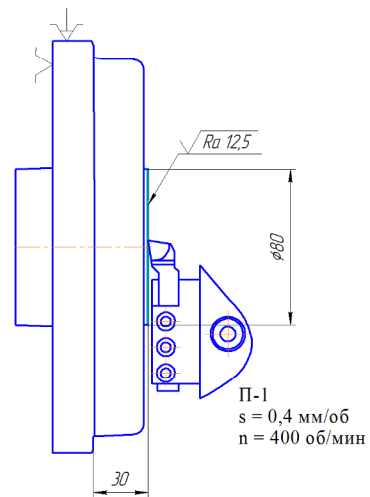
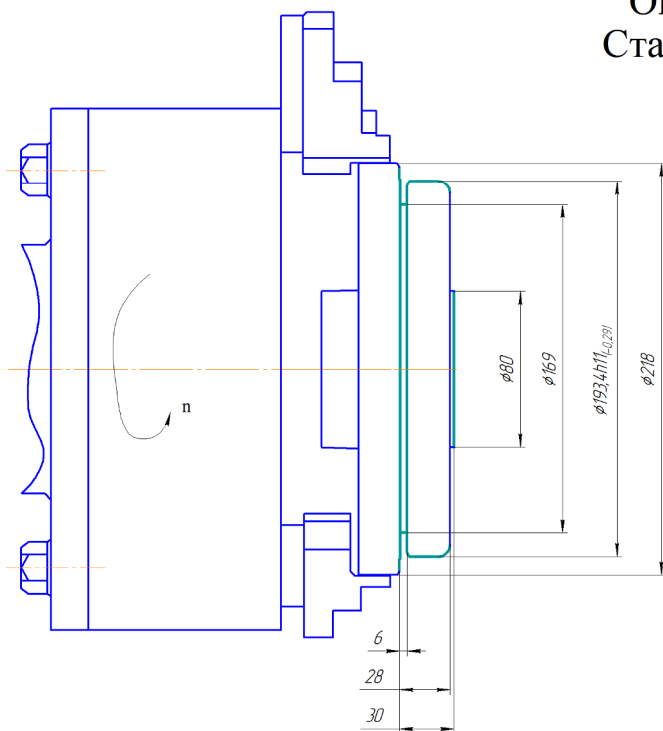


|  |                    |
|--|--------------------|
| Модуль   | 5                  |
| Число зубів  | 25                 |
| Профільний кут вихідного контуру                             | $12^\circ$         |
| Карезований кут профіля                                      | $14^\circ 02'00''$ |
| Діаметр основного кола при шліфуванні до якого профілю зубів | 78,7               |
| Ширина гранично переточеного дольця                          | 6,75               |

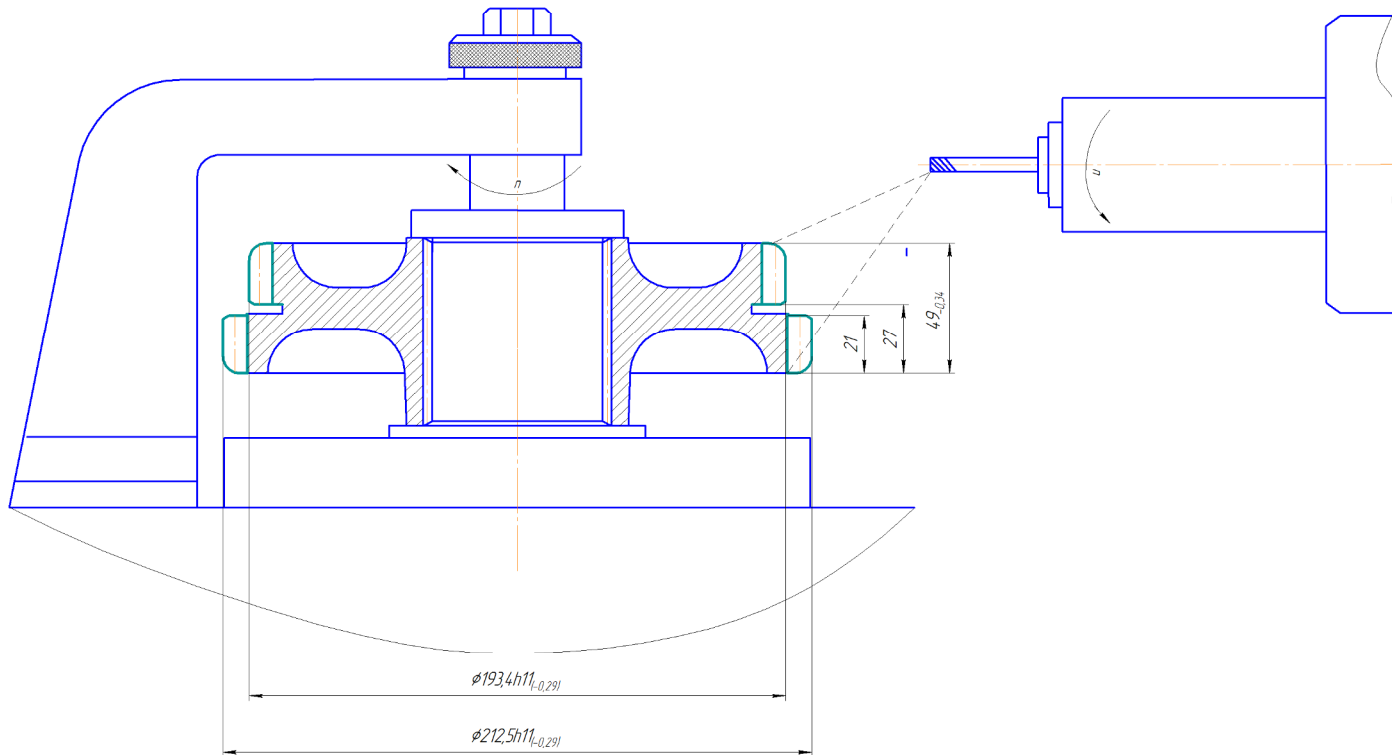
- 1.HRC 62 ... 65.
- 2.Допуск паралельності опорних поверхонь  $0,012$  мм.
- 3.Допуск торцевого біття передньої поверхні  $0,016$  мм.
- 4.Допуск радіального біття окружності вершин зубів  $0,030$  мм.

|                         |           |    |     |                                |      |       |      |          |      |
|-------------------------|-----------|----|-----|--------------------------------|------|-------|------|----------|------|
| ТММКВР.18.13.00.000.Кр5 |           |    |     | Лист                           |      | Масса |      | Умаситов |      |
| Мет                     | Лист      | КР | Вид | Лист                           | Лист | Лист  | Лист | Лист     | Лист |
| Разработ                | Сумарак   |    |     |                                |      |       |      |          | 14   |
| Провер                  | Богоданов |    |     |                                |      |       |      |          | 1    |
| Технический             |           |    |     |                                |      |       |      |          |      |
| Инженер                 |           |    |     |                                |      |       |      |          |      |
| Станд.                  |           |    |     |                                |      |       |      |          |      |
| 18ХГТ ГОСТ 19265-73     |           |    |     | ИТУ "Дніпроваська політехніка" |      | Лист  |      | Листов   |      |
| Копирован               |           |    |     | Формат                         |      | A1    |      |          |      |

# Операція 05, Токарна Станок: HURCO TMM 8



# Операція О20 зубофрезерна



| Зубчатий валець                       |              | A  | B  |
|---------------------------------------|--------------|--|--|
| Модель мм                             | m            | 5  | 5  |
| Число зубів, шт.                      | z            | 37   | 41   |
| Угол нахилу лінії зуба, град          | $\beta$      | 20°  | 20°  |
| Высота головки зуба мм                | h            | 4,2  | 3,6  |
| Нормальный исход контур ГОСТ 13759-81 |              |  |  |
| Косоз. смещения                       | x            | +0,118                                     | 0  |
| Степень точности                      | -            | 10-9-9-8G                                  | 10-9-9-8G                                  |
| Длина общей нормали мм                | w            | 69,419 <sup>+0,014</sup> <sub>-0,014</sub> | 69,295 <sup>+0,014</sup> <sub>-0,014</sub> |
| Делительный диаметр мм                | d            | 185  | 205  |
| Сопрежение                            | № детали     | 40-1701116-A1                              | 40-1701117-A                               |
| Зуб. калесо                           | Число зубьев | 21   | 18   |

Технічні характеристики (Токарно-фрезерний центр HURCO TMM 8)

Робоча зона Макс. діаметр обробки, мм 256

Макс. довжина обробки, мм 455

Діаметр патрона, мм 200

Макс. діаметр прутка, мм 50

Переміщення X-Вісь, мм 200

Z-Вісь, мм 508

Подача X / Z -Осі, м / хв 19/24

Двигун шпинделя Потужність, кВт 13

Шпиндель Швидкість обертання, об / хв 4800

Крутний момент, Нм 350

револьверна головка

Тип по DIN 5480 VDI 30

Кількість станцій 12

Час зміни інструменту, з 0,23

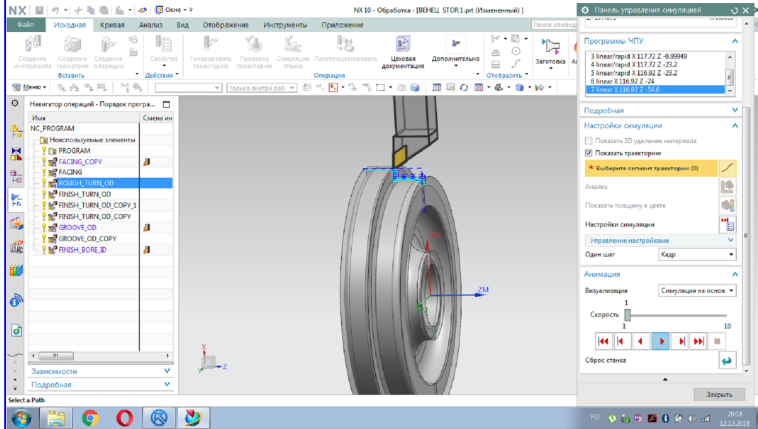
Додатково Вага верстата, кг 4000



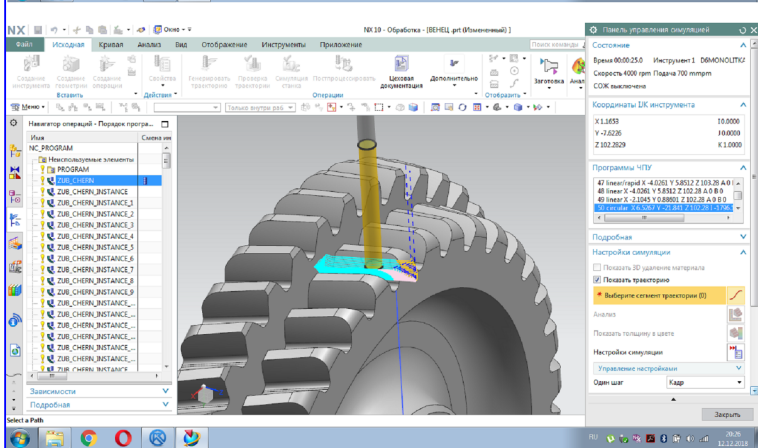
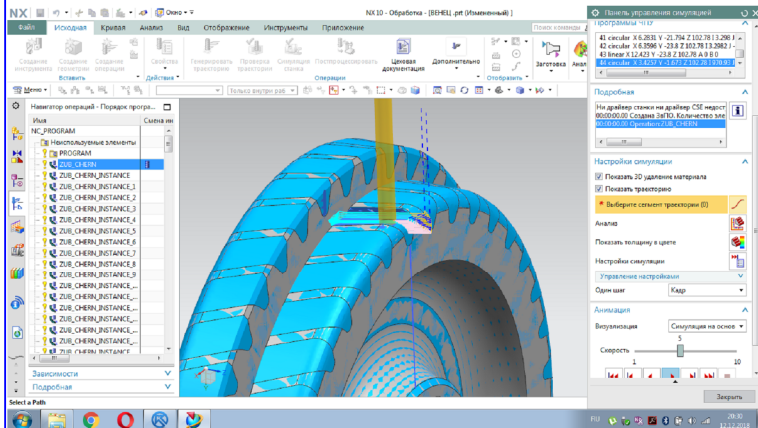




## Токарна операція NX (Unigraphics)



## Зубофрезерна операція NX (Unigraphics)



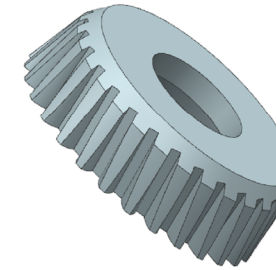
# Спеціальний розділ

## G-коди ЧПК

## Режими різання та машинний час для зубодовдальної операції

```

%
N0010 G40 G17 G94 G90 G70
N0020 G50 X0.0 Z0.0
:0030 T00 H00 M06
N0040 G97 S191 M03
N0050 G94 G00 G90 X3.0273 Z-.046
...
N0690 G03 X4.0772 Z-.1606 I-.1322 K-.2328
N0700 G01 X4.0995 Z-.1383
N0710 G94 G00 Z-.0565
N0720 X3.964
N0730 G95 G01 X3.9417 Z-.0787
N0740 G03 X4.0094 Z-.1058 I-.0645 K-.2598
N0750 G01 X4.0317 Z-.0835
N0760 M02
%
    
```



Довдяк

| Оброблювана поверхня | Загальна кількість переходів | Lx, мм | t, мм | S, мм/дв-хід | n, дв.хід/хв | V <sub>m</sub> /хв | T <sub>маш</sub> , хв |
|----------------------|------------------------------|--------|-------|--------------|--------------|--------------------|-----------------------|
| Зуби пестерні        | 243                          | 350    | 1.2   | 0.315        | 280          | 18.5               | 115.8                 |

## G-коди ЧПК

```

%
ONNNN (Program name)
N1G40G17G49G80G90
N2M5
N3T1
N4M6
N5G90G54
N6S400M3
N7G0X-4.416Y3.829B9.73W0.
N8G43Z143.685H1
N9Z105.276
N10GZ104.276F700.M8
N11X-2.471Y-1.112
N12G2X5.457Y-21.54I-2133.489J-839.801
N13X5.465Y-23.8I-3.013J-1.141
N14G1X8.163
N15G2X9.726Y-24.199I-.053J-3.463
N16X11.284Y-23.8I1.59J-2.965
N17G1X13.636
N18G2X13.149Y-22.868I3.908J2.639
N19X5.071Y-3.47I864.278J371.286
N20G1X3.082Y1.461
N21Z105.276
N22G0X-4.376Y4.505W0.
N23Z104.777
N24G1Z103.777
N25X-2.439Y-.444
...
N144Y2.021
N145G2X8.095Y-21.857I-2843.309J-1045.153
N146X8.152Y-23.8I-3.056J-1.061
N147G1X9.502
N148G2X.567Y-.185I1495.851J579.424
N149G1X-2.061Y6.93
N150Z99.294
N151G0Z143.685
N152M9
N153M5
N154M30
%
    
```



Фреза кінцева

| Оброблювана поверхня | Загальна кількість переходів | Lx, мм | t, мм | S, мм/зуб | n, об/хв | V <sub>m</sub> /хв | T <sub>маш</sub> , хв |
|----------------------|------------------------------|--------|-------|-----------|----------|--------------------|-----------------------|
| Зуби пестерні        | 1224                         | 935    | 0.5   | 0.06      | 400      | 700                | 356.34                |