

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| Вступ.....  | 5  |
| 1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі.....  | 6  |
| Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації                                     |    |
| 2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі .....   | 10 |
| 3 Визначення типу та форми організації виробництва .....  | 14 |
| 4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....  | 18 |
| 5 Вибір способу отримання заготовки та розробка технічних вимог до неї .....                        | 19 |
| 6 Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу виготовлення деталі.....                      | 22 |
| 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку .....   | 27 |
| 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.....                             | 29 |
| 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів .....  | 35 |
| 6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів..... | 36 |
| 6.5 Розрахунки режимів різання .....  | 37 |
| 6.6 Технічне нормування операцій.....   | 44 |
| 7 Проектування верстатного пристрою для установлення і закріплення заготовки .....                  | 46 |
| Висновки .....  | 51 |
| Перелік джерел посилання .....  | 52 |
| Додаток А   |    |
| Додаток Б   |    |
| Додаток В   |    |
| Додаток Г   |    |

|  |      |                |        |      |                   |      |         |
|--|------|----------------|--------|------|-------------------|------|---------|
|  |      |                |        |      | ТМ 19090002-00 ПЗ |      |         |
| Змн.   | Арк. | № докум.       | Підпис | Дата |                   |      |         |
| Розробив   |      | Дмитренко М.В. |        |      | Літ.              | Арк. | Акрушіє |
| Перевіриє  |      | Яшина Т.В.     |        |      | 4                 | 54   |         |
| Н. Контр.  |      | Динник О.Д.    |        |      | КІ СумДУ, ТМ-71   |      |         |
| Затверд.   |      | Іванов В.О.    |        |      |                   |      |         |
| Проектування технологічного процесу виготовлення шестерні<br>030501.08.03.02 |      |                |        |      |                   |      |         |

## ВСТУП

Провідне місце в розвитку економіки країни належить галузям машинобудування, які забезпечують матеріальну основу технічного прогресу всіх галузей народного господарства. В даний час машинобудування не володіє достатньо потужною виробничою базою. Це пов'язано з непристосованістю промисловості України до самостійного розвитку та рядом інших причин.

Моральне старіння продукції машинобудування дуже часто настає значно швидше її фізичного старіння, при цьому строки стійкого масового чи серійного виробництва скоротилися 10...15 до 3...5 років, а для впровадження у виробництво нових виробів на кожну тисячу деталей необхідно розробити понад 15 тисяч одиниць різноманітної технічної документації та виготовити до 5 тисяч різних видів технологічного оснащення. Все це потребує підвищення технології методів організації та управління процесами виробництва.

Практичному здійсненню широкого застосування прогресивних типових технологічних процесів, оснащення та обладнання, засобів механізації та автоматизації, що відповідають сучасним досягненням науки і техніки, сприяє Єдина система технологічної підготовки виробництва, що забезпечує для всіх підприємств та організацій системний підхід до оптимізації вибору методів та засобів технологічної підготовки виробництва.

Основними принципами єдиної системи технологічної підготовки виробництва є: запуск у виробництво виробів, відпрацьованих на технологічність, широке застосування типових технологічних процесів, стандартизація та механізація інженерно-технічних та керівницьких робіт. Важливе місце у вирішенні цих задач займає технологія машинобудування.

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 5    |

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

КамАЗ-5320 – тривісний бортовий великотоннажний автомобіль-тягач з колісною формулою 6×4 (рис.1.1). Загальна компоновка КамАЗ-5320 характерна для вантажних автомобілів того часу. Тримісна кабіна автомобіля розташовується над двигуном і за допомогою торсіонного механізму відкидається вперед, відкриваючи доступ до двигуна. Двигун, зчеплення і коробка передач утворюють єдиний силовий агрегат, встановлений на передніх, задніх і підтримуючої опорах. На КамАЗ-5320 встановлювалися чотиритактні V-подібні восьмициліндрові дизелі 10,85 л, потужністю 210 л. с., при максимальному числі обертів 2600 на хвилину [18].

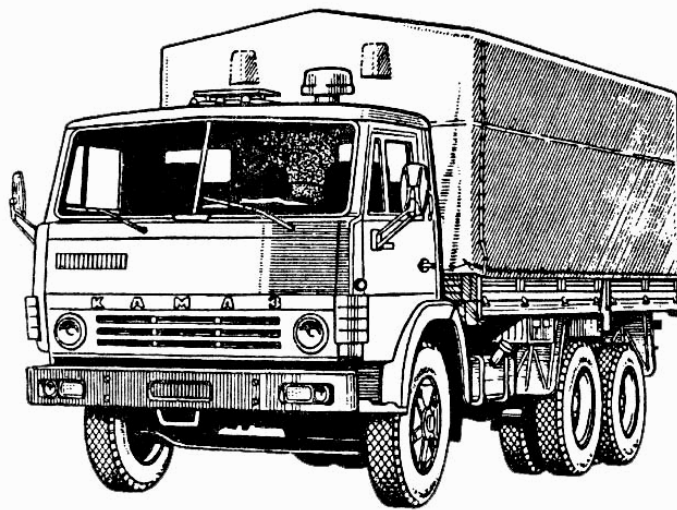


Рисунок 1.1 – КамАЗ-5320

Технічна характеристика автомобіля [18]:

- Колісна формула - 6 × 4
- Габаритні розміри, м: 8,395x2,500x2,830
- База заднього візка, м - 1,320
- Колія передніх коліс, м - 2,010

|      |      |          |        |     |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|-----|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |     |  |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |     |  |  |  |  |  | 6    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |  |  |  |  |  |      |

ТМ 19090002-00ПЗ

- Колія задніх коліс, м - 1,850
- Найменший дорожній просвіт, см - 34,5
- Навантажувальна висота, м - 1,370
- Вагові параметри і навантаження, а / м
- Споряджена маса а / м, кг - 7080
- Вантажопідйомність а / м, кг - 8000
- Максимальна маса причепа на буксирі, кг - 11500
- Повна маса, кг - 15 305 / автопоїзда кг - 26805

Коробка передач:

- тип - механічна п'ятиступінчаста з двоступінчастим дільником
- зчеплення - сухе двухдисковое
- Максимальна швидкість, км / год - 80-100
- Середня витрата палива для автопоїзда, л / 100 км - 35
- Запас палива, л - 170
- Кут подоланого підйому, не більше,% - 30
- Зовнішній габаритний радіус повороту, м - 9,3
- Гальмівний шлях для автопоїзда з повним навантаженням зі швидкістю 40 км / ч, м – 21.

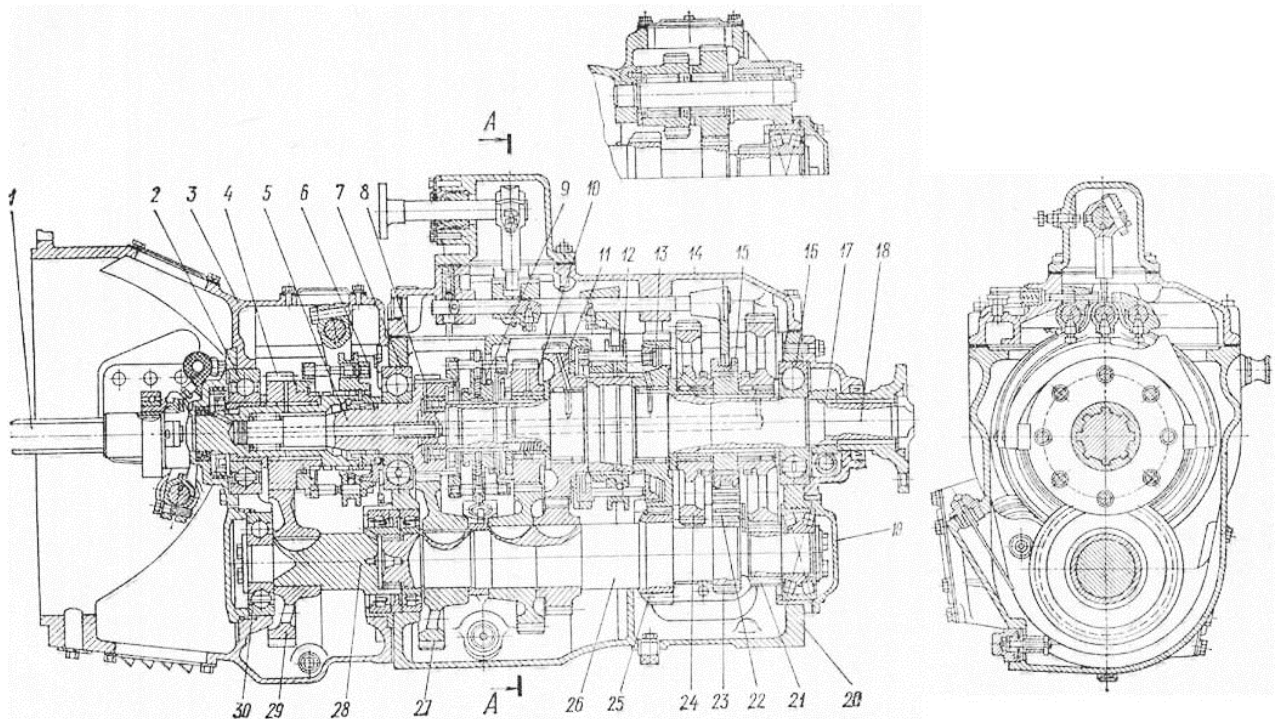
Коробка передач призначена для зміни передавального числа трансмісії з метою отримання крутних моментів (тягових зусиль) на провідних колесах і швидкості руху автомобіля в більш широких межах, ніж може бути досягнуто за рахунок зміни режимів роботи двигуна [19].

Особливість трансмісії тягача КамАЗ – дільник (мультиплікатор) – додаткова двоступенева коробка передач, встановлена після зчеплення перед основною коробкою.

Одна передача дільника зроблена прямою, а друга – підвищує. Власне коробка передач – п'яти ступінчаста, синхронізована на другій, третій, четвертій і п'ятій передачах. Управління коробкою – дистанційне, з механічним приводом.

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 7    |

У дільнику передачі перемикаються за допомогою пневматичного приводу. Карданна передача – відкритого типу, складається з двох трубчастих валів. Карданні шарніри на голчастих підшипниках з постійним запасом мастила. Головна передача ведучих мостів зроблена подвійний: пара конічних шестерень зі спіральними зубами і пара циліндричних косозубих шестерень. В середньому мосту встановлений блокується симетричний міжосьовий диференціал.



1 - первинний вал дільника передач; 2, 7, 16, 30 - кулькові підшипники; 3 - картер дільника передач;  
 4 - шестерня первинного валу дільника; 5 - первинний вал коробки передач; 6 - синхронізатор дільника передач; 8 - шестерня первинного валу коробки передач; 9-синхронізатор четвертої та п'ятої передач; 10 - шестерня четвертої передачі вторинного валу; 11 - шестерня третьої передачі вторинного валу; 12 - синхронізатор другої та третьої передач; 13 - шестерня другої передачі вторинного валу; 14 - кришка картера коробки передач; 15 - муфта включення першої передачі і заднього ходу; 17 - привід до спідометра; 18 - вторинний вал; 19 - подвійний сферичний підшипник;  
 20 - картер коробки передач; 21 - шестерня першої передачі проміжного валу; 22 - блок шестерень заднього ходу; 23 - шестерня заднього ходу проміжного валу; 24 - шестерня заднього ходу вторинного валу; 25 - шестерня другої передачі проміжного валу; 26 - проміжний вал; 27 - шестерня приводу проміжного валу; 28 - проміжний вал дільника передач; 29 - шестерня проміжного валу дільника передач

Рисунок 1.2 – Коробка передач автомобіля КамАЗ-5320

|      |      |          |        |     |  |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|-----|--|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |     |  |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |     |  |  |  |  |  | 8    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |  |  |  |  |  |      |

ТМ 19090002-00ПЗ

«Шестерня 030501.08.03.02» (дод. А) входить до коробки передач, яка є складовою частиною трансмісії та призначена для передачі крутного моменту [19].

Деталь має такі поверхні (рис. 1.3) [5]: основна конструкторська база, визначає положення даної деталі у виробі; допоміжна конструкторська база, визначає положення деталей, що приєднуються відносно даної; виконавча поверхня, яка виконує службове призначення даного виробу; вільні поверхні, не торкаються поверхонь інших деталей, та призначені для з'єднання основних, допоміжних та виконавчих поверхонь між собою. Для зручності складемо таблицю (табл. 1.1).

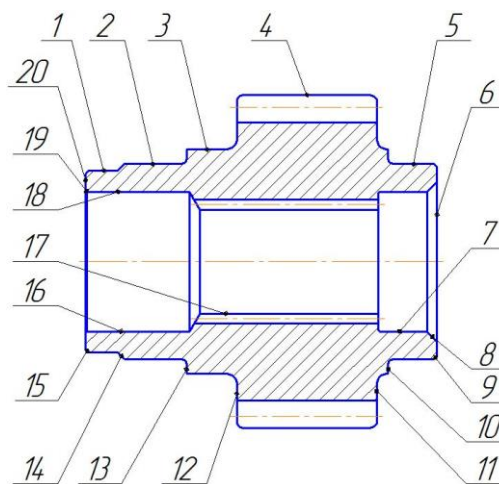


Рисунок 1.3 – Шестерня

Таблиця 1.1 – Поверхні деталі

| Вид поверхні | Номери поверхонь |
|--------------|------------------|
| Виконавча    | 4                |
| ОКБ          | 1, 5, 11         |
| ДКБ          | 7, 16, 17        |
| Вільні       | Інші             |

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Аналіз робочого креслення деталі «Шестерня 030501.08.03.02» за [1] показав, що креслення деталі має достатню кількість видів та перерізів, що дають повне уявлення про конструктивні особливості деталі. Їх розташування відповідає вимогам ГОСТ 2.305-2008 «Зображення – види, розміри, перерізи».

Розміри, граничні відхилення, шорсткість та допуски форми та розташування всіх поверхонь проставлені згідно вимог ГОСТ 2.307-2011 «Нанесення розмірів і граничних відхилень», ГОСТ 2.309-73 «Позначення шорсткості поверхонь», ГОСТ 2.308-2011 «Позначення допусків форми та розташування поверхонь», що дає змогу виготовити задану деталь потрібної точності відповідно до її службового призначення.

Надані технічні вимоги на виготовлення деталі, їх нанесення відповідає ГОСТ 2.316-2008 «Правила нанесення написів, технічних вимог і таблиць на графічних документа». Дотриманий порядок заповнення основного напису згідно вимог ГОСТ 2.104-2006 «Основні написи» [6].

Креслення виконане за допомогою графічного редактора і відповідає вимогам ГОСТ 2.052-2006 «Електронна модель виробу. Основні вимоги». Отже, креслення виконане згідно вимог ЄСКД за ГОСТ 2.109-73 «Основні вимоги до креслень».

Деталь «Шестерня» відноситься до класу «тіла обертання з елементами зубчастого зачеплення».

Матеріал деталі – Сталь 25ХГТ ГОСТ 4543-71 – сталь конструкційна легована хромомарганцевої. Ця сталь схильна до внутрішнього окислення при газовій цементації, що знижує твердість цементованого шару і межі витривалості. Однак даний матеріал дешевший ніж, наприклад, хромонікелеві сталі [7].

Хімічний склад та механічні властивості сталі 25ХГТ наведені в таблицях 2.1 – 2.2 [7].

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 10   |

Таблиця 2.1 – Хімічний склад 25ХГТ ГОСТ 4543-71

| Вуглець (С) | Титан (Ti) | Мідь (Cu) | Марганець (Mn) | Кремній (Si) | Нікель (Ni) | Фосфор (P) | Хром (Cr) | Сірка (S) |
|-------------|------------|-----------|----------------|--------------|-------------|------------|-----------|-----------|
| 0,22 - 0,29 | 0,03-0,09  | до 0,3    | 0,8-1,1        | 0,17 - 0,37  | до 0,3      | до 0,035   | 1,0 – 1,3 | до 0,035  |

Таблиця 2.2 – Механічні властивості 25ХГТ ГОСТ 4543-71

| $\sigma_t$ , МПа | $\sigma_b$ , МПа | $\delta$ , % | KCU, Дж/см <sup>2</sup> | HRC <sub>э</sub> |
|------------------|------------------|--------------|-------------------------|------------------|
| 980              | 1270             | 10           | 69                      | 57...63          |

Основні технологічні завдання включають вимоги по забезпеченню: точності розмірів - діаметральні, лінійних, кутових; точності форми; точності взаємного розташування поверхні; якості поверхневого шару оброблених поверхонь. За всіма цими групами технологічних задач необхідно детально вивчити технічні вимоги на виготовлення деталі.

До заданої деталі висуваються наступні вимоги (дод. А):

1 Цементувати: h 1,0...1,4 мм. Для шліфованих поверхонь допускається зниження глибини цементації до 0,3 мм. Твердість: поверхні зубів 56 HRC<sub>э</sub>; серцевини зубів 30...47 HRC<sub>э</sub>; поверхні шліців 40 HRC<sub>э</sub>min.

Вибір хіміко-термічної обробки – цементації обґрунтований умовами роботи даного зубчастого колеса, а саме: цементації піддаються зубчасті колеса, які відносяться до групи найбільш напружених деталей, які повинні володіти опором втоми, контактною витривалістю при певних значеннях ударної в'язкості. Виходячи з цього, метою цементації є підвищення твердості і зносостійкості поверхні, а також підвищення опору втоми і межі витривалості при контактному навантаженні, що має бути досягнуто у вигляді отримання більш високої твердості поверхні зубів при менш твердій серцевини зубів, що і відображено у відповідній технічній вимозі .

|      |      |          |        |     |                  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |     |                  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |     |                  |  |  |  | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | ТМ 19090002-00ПЗ |  |  |  |      |



2 Невказані граничні відхилення розмірів: H14; h14;  $\pm IT15/2$ . Величина неказаних граничних відхилень розмірів обґрунтована середньо-економічною точністю виконання розмірів по 14 квалітету точності.

3 Допускається:

- наявність рисок на поверхні В;
- прослаблення по ширині 2-х шліців до 0,02 мм поза допкском;
- обробка зубів шестерні нормальним довбачем, який має висоту головки зуба до 1,35 (0,75m);
- спіральні риси на торцевих і діаметральних поверхнях від виходу інструменту глибиною до 0,2 мм і шириною 2 мм, збільшення коливання міжосьової відстані на одному зубі вінця Д до  $f = 0,055$ .

Допустимі відхилення розмірів обґрунтовані можливими в даних умовах і не впливають на загальну працездатність вузла похибками виготовлення.

4 Не допускаються на поверхні колеса тріщини, відшарування металу, волосовини, забоїни та інші дефекти, які знижують якість.

5 Точність розташування шліців перевіряють комплексним калібром.

6 Контроль параметрів вінця виконується відносно поверхні А.

7 По профілю торців зубів допускається фаска 1,5 мм не більше і її відсутність у ножки зубів.

Технічні вимоги 4-7 відображають особливий контроль, який застосовується щодо шліцьового отвору і зубчастого вінця.

8 \*<sup>1</sup>Розмір контролювати до нарізання зубів. Необхідність контролю зазначених розмірів до нарізування зуба обґрунтовано великою трудомісткістю процесу зубонарізування і відповідно необхідністю введення попереднього контролю.

9 Маркувати. Маркування необхідне для розрізнення деталей, які надходять на складання або транспортуються в інші цехи.

10 Клеймувати. Клеймування виконує ті ж функції, що і маркування

11 \*Розмір забезпечується інструментом.

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |     |                  | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  |      |

Вказівка розмірів, які забезпечуються інструментом необхідна для виключення введення додаткових обробок і додаткового контролю.

12 Структура зубів та інші технічні вимоги за ОСТ 23.4.52-83.

Посилання на ОСТ 23.4.52-83 необхідне для регламентації структури зубів та інших технічних вимог, що пред'являються до шестерні.

Також на кресленні проставлено жорстку вимогу щодо торцевого і радіального биття поверхонь до внутрішнього діаметру шліцьового отвору. Це пояснюється необхідністю забезпечення суворої паралельності торців до посадкового місця під підшипники та забезпечення найбільш точного базування.

За проведеним аналізом технічних вимог виявляється, що дана деталь має наступну точну поверхню Г, а також шліцьові і зубчасті розміри. Технічні вимоги необхідно враховувати і виконувати при обробці деталі.

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 13   |

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ОРГАНІЗАЦІЙНИХ УМОВ РОБОТИ

За ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{30}$  [3], який визначається за формулою:

$$K_{30} = \frac{\sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad (3.1)$$

де  $\Sigma O$  – сумарна кількість операцій;

$\Sigma P$  – сумарна кількість робочих місць.

Таблиця 3.1 – Визначення типу виробництва

| № операції | Операція             | $T_{ш-к}$ | $m_p$ | P | $n_{зф}$ | O  |
|------------|----------------------|-----------|-------|---|----------|----|
| 005        | Токарно-гвинторізна  | 4,4       | 0,08  | 1 | 0,08     | 10 |
| 010        | Токарно-гвинторізна  | 4,56      | 0,09  | 1 | 0,09     | 10 |
| 015        | Вертикально-протяжна | 1,38      | 0,03  | 1 | 0,03     | 31 |
| 020        | Токарна з ЧПК        | 3,88      | 0,07  | 1 | 0,07     | 11 |
| 025        | Зубофрезерна         | 10,28     | 0,19  | 1 | 0,19     | 5  |
| 030        | Круглошліфувальна    | 2,15      | 0,04  | 1 | 0,04     | 20 |
|            | Разом                | 26,65     | -     | 6 | -        | 87 |

Визначаємо кількість верстатів за формулою:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot n_3}, \text{ шт} \quad (3.2)$$

де  $N$  – річна програма випуску, шт;  $N = 3500$  шт.;

$T_{шт}$  – норма штучного часу, хв.;

$F_d$  – дієний річний фонд часу роботи обладнання, год;

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 14   |

$n_3$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$$m_{p005} = \frac{3500 \cdot 4,4}{60 \cdot 3900 \cdot 0,80} = 0,08 \text{ шт}$$

Приймаємо  $P = 1$  верстати.

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$n_{3\phi} = \frac{m_p}{P}, \quad (3.3)$$

$$n_{3\phi} = \frac{0,08}{1} = 0,08$$

Визначаємо кількість операцій, які виконуються на робочому місці визначаємо за формулою:

$$O = \frac{n_3}{n_{3\phi}}, \text{ шт} \quad (3.4)$$

$$O = \frac{0,80}{0,05} = 9,72 \approx 10 \text{ шт}$$

Результати заносимо до таблиці 3.1.

Визначаємо сумарну кількість операцій і робочих місць відповідно.

$$\sum O_i = 10 + 10 + 31 + 11 + 5 + 20 = 87$$

$$\sum P_i = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 6$$

$$K_{30} = \frac{87}{6} = 14,5$$

Так як  $10 < K_{30} = 14,5 < 20$ , то тип виробництва середньо-серійний.

Визначаємо добовий випуск деталей за формулою:

$$N_{\text{доб}} = \frac{N_{\text{річ}}}{D_p}, \text{ шт} \quad (3.5)$$

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 15   |

де  $D_p$  – кількість робочих днів у році, дні;  $D_p=253$  дня.

$$N_{\text{доб}} = \frac{3500}{253} = 14 \text{ шт}$$

Визначаємо добовий фонд часу роботи обладнання за формулою:

$$F_{\text{доб}} = \frac{60 \cdot F_d}{D_p}, \text{ хв} \quad (3.6)$$

$$F_{\text{доб}} = \frac{60 \cdot 3900}{253} = 925 \text{ хв}$$

Визначаємо середню трудомісткість механічних операцій за формулою:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_{\text{ш-к}}}{n}, \text{ хв} \quad (3.7)$$

де  $n$  – число механічних операцій,  $n=10$ ;

$$T_{\text{ср}} = \frac{26,65}{6} = 4,44 \text{ хв}$$

Добова потужність потокової лінії при її завантаженні на 60% розраховується за формулою:

$$Q_{\text{доб}} = \frac{F_{\text{доб}}}{T_{\text{ср}}} \cdot 0,6, \text{ шт} \quad (3.8)$$

$$Q_{\text{доб}} = \frac{925}{4,44} \cdot 0,6 = 208 \text{ шт}$$

Середньо-серійний тип виробництва характеризується виготовленням деталей достатньо великими серіями, але обмеженої номенклатури, які складаються з однакових за розмірами, однойменних, однотипних за конструкцією виробів, порівняно невеликими обсягами. Партії повторюються з відомою регулярністю за періодом запуску і кількістю їх у партії.

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 16   |

Партія повністю оброблюється як при виготовленні окремих деталей, так і при збиранні. Річна номенклатура ширша за номенклатуру випуску в кожному місяці. За робочими місцями закріплено більш вузьку номенклатуру операцій, Кз.о = 10 – 20 операцій.

В середньо-серійний типі виробництва застосовуються різні види верстатів: універсальні, з ЧПК спеціалізовані, спеціальні, автоматизовані, агрегатні. Верстатний парк повинен бути спеціалізований в такій мірі, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до виробництва інших, що трохи відрізняються від першої в конструктивному відношенні.

Пристосування можуть бути як універсально-налагоджувальними (УНП) і універсально-збірними (УСП), так і спеціальними. Це дозволяє знизити трудомісткість і здешевити виробництво. Різальний і вимірювальний інструмент також використовується різноманітний: стандартний і спеціальний, калібри і шаблони, що забезпечують взаємозамінність оброблених деталей.

Оснащення та устаткування в серійному виробництві можна застосовувати досить широко, тому що при повторюваності процесів виготовлення тих самих деталей зазначені засоби виробництва дають техніко-економічний ефект, що з великою вигодою окупає виграти на них.

Вид руху предметів праці – паралельно-послідовний. Форма організації виробничого процесу – предметна, групова, гнучка предметна.

Серійне виробництво є економніше, ніж одиничне, так як ефективно використання устаткування, спеціалізація робітників, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

Середня кваліфікація робітників вища, ніж у масовому виробництві, але нижче ніж в одиничному. Поряд з робітниками високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах, а також наладчиками використовуються робітники-оператори, що працюють на настроєних верстатах [5].

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 17   |

Серійне виробництво характеризується випуском деталей партіями, тому визначаємо кількість деталей в партії за формулою [3]:

$$n = \frac{N \cdot a}{253}, \text{ шт} \quad (3.9)$$

де  $a$  – періодичність запуску в днях,  $a = 6$  днів;

$$n = \frac{3500 \cdot 6}{253} = 83 \text{ шт}$$

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 18   |

#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Деталь «Шестерня 030501.08.03.02» – тіло обертання з елементами зубчастого зачеплення [5]. Шестерня має центральний ступінчастий отвір  $\varnothing 43$  мм зі шліцами посередині, два точних посадочних місця під підшипники  $\varnothing 60js6$  мм, зубчастий вінець з модулем  $m = 5$  і числом зубів  $z = 19$ .

Шестерня розміщена в коробці передач і передає крутний момент. Деталь дуже навантажена, так як працює в постійному зачепленні з іншого шестернею, тому піддається термообробці. Деталь запресована в підшипники (по поверхнях Г), які в свою чергу встановлюються в корпус коробки передач. Тому до поверхні Г пред'являються дуже високі вимоги по точності і шорсткості, щоб виключити биття шестірни.

В якості матеріалу деталі прийнята легована конструкційна якісна хромо-марганцева сталь. Оброблюваність різанням такої сталі задовільна, можливо легко або без особливих труднощів отримати необхідну шорсткість поверхні. Вміст в сталі сірки 0,035% покращує її оброблюваність, так як в сталі утворюється крихка складова, яка у вигляді безлічі субмікроскопічних включень порушує суцільність фериту. Збільшення вмісту марганцю веде до підвищення міцності сталі і зниження її пластичності, внаслідок чого оброблюваність сталі поліпшується.

Але в той же час вміст в сталі алюмінію і кремнію знижує її оброблюваність і зменшує можливість отримання необхідної шорсткості, так як в сталях утворюються оксиди алюмінію і кремнію, які призводять до швидкого зношування оброблюваного інструменту. Вміст хрому в сталі погіршує її оброблюваність, але не настільки, щоб зробити хромомісткі сталі важкооброблюваними. Нікель, молібден, ванадій погіршують оброблюваність сталі, але при їх наявності, сталі, перед обробкою різанням повинні бути піддані відповідній термообробці. Тому, вміст в сталі таких елементів, як алюміній, кремній, хром, нікель, молібден і ванадій строго обмежується.

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 19   |



Таким чином, дана сталь технологічна і відповідає умовам експлуатації за своїми механічними властивостями.

В якості термічної обробки при виготовленні даної шестерні застосовується цементация, що є хіміко-термічною обробкою. Цементация здійснюється з метою отримання високої твердості на поверхні виробу при збереженні в'язкої серцевини, вона сприяє підвищенню зносостійкості і межі витривалості, так як концентрація вуглецю в периферійній зоні поверхневого шару значно впливає на показники міцності.

Щодо технологічності даного виду термообробки можна відзначити, що даний спосіб дозволяє повністю механізувати і автоматизувати технологічний процес, забезпечити високу якість продукції, скоротити тривалість обробки, зменшити виробничу площу.

Раціональний вибір технологічних баз сприяє зниженню трудомісткості, підвищенню точності і стабільності обробки. В даному випадку основними технологічними базами при механічній обробці, в основному – при нарізанні зубів, є один з торців і вісь посадкового шліцьового отвору. Допоміжними технологічними базами є зовнішня циліндрична поверхня і вісь симетрії шестерні.

Порядок проставляння розмірів на кресленні деталі прямо пов'язаний з призначенням технологічних баз. Він визначає можливість обробки деталі по найбільш раціональному і економічному технологічному процесу. Від проставляння розмірів залежить послідовність технологічних операцій, конструкції пристроїв і засобів вимірювання. Завдання раціонального проставляння розмірів полягає в тому, щоб повніше задовольнити як конструкторські, так і технологічні вимоги креслення. Найбільш доцільно, щоб технологічна база збігалася з вимірювальною, щоб виключити похибку базування.

Для даної деталі виконується вимога збігу вимірювальних і технологічних баз, так як найбільше число розмірів проставлено від однієї з

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |     |                  | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  |      |

основних технологічних баз – торця, що є позитивним для механічної обробки деталі.

Трудомісткість механічної обробки тим вище, чим складніше ці поверхні по своїх геометричних формах, чим більше їх протяжність і чим вище вимоги по точності і класам чистоти оброблюваних поверхонь.

Тому при конструюванні деталей слід передбачати більшу кількість поверхонь деталей без подальшої механічної обробки, а поверхні, що вимагають обробки, повинні мати гранично прості геометричні форми, мінімально допустимі розміри і припуски.

Дану деталь за своєю геометричною формою можна назвати технологічною, хоча ряд поверхонь мають складні форми.

Заготівка даної деталі має досить просту симетричну форму, окреслену зовнішніми конічними і циліндричними поверхнями. Заготівка не має перетину циліндричних поверхонь, ребристих перетинів великих перепадів в перерізі, бобишек, платиків тощо. Отвір, що отримується в заготівці, також має просту форму, окреслену циліндричними поверхнями. Виходячи з вищезгаданого, обрана конфігурація заготовки є технологічною для обраного способу її виготовлення. Для отримання заготовки був обраний спосіб штампування на пресі, як економічно більш доцільний метод при отриманні штампунків з високими механічними властивостями в умовах серійного виробництва.

Основним технологічним завданням при обробці «шестерні» є забезпечення: точності розміру  $\phi 60_{js6}$ ; биття поверхні Г відносно поверхні А не більше 0,04 мм; торцеве биття вінця зубів відносно поверхні А не більше 0,08 мм; якості поверхневого шару поверхні Г Ra 1,25 мкм, торцевих поверхонь – Ra 2,5 мкм, шліців – Ra 3,2 мкм; точності взаємного розташування  $\phi 43^{+1}$  відносно поверхні А не більше R = 0,75 мм.

Особливих вимог щодо точності форми поверхні не пред'являється.

Отже, за аналізом деталі на технологічність, вважаємо, що шестерня є технологічною.

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 21   |

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Найважливішим фактором при виборі виду заготовки є економія металу. Значне скорочення витрат металу досягається при використанні технологічних процесів маловідходного виробництва заготовок, розміри яких максимально наближаються до розмірів деталей. Економія металу досягається завдяки зниженню припусків під механічну обробку і підвищення точності розмірів заготовки [5].

Відповідно до конфігурація заготовки доцільним методом є штампування на пресі, для якого характерна висока точність розмірів через сталості ходу преса, більш досконалої конструкції штампів, поліпшені умови праці внаслідок менших шумових ефектів, більш висока продуктивність, зниження собівартості продукції за рахунок зниження витрати металу і експлуатаційної вартості.

За ГОСТ 7505-89 клас точності даної заготовки – Т3. Група сталі – М2 [17]. Ступінь складності штамповки визначається з відношення:

$$C = \frac{M_{\text{ш}}}{M_{\text{ф}}}, \quad (5.1)$$

де  $M_{\text{ш}}$  – орієнтовна маса штамповки, кг;

$M_{\text{ф}}$  – маса фігури, в яку можна вписати штамповану заготовку, кг.

Орієнтовна маса штамповки визначається за формулою:

$$M_{\text{ш}} = M_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}}, \text{ кг} \quad (5.2)$$

де  $K_{\text{р}}$  – коефіцієнт для визначення орієнтовної маси штамповки;  $K_{\text{р}} = 1,5$ .

$$M_{\text{ш}} = 2,95 \cdot 1,6 = 4,72 \text{ кг} \quad (5.3)$$

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 22   |

Масу фігури, в яку можна вписати заготовку, визначаємо за формулою, беручи розміри деталі, збільшені на 1,05.

$$M_{\phi} = V_{\phi} \cdot \gamma, \text{ кг} \quad (5.4)$$

де  $V_{\text{заг}}$  – загальний об’єм;

$\gamma$  – густина сталі;  $\gamma = 7,85 \times 10^{-6} \text{ кг} \times \text{мм}^3$ ;

$$V_{\phi} = \frac{\pi D_{\phi}^2 l_{\phi}}{4}, \text{ мм}^3 \quad (5.5)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 107,6^2 \cdot 113,4}{4} = 1030641 \text{ мм}^3$$

$$M_{\phi} = 1030641 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 8 \text{ кг}$$

$$C = \frac{4,72}{8} = 0,59$$

Так, як  $0,32 < 0,59 < 0,63$ , то приймаємо ступінь складності С2. Вихідний індекс – 12 [17].

Розраховуємо розміри заготовки. Дані заносимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок розмірів заготовки

| Розмір деталі | Клас точності | Шорсткість | Припуск | Допуск       | Розмір заготівки                       |
|---------------|---------------|------------|---------|--------------|--|
| ø 102,5       | 12            | 12,5       | 2,8 × 2 | +1,8<br>-1,0 | ø 108 <sup>+1,8</sup> <sub>-1,0</sub>  |
| ø 69          | 14            | 12,5       | 2,2 × 2 | +1,4<br>-0,8 | ø 73 <sup>+1,4</sup> <sub>-0,8</sub>   |
| ø 60          | 6             | 1,25       | 2,2 × 2 | +1,4<br>-0,8 | ø 64,4 <sup>+1,4</sup> <sub>-0,8</sub> |
| ø 38          | 11            | 3,2        | 2,0 × 2 | +0,7<br>-1,3 | ø 28 <sup>+0,7</sup> <sub>-1,3</sub>   |
| 43            | 14            | 12,5       | 2,2 × 2 | +1,4<br>-0,8 | 47,4 <sup>+1,4</sup> <sub>-0,8</sub>   |
| 108           | 14            | 6,3        | 2,5 × 2 | +1,6<br>-0,9 | 113 <sup>+1,6</sup> <sub>-0,9</sub>    |

Виконуємо ескіз заготовки (рис. 5.1).

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 23   |







## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Маршрут обробки встановлюємо виходячи з вимог робочого креслення і прийнятої заготовки (рис. 5.1, табл. 6.1), враховуючи типовий технологічний процес обробки деталей типу «шестерні» [16].

Таблиця 6.1 – Базовий технологічний процес

| Найменування операції       | Короткий зміст операції  | Базування                | Обладнання |
|-----------------------------|--|--------------------------|------------|
| 1                           | 2  | 3                        | 4          |
| 005<br>Заготівельна         | Штампувати на пресі  | -                        | -          |
| 010 Токарно-гвинторізна     | Точити поверхню $\phi 61,1_{-0,4}$ і $31_{-1}$   | Центрові отвори          | 16К20      |
| 015 Токарно-гвинторізна     | 1 Точити торець $108_{-0,87}$ мм;<br>2 Точити отвір $\phi 43^{+1}$ мм;<br>3 Точити поверхню $\phi 60,4_{-0,2}$<br>4 Точити фаски $3 \times 45^\circ, 1 \times 45^\circ,$ | Центрові отвори          | 16К20      |
| 020<br>Вертикально-протяжна | Протягнути шліцьовий отвір розмірами $\phi 32^{+10,3}$ ; $\phi 38^{+0,19}$ ; $6_{+0,02}^{+0,16}$ ; R03max, $0,5 \times 45^\circ$   | Торець заготовки і отвір | 7Б77       |
| 025 Токарна з ЧПК           | 1 Точити поверхні $\phi 102,5_{-0,35}$ мм, $\phi 60,4_{-0,2}$ мм; $\phi 69_{-1}^{+2}$  | Центрові отвори          | 16К20Ф3    |
| 030 Технічний контроль      | Контролювати розміри   | -                        | Стіл ВТК   |





## 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків проводимо для поверхні  $\varnothing 60$  js6 мм за допомогою ПК за методикою, викладеною в [3].

Величину розрахункового мінімального припуску визначаємо за формулою:

$$2z_{\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}), \text{ мкм} \quad (6.1)$$

де  $R_{zi-1}$  - висота мікронерівностей, які залишаються після попередньої операції або переходу, мкм;

$T_{i-1}$  - глибина дефектного шару, які залишаються після попередньої операції або переходу, мкм;

$\rho_{i-1}$  - сумарне значення просторових відхилень, які залишаються після попередньої операції або переходу, мкм.

Сумарне відхилення розташування заготовки визначаємо за формулою:

$$\rho = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кр}^2}, \text{ мкм} \quad (6.2)$$

де  $\rho_{зм}$  – похибка зміщення заготовки, мкм;  $\rho_{зм} = 1000$  мкм за ГОСТ 7505-89;

$\rho_{кр}$  – похибка кривизни заготовки, мкм;  $\rho_{кр} = 50$  мкм.

$$\rho = \sqrt{1000^2 + 50^2} = 1001 \text{ мкм}$$

Для решти операцій величину просторових відхилень визначаємо за формулою:

$$\rho_{\text{зал}} = k_y \cdot \rho_{\text{зар}}, \text{ мкм} \quad (6.3)$$

де  $k_y$  – коефіцієнт уточнення форми, залежить від виду обробки.

Для чорнового точіння  $k_y = 0,06$ ; для чистового точіння  $k_y = 0,04$ ; для шліфування –  $k_y = 0,02$ .

Розраховуємо  $\rho$  для кожного переходу:

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |     |                  | 29   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  |      |















- робоча ширина столу 710 мм;
- відстань від салазок до осі отвору в столі 200 мм;
- найбільша довжина ходу салазок 1600 мм;
- швидкість робочого ходу протяжки 1,0-7,9 м/хв;
- рекомендована швидкість зворотного ходу протягання 16 м/хв;
- потужність електродвигуна приводу головного руху 57 кВт.

На 025 операції застосовуємо верстата з ЧПК 16K20Ф3. Технічні характеристики верстата [15, 16]:

- найбільший діаметр, оброблюваної заготовки
- над станиною, мм 400
- над супортом, мм 220
- найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм 1000
- частота обертання шпинделя, об/хв 12,5...2000
- кількість швидкостей шпинделя, 22
- повздовжня подача супорта, мм/об 3...1200
- поперечна подача супорта, мм/об 1,5...600
- число ступеней подач б/с
- потужність електродвигуна головного руху, кВт 10
- габарити верстата, мм 3360×1710×1750
- маса верстат, кг 4000

#### 6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

В умовах серійного типу виробництва можуть використовуватися універсальні та спеціальні пристосування, різальний та вимірювальний інструмент [5].

На 020 Вертикально-протяжній операції вибираємо наступне устаткування [15, 16]: пристосування спеціальне – для закріплення заготовки;

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 36   |

різальний інструмент: протяжка шліцьова Р6М5 2402-2415 ГОСТ 25972-83; вимірювальний інструмент: калібр-пробка шліцьова 8311-0441 ГОСТ 24960-81; зразок шорсткості 3,2 Т ГОСТ 9378-93 – для контролю шорсткості обробленої поверхні.

На операції 025 Токарній з ЧПК вибираємо наступне устаткування [15, 16]: пристосування – пристосування спеціальне – для закріплення заготовки на верстаті; різальний інструмент: різець токарний прохідний 2100-1513 ГОСТ 26611-85 зі змінною твердосплавною пластиною Т15К6 для обробки зовнішньої циліндричної поверхні. Розмір державки – 25x25 мм; товщина пластини – 6,4 мм; різець токарний прохідний упорний 2103-1111 ГОСТ 18879-73.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-II-160-0,05 ГОСТ 166-89 – для контролю розмірів; шаблон 2×45° ГОСТ 10948-64 – для контролю фасок; зразок шорсткості 3,2 Т ГОСТ 9378-93 – для контролю шорсткості обробленої поверхні.

### 6.5 Розрахунки режимів різання

Проведемо розрахунки режимів різання на вертикально-протяжну операцію, яка виконується на вертикально-протяжному верстаті 7Б77 за [10, 13, 15, 16], дані заносимо в табл. 6.12.

Визначення режиму різання при протягуванні починаємо із встановлення групи оброблюваності протягнутого матеріалу (таблиця 53, с.299). Група оброблюваності – І.

Подача при протягуванні являється елементом конструкції протяжки.

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = P \cdot B, H \quad (6.1)$$

де  $P$  – сила різання в Н на 1мм довжини різальної кромки, таблиця 54 (с. 300).

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |     |                  | 37   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  |      |

При обробці легованої сталі  $P = 785 \text{ Н}$ .

$B$  – сумарна довжина різальних кромки, які одночасно беруть участь у різанні.

$$B = \pi \cdot D \cdot \frac{Z_p}{Z_c}, \text{ мм} \quad (6.2)$$

де  $Z_p$  – найбільше число одночасно працюючих зубів протяжки;

$Z_c$  – число зубів протяжки в секції;

$$Z_p = \frac{l}{t} + 1, \quad (6.3)$$

де  $l$  – довжина протягуваного отвору, мм;

$t$  – крок зубів протяжки;

$$Z_p = \frac{58}{16} + 1 = 5$$

$$B = 3,14 \cdot 38 \cdot \frac{5}{2} = 298 \text{ мм}$$

$$P_z = 785 \cdot 298 = 233 \text{ кН}$$

Перевіряємо чи достатня тягова сила верстата. Необхідно щоб виконувалася умова:

$$P < Q, \quad (6.4)$$

де  $Q$  – тягова сила верстата, кН;

$$233 < 400.$$

Отже, протягування можливе.

Визначаємо швидкість різання (табл. 52). При групі швидкості різання I  $V_{\text{різ}} = 3 \text{ м/хв}$ .

Визначаємо швидкість різання, допустиму потужністю електродвигуна верстата за формулою:

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 38   |



холостого ходу (вибирається з паспорта верстата);

$$K = \frac{V}{V_x} + 1, \quad (6.8)$$

$$K = \frac{3}{16} + 1 = 1,19$$

$i$  – число проходів.

$$T_0 = \frac{660}{1000 \cdot 3 \cdot 1} \cdot 1,19 \cdot 1 = 0,26 \text{ хв}$$

Операція 030 Токарна з ЧПК. Розрахунки виконуємо аналітично для чорнового точіння зовнішньої циліндричної поверхні за [10, 13, 15, 16], дані заносимо в табл. 6.12.

Визначаємо глибину різання за формулою:

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм} \quad (6.9)$$

де  $D$  – діаметр заготовки, мм;

$d$  – діаметр деталі, мм.

$$t = \frac{104,5 - 102,5}{2} = 1 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу (табл.11, с.266).  $S_0 = 0,5$  мм/об. Коректуємо за паспортними даними верстата. Приймаємо  $S_0 = 0,5$  мм/об.

Визначаємо період стійкості різця. Період стійкості токарного різця приймаємо  $T = 60$  хв (с.268).

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S_0^y} K_v, \text{ м/хв} \quad (6.10)$$

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |     |                  | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  |      |

де  $C_v$ ,  $q$ ,  $m$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $u$ ,  $p$  – коефіцієнт та показники степеня на швидкість різання (табл. 17 с. 269). Приймаємо  $C_v=350$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,45$ ;  $m=0,2$ .

$K_v$  – поправний коефіцієнт на швидкість різання;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (6.11)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу (табл.1, с.261). Для обробки сталі маємо:

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (6.12)$$

де  $K_r$  – коефіцієнт, що характеризує групу сталі за оброблюваністю (табл.2, с.262)  $K_r = 1,0$ ;

$\sigma_B$  – межа міцності, МПа;  $\sigma_B = 980$  МПа;

$n_v$  – показник степеню на швидкість (табл.2, с.262). При обробці сталі  $n_v = 1,0$ .

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{980} \right)^{1,0} = 0,77$$

$K_{pv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки матеріалу (табл. 5, с. 263);  $K_{pv} = 0,8$ ;

$K_{iv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу (табл. 6, с. 263);  $K_{iv} = 1,0$ ;

$$K_v = 0,77 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,64$$

$$V = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 1,0^{0,15} \cdot 0,5^{0,45}} \cdot 0,64 = 140 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделю за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}, \text{ об/хв} \quad (6.13)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 140}{3,14 \cdot 105} = 424 \text{ об/хв}$$

|      |      |          |        |     |  |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|--|------------------|------|
|      |      |          |        |     |  | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |  |                  | 41   |

Коректуємо частоту обертання шпинделю за паспортними даними верстата:  $n_d = 500$  об/хв.

Визначаємо дійсну швидкість головного руху різання за формулою:

$$V_d = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/хв} \quad (6.14)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 105 \cdot 500}{1000} = 165 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = C_p \cdot t^x \cdot s_0^y, \text{ Н}$$

де  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – поправні коефіцієнти на силу різання;  $C_p = 300$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;

$$P_z = 300 \cdot 1,0^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} = 178 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (6.15)$$

$$N = \frac{178 \cdot 165}{1020 \cdot 60} = 4,8 \text{ кВт}$$

Перевіряємо чи достатня потужність приводу головного руху верстата. Необхідно, щоб виконувалася умова:

$$N_e \leq N_{\text{шп}} \quad (6.16)$$

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (6.17)$$

де  $N_d$  – потужність верстата за паспортними даними;  $N_d = 10$  кВт;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії;  $\eta = 0,85$ .

$$N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ кВт}$$

Умова виконується ( $4,8 < 8,5$ ), отже обробка можлива.

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |     |                  | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  |      |





## 6.6 Технічне нормування операцій

В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного часу розрахунково-аналітичним методом в наступній послідовності [3, 11, 14].

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шт-шк}} = \frac{T_{\text{пз}}}{n_3} + T_{\text{шт, хв}} \quad (6.21)$$

де  $T_{\text{пз}}$  – підготовчо-заключний час, хв.;

$n_3$  – розмір партії деталі, що запускається у виробництво, шт.

$T_{\text{шт}}$  – штучний час на операції, хв.

Визначаємо штучний час на операцію за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{орг}} + a_{\text{відп}}}{100}\right), \text{ хв} \quad (6.22)$$

де  $T_{\text{оп}}$  – операційний час, хв.;

$a_{\text{орг}}$  – витрати часу на технічне обслуговування робочого місця, %;

$a_{\text{відп}}$  – витрати часу на відпочинок та особисті потреби, %.

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{д}}, \text{ хв} \quad (6.23)$$

де  $T_0$  – основний час на операцію, хв.;

$T_{\text{д}}$  – допоміжний час на операцію, хв.;

$$T_{\text{д}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{пк}} + T_{\text{вим}}, \text{ хв} \quad (6.24)$$

де  $T_{\text{уст}}$  – час на установку та зняття деталі, хв.;

$T_{\text{пк}}$  – час на прийоми керування, хв.;

$T_{\text{вим}}$  – час на вимірювання, хв.

Технічне нормування вертикально-протяжної операції.

$$T_{\text{д}} = 0,13 + 0,18 + 0,12 + 0,024 = 0,454 \text{ хв}$$

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |     |                  | 44   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  |      |

$$T_{оп} = 0,26 + 0,454 = 0,714 \text{ хв}$$

$$T_{шт} = 0,714 \cdot \left(1 + \frac{5 + 8}{100}\right) = 0,81 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час визначаємо за табл. 6.5 с. 217, враховуючи час на наладку верстата та інструменту та додаткові прийоми,  $t_{пз}=11$  хв.

$$T_{шт-шк} = \frac{11}{83} + 0,81 = 0,94 \text{ хв}$$

Технічне нормування токарної з ЧПК операції.

$$T_{д} = 0,15 + 0,186 + 0,24 = 0,58 \text{ хв}$$

$$T_{оп} = 1,28 + 0,58 = 1,86 \text{ хв}$$

$$T_{шт} = 1,86 \cdot \left(1 + \frac{5 + 8}{100}\right) = 2,10 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час визначаємо за табл. 6.5 с. 217, враховуючи час на наладку верстата та інструменту та додаткові прийоми,  $t_{пз}=24$  хв.

$$T_{шт-шк} = \frac{24}{83} + 2,1 = 2,4$$

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 45   |

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ УСТАНОВЛЕННЯ І ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

В умовах різного виробництва до конструкцій пристосувань і їх приводів пред'являють різні вимоги, в залежності від яких визначаються ступінь спеціалізації пристосувань, рівень їх механізації і автоматизації і основні напрямки подальшого розвитку [5].

В серійному виробництві економічно виправдовується застосування спеціальних пристосувань з вбудованими або прикріплюється силовим приводом (перевага пневматичним або гідравлічним) [2, 4].

Крім загальних вимог - точність, жорсткість, компактність, - головне завдання при конструюванні зводиться до механізації та автоматизації пристосувань з метою підвищення точності обробки, продуктивності і полегшення праці робітників.

При розробки конструкції верстатного пристосування необхідно прагнути до зменшення часу на установку і знімання оброблюваної деталі, до підвищення режимів різання [2, 4].

У роботі розробляється затискне пристосування, яке використовується на операції 025 Токарна з ЧПК. На даній операції оброблюється контур деталі.

Точність форми та розміщення поверхонь.

Конструктором задано допуск радіального биття 0,04 відносно бази А циліндричної поверхні  $\varnothing 60_{js6}$  мм і торцевого биття 0,08 відносно бази А торця  $31 \pm 1$  мм. Точність форми та розміщення інших поверхонь виконуємо відповідно за ГОСТ 24643-81.

Виявлення кількісних та якісних даних про заготовку.

До даної операції на заготовці були підготовлені чистові бази: шліцьовий отвір ( $\varnothing 38$  мм); торець (108 мм).

Шорсткість базових поверхонь – Ra 3,2 мкм та Ra 6,3 відповідно мкм.

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 46   |

Верстат має систему охолодження. Стружка видаляється з зони різання, стола верстата при виключеному обладнанні. Захисний кожух не дозволить в процесі обробки розлітатися стружці та охолоджуючій рідині.

Робоча температура навколишнього середовища  $t = 20^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ , відносна вологість повітря 80%, атмосферний тиск  $P_{\text{ат}} = 86...106$  кПа, швидкість руху повітря – 0,5 м/с, частота вібрації, виниклих в результаті роботи обладнання в цеху  $f=20-30$  Гц, освітлення приміщення (місцеве освітлення) 1500 Люкс [2].

Складання переліку виконуваних функцій [4].

Даний перелік функцій дозволяє попередньо ознайомитись з об'ємом робіт по використанню пристосування та зробити аналіз функцій: 0 – Переміщення та попередня орієнтація пристосування; 1 – Базування заготовки; 2 – Закріплення заготовки; 3 – Базування пристосування на верстаті; 4 – Закріплення пристосування на верстаті; 5 – Підвід та відвід енергоносіїв; 6 – Утворення сили для закріплення; 7 – Управління енергоносіями; 8 – Обробка заготовки; 9 – Досягнення безпечних умов праці; 10 – Об'єднання функціональних вузлів.

Розрахунок затискного пристрою [2].

Затискний пристрій являє собою шліцьову оправку, за профілем і кількістю западин і виступів рівну шліцьовому отвору на деталі. Дане пристосування необхідне, так як шліцьовий отвір є базовим (до деталі пред'являють жорсткі вимоги щодо торцевого биття). Шліцьова оправка кріпиться на шпindelь верстата, за допомогою стандартних болтів і гайок, і через шток з'єднується з обертовим пневматичним циліндром.

Центрування і затиск деталі здійснюється під дією осьової сили  $Q$  на шток з вбудованого пневмоциліндра.

Шліцьова оправка складається з плити, яка кріпиться на шпindelь верстата за допомогою болтів М16х45.66 ГОСТ 7808-70, до якої в свою чергу кріпиться конусоподібний палець за допомогою гвинтів М10х40.66 ГОСТ

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 47   |

11738-72. На конус пальця вільно входить втулка, яка під дією сил з боку тяги має властивість розтискати, а без зусиль приймати початкове положення. Не менш важливим елементом в шліцьовій оправці є штовхач, який сприяє швидкому роз'єднанні втулки і пальця. Для його руху на тягу надіта шайба.

Принцип роботи шліцьової оправки полягає, в тому, що під дією з боку пневмоциліндра тяга шліцьової оправки, рухаючись у напрямку до нього, тисне на втулку, яка в свою чергу, ковзаючи по конусу пальця, розтискається, центрує й затискає деталь. При русі тяги в зворотному напрямку шайба тисне на штовхач, який в свою чергу сприяє роз'єднанню втулки і пальця і деталь легко знімається.

У нашому випадку необхідно вибрати поршневий двосторонній пневматичний циліндр, що закріплюються на кінці шпинделя верстата.

Пневмоциліндр, що обертається, призначений для роботи на стислому повітрі при тиску до  $6 \text{ кг/см}^2$ , очищеному від вологи, кислот і механічних домішок і насиченому розпиленним маслом. Стиснене повітря до циліндра підводиться за допомогою муфт, які проводять повітря.

Циліндр складається з корпусу з кришкою, поршня зі штоком і повітропідвідних муфт М. В отвір корпусу зцентровано і затягнуто гайкою: опорний валик муфти зі встановленими на ньому ущільнювальними манжетами V-подібного перетину і шарикопідшипником, останні необхідні в зв'язку з тим, що корпус муфти, під час обертання циліндра з опорним валиком, повинен залишатися нерухомим. Для кожної пари манжет закладені розпірні кільця з радіальними отворами для проходу повітря, і, крім того, для фіксації манжет передбачені упорні кільця. Під дією повітря поршень рухається і пускає в хід оправку, на якій закріплена деталь.

Всі пневмоциліндри стандартні і їх розміри залежать від необхідної сили затиску деталі на даній операції. Тому нам необхідно розрахувати силу затиску, враховуючи масу заготовки і складові сили різання, а потім по довідковій таблиці приймаємо діаметр циліндра.

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 48   |

Інші параметри пневмоциліндру приймаємо за ГОСТ 15608-81.

Для затиску і подальшої обробки деталі застосовується шліцева оправка у з'єднанні з пневмоциліндром. Найбільше чисельне значення сили різання на даній операції при точінні зовнішньої циліндричної поверхні, що дорівнює 366 Н.

Для забезпечення надійності затиску заготовки визначаємо коефіцієнт запасу за формулою:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (7.1)$$

де  $K_0$  – гарантований коефіцієнт запасу,  $K_0 = 1,5$ ;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності припуску,  $K_1 = 1,0$ ;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструменту,  $K_2 = 1,;$

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при перервному різанні,  $K_3 = 1,2$ ;

$K_4$  – коефіцієнт, що залежить від постійності сили затиску,  $K_4 = 1$ ;

$K_5$  – коефіцієнт, що залежить від ергономіки ручного приводу,  $K_5 = 1,0$ ;

$K_6$  – коефіцієнт, що враховує моменти, які намагаються повернути заготовку,  $K_6 = 1,5$ .

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,7$$

Зусилля затиску визначаємо за формулою:

$$W_{\text{п}} = P_z \cdot K, \text{ Н} \quad (7.2)$$

$$W_{\text{п}} = 366 \cdot 2,7 = 988 \text{ Н}$$

Визначаємо розрахунковий діаметр пневмоциліндра за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4W}{0,785 \cdot p \cdot \eta}}, \text{ мм} \quad (7.3)$$

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 49   |

де  $p$  – тиск повітря у пневмомережі, МПа;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії.

$$D = \sqrt{\frac{988}{0,785 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 30 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр  $D = 100$  мм.

Визначаємо дійсну силу затиску пневмоциліндру за формулою:

$$W_{\Pi} = 0,78 \cdot D_n^2 \cdot p \cdot \eta, \text{ Н} \quad (7.4)$$

$$W_{\Pi} = 0,78 \cdot 100^2 \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 2826 \text{ Н}$$

Визначаємо час спрацювання циліндру за формулою:

$$T_c = \frac{D_{\Pi} \cdot L_x}{d_0^2 \cdot V_c}, \text{ Н} \quad (7.5)$$

де  $L_x$  – довжина ходу поршня, мм;

$d_0$  – діаметр повітропроводу, мм;  $d_0 = 6$  мм;

$V_c$  – швидкість переміщення стиснутого повітря, м/с;  $V_c = 180$  м/с.

$$T_c = \frac{1000 \cdot 30}{6^2 \cdot 1800} = 0,46 \text{ с}$$

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 50   |

## ВИСНОВКИ

Під час виконання бакалаврської роботи був виконаний наступний обсяг роботи:

- проведено аналіз службового призначення КамАЗ-5320 і його трансмісії. Виконано опис конструктивних особливостей шестерні та умов її експлуатації. Проведено аналіз технічних вимог на виготовлення.

- встановлено, що тип виробництва середньо-серійний;
- проаналізовано деталь на технологічність;
- проведено техніко-економічні розрахунки оптимального варіанта виготовлення заготовки і прийнято заготовку, отриману на КГШП.

У процесі виконання роботи було докладно розроблено дві операції: вертикально-протяжну та токарну з ЧПК: обрані найбільш раціональні схеми базування, металорізальне обладнання, верстатне технологічне оснащення; проведений розрахунок режимів різання та технічне нормування операцій.

Розраховане і спроектоване спеціальне пристосування для токарної з ЧПК операції та розроблена карта наладки на вертикально-протяжну операцію.

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 51   |



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1 Анализ технических требований, выявление технологических задач, возникающих при изготовлении деталей, и технологический анализ конструкций / Под ред. А.Г. Косиловой. – М.: МВТУ, 1982. – 36 с.

2 Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – М.; Л.: Машиностроение, 1964. – 652 с.

3 Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск: «Высшая школа», 1983. – 256 с., ил.

4 Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник / А. К. Горошкин. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.

5 Егоров, М. Е. Технология машиностроения / М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев. Под ред. М. Е. Егорова. – Изд. 2-е и доп. – М.: Высшая школа, 1976. – 534 с.

6 Колесов, И. М. Служебное назначение изделия и технические условия/ И. М. Колесов. – М.: Знание, 1977. – 64 с.

7 Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. Стали и чугуны. Т. II-2 / Г.Г. Мухин, А.И. Беляков, Н.Н. Александров и др.; Под общ. ред. О.А. Банных и Н.Н. Александрова. – М.: «Машиностроение», 2001. – 784 с., ил.

8 Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов.–Суми : Сумський державний університет, 2011.–55 с.

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |     |                  | 52   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  |      |



19 Назначение коробки передач [Электронный ресурс]/Строй-Техника.ру.// Строительные машины и оборудование, справочник. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://stroy-technics.ru/article/naznachenie-korobki-peredach> – Название с экрана.

20 Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.

|      |      |          |        |     |                  |      |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
|      |      |          |        |     | ТМ 19090002-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат |                  | 54   |