

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 | 12 |
| 4 Аналіз технологічності конструкції деталі..... | 17 |
| 5 Вибір способу отримання заготовки та розробка технічних вимог до неї | 19 |
| 6 Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу виготовлення деталі..... | 24 |
| 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку | 26 |
| 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки..... | 28 |
| 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів | 32 |
| 6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів..... | 33 |
| 6.5 Розрахунки режимів різання | 34 |
| 6.6 Технічне нормування операцій..... | 42 |
| 7 Проектування верстатного пристрою для установаження і закріплення заготовки | 44 |
| Висновки | 47 |
| Перелік джерел посилання | 48 |
| Додаток А | |
| Додаток Б | |
| Додаток В | |
| Додаток Г | |

| | | | | | | | | | |
|-----------|------|--------------|--------|------|--|------|------|---------|-----------------|
| | | | | | ТМ 19090057-00 ПЗ | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | Проектування технологічного процесу виготовлення валу ведучого 011.24.01 | Літ. | Арк. | Акрушіє | |
| Розробив | | Писанка Б.В. | | | | | 4 | 50 | |
| Перевіриє | | Яшина Т.В. | | | | | | | |
| Н. Контр. | | Динник О.Д. | | | | | | | |
| Затверд. | | Іванов В.О. | | | | | | | КІ СумДУ, ТМ-71 |

ВСТУП

Рівень розвитку машинобудування є визначальним фактором розвитку всього господарського комплексу країни. Найважливішими умовами прискорення розвитку господарського комплексу є зростання продуктивності праці, підвищення ефективності виробництва і поліпшення якості продукції.

Використання досконаліших методів виготовлення машин має при цьому першорядне значення. Якість машини, надійність, довговічність і економічність в експлуатації залежать не тільки від досконалості її конструкції, але і від технології її виготовлення.

Інженер-технолог стоїть останнім у ланцюгу створення нової машини і від об'єму його знань і досвіду багато в чому залежить її якість.

Ці основні передумови визначають наступні найважливіші напрямки розвитку технології механічної обробки в машинобудуванні.

1 Удосконалення існуючих та пошук нових високопродуктивних методів і засобів виконання різко зрослих за обсягом оздоблювальних операцій з метою підвищення точності обробки і скорочення їх трудомісткості.

2 Удосконалення існуючих та пошук нових високопродуктивних процесів виконання напівчистових і чистових операцій металевим і абразивним ріжучим інструментом.

3 Комплексна механізація і автоматизація технологічних процесів на основі застосування автоматичних ліній, автоматизованих і напівавтоматизованих верстатів, засобів активного контролю, швидкодіючого технологічного оснащення, групових методів обробки технологічно подібних деталей.

4 Розвиток процесів формоутворення пластичним деформуванням і застосування методів тонкого пластичного деформування для оздоблювальних операцій.

5 Розвиток електрофізичних і електрохімічних методів обробки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 5 |

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

ЗІЛ-131 – вантажний автомобіль, створений у 1966 році. Має колісну формулу 6х6 (рис.1.1) [18].



Рисунок 1.1 – Автомобіль ЗІЛ-131

Кузов – дерев'яна платформа з відкидним заднім бортом, в ґратах бічних бортів передбачені відкидні лавки на 16 посадочних місць, є додаткова середня знімна лавка на 8 місць, кузов накривається тентом на встановлювані дуги. На ЗІЛ-131 встановлений V-образний 8-циліндровий двигун потужністю 150 к.с., уніфікований з двигуном автомобіля ЗІЛ-130, гідропідсилювач кермового управління, був застосований електропневматичний привід включення переднього моста.

Передній міст можна включити тумблером на панелі приладів, а при включенні важелем понижувальної передачі в роздавальній коробці від встановленого в механізмі вимикача примусово включався пневмопривід включення переднього моста.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 6 |

У КПП на 2-й і 4-й передачі є замки, що запобігають мимовільне вимикання передачі, наприклад при гальмуванні двигуном на спуску. Була застосована безконтактна система запалювання з електронним комутатором, більш потужний автомобільний генератор змінного струму. На випадок виходу з ладу електронного комутатора є аварійний генератор імпульсів, що дозволяє рухатися своїм ходом до 30 годин без істотної втрати динаміки [19].

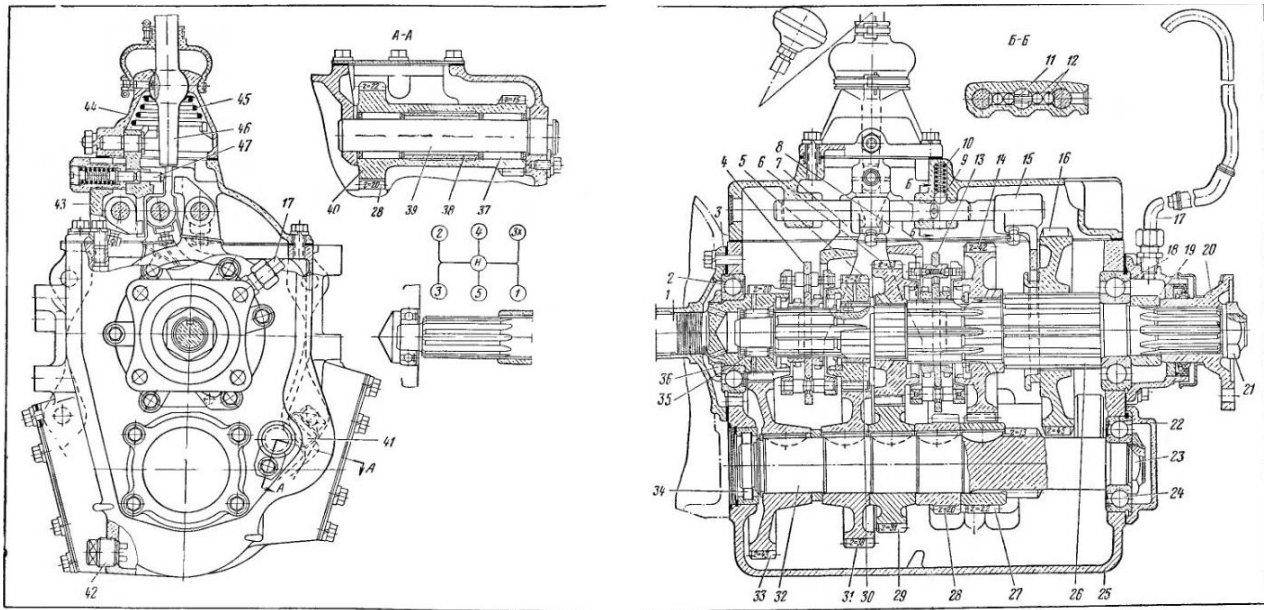
На автомобілі ЗІЛ-131 встановлюється п'ятиступінчаста коробка передач з синхронізаторами на 2-3-й, 4-5-й передачах (рис. 1.2). Передавальні відношення коробки: на першій передачі 7,44; на другий 4,10; на третій 2,99; на четвертій 1,43; на п'ятій 1,00; на передачу заднього ходу 7,09.

Картер пробки має пробку контрольно-заливного отвору. При наявності коробки відбору потужності масло заливається через пробку в коробці відбору потужності. В обох випадках масло заливається до рівня контрольно-заливного отвору в коробці передач. У лівій стінці картера внизу є зливний отвір, що закривається пробкою з магнітом. Всі кришки картера ущільнюються спеціальною пастою, яка захищає від попадання в картер води при подоланні бродів. Вентиляція картера здійснюється через трубку, виведену на задню стінку кабіни.

Кожен вал коробки встановлений на двох підшипниках. Задні підшипники фіксуються гайками і упорними кільцями. У кришках підшипників первинного і вторинного валів розташовані сальники. Вторинний вал додатково ущільнюється масловідображувачем.

Щоб не допустити потрапляння води в коробку передач при подоланні броду на автомобілі ЗІЛ-131, важіль перемикання коробки передач ущільнений гумовим чохлом зі стяжними хомутами; поверхню картера коробки передач, прилегла до картера зчеплення, а також кришка коробки, кришка люків і кришки підшипників ущільнені спеціальною пастою (ВТУ МХП 3336-52). Внутрішня порожнина коробки з'єднується з атмосферою через вентиляційну трубку 17 [20].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 7 |



1 – ведучий вал; 2, 18, 24, 34, 35 і 37 – підшипники; 3 – кришка підшипника ведучого валу; 4 – синхронізатор 4-ї та 5-ї передач; 5 і 31 – шестерня 4-ї передач; 6 і 29 – шестерні 4-ї передач; 7 – вилка переключення 4-ї та 5-ї передач; 8 – вилка переключення 2-ї та 3-ї передач; 9 – шарик фіксатора; 10 – пружина фіксатора; 11 – штифт замка; 12 – кулька замка; 13 – синхронізатор 2-ї та 3-ї передач; 14 і 27 – шестерні другої передачі; 15 – вилка перемикача 1-ї передачі і заднього ходу; 16 – шестерня 1-ї передачі і заднього ходу; 17 – вентиляційна трубка; 19 – розпірне кільце; 20 – фланець; 21 – гайка фланцю; 22 – кришка підшипника проміжного валу; 23 – гайка кріплення підшипника; 25 – картер коробки передач; 26 – ведучий вал; 28 – шестерня заднього ходу; 30 – втулка шестерні 4-ї передач; 32 – проміжний вал; 33 – шестерня постійного зачеплення проміжного валу; 36 – гайка кріплення підшипника ведучого валу; 38 – розпірна втулка; 39 – вісь блока шестерні заднього ходу; 40 – блок шестерня заднього ходу; 41 – пробка наливного отвору; 42 – пробка спускного отвору; 43 – кришка коробки передач; 44 – картер важеля; 45 – пружина важеля; 46 – важелі; 47 – упор запобіжника

Рисунок 1.2 – Коробка передач автомобіля ЗІЛ-131

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

ТМ 19090057-00ПЗ

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Аналіз робочого креслення деталі «Вал ведучий 011.24.01» 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 ведуча» відноситься до класу «тіла обертання з елементами зубчастого зачеплення».

Матеріал деталі – Сталь 12ХНЗА ГОСТ 4543-71 – сталь конструкційна легована. Матеріал використовується для виготовлення деталей, які піддаються цементації, з високими вимогами по пластичності, в'язкості, міцності серцевини і твердості поверхні, що працюють при негативних температурах або під впливом ударних навантажень – вали, шестерні, кулачкові муфти, черв'яки, поршневі пальці і інша продукція [7].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 10 |

Хімічний склад та механічні властивості сталі 12ХН3А наведені в таблицях 2.1 – 2.2 [7].

Таблиця 2.1 – Хімічний склад 12ХН3А ГОСТ 4543-71

| C | Si | Mn | Cr | Ni, не более | S, не более | P, не более |
|-----------|-----------|---------|---------|--------------|-------------|-------------|
| 0,09-0,16 | 0,17-0,37 | 0,3-0,6 | 0,6-0,9 | 2,75-3,15 | 0,015 | 0,035 |

Таблиця 2.2 – Механічні властивості 12ХН3А ГОСТ 4543-71

| σ_b , МПа | $\sigma_{0,2}$, МПа | δ , % | ψ , % |
|------------------|----------------------|--------------|------------|
| не менше | | | |
| 700 | 950 | 9 | 50 |

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

1 Насичення вуглецем: h 1,2...1,6 мм; поверхню зубів 52...63 HRC_э; серцевина валу 26...32 HRC_э. Різьбу від насичення вуглецем захистити.

В процесі роботи деталь може сприймати вібрації та динамічні навантаження, тому одержання заданої твердості матеріалу дозволить отримати необхідні механічні показники, надійну роботу деталі у вузлі, підвищити стійкість робочої поверхні, знизити її крихкість.

2 H14; h14; \pm IT14/2.

Дана технічна вимога дозволяє не захарашувати креслення, так як стосується вільних поверхонь, які не є відповідальними і призначені для утворення конфігурації деталі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 11 |

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 ΣO – сумарна кількість операцій;

ΣP – сумарна кількість робочих місць.

Таблиця 3.1 – Визначення типу виробництва

| № операції | Операція | $T_{ш-к}$ | m_p | P | $n_{эф}$ | O |
|------------|-------------------------------|-----------|-------|----|----------|-----|
| 005 | Фрезерно-центрувальна | 1,38 | 0,02 | 1 | 0,02 | 36 |
| 010 | Токарна з ЧПК | 1,92 | 0,03 | 1 | 0,03 | 26 |
| 015 | Токарна з ЧПК | 4,86 | 0,08 | 1 | 0,08 | 10 |
| 020 | Вертикально-свердлильна | 1,23 | 0,02 | 1 | 0,02 | 41 |
| 025 | Шліцефрезерна | 14,14 | 0,23 | 1 | 0,23 | 4 |
| 030 | Зубофрезерна | 22,76 | 0,36 | 1 | 0,36 | 13 |
| 035 | Вертикально-свердлильна з ЧПК | 3,82 | 0,06 | 1 | 0,06 | 10 |
| 040 | Зубошліфувальна | 5,26 | 0,08 | 1 | 0,08 | 10 |
| 045 | Торцекруглошліфувальна | 7,56 | 0,12 | 1 | 0,12 | 7 |
| 050 | Торцекруглошліфувальна | 2,36 | 0,04 | 1 | 0,04 | 21 |
| | Разом | 65,3 | - | 10 | - | 178 |

Визначаємо кількість верстатів за формулою:

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. 12 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

де N – річна програма випуску, шт; $N = 3000$ шт.;

$T_{шт}$ – норма штучного часу, хв.;

F_d – дієний річний фонд часу роботи обладнання, год;

n_3 – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$$m_{p005} = \frac{3000 \cdot 1,38}{60 \cdot 3900 \cdot 0,80} = 0,02 \text{ шт}$$

Приймаємо $P = 1$ верстати.

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

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

$$n_{зф} = \frac{0,02}{1} = 0,02$$

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

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

$$O = \frac{0,80}{0,02} = 36,17 \approx 36 \text{ шт}$$

Результати заносимо до таблиці 3.1.

Визначаємо сумарну кількість операцій і робочих місць відповідно.

$$\sum O_i = 36 + 26 + 10 + 41 + 4 + 13 + 10 + 10 + 7 + 21 = 178$$

$$\sum P_i = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 10$$

$$K_{30} = \frac{178}{10} = 17,8$$

Так як $10 < K_{30} = 17,8 < 20$, то тип виробництва середньо-серійний.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 13 |

Визначаємо добовий випуск деталей за формулою:

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

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

$$N_{\text{доб}} = \frac{3000}{253} = 12 \text{ шт}$$

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, $n=10$;

$$T_{\text{ср}} = \frac{65,3}{10} = 6,53 \text{ хв}$$

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

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

$$Q_{\text{доб}} = \frac{925}{6,53} \cdot 0,6 = 85 \text{ шт}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 14 |

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. 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, $K_{з.о} = 10 - 20$ 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 економічніше, ніж одиничне, так як ефективно використання устаткування, спеціалізація робітників, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 15 |

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].

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;

$$n = \frac{3000 \cdot 6}{253} = 71 \text{ шт}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 16 |

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Деталь «Вал ведучий 011.24.01» – тіло обертання з елементами зубчастого зачеплення [5].

Аналізуючи технологічність конструкції за матеріалам, який застосовується, необхідно відзначити, що вибраний матеріал забезпечить надійну роботу деталі у вузлі, так як під час роботи на деталь діють як вібрації, так і динамічні навантаження, які руйнують структуру матеріалу. Використання більш дешевих сталей не доцільно, так як це призведе до зниження механічних властивостей матеріалу та руйнування відповідальних поверхонь під дією робочих навантажень. Матеріал має достатньо гарну оброблюваність, що дозволяє виконувати лезвійну обробку без ускладнень.

Конструкція деталі дозволяє отримати заготовку, форма і розміри якої будуть максимально наближені до форми і розмірів деталі. Для отримання заготовки може бути застосований достатньо продуктивний метод, характерний для серійного типу виробництва – кривошипно-гарячештампувальний прес. Тому можемо зробити висновок, що за способом отримання заготовки деталь є технологічною.

В якості технологічних баз при виконанні більшості операцій можуть бути використані центрові отвори, що забезпечує принцип постійності баз і забезпечує мінімальні значення торцевого і радіального биття поверхонь валу.

Вал може бути віднесений до досить жорстких деталей, так як навіть для найменшої шийки валу забезпечується умова $10d > L$. Це означає, що деталь можна обробляти, використовуючи нормативні режими різання.

Аналіз форми і поверхонь деталі показав, що задана деталь має різьбову поверхню M48x2-6g, зубчастий вінець з модулем $m = 4$ і числом зубів $z = 40$ і шліцьову поверхню з числом шліців $z_{ш} = 18$, п'ять отворів $\varnothing 11$ мм, десять отворів M10-H6 і отвір $\varnothing 24$ мм. Більш складними в одержанні є зубчаста і шліцьова поверхні, так як потребують застосування продуктивного

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 17 |

інструменту, але їх можна отримати без використання спеціального пристосування, так як базовими поверхнями можуть бути центрові отвори.

До не технологічних елементів деталі можна віднести глухий отвір діаметром 24 мм, який потребує використання спеціального пристосування.

Форма деталі дозволяє провести обробку всіх поверхонь на існуючому обладнанні з простим та надійним закріпленням деталі на верстаті.

Всі поверхні деталі підлягають механічній обробці. Високу шорсткість мають лише робочі і базові поверхні, так як вони є відповідальними поверхнями. Більшість поверхонь не потребують застосування спеціальних фінішних методів обробки, тому за цим показником деталей можна вважати технологічно

Конструктором ставляться жорсткі вимоги як до форми, так і до розміщення базових поверхонь: радіальні биття 0,04 мм відносно осі деталі; торцеве биття 0,04 і 0,06 мм відносно осі деталі; відхилення від круглості і паралельності 0,01 мм. Це пояснюється тим, що дані поверхні є конструкторськими базами. Для досягнення даних вимог треба застосовувати відповідну кількість операцій з використанням режимів різання, які дозволять забезпечити необхідну якість поверхонь.

В цілому конструкція валу є досить технологічною і дозволяє порівняно легко і гарантовано забезпечувати задані вимоги відомими технологічними способами. При цьому на всіх операціях забезпечується дотримання принципу єдності і сталості баз.

Отже, за аналізом деталі на технологічність, вважаємо, що вал ведучий є технологічним.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 18 |

5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

При виборі методу отримання заготовок для деталей машин слід враховувати такі фактори як: призначення і конструкція деталі, матеріал, технічні вимоги, серійність випуску, а також економічну доцільність виготовлення [5].

Заготовка валу ведучого можна отримати штампуванням на кривошипно-гречештампвальних пресах (КГШП) [5].

За ГОСТ 7505-89 клас точності даної заготовки – Т5. Група сталі – М2 [17]. Ступінь складності штамповки визначається з відношення:

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

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

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

Орієнтовна маса штамповки визначається за формулою:

$$M_{ш} = M_{д} \cdot K_p, \quad (5.2)$$

де K_p – коефіцієнт для визначення орієнтовної маси штамповки; $K_p = 1,5$.

$$M_{ш} = 7 \cdot 1,3 = 9,1 \text{ кг} \quad (5.3)$$

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

$$M_{ф} = V_{ф} \cdot \gamma, \quad (5.4)$$

де $V_{заг}$ – загальний об'єм;

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

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 19 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

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

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 176,4^2 \cdot 195,3}{4} = 4770557 \text{ мм}^3$$

$$M_{\phi} = 4770557 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 37 \text{ кг}$$

$$C = \frac{9,1}{37} = 0,25$$

Так, як $0,16 < 0,25 < 0,32$, то приймаємо ступінь складності С3. Вихідний індекс – 17 [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 |
|---------------|---------------|------------|----------|--------------|---|
| Ø168 | 8 | 12,5 | 3,75 × 2 | +3,3 -1,7 | Ø 175,5 ^{+3,3} _{-1,7} |
| Ø45 | 8 | 2 | 3,5 × 2 | +2,7 -1,3 | Ø 52 ^{+2,7} _{-1,3} |
| Ø70 | 6 | 1 | 4 × 2 | +2,7 -1,3 | Ø 78 ^{+2,7} _{-1,3} |
| 26 | 8 | 2,0 | 1,75 × 2 | +2,4 -1,2 | 29,5 ^{+2,4} _{-1,2} |
| 142 | 14 | 12,5 | 6,0 | +6 | 148 ⁺⁶ |

Виконуємо ескіз заготовки (рис. 5.1).

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу [3]:

$$K_{\text{вм}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}}, \quad (5.6)$$

де $M_{\text{д}}$ – маса деталі, кг;

$M_{\text{з}}$ – маса заготівки, кг.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 20 |

Тоді коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{7}{11,4} = 0,61$$

Визначаємо собівартість заготовки за формулою [3], с.31:

$$S_{\text{заг}} = (S_{\text{м}} \cdot M_{\text{з}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}}) - (M_{\text{з}} - M_{\text{д}}) \cdot S_{\text{відх}}, \text{ грн.}, \quad (5.9)$$

де $S_{\text{м}}$ – базова вартість 1 кг заготовки, $S_{\text{м}} = 54$ грн./кг;

$S_{\text{відх}}$ – вартість відходів, $S_{\text{відх}} = 5,4$ грн/кг;

$K_{\text{т}}$ – коефіцієнт, що залежить від точності; $K_{\text{т}} = 1,0$;

$K_{\text{с}}$ – коефіцієнт, що залежить від групи складності $K_{\text{с}} = 1,0$;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу $K_{\text{в}} = 0,93$;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки, $K_{\text{м}} = 0,88$;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовки, $K_{\text{п}} = 1,0$;

$$S_{\text{заг}} = (54 \cdot 11,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 \cdot 0,88 \cdot 1,0) - (11,4 - 7) \cdot 5,4 = 462,37 \text{ грн.}$$

Розглянемо другий метод отримання заготовки – з круглого гарячекатаного прокату. За ГОСТ 2590-89 вибираємо стандартний діаметр для заготовки зі сталюого гарячекатаного круглого прокату [12].

Загальний об'єм заготовки визначаємо за формулою:

$$V_{\text{заг}} = \frac{\pi D_1^2 l_1}{4}, \text{ мм}^3 \quad (5.10)$$

$$V_{\text{заг}} = \frac{3,14 \cdot 175^2 \cdot 200}{4} = 4808125 \text{ мм}^3$$

$$M_{\text{з}} = 4808125 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 37,5 \text{ кг}$$

Тоді коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{7}{37,5} = 0,20$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 22 |

Визначаємо собівартість заготовки з прокату за формулою [3]:

$$M = QS - (Q - q) \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \text{ грн.} \quad (5.11)$$

де C_i – базова вартість 1 тони заготовки, $C_i = 6200$ грн.;

$S_{\text{відх}}$ – вартість 1 тони відходів, $S_{\text{відх}} = 620$ грн.;

$$M = 37,5 \cdot 6,2 - (37,5 - 7) \cdot 0,62 = 213,6 \text{ грн.}$$

Отже, для отримання заготовки доцільніше застосовувати штампування на КГШП. Технічні вимоги до заготовки:

- 1 Поковка групи II.
- 2 Клас точності Т5, група сталі М2, степінь точності С3, вихідний індекс 17 за ГОСТ 7505-89.
- 3 170...217 НВ.
- 4 Допустиме зміщення по поверхні роз'єму штампку 0,4 мм.
- 5 Невказані радіуси закруглень 4 мм.
- 6 Невказані штампувальні ухили: зовнішні – 5° мм; внутрішні – 7°.
- 7 Допустима величина висоти заусенців 5 мм

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | 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 «вал-шестерня» [16].

Таблиця 6.1 – Базовий технологічний процес

| Найменування операції | Короткий зміст операції | Базування | Обладнання |
|--------------------------------|---|----------------------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 005 Заготівельна | Штампувати на пресі | - | - |
| 010 Фрезерно-центрувальна | 1 Фрезерувати торці 2 Центрувати торці за ГОСТ 14034-74, тип В | Поверхня заготовки, торець | MP-71 |
| 015 Токарна з ЧПК | Точити начорно поверхні $\varnothing 168$ мм, $\varnothing 45$ мм Точити начисто поверхню $\varnothing 45$ мм Точити канавки | Центрові отвори | 16K20Ф3 |
| 020 Токарна з ЧПК | Точити начорно поверхні $\varnothing 90$ мм, $\varnothing 70$ мм, $\varnothing 48$ мм Точити начисто поверхню $\varnothing 70$ мм Точити канавки Нарізати різьбу | Центрові отвори | 16K20Ф3 |
| 025 Вертикально-свердлильна | Свердлити отвір $\varnothing 6,3$ мм Свердлити отвір $\varnothing 24$ мм Зенкувати фаску | Поверхня заготовки, торець | 2A125 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 24 |

6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків проводимо для поверхні $\varnothing 70^{+0,021}_{+0,002}$ 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;

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

Сумарне відхилення розташування заготовки визначаємо за формулою:

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

де $\rho_{зм}$ – похибка зміщення заготовки, мкм; $\rho_{зм} = 0,4$ мм за ГОСТ 7505-89;

$\rho_{кр}$ – похибка кривизни заготовки, мкм; $\rho_{кр} = 0,047$ мм;

$\rho_{ц}$ – похибка центрування, мкм; $\rho_{ц} = 2,015$ мм.

$$\rho = \sqrt{0,4^2 + 0,047^2 + 2,015^2} = 2,054 \text{ мм}$$

Для решти операцій величину просторових відхилень визначаємо за формулою:

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

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 – $k_y = 0,02$.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 26 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

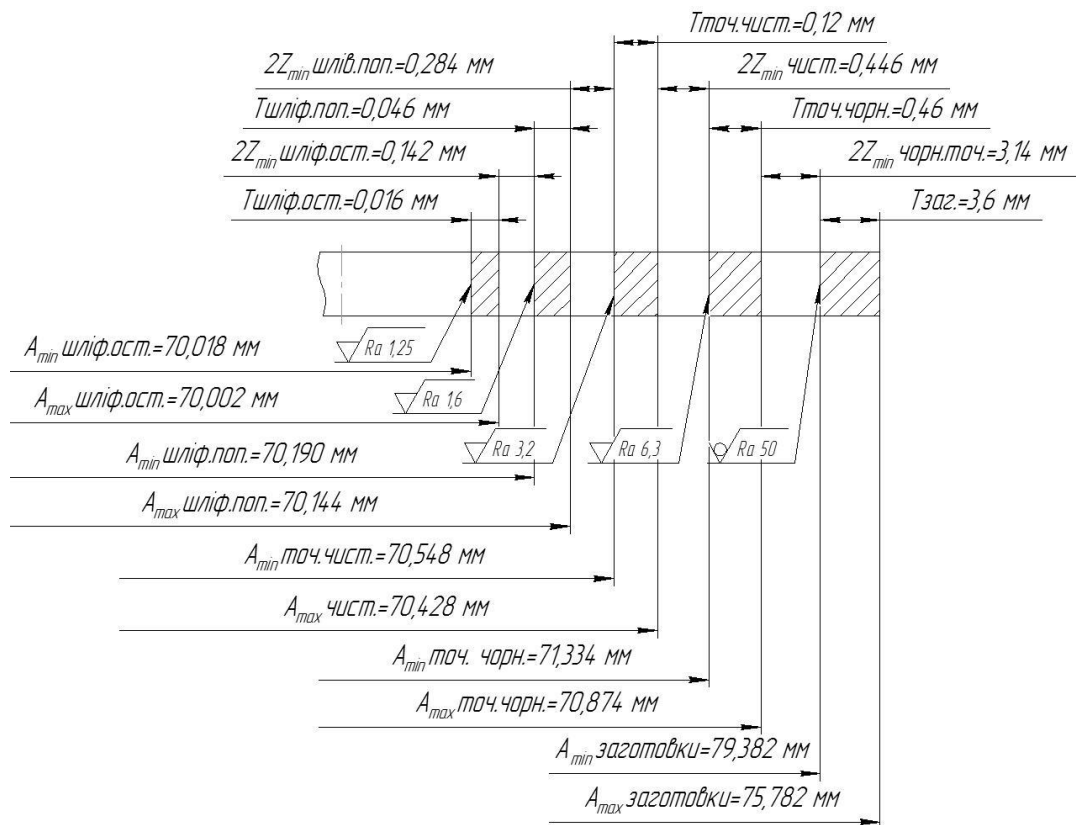


Рисунок 6.1 – Схема розміщення припусків на обробку поверхні $\varnothing 70_{k6}$ мм

6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Вибір схем базування і закріплення заготовки істотно впливає не тільки на точність і якість оброблюваних поверхонь, але і на обґрунтування вибору верстатного устаткування, засобів технічного оснащення. Обрана схема базування повинна забезпечувати можливість простого і зручного закріплення заготовки [2, 4, 5].

Розглянемо операцію 010 Фрезерно-центрувальну. Заготовка закріплюється у спеціальному пристосуванні по зовнішній циліндричній поверхні з упором в торець. Зовнішня циліндрична поверхня заготовки буде подвійною напрямною базою, яка позбавляє 4-х ступеней вільності. Торець заготовки – опорна база, яка позбавляє заготовку однієї ступені вільності. У такий спосіб заготовка позбавляється 5-ти ступенів волі, шоста ступінь волі звільняється (табл. 6.3 і табл. 6.4) [2, 4].

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 28 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | | | | | |

ТМ 19090057-00ПЗ

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідностей

| | | |
|---------|---------------|------------------------|
| Зв'язки | Ступені волі | Найменування баз |
| 1,2,3,4 | I, II, IV, VI | Подвійна напрямна база |
| 5 | III | Опорна база |
| 6 | V | Вакансія |

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

| Найменування баз | | X | Y | Z |
|------------------|----------|---|---|---|
| ПНБ | L | 1 | 0 | 1 |
| | α | 1 | 0 | 1 |
| ОБ | L | 0 | 1 | 0 |
| | α | 0 | 0 | 0 |
| Вакансія | L | 0 | 0 | 0 |
| | α | 0 | 1 | 0 |

При упорі в лівий торець фланця деталі похибка буде дорівнювати $\varepsilon_6 = \delta_{154} = 2,5$ мм (рис 6.2), при упорі в правий торець фланця деталі похибка буде дорівнювати $\varepsilon_6 = \delta_{180} = 4,0$ мм (рис 6.3). Отже, доцільніше використати перший спосіб.

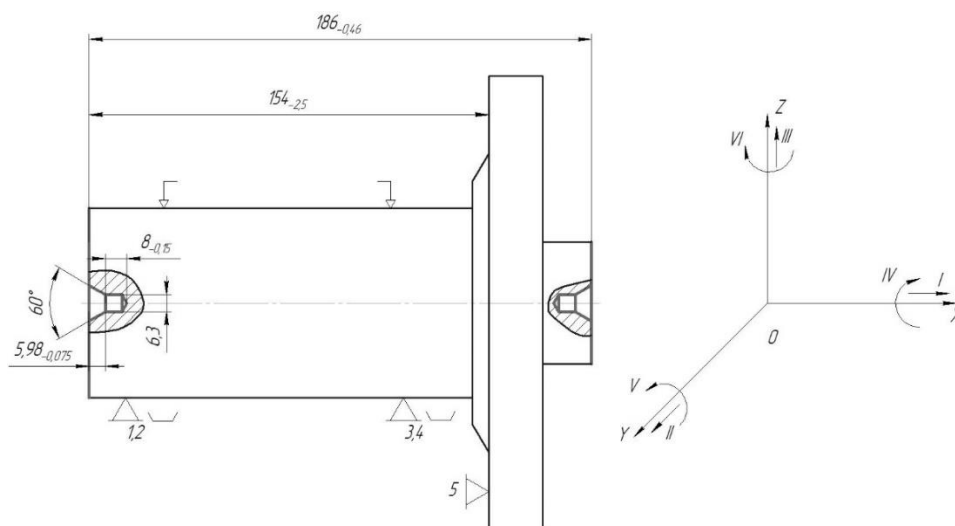


Рисунок 6.2 – Схема базування у пристосуванні з упором в лівий торець

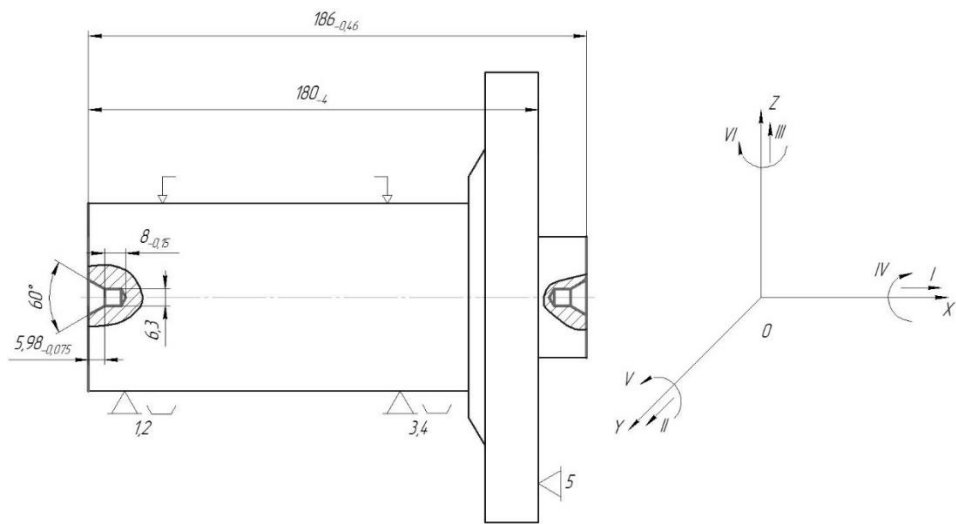


Рисунок 6.3 – Схема базування у пристосуванні з упором в правий торець

Розглянемо операцію 050 Свердлильну з ЧПК. Заготовку можна закріпити в спеціальному пристосуванні або в призмах.

Розглянемо спосіб закріплення в призмах. Заготовка закріплюється по зовнішній циліндричній поверхні (рис 6.4). Ця поверхня заготовки буде подвійною напрямною базою, яка позбавляє 4-х ступеней вільності. У такий спосіб заготовка позбавляється 4-х ступенів волі, дві ступені волі звільняється (табл. 6.5 і табл. 6.6). Цього не достатньо для надійного закріплення заготовки. Похибка базування при цьому $\varepsilon_b = 0$ [2, 4].

Таблиця 6.5 – Таблиця відповідностей

| Зв'язки | Ступені волі | Найменування баз |
|---------|---------------|------------------------|
| 1,2,3,4 | I, II, IV, VI | Подвійна напрямна база |
| 5, 6 | III, V | Вакансія |

Таблиця 6.6 – Матриця зв'язків

| Найменування баз | | X | Y | Z |
|------------------|----------|---|---|---|
| ПНБ | L | 1 | 1 | 0 |
| | α | 1 | 1 | 0 |
| Вакансія | L | 0 | 0 | 1 |
| | α | 0 | 0 | 1 |

Межі робочих подач свердлильної головки, мм/хв 20-300

Тривалість холостих ходів, хв 0,3

Потужність електродвигунів, кВт

- фрезерної головки 7,5/10

- свердлильної головки 2,2/3

Габаритні розміри в мм, 3140x1630

На свердлильній з ЧПК операції застосовуємо свердлильний верстат з ЧПК 2P135Ф2. Технічні характеристики верстата [15, 16]:

Найбільший діаметр свердління, мм 35

Найбільший діаметр нарізання різьби, мм М24

Відстань від торця шпинделя до поверхні столу, мм 40...600

Відстань від осі вертикального шпинделя до напрямних, мм 450

Частота обертання шпинделя, об/хв 45...2000

Швидкість швидкого переміщення супорта, м/хв 4

Подача супорта, мм 10...500

Робоча поверхня стола, мм 400x710

Найбільший хід столу, мм 630

Потужність головного руху, кВт 3,7

Розмір верстата, мм 1860x2170x2700

Маса верстата, кг 5390

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 фрезерно-центрувальній операції вибираємо наступне устаткування [15, 16]: пристосування спеціальне – для закріплення заготовки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 33 |

Різальний інструмент – фреза 2214-0273 T15K6 ГОСТ 26595-85; свердло 2317-0109 P6M5 ГОСТ 14952-75; вимірювальний інструмент – штангенциркуль ШЦ -125-0,1-2 ГОСТ 166-89.

На 050 Свердлильній з ЧПК операції вибираємо наступне устаткування [15, 16]: пристосування: спеціальне – для закріплення заготовки; різальний інструмент: свердло 2404-0004 P6M5 ГОСТ 14952-75; свердло 6300-7563 P6M5 ГОСТ 4010-77; зенківка 2353-0103 P6M5 ГОСТ 14953-80; мітчик 2621-1433 P6M5 ГОСТ 3266-81; вимірювальний інструмент – калібр-пробка різьбовий 8221-1046 ГОСТ 17757-72; штангенциркуль ШЦ-1-250-0,1 ГОСТ 166-89.

6.5 Розрахунки режимів різання

Розраховуємо режими різання на фрезерно-центрувальну операцію. На операції фрезеруються і центруються торці. Виконуємо розрахунки для фрезерування торців [10, 13, 15, 16]. Для центрування розрахунки аналогічні. Дані заносимо до табл. 6.7.

Визначаємо глибину різання. При фрезеруванні глибина різання дорівнює припуску $t = h = 4,75$ мм.

Визначаємо подачу на зуб ([15], табл.33, с.283). $S_z=0,09\dots0,18$ мм/зуб. Приймаємо $S_z=0,16$ мм/зуб.

Визначаємо період стійкості фрези ([15], табл.40, с.290). При діаметрі фрези $\varnothing 125$ мм період стійкості приймаємо $T = 180$ хв.

Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_v, \text{ м/хв} \quad (6.4)$$

де C_v , q , m , x , y , u , p – коефіцієнт та показники степеня на швидкість різання (табл. 39 с. 286, [15]). $C_v=332$; $q=0,2$, $x=0,1$; $y=0,4$; $m=0,2$; $u=0,2$; $p=0$.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 34 |

K_v – поправний коефіцієнт на швидкість різання;

$$K_v = K_{mV} \cdot K_{пV} \cdot K_{iV}, \quad (6.5)$$

де K_{mV} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу табл.1, с.261, [15]:

$$K_{mV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}, \quad (6.6)$$

де K_r – коефіцієнт, що характеризує групу сталі за оброблюваністю (табл.2, с.262, [15]) $K_r = 1,0$;

σ_B – межа міцності, МПа;

n_V – показник степеню на швидкість, табл.2, с.262, [19]; $n_V = 1,0$.

$$K_{mV} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{610} \right)^{1,0} = 1,23$$

$K_{пV}$ – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки матеріалу (табл. 5, с. 263, [15]); $K_{пV} = 1,0$;

K_{iV} – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу (табл. 6, с. 263, [15]); $K_{iV} = 0,65$;

$$K_v = 1,23 \cdot 1,0 \cdot 0,65 = 0,80$$

$$V = \frac{332 \cdot 125^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 4,75^{0,1} \cdot 0,16^{0,4} \cdot 78^{0,2} \cdot 12^0} \cdot 0,80 = 184 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделю за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}, \text{ об/хв} \quad (6.7)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 184}{3,14 \cdot 125} = 470 \text{ об/хв}$$

Коректуємо частоту обертання шпинделю за паспортними даними верстата: $n_d = 497$ об/хв.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 35 |

Визначаємо дійсну швидкість головного руху різання за формулою:

$$V_d = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/хв} \quad (6.8)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 125 \cdot 497}{1000} = 195 \text{ м/хв}$$

Визначаємо швидкість руху подачі за формулою:

$$V_s = S_z \cdot z \cdot n_d, \text{ мм/хв} \quad (6.9)$$

$$V_s = 0,16 \cdot 12 \cdot 497 = 954 \text{ мм/хв}$$

Коректуємо швидкість руху подачі за паспортними даними верстата: $V_{sd} = 400$ мм/хв.

Визначаємо дійсну подачу на зуб за формулою:

$$S_{zd} = \frac{V_{zd}}{z \cdot n_d}, \text{ мм/зуб} \quad (6.10)$$

$$S_{zd} = \frac{400}{12 \cdot 497} = 0,07 \text{ мм/зуб}$$

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \frac{t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_p, \text{ Н}$$

де C_p , x , y , n , q , w – поправні коефіцієнти на силу різання; $C_p = 825$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 1,1$, $w = 0,2$, $q = 1,3$ ([15]); табл.41, с. 291);

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \text{ Н} \quad (6.11)$$

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,30} = 0,94$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 36 |

$$P_z = 10 \cdot 825 \cdot \frac{4,75^{1,0} \cdot 0,16^{0,75} \cdot 78^{1,1} \cdot 12}{125^{1,3} \cdot 4970,2} \cdot 0,94 = 7264 \text{ Н}$$

Визначаємо крутний момент за формулою:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (6.12)$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{7264 \cdot 125}{2 \cdot 100} = 4540 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (6.13)$$

$$N = \frac{7264 \cdot 195}{1020 \cdot 60} = 2,3 \text{ кВт}$$

Перевіряємо чи достатня потужність приводу головного руху верстата.

Необхідно, щоб виконувалася умова:

$$N_e \leq N_{\text{шп}} \quad (6.14)$$

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (6.15)$$

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

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

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

$$2,3 < 8,5$$

Умова виконується, отже обробка можлива.

Визначаємо основний час за формулою:

$$T_{\text{офр}} = \frac{L}{V_s}, \text{ хв} \quad (6.16)$$

де L – повна довжина обробки, мм;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 37 |

$$L = D_{\text{заг}} + y + \Delta, \text{ мм} \quad (6.17)$$

де y – величина врізання, мм;

Δ – величина перебігу, мм; $\Delta = 1 \dots 5$ мм, приймаємо $\Delta = 5$ мм.

Величину врізання визначаємо за формулою:

$$y = \frac{D}{2}, \text{ мм} \quad (6.18)$$

$$y = \frac{125}{2} = 62,5 \text{ мм}$$

$$L = 78 + 62,5 + 4,5 = 145 \text{ мм}$$

$$T_{\text{офр}} = \frac{150}{400} = 0,38 \text{ хв}$$

Розраховуємо режими різання на свердлильну з ЧПК операцію [10, 13, 15, 16]. Визначаємо режими різання для свердління п'яти отворів $\varnothing 11$ мм. Для інших переходів розрахунки аналогічні. Дані заносимо до таблиці 6.7.

Визначаємо глибину різання за формулою:

$$t = \frac{d}{2}, \text{ мм} \quad (6.19)$$

де d – діаметр свердла, мм;

$$t = \frac{11}{2} = 5,5 \text{ мм}$$

Визначаємо подачу ([15], табл. 25, с. 277). $S_{\text{от}}=0,25-0,28$ мм/об. Приймаємо за паспортними даними верстата $S_{\text{опр}}=0,25$ мм/об.

Визначаємо період стійкості свердла ([15], табл. 30, с. 279). При обробці сталі і діаметрі свердла $\varnothing 11$ мм $T=45$ хв.

Визначаємо швидкість різання за формулою:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 38 |

Визначаємо крутний момент за формулою:

$$M_k = 10C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_{MP}, \text{ Н} \cdot \text{ м} \quad (6.24)$$

де C_m , q , y – коефіцієнт та показники степеня на крутний момент (табл. 28 с. 278, [15]). $C_m=0,0345$; $q=2$; $y=0,8$.

$$M_k = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11^2 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 1,22 = 16,8 \text{ Н} \cdot \text{ м}$$

Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N = \frac{M_k \cdot n_d}{9750}, \text{ кВт} \quad (6.25)$$

$$N = \frac{16,8 \cdot 500}{9750} = 0,86 \text{ кВт}$$

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

$$N_e \leq N_{шп} \quad (6.26)$$

$$N_{шп} = N_d \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (6.27)$$

де N_d – потужність верстата за паспортними даними; $N_d = 3 \text{ кВт}$;

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

$$N_{шп} = 3 \cdot 0,85 = 2,55 \text{ кВт}$$

$$0,86 < 2,55$$

Умова виконується, отже обробка можлива.

Визначаємо основний час за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_d S}, \text{ хв} \quad (6.28)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 40 |

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:

$$T_{\text{шт-шк}} = \frac{T_{\text{пз}}}{n_3} + T_{\text{шт, хв}} \quad (6.31)$$

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:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{орг}} + a_{\text{відп}}}{100}\right), \text{ хв} \quad (6.32)$$

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, %.

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{д}}, \text{ хв} \quad (6.33)$$

де T_0 – основний час на операцію, хв.;

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

$$T_{\text{д}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{пк}} + T_{\text{вим}}, \text{ хв} \quad (6.34)$$

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 фрезерно-центрувальної операції. Допоміжний час на операцію визначаємо, враховуючи, що $T_{\text{уст}} = 0,334$ хв, табл. 5.3 с. 198;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 42 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

$T_{ПК} = 0,05$ хв, табл. 5.8 с. 202; $T_{ВИМ} = 0,18$ хв, табл. 5.12 с. 207.

$$T_d = 0,334 + 0,05 + 0,18 = 0,56 \text{ хв}$$

Операційний час визначаємо за формулою:

$$T_{оп} = 0,45 + 0,56 = 1,01 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час на операцію за формулою:

$$T_{шт} = 1,01 \cdot \left(1 + \frac{4 + 4}{100}\right) = 1,1 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначаємо за табл. 6.3 с. 217, враховуючи час на наладку верстата та інструменту та додаткові прийоми, $t_{пз}=18$ хв.

$$T_{шт-шк} = \frac{18}{71} + 1,1 = 1,35 \text{ хв}$$

Технічне нормування свердлильної операції.

Допоміжний час на операцію:

$$T_d = 0,16 + 0,03 + 0,01 + 0,27 + 0,29 = 0,76 \text{ хв}$$

Операційний час:

$$T_{оп} = 4,71 + 0,76 = 5,47 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час на операцію за формулою:

$$T_{шт} = 5,47 \cdot \left(1 + \frac{4 + 4}{100}\right) = 5,91 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначаємо за табл. 6.5 с. 217, враховуючи час на наладку верстата та інструменту та додаткові прийоми, $t_{пз}=20$ хв.

$$T_{шт-шк} = \frac{20}{71} + 5,91 = 6,2 \text{ хв}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 43 |

7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ УСТАНОВЛЕННЯ І ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

Щоб отримати оброблену поверхню заданої якості необхідно використовувати продуктивне пристосування, яке забезпечить мінімальну похибку після обробки. Тому для виконання свердлильної з ЧПК операції необхідно спроектувати пневматичне пристосування за методикою, викладеною в [2, 4]. На цій операції потрібно засвердлити 15 отворів $\varnothing 4,25$ мм; свердлити 5 отворів $\varnothing 11$ мм; свердлити 10 отворів $\varnothing 8,6$ мм; зенкувати 10 фасок; нарізати різьбу в 10 отворах; свердлити отвір $\varnothing 24$ мм; зенкувати фаску. Визначаємо режими різання для свердління п'яти отворів $\varnothing 11$ мм.

Точність форми та розміщення поверхонь.

Для отворів M10 та $\varnothing 11$ конструктором заданий залежний позиційний допуск $\varnothing 0,5$ мм. Для отвору $\varnothing 24$ не задано точність форми та розміщення отриманих поверхонь, тому виконуємо його за ГОСТ 24643-81.

Виявлення кількісних та якісних даних про заготовку.

До даної операції на заготовці були підготовлені чистові бази: торці ($186_{-0,46}$ мм і $142_{-0,40}$ мм). Конструктором задане торцеве биття, відхилення якого становить 0,06 і 0,03 мм відносно осі заготовки відповідних торців.

Шорсткість базових поверхонь – Ra 12,5 мкм.

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 $P_{\text{ат}} = 86 \dots 106$ 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].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. 44 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

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 пристосування на точність [2].

Точність пристосування розраховуємо за формулою, виходячи з умови:

$$\pm y_{\text{Линиз}} \geq F \cdot y'_{\text{Лккон}} \pm K \frac{D_{\text{Зк}} - D_{\text{К}}}{2} \pm K \frac{D_{\text{Вн}} - D_{\text{См}}}{2} + K \frac{d_{\text{Вн}} - d_{\text{См}}}{2} \pm m \times \quad (7.1) \\ \times \varepsilon_{\text{рб}} \pm P(d_{\text{Вн}} - d_{\text{См}}) \times \frac{h + b}{l}, \text{ мм}$$

де $D_{\text{Зк}} - D_{\text{К}}$ – величина зазору між направляючим пояском кондукторної плити та базовим отвором заготовки;

$D_{\text{Вн}} - D_{\text{См}}$ – величина зазору в посадочному отворі змінної робочої втулки;

$d_{\text{Вн}} - d_{\text{См}}$ – величина зазору в направляючому отворі робочої втулки під свердло;

$\varepsilon_{\text{рб}}$ – ексцентриситет робочої втулки; $\varepsilon_{\text{рб}} = 0,005$;

b – глибина свердління; $b = 14$ мм;

l – довжина направляючого отвору робочої втулки; $l = 14$ мм;

h – відстань між нижнім торцем робочої втулки та заготовки; $h = 4$ мм;

F – коефіцієнт, що враховує найбільш можливу границю відхилення координат центрів отвору в кондукторі; $F = 0,8$;

K – коефіцієнт, що враховує найбільш можливу границю зазору в спряженнях та найбільш можливе зміщення; $K = 0,5$;

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 45 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | | | | | |

ТМ 19090057-00ПЗ

m – коефіцієнт, що враховує найбільш можливу величину ексцентриситету змінної втулки; $m = 0,4$;

P – коефіцієнт, що враховує найбільш можливу величину перекосу свердла; $P = 0,35$;

$$\pm 0,87 \geq 0,8 \cdot 0,87 \pm 0,5 \frac{6,609 - 6,6}{2} \pm 0,5 \frac{14,023 - 14}{2} + K \frac{6,6 - 6,59}{2} \\ \pm 0,4 \times 0,005 \pm 0,35(6,6 - 6,59) \times \frac{4 + 14}{14} = 0,70 \text{ мм}$$

Отже, умова виконується. Пристосування забезпечить необхідну точність.

Призначення та принцип дії пристосування.

Пристосування для свердління отворів складається з основи, оправки, яка встановлюється на палець, кондукторної плити і пневмоциліндра.

В основі пристосування є чотири пази, за допомогою яких пристосування надійно встановлюється і закріплюється на столі верстата.

Заготовка закріплюється на основі пристосування за допомогою шайби і болта. Для зручності знімання і установки деталі шайба встановлена прорізна. Центрується заготовка на підставі за допомогою фіксатора, орієнтування щодо основи здійснюється за допомогою двох упорів. Кондукторна плита встановлюється на палець, а орієнтування здійснюється за допомогою штифта, встановленого в пальці, і пазів в плиті. В ході обробки в заготовці проводиться свердління та розсвердлювання отворів.

При затиску заготовки стиснуте повітря подається в штокову порожнину. Поршень і шток рухаються вниз, шайба притискає кондукторну плиту до заготовки.

Пристосування зберігати в дерев'яній тарі законсервованим, попадання вологи не допустиме.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 46 |

ВИСНОВКИ

Під час виконання бакалаврської роботи був виконаний наступний обсяг роботи:

- проведено аналіз службового призначення автомобіля ЗІЛ-131 і його коробки передач. Виконано опис конструктивних особливостей валу ведучого та умов його експлуатації. Проведено аналіз технічних вимог на виготовлення.

- встановлено, що тип виробництва середньосерійний;

- 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: фрезерно-центрувальну та свердлильну 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 свердлильної з ЧПК операції та розроблена карта наладки для фрезерно-центрувальної операції.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 47 |

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.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 48 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | | | | | |

ТМ 19090057-00ПЗ

9 Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

10 Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: «Машиностроение», 1990. – 448с.

11 Общестроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного времени для технического нормирования станочных работ: Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.

12 ГОСТ 2590-2006 Прокат сортовой стальной горячекатаный. Сортамент.

13 Режимы резания металлов: справ. / Под ред. Ю.Б. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 311с.

14 Силантьева Н.А., Малиновский В.Р. Техническое нормирование труда в машиностроении: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1990. – 256 с.: ил.

15 Справочник технолога – машиностроителя. В 2 – х т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: «Машиностроение», 1986. – 496с.

16 Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. Панов. – М.: Машиностроение, 1980. – 527 с.

17 ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.

18 ЗІЛ-131 [Электронный ресурс]/ Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. – Електронні дані – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%86%D0%9B-131> – Назва з екрану.

19 Коробка передач автомобиля ЗИЛ-131 [Электронный ресурс]/ Строй-Техника.ру// Строительные машины и оборудование, справочник. –

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|-----|------------------|------|
| | | | | | ТМ 19090057-00ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 49 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | |

Электронные данные. – Режим доступа: <http://stroy-technics.ru/article/korobka-peredach-avtomobilya-zil-131> – Название с экрана.

20 Устройство коробки передач [Электронный ресурс]/ АвтоКлуб Зил 131. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://zil131.net/zil/251> – Название с экрана.

21 Шкідливі речовини, їх вплив на організм людини та захист працюючих [Електронний ресурс]/«МЕДІА-ПРО»// Охорона праці і пожежна безпека. – Електронні данні. – Режим доступу: <https://oppb.com.ua/news/shkidlyvi-rechovyny-yih-vplyv-na-organizm-lyudyny-ta-zahyst-pracyuyuchyh> – Назва з екрану.

22 Основи охорони праці: Підручник. 21-ше 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 19090057-00ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дат | | 50 |