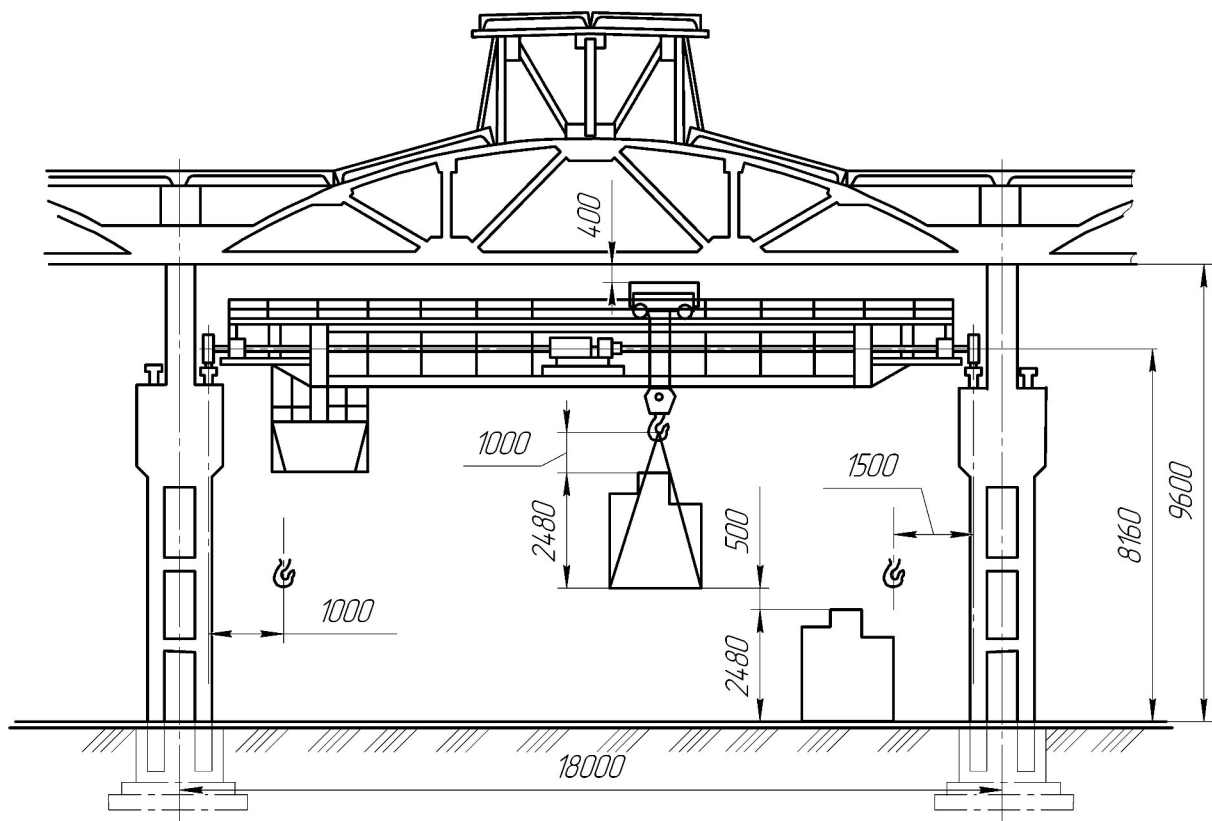


Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк,
О. В. Сердюк

МЕХАНОСКЛАДАЛЬНІ ДІЛЬНИЦІ ТА ЦЕХИ В МАШИНОБУДУВАННІ

Практикум



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, В. В. Савуляк, О. В. Сердюк

**МЕХАНОСКЛАДАЛЬНІ ДІЛЬНИЦІ ТА ЦЕХИ В
МАШИНОБУДУВАННІ**

Практикум

Вінниця
ВНТУ
2016

УДК 621.757(075)
ББК 34.5-4я73
М55

Автори:

Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В.

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 5 від « 19 » січня 2012 р.)

Рецензенти:

В. Ф. Анісімов, доктор технічних наук, професор

А. П. Поляков, доктор технічних наук, професор

Р. Р. Обертюх, кандидат технічних наук, доцент

Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні :
М55 практикум / [Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В.] – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 148 с.

Практикум відповідає програмі навчальної дисципліни «Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні», містить методичні вказівки до виконання тем практичних занять, домашніх (контрольних) робіт, самостійної роботи студентів всіх форм навчання.

Практикум включає короткі теоретичні відомості по відповідних темах, приклади виконання розрахунків, порядок виконання робіт, питання для самоконтролю. Практикум призначений для студентів напрямів підготовки 6.050502 – «Інженерна механіка» та 6.050504 – «Зварювання».

УДК 621.757(075)
ББК 34.5-4я73

ЗМІСТ

ВСТУП	4
<i>Практичне заняття № 1</i>	5
Тема № 1. Аналіз службового призначення деталі.....	5
Тема № 2. Визначення типу виробництва та форми організації роботи.....	11
<i>Практичне заняття № 2</i>	27
Тема № 3. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	27
<i>Практичне заняття № 3</i>	37
Тема № 4. Розрахунок приведеної програми.....	37
<i>Практичне заняття № 4</i>	49
Тема № 5. Розробка маршруту механічної обробки деталі (з наведенням найменування операцій та переходів).....	49
Тема № 6. Розрахунок технічних норм часу.....	57
<i>Практичне заняття № 5</i>	64
Тема № 7. Розрахунок кількості обладнання.....	64
Тема № 8. Побудова графіків завантаження обладнання.....	70
<i>Практичне заняття № 6</i>	76
Тема № 9. Розрахунок кількості працівників на ділянці.....	76
Тема № 10. Розрахунок основних і допоміжних площ ділянки (за нормативами).....	89
<i>Практичне заняття № 7</i>	95
Тема № 11. Вибір і розрахунок кількості транспортних засобів.....	95
Тема № 12. Планування ділянки механічної обробки (з наведенням розташування обладнання, вантажопотоку, допоміжних відділень і поперечним перерізом приміщення).....	106
<i>Практичне заняття № 8</i>	116
Тема № 13. Основні техніко-економічні показники ділянки.....	116
ДОДАТОК	118
ЛІТЕРАТУРА	146

ВСТУП

Головними і вирішальними підрозділами кожного машинобудівного заводу є механоскладальні дільниці та цехи. Від якості їх роботи залежить ефективність всієї виробничої діяльності заводу в цілому. Тому проектування механоскладальних дільниць та цехів є важливою складовою частиною створення машинобудівного заводу. Розробку таких проектів, окремих їх розділів виконують інженери спеціальності «Технології машинобудування». Вони повинні мати відповідний рівень підготовки, знати і володіти методикою проектування та розрахунків. Необхідно також відзначити, що проектування дільниць і цехів машинобудівного заводу є дуже великим, складним та багатограним процесом особливо тоді, коли потрібно врахувати масштаби сучасного виробництва та рівень техніки. Це вимагає від проектувальника широкого кругозору та глибоких знань з різних технологічних дисциплін: технології машинобудування, верстатних пристроїв, наукових досліджень тощо.

Дисципліна «Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні» є однією з основних у програмі підготовки фахівців з технологій машинобудування на завершальному етапі навчання.

Даний практикум призначений допомогти студентам у вивченні дисципліни, набутті практичної фахової підготовки, освоєнні методики проектування та розрахунків механоскладальних дільниць та цехів. Цей практикум також може бути застосований під час дипломного та курсового проектування.

Практикум містить основні теми курсу. Процес проектування дільниці починається з вивчення конструкції деталі, аналізу її службового призначення, процесу механічної обробки, програми випуску, визначення типу виробництва та форми організації роботи. Ці теми є основою для проектування дільниці чи цеху і, відповідно, розглядаються першими в посібнику. Далі наведені теми, що пов'язані з аналізом технологічності конструкції деталі, проектуванням технологічного процесу, нормуванням операцій механічної обробки, вибором і розрахунком кількості обладнання та працівників. На основі визначеної приведені програми випуску деталей та кількості обладнання проводиться розрахунок площ (виробничих і допоміжних), що дозволяє виконувати планування дільниці.

Кожна із тем супроводжується теоретичним матеріалом, прикладом проведення аналізу та розрахунку, питаннями до самоконтролю.

Практикум містить довідкові таблиці, необхідні для виконання розрахунків та планування дільниць і цехів.

Практикум призначений для студентів напрямів підготовки 6.050502 – «Інженерна механіка» та 6.050504 – «Зварювання».

Практичне заняття № 1

Тема № 1. АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ

Мета роботи – набуття практичних навичок дослідження та проведення аналізу службового призначення деталі, його формулювання та визначення видів поверхонь за призначенням та формою.

Короткі теоретичні відомості

Службове призначення деталі – це максимально уточнене і чітко сформульоване завдання, для вирішення якого призначається дана деталь.

Без чіткого уявлення про поверхню деталі, яка підлягає виготовленню, параметри якості, що визначають її призначення, шляхи та методи реалізації завдань технологічного проектування неможливо грамотно й обґрунтовано спроектувати (синтезувати) технологічний процес.

Усі поверхні деталі можуть бути класифіковані за призначенням; за порядком відсікання елементів, які їх утворюють; за формою та іншими ознаками [1, 2, 3].

Класифікація поверхонь за призначенням дає змогу конструктору обґрунтовано висунути до поверхонь вимоги щодо точності, шорсткості, твердості та інших параметрів якості. В той же час ця класифікація дає змогу технологу обґрунтовано призначити раціональні схеми базування. Згідно з цією класифікацією всі поверхні поділяють на виконавчі, основні бази, допоміжні бази та вільні поверхні.

Виконавчі поверхні – це поверхні або їх сполучення, за допомогою яких деталь виконує своє службове призначення. Наприклад, конічні та циліндричні посадкові поверхні шпинделя верстата, призначені для встановлення центра і патрона; робочі поверхні кулачків патрона тощо.

Основні бази – поверхні, за допомогою яких деталь орієнтується у виробі. Основні бази називають також конструкторськими.

Допоміжні бази – поверхні деталі, за допомогою яких визначається положення інших деталей, що приєднуються до даної деталі. Деталь своїми основними базами контактує з допоміжними базами деталей, до яких приєднується.

Вільні поверхні – це поверхні деталей, які не стикаються з поверхнями інших деталей при роботі деталі в машині. Призначення вільних поверхонь – зв'язувати основні та допоміжні бази деталі для надання їй форми, що відповідає службовому призначенню.

Приклад

Для корпусу редуктора: основна база – поверхня основи підшви корпусу редуктора. Допоміжні бази – поверхні основних отворів під підшипники та торці, що прилягають до основних отворів, на яких кріпляться кришки, кріпильні отвори під кришки, кріпильні отвори в основі.

Для підшипника: основна база – зовнішня поверхня зовнішнього кільця підшипника. Допоміжна база – внутрішня поверхня внутрішнього кільця підшипника. Поверхні бігових доріжок підшипникових кілець шарикопідшипника виконують функцію виконавчих поверхонь.

Для вала: основні бази – підшипникові шийки та торці, в які впираються підшипники. Допоміжна база – посадкова шийка під зубчасте колесо і поверхня упорного прилеглого буртика.

Для зубчастого колеса: основні бази – поверхня центрального отвору і торець маточини, який контактує з упорним буртиком вала; допоміжних баз немає; виконавчі поверхні – бокові поверхні зубців, за допомогою яких передається обертальний момент.

Відзначимо, що деякі поверхні можуть поєднувати в собі різні функції. Так, поверхня шарика шарикопідшипника поєднує в собі функції основної та допоміжної баз, а також функції виконавчої поверхні.

До виконавчих поверхонь та основних баз завжди висуваються високі вимоги, дотримання яких потребує найдовшого маршруту обробки. Ці поверхні значною мірою визначають маршрут обробки деталі в цілому. Вимоги до допоміжних баз можуть бути різними залежно від ролі і призначення деталей, що приєднуються. Високі вимоги висуваються також до точності взаємного розташування основних і допоміжних баз та виконавчих поверхонь.

До вільних поверхонь не ставляться високі вимоги. Часто обробку вільних поверхонь зовсім не призначають, а якщо й призначають, то в межах 12...14 квалітетів точності. Вимоги до точності розташування вільних поверхонь між собою та відносно всіх інших поверхонь теж невисокі.

Класифікація поверхонь за порядком відсікання елементів дає змогу технологу правильно побудувати маршрут обробки деталі. Згідно з цією класифікацією всі поверхні деталі поділяються на основні і поверхні першого, другого та інших рангів.

Основними називаються поверхні, що утворюють первісний контур заготовки або його проміжного стану. Основні поверхні обробляються в першу чергу, якщо вони обробляються взагалі. *Поверхнями першого рангу* є поверхні, які можуть бути оброблені тільки після обробки основних поверхонь. *До поверхонь другого рангу* належать поверхні, які можуть бути оброблені тільки після обробки відповідно поверхні першого рангу і т. д.

Так, для деталі, зображеної на рисунку 1.1, основними поверхнями є поверхні циліндра 3 та торці 1 і 7. Поверхнями першого рангу є поверхні фасок 2 і 8 та площина 6. Поверхнею другого рангу є поверхня отвору 4. Різьбова поверхня 5 є поверхнею третього рангу.

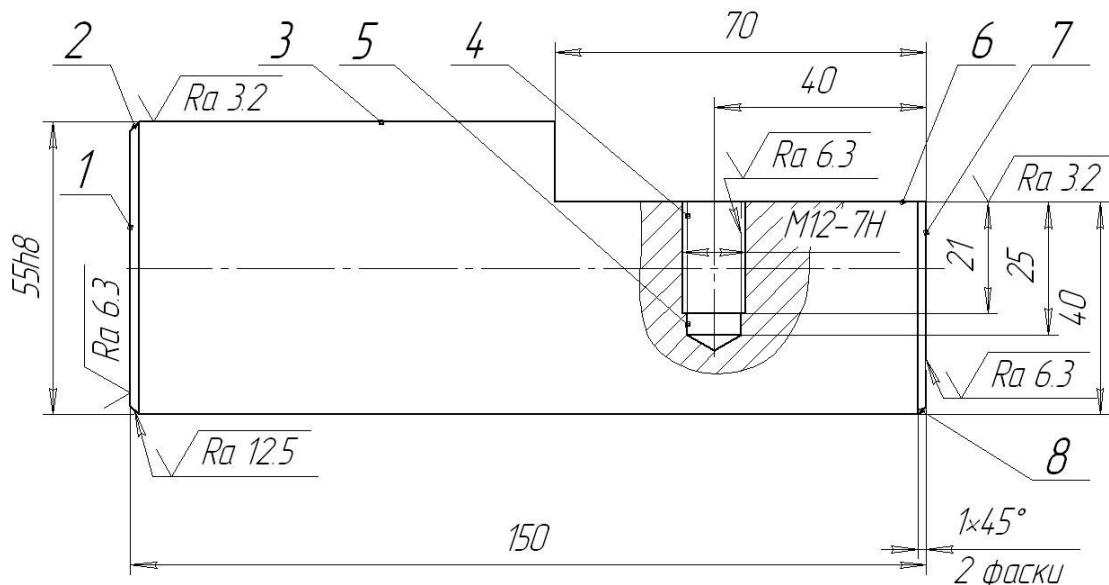


Рисунок 1.1 – Штовхач

Класифікація поверхонь за формою дає змогу технологу правильно вибрати методи їх обробки. Згідно з цією класифікацією всі поверхні поділяють на типові та нормалізовані. З погляду формоутворення типові поверхні поділяють на п'ять класів [3]: плоскі, поверхні обертання, гвинтові, зубчасті та лінійчаті. Форму поверхні при її обробці визначає вид твірної і закон переміщення її у просторі.

До класу *плоских* належать поверхні, утворені поступальним переміщенням твірної по прямій лінії (площина роз'єму корпуса і кришки редуктора, торець вала). *Поверхні обертання* – поверхні, утворені при обертанні прямої чи кривої твірної навколо нерухомої осі (поверхні циліндра, отвору, фасонні рукоятки). До класу *гвинтових* належать поверхні, описувані прямою чи кривою твірною при її гвинтовому русі навколо нерухомої осі (робоча поверхня нарізки). До *зубчастих* поверхонь належать поверхні, утворені обгинанням твірної, яка переміщується у просторі за певним законом (робоча поверхня зубців шестерень, евольвентних шліців). *Лінійчаті поверхні* – поверхні, утворені рухом у просторі прямої лінії по будь-якому, відмінному від кола, контуру паралельно самій собі (робоча поверхня кулачка, защіпки).

Кожний з названих класів поділяється підкласи і види. Наприклад, плоскі поверхні: на площини (без виступу, з виступом), пази (прямокутні, трапецеїдальні), вікна (з прямими стінками, з похилими стінками); поверхні обертання: на зовнішні (відкриті та напіввідкриті) і внутрішні (відкриті, напіввідкриті та закриті).

До нормалізованих належать поверхні, утворені сполученням типових поверхонь з метою створення нормалізованих елементів деталі – канавок, пазів, шліців тощо. Кожному класу поверхонь властивий певний набір методів обробки.

Приклад

Деталь «Ступиця» (рисунок 1.2) виготовляється зі сталі 45 і слугує для встановлення вала в складальній одиниці. Має ступінчасту зовнішню поверхню, яка є поєднанням двох поверхонь обертання. Внутрішня поверхня – отвір, що має шпонковий паз. Для закріплення «Ступиці» у вузлі передбачені кріпильні отвори.

Основні конструкторські бази деталі – це зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 170h8^{(+0,063)}$, що слугує для правильної орієнтації у вузлі, та торець правий $\varnothing 280$.

Допоміжні бази деталі – це $\varnothing 116H8^{(+0,035)}$, торець лівий $\varnothing 280$, торець правий $\varnothing 170h8^{(+0,063)}$, кріпильні отвори $\varnothing 21$, шпонковий паз, різьбовий отвір М10-7Н, лиска розмірами 5×50 , канавка шириною $6^{+0,1}$, $\varnothing 140$.

Вільна поверхня – $\varnothing 280$, фаска $4 \times 45^\circ$.

У відповідності з призначенням поверхонь до них висуваються такі вимоги: найбільш точними є основні та допоміжні бази (діаметральні розміри). До них ставиться вимога обробки за 8 квалітетом з шорсткістю $R_a = 1,6$ мкм ($\varnothing 170h8^{(+0,063)}$, $\varnothing 116H8^{(+0,035)}$).

Інші поверхні, що слугують допоміжними конструкторськими базами, повинні мати такі характеристики: торцеві поверхні $\varnothing 280$ мм (правий торець) та $\varnothing 170h8$ повинні бути оброблені згідно з 10 квалітетом з шорсткістю $R_a = 1,6$ та $R_a = 6,3$ мкм відповідно. Шпонковий паз повинен бути оброблений згідно з 9 квалітетом з шорсткістю $R_a = 3,2$ мкм. Кріпильні отвори $\varnothing 21$, повинні мати після механічної обробки 12 квалітет та шорсткість поверхні $R_a = 12,5$ мкм, лиска розмірами 5×50 , канавка шириною $6^{+0,1}$, $\varnothing 140$, лівий торець $\varnothing 280$ – 12 квалітет та $R_a = 6,3$ мкм.

Вільна поверхня $\varnothing 280$ мм в результаті механічної обробки повинна мати точність 12 квалітету та шорсткість $R_a = 12,5$ мкм.

Існують вимоги щодо відносного розташування поверхонь:

- співвісність поверхні $\varnothing 170h8$ відносно бази А;
- перпендикулярність торцевої поверхні $\varnothing 280$ (правий торець) відносно бази А;
- позиційний допуск отворів $\varnothing 21$ відносно бази Б.

Квалітети точності та шорсткість оброблюваних поверхонь можуть бути забезпечені при застосуванні відповідних методів обробки та кількості переходів. Відносне розташування поверхонь може бути забезпечене за рахунок застосування відповідних схем базування при механічній обробці та правильної організації змісту операцій.

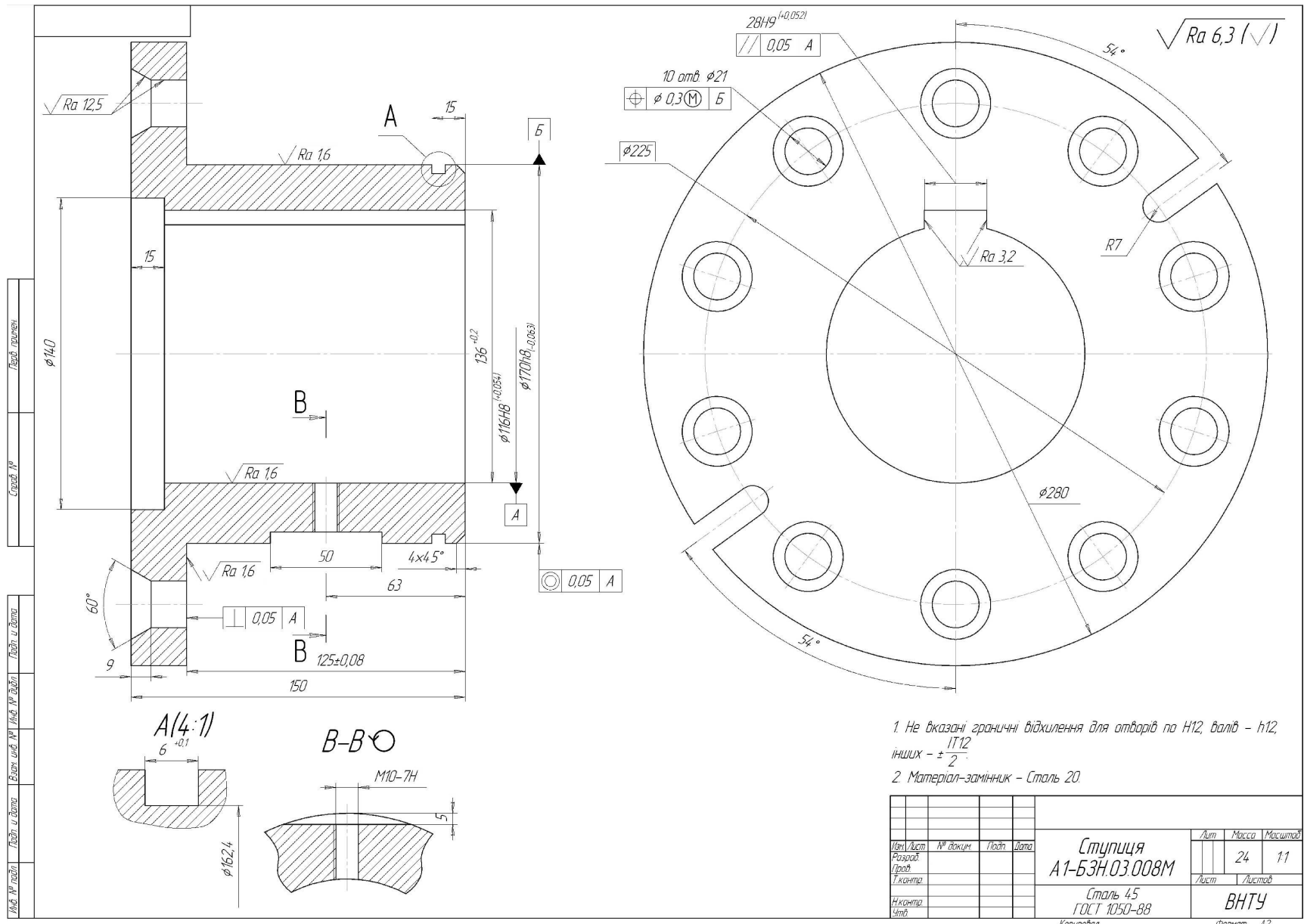


Рисунок 1.2 – Креслення деталі «Ступиця»

Порядок виконання роботи

1. Одержання завдання для виконання роботи.
2. Вивчення конструкції деталі (робочого креслення деталі).
3. Формулювання службового призначення деталі.
4. Визначення видів поверхонь за призначенням (виконавчих, основних і допоміжних конструкторських баз, вільних поверхонь) та за формою.
5. Характеристика точності виконання встановлених видів поверхонь, їх шорсткості та відносного розташування.
6. Висновки.

Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Креслення деталі.
3. Формулювання службового призначення деталі.
4. Класифікація видів поверхонь за призначенням та формою.
5. Характеристика точності, шорсткості та їх відносного розташування.
6. Висновки.

Питання для самоконтролю

1. Службове призначення деталі.
2. Виконавчі поверхні деталі.
3. Основні бази.
4. Допоміжні бази.
5. Вільні поверхні.
6. Класифікація поверхонь за формою.
7. Класифікація поверхонь за порядком відсікання елементів.
8. Плоскі поверхні.
9. Поверхні обертання.
10. Гвинтові поверхні.
11. Зубчасті поверхні.
12. Лінійчаті поверхні.
13. Поверхні, до яких висуваються найбільш високі вимоги.
14. Поверхні, до яких не висуваються високі вимоги.

Рекомендована література [1, 2, 3]

Тема № 2. ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ

Мета роботи – набуття практичних навичок визначення типу виробництва за заданою програмою випуску деталей та встановлення форми організації роботи при виконанні технологічного процесу механічної обробки деталі.

Короткі теоретичні відомості

В машинобудуванні розрізняють три види виробництва: масове, серійне та одиничне.

В масовому виробництві вироби виготовляють безперервно у відносно великій кількості та протягом тривалого (декілька років) часу. Але характерною ознакою масового виробництва є не тільки кількість виробів, що випускаються, а виконання на більшості робочих місць тільки однієї закріпленої за ними операції, яка постійно повторюється. Продукція масового виробництва – вироби вузької номенклатури та стандартного типу, що випускається для широкого збуту споживачеві. Такою продукцією є, наприклад, автомобілі, трактори, електродвигуни, гідроциліндри, насоси, клапани та інші.

Масове виробництво характеризується:

1. Безперервністю випуску одних і тих самих виробів;
2. Використанням спеціального обладнання;
3. Застосуванням багатоінструментальних налагоджувальних;
4. Застосуванням спеціального різального та вимірювального інструмента;
5. Розташуванням обладнання по ходу технологічного процесу та складністю налагоджувальних верстатів;
6. Використанням прогресивних способів виготовлення заготовок деталей з метою зниження відходів матеріалу;
7. Порівняно невисокою кваліфікацією робітників-верстатників та наявністю налагоджувальників для металорізального обладнання;
8. Застосуванням багатостанкового обслуговування;
9. Найменшою собівартістю обробки в порівнянні з іншими типами виробництва;
10. Масове виробництво є потоковим.

В серійному виробництві виготовляють партії та серії виробів, що регулярно повторюються через певні проміжки часу. Серійне виробництво – багатомножинне. Характерною ознакою серійного виробництва є виконання на більшості робочих місць декількох операцій, що періодично повторюються. Продукція серійного виробництва – вироби більш широкої номенклатури. Такою продукцією є двигуни внутрішнього згорання, компресори, апарати для доїння корів, сіялки, плуги, борони тощо.

Серійне виробництво характеризується:

1. Періодичним випуском виробів певного виду в значній кількості;
2. Використанням універсального, частково спеціального та обладнання з ЧПК;
3. Застосуванням універсального та частково спеціального різального та вимірювального інструментів;
4. Розташування обладнання в залежності від виробів, а в деяких випадках у відповідності з виконуваним технологічним процесом;
5. Використанням універсальних і спеціальних способів виготовлення заготовок;
6. Середньою кваліфікацією робітників-верстатників;
7. Обробка деталей виконується, в основному, партіями (групова форма організації роботи), але можливе і використання потокової обробки;
8. Середньою собівартістю обробки;
9. Можливістю використання багатOVERSTATного обслуговування при наявності верстатів з ЧПК та спеціальних верстатів.

В одиничному виробництві випускають вироби широкої номенклатури у відносно малій кількості і часто індивідуально. Виготовлення виробів або зовсім не повторюється, або повторюється через непевні проміжки часу. Характерною особливістю одиничного виробництва є виконання на робочих місцях різноманітних операцій. Продукція одиничного типу виробництва – машини, які не мають широкого застосування і тому виготовляються за індивідуальним замовленням. До таких машин, наприклад, належать експериментальні зразки машин.

Одиничне виробництво характеризується:

1. Випуском окремих виробів в одиничних екземплярах або декількох штук;
2. Використанням універсального обладнання;
3. Використанням стандартного різального та вимірювального інструментів;
4. Розташуванням обладнання за типами верстатів;
5. Використанням простих заготовок у вигляді прокату та універсальних способів їх виготовлення;
6. Високою кваліфікацією робітників-верстатників;
7. Поштучною обробкою деталей кожного виду;
8. Найвищою собівартістю (з усіх типів виробництва) обробки;
9. Неможливістю використання багатOVERSTATного обслуговування.

Технологічні особливості серійного виробництва змінюються в залежності від номенклатури, програми випуску та трудомісткості виробів. Тому розрізняють дрібно-, середньо- та великосерійне виробництво.

Дрібносерійне виробництво наближається за своїми технологічними особливостями до одиничного, а великосерійне – до масового.

Визначення типу виробництва згідно з ГОСТ 3.1121-84 виконується за коефіцієнтом закріплення операцій

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (2.1)$$

де $\sum O$ – сумарна кількість операцій, що виконуються на робочих місцях дільниці;

$\sum P$ – сумарна кількість робочих місць для виконання операцій.

Алгоритм виконання розрахунку $K_{з.о}$

1. Вибір 6-7 найбільш характерних переходів механічної обробки, в тому числі дрібні або трудомісткі переходи (точіння фасок, канавок, нарізання різі і т. п.).

2. Розрахунок основного $T_{осн}$ та штучно-калькуляційного часу $T_{шт-к}$ на призначені переходи за формулами наближеного нормування (таблиці 2.1, 2.2), наприклад

$$T_{осн} = 0,17dl \cdot 10^{-3}, \text{ хв} \quad (2.2)$$

$$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_{\kappa}, \text{ хв} \quad (2.3)$$

де d , l – діаметр, довжина оброблюваної поверхні, мм;

φ_{κ} – коефіцієнт, який що залежить від типу виробництва та типу верстатів, що використовуються для обробки даної партії деталей.

Таблиця 2.1 – Формули наближеного визначення норм часу оброблювання поверхонь

Основний технологічний час при методах обробки, $T_o \cdot 10^{-3}, \text{ хв}$	Формула
1	2
Чорнове обточування за 1 прохід	$0,17d\ell$
Чистове обточування за 11 квалітетом	$0,18d\ell$
Чистове обточування за 9 квалітетом	$0,2d\ell$
Чорнове підрізання торця, R_a 6,3 мкм	$0,037(D^2-d^2)$
Чистове підрізання торця, R_a 1,6 мкм	$0,052(D^2-d^2)$
Відрізання	$0,19D^2$
Чорнове і чистове обточування фасонним різцем	$0,63(D^2-d^2)$
Шліфування грубе за 11 квалітетом	$0,07d\ell$
Шліфування чистове за 9 квалітетом	$0,1d\ell$
Шліфування чистове за 6 квалітетом	$0,15d\ell$
Розточування отворів на токарному верстаті	$0,18d\ell$

Продовження таблиці 2.1

1	2
Свердління отворів	$0,52d\ell$
Розсвердлювання отворів $d = 20 \dots 60$ мм	$0,31d\ell$
Зенкерування	$0,21d\ell$
Розвертування чорнове	$0,43d\ell$
Розвертування чистове	$0,86d\ell$
Внутрішнє шліфування отворів 9 квалітету	$1,5d\ell$
Внутрішнє шліфування отворів 7 квалітету	$1,8d\ell$
Чорнове розточування отворів за один прохід $R_a = 12,5$ мкм	$0,2d\ell$
Чорнове розточування під розвертування	$0,3d\ell$
Розвертування плаваючою розверткою за 9 квалітетом	$0,27d\ell$
Розвертування плаваючою розверткою за 7 квалітетом (d – діаметр, мм; ℓ – довжина оброблюваної поверхні, мм; D – діаметр оброблюваного торця, мм; $D-d$ – різниця найбільшого і найменшого діаметрів оброблюваного торцю, мм)	$0,52d\ell$
Протягування отворів і шпонкових канавок (ℓ – довжина протягування, мм)	$0,4\ell$
Стругання чорнове на повздовжньо-стругальних верстатах	$0,065B\ell$
Стругання чистове під шліфування або шабріння	$0,034B\ell$
Фрезерування чорнове торцевою фрезею:	
за прохід	6ℓ
чистове	4ℓ
Фрезерування чорнове циліндричною фрезею	7ℓ
Шліфування площин торцем круга (B – ширина оброблюваної поверхні, ℓ – довжина оброблюваної поверхні, мм)	$2,5\ell$
Фрезерування зубців черв'ячною фрезею ($D = 80 \dots 300$ мм)	$2,2Db$
Обробка зубів черв'ячних коліс ($D = 100 \dots 400$ мм) (D – діаметр зубчатого колеса; b – довжина зуба, мм)	$60,3D$
Фрезерування шліцьових валів методом обкатування	$9\ell z$
Шліцефрезерування (ℓ – довжина шліцьового вала, мм; z – число шліців)	$4,6\ell z$
Нарізання різи на валу ($d = 32 \dots 120$ мм)	$19d\ell$
Нарізання мітчиком різи в отворах ($d = 10 \dots 24$ мм) (d – діаметр різи, мм; ℓ – довжина різи, мм)	$0,4d\ell$

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнта φ_k

Типи верстатів	Виробництво	
	Одиничне, дрібносерійне і серійне	Одиничне, дрібносерійне і серійне
Токарні	2,14	1,36
Токарно-револьверні	1,98	1,35
Токарно-багаторізцеві	–	1,5
Вертикально-свердлильні	1,72	1,3
Радіально-свердлильні	1,75	1,41
Розточувальні	3,25	2,8
Круглошліфувальні	2,1	1,55
Стругальні	1,73	–
Фрезерні	1,84	1,51
Зуборізні	1,66	1,27

Оскільки при визначенні основного часу $T_{осн}$ та розрахункової кількості верстатів C_p необхідно вибирати φ_k та $\eta_{з.н}$, орієнтуючись на тип виробництва, то їх попереднє визначення можна виконати за рекомендаціями таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Орієнтовні дані для вибору типу виробництва

Виробництво	Кількість оброблюваних деталей одного типорозміру в рік N , шт.		
	Важкі (масою >100 кг)	Середні (масою 10-100 кг)	Легкі (масою до 10 кг)
Одиничне	До 5	До 10	До 100
Дрібносерійне	5-100	10-200	100-500
Середньосерійне	100-300	200-500	500-5000
Великосерійне	300-1000	500-5000	5000-50000
Масове	більше 1000	більше 5000	більше 50000

3. Розрахунок кількості верстатів для виконання вказаних переходів механічної обробки

$$C_p = \frac{N \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_o \cdot \eta_{з.н}}, \quad (2.4)$$

де N – річна програма випуску деталей, шт.;

F_o – ефективний річний фонд часу роботи верстата (таблиця 2.4) [4], наприклад $F_o = 4060$ год. (при роботі в 2 зміни та використанні універсальних верстатів масою до 10 т);

$\eta_{з.н}$ – нормативний коефіцієнт завантаження (залежить від серійності виробництва): одиничне, дрібносерійне – 0,8-0,9; серійне – 0,75-0,85; великосерійне, масове – 0,65-0,75 [4].

Таблиця 2.4 – Ефективний річний фонд часу F_o роботи обладнання

Обладнання	Режим роботи		
	В одну зміну	В дві зміни	В три зміни
1	2	3	4
Металорізальне обладнання			
Металорізальні верстати масою, т:			
до 10	2040	4060	6060
10-100	2000	3985	5945
Металорізальні верстати з програмним управлінням масою, т:			
до 10	-	3890	5775
10-100		3810	5650
Агрегатні верстати	-	4015	5990
Автоматні лінії	-	3725	5465
Гнучкі виробничі модулі, роботизовані технологічні комплекси масою, т:			
до 10	-	-	5970(7970)
10-100			5710(7620)
Обладнання складальних цехів			
Робоче місце складальника	2070	4140	6210
Робоче місце з механізованими пристроями	2050	4080	
Складальне автоматичне та напівавтоматичне обладнання	2000	3975	5930
Випробувальні стенди з автоматичною реєстрацією результатів випробування	2010	3975	5960
Автоматичні складальні лінії	-	3725	5465
Випробувальні стенди	2020	4015	5990

Примітка. В дужках вказаний фонд часу роботи обладнання, якщо робота виконується у вихідні та святкові дні.

4. Визначення прийнятої кількості верстатів шляхом заокруглення розрахункової кількості C_p до найближчого більшого числа P .

5. Розрахунок фактичного коефіцієнта завантаження верстатів

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_p}{P}. \quad (2.5)$$

Визначення кількості операцій, що виконуються на одному робочому місці

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}. \quad (2.6)$$

8. Розрахунок $\sum O$ і $\sum P$.

9. Визначення $K_{з.о}$ за формулою 2.1.

Якщо

$K_{з.о} > 40$ – виробництво одиничне;

$20 < K_{з.о} \leq 40$ – дрібносерійне;

$10 < K_{з.о} \leq 20$ – серійне;

$1 < K_{з.о} \leq 10$ – великосерійне;

$K_{з.о} < 1$ – масове.

При наявності заводських норм часу $T_{шт-к}$ може бути використане згідно з заводським варіантом при розрахунку $K_{з.о}$.

Виконання розрахунків доцільно оформити у вигляді таблиці (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Переходи механічної обробки	Формула та розрахунок $T_{осн}$, хв	φ_k	$T_{шт-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k$, хв	C_p	P	$\eta_{з.ф.}$	$\eta_{з.н.}$	O	$K_{з.о}$

Форма організації роботи

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_d і розрахункової добової продуктивності лінії Q_d . Якщо $N_d < Q_d$, то потокову лінію використовувати недоцільно.


$$N_d = \frac{N}{254}, \quad (2.7)$$

де 254 – кількість робочих днів в році.

$$Q_o = \frac{F_o}{T_{шт-к_{сер}}} \cdot \eta_z, \quad (2.8)$$

де $T_{шт-к_{сер}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв;

F_o – добовий фонд роботи обладнання, хв;

 – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт-к_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_{пер}}, \quad (2.9)$$

де $T_{шт-к_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв;

$\sum n_{пер}$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2.10)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (рекомендується 1, 2, 3, 6, 12, 24 дні). Більша кількість днів приймається в умовах дрібносерійного, одиничного виробництва.

При потоковій формі організації визначається такт випуску, хв

$$t_o = \frac{60 \cdot F_o}{N}. \quad (2.11)$$

Розмір партії деталей повинен бути скорегований з урахуванням зручності планування та організації виробництва (його доцільно приймати не менше змінного виробітку). Корегування партії полягає у визначенні розрахункової кількості змін, що потрібні на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях

$$C = \frac{T_{шт-к_{сер}} \cdot n}{476 \cdot 0,8}. \quad (2.12)$$

Розрахункова кількість змін округляється до прийнятого цілого числа $C_{пр}$, після чого визначається число деталей в партії, яке необхідне для завантаження обладнання протягом цілого числа змін

$$n = \frac{C_{np} \cdot 476 \cdot 0,8}{T_{шт-к_{сер}}}, \quad (2.13)$$

де 476 – ефективний фонд часу роботи обладнання в зміну, хв;
0,8 – нормативний коефіцієнт завантаження верстатів в серійному виробництві.

Приклад (згідно з рисунком 1.2)

1. Найбільш характерні переходи механічної обробки поверхонь деталі.

1.1. Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно з 14 квалітетом).

1.2. Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно з 11 квалітетом).

1.3. Точіння $\varnothing 170h8$ остаточне.

1.4. Підрізання торця $\varnothing 170h8$.

1.5. Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно з 14 квалітетом).

1.6. Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно з 11 квалітетом).

1.7. Підрізання торця $\varnothing 280$ остаточне.

1.8. Свердління отвору $\varnothing 21$ (10 отворів).

2. Норми часу $T_{осн}$, необхідного для обробки вказаних поверхонь, визначаються за формулами наближеного нормування (див. табл. 2.1).

2.1. Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно з 14 квалітетом)

$$T_{осн1} = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 170 \cdot 125 \cdot 10^{-3} = 3,6 \text{ (хв)}.$$

2.2. Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно з 11 квалітетом)

$$T_{осн2} = 0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 170 \cdot 125 \cdot 10^{-3} = 3,825 \text{ (хв)}.$$

2.3. Точіння $\varnothing 170h8$ остаточне

$$T_{осн3} = 0,2 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot 170 \cdot 125 \cdot 10^{-3} = 4,25 \text{ (хв)}.$$

2.4. Підрізання торця $\varnothing 170h8$

$$T_{осн4} = 0,037 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,037 \cdot (170^2 - 116^2) \cdot 10^{-3} = 0,57 \text{ (хв)}.$$

2.5. Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно з 14 квалітетом)

$$T_{осн5} = 0,037 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,037 \cdot (280^2 - 170^2) \cdot 10^{-3} = 1,8 \text{ (хв)}.$$

2.6. Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно з 11 квалітетом)

$$T_{осн6} = 0,045 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,045 \cdot (280^2 - 170^2) \cdot 10^{-3} = 2,22 \text{ (хв)}.$$

2.7. Підрізання торця $\varnothing 280$ остаточне

$$T_{осн7} = 0,052 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,052 \cdot (280^2 - 170^2) \cdot 10^{-3} = 2,57 \text{ (хв)}.$$

2.8. Свердління отвору $\varnothing 21$ (10 отворів)

$$T_{осн8} = 10 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 10 \cdot 0,52 \cdot 21 \cdot (150 - 125) \cdot 10^{-3} = 2,73 \text{ (хв)}.$$

3. Визначаємо штучно-калькуляційний час $T_{шт-к}$ за формулою 2.3.

При програмі випуску $N = 3000$ шт. і масі деталі 24 кг згідно з таблицею 2.3, виробництво серійне. Для серійного виробництва за таблицею 2.2 вибрано φ_k .

3.1. Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно з 14 квалітетом)

$$T_{шт-к1} = T_{осн1} \cdot \varphi_k = 3,6 \cdot 2,14 = 7,7 \text{ (хв)}.$$

3.2. Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно з 11 квалітетом)

$$T_{шт-к2} = T_{осн2} \cdot \varphi_k = 3,825 \cdot 2,14 = 8,2 \text{ (хв)}.$$

3.3. Точіння $\varnothing 170h8$ остаточне

$$T_{шт-к3} = T_{осн3} \cdot \varphi_k = 4,25 \cdot 2,14 = 9,1 \text{ (хв)}.$$

3.4. Підрізання торця $\varnothing 170h8$

$$T_{шт-к4} = T_{осн4} \cdot \varphi_k = 0,6 \cdot 2,14 = 1,28 \text{ (хв)}.$$

3.5. Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно з 14 квалітетом)

$$T_{шт-к5} = T_{осн5} \cdot \varphi_k = 1,8 \cdot 2,14 = 3,9 \text{ (хв)}.$$

3.6. Підрізання торця $\varnothing 280$ остаточне (згідно з 11 квалітетом)

$$T_{шт-к6} = T_{осн6} \cdot \varphi_k = 2,22 \cdot 2,14 = 4,75 \text{ (хв)}.$$

3.7. Підрізання торця Ø280 остаточне

$$T_{ум-к7} = T_{осн7} \cdot \varphi_k = 2,57 \cdot 2,14 = 5,5 \text{ (хв)}.$$

3.8. Свердління отвору Ø21 (10 отворів)

$$T_{ум-к8} = T_{осн8} \cdot \varphi_k = 2,73 \cdot 1,72 = 4,7 \text{ (хв)}.$$

4. Кількість верстатів для виконання кожного переходу механічної обробки визначається за формулою 2.4.

4.1. Точіння Ø170h8 попереднє (згідно з 14 квалітетом):

$$C_{p1} = \frac{N \cdot T_{ум-к1}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_z} = \frac{3000 \cdot 7,7}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,127.$$

4.2. Точіння Ø170h8 попереднє (згідно з 11 квалітетом)

$$C_{p2} = \frac{N \cdot T_{ум-к2}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_z} = \frac{3000 \cdot 8,2}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,13.$$

4.3. Точіння Ø170h8 остаточне

$$C_{p3} = \frac{N \cdot T_{ум-к3}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_z} = \frac{3000 \cdot 9,1}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,15.$$

4.4. Підрізання торця Ø170h8

$$C_{p4} = \frac{N \cdot T_{ум-к4}}{60 \cdot F_q \cdot m \cdot \eta_z} = \frac{3000 \cdot 1,28}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,02.$$

4.5. Підрізання торця Ø280 попереднє (згідно з 14 квалітетом)

$$C_{p5} = \frac{N \cdot T_{ум-к5}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_z} = \frac{3000 \cdot 3,9}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,06.$$

4.6. Підрізання торця Ø280 попереднє (згідно з 11 квалітетом)

$$C_{p6} = \frac{N \cdot T_{ум-к6}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_z} = \frac{3000 \cdot 4,75}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,08.$$

4.7. Підрізання торця $\varnothing 280$ остаточне

$$C_{p7} = \frac{N \cdot T_{\text{ум-к7}}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_3} = \frac{3000 \cdot 5,5}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,09.$$

4.8. Свердління отвору $\varnothing 21$ (10 отворів)

$$C_{p8} = \frac{N \cdot T_{\text{ум-к8}}}{60 \cdot F_q \cdot \eta_3} = \frac{3000 \cdot 4,7}{60 \cdot 4060 \cdot 0,75} = 0,077.$$

5. Для виконання кожного з механічних переходів достатньо одного верстата:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = 1.$$

6. Коефіцієнт завантаження фактичний визначається за формулою 2.5.

6.1. Точіння $\varnothing 170\text{h}8$ попереднє (згідно з 14 квалітетом)

$$\eta_{\text{зф1}} = \frac{C_{p1}}{P_1} = \frac{0,127}{1} = 0,127.$$

6.2. Точіння $\varnothing 170\text{h}8$ попереднє (згідно з 11 квалітетом)

$$\eta_{\text{зф2}} = \frac{C_{p2}}{P_2} = \frac{0,13}{1} = 0,13.$$

6.3. Точіння $\varnothing 170\text{h}8$ остаточне

$$\eta_{\text{зф3}} = \frac{C_{p3}}{P_3} = \frac{0,15}{1} = 0,15.$$

6.4. Підрізання торця $\varnothing 170\text{h}8$

$$\eta_{\text{зф4}} = \frac{C_{p4}}{P_4} = \frac{0,02}{1} = 0,02.$$

6.5. Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно з 14 квалітетом)

$$\eta_{\text{зф5}} = \frac{C_{p5}}{P_5} = \frac{0,06}{1} = 0,06.$$

6.6. Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно з 11 квалітетом)

$$\eta_{зф6} = \frac{C_{p6}}{P_6} = \frac{0,08}{1} = 0,08.$$

6.7. Підрізання торця $\varnothing 280$ остаточне

$$\eta_{зф7} = \frac{C_{p7}}{P_7} = \frac{0,09}{1} = 0,09.$$

6.8. Свердління отвору $\varnothing 21$ (10 отворів)

$$\eta_{зф8} = \frac{C_{p8}}{P_8} = \frac{0,077}{1} = 0,077.$$

7. Кількість операцій, закріплених за кожним робочим місцем, визначається за формулою 2.6. Одержане число округляється до найближчого більшого цілого, яке є прийнятою кількістю робочих місць P .

7.1. Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно з 14 квалітетом)

$$O_1 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{зф1}} = \frac{0,75}{0,127} = 5,9. \quad P = 6.$$

7.2. Точіння $\varnothing 170h8$ попереднє (згідно з 11 квалітетом)

$$O_2 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{зф2}} = \frac{0,75}{0,13} = 5,8. \quad P = 6.$$

7.3. Точіння $\varnothing 170h8$ остаточне

$$O_3 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{зф3}} = \frac{0,75}{0,15} = 5. \quad P = 5.$$

7.4. Підрізання торця $\varnothing 170h8$

$$O_4 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{зф4}} = \frac{0,75}{0,02} = 37,5. \quad P = 38.$$

7.5. Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно з 14 квалітетом)

$$O_5 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{зф5}} = \frac{0,75}{0,06} = 12,5. \quad P = 13.$$

7.6. Підрізання торця $\varnothing 280$ попереднє (згідно з 11 квалітетом)

$$O_6 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{зф6}} = \frac{0,75}{0,08} = 9,6. \quad P = 10.$$

7.7. Підрізання торця $\varnothing 280$ остаточне

$$O_7 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{зф7}} = \frac{0,75}{0,09} = 8,3. \quad P = 9.$$

7.8. Свердління отвору $\varnothing 21$ (10 отворів)

$$O_8 = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{зф8}} = \frac{0,75}{0,077} = 9,7. \quad P = 10.$$

Таким чином, коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i} = \frac{6 + 6 + 5 + 38 + 13 + 10 + 9 + 10}{1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1} = 12,125;$$

$10 < K_{з.о.} < 20$ – виробництво серійне.

8. Заданий добовий випуск виробів

$$N_{\delta} = \frac{N}{254} = \frac{3000}{254} = 11,81 \text{ (шт.)} \quad \text{Приймаємо } N_{\delta} = 12 \text{ шт.}$$

9. Добова продуктивність потокової лінії:

$$Q_{\delta} = \frac{F_{\delta}}{T_{шт-к.ср}} \cdot \eta_3 = \frac{952}{5,64} \cdot 0,75 = 126,6 \text{ (шт.)} \quad \text{Приймаємо } Q_{\delta} = 127 \text{ шт.}$$

де $T_{шт-к.ср}$ – середній штучно-калькуляційний час, який визначається за формулою:

$$T_{\text{шт-к.ср}} = \frac{\sum_i^n T_{\text{шт-к.}i}}{n} = \frac{7,7 + 8,2 + 9,1 + 1,28 + 3,9 + 4,75 + 5,5 + 4,7}{8} = 5,64 \text{ (хв)},$$

де $T_{\text{шт-к.}i}$ – штучний час i -ої основної операції;

n – кількість основних переходів механічної обробки.

Оскільки $N_o \leq Q_o$, то організація потокової лінії недоцільна.

10. Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{3000 \cdot 6}{254} = 71 \text{ (шт.)}$$

де a – періодичність запуску в днях (прийнято $a = 6$).

11. Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях визначається за формулою:

$$c = \frac{T_{\text{шт-к.ср}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{5,64 \cdot 71}{476 \cdot 0,75} = 1,12.$$

12. Визначаємо кількість деталей у партії, які необхідні для завантаження обладнання на основних операціях протягом цілого числа змін

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot c_{\text{пр}}}{T_{\text{шт-к.ср}}} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{5,64} = 63,3 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 64 шт.

Висновок. Тип виробництва серійний, форма організації роботи групова, кількість деталей в партії, що запускається на обробку одночасно, $n = 64$ штук.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомлення з алгоритмом визначення типу виробництва та форми організації роботи.

2. Встановлення найбільш характерних переходів механічної обробки поверхонь деталей.

3. Нормування основного часу виконання переходів механічної обробки поверхонь деталі.

4. Нормування штучно-калькуляційного часу виконання переходів механічної обробки поверхонь деталі.
5. Розрахунок необхідної кількості верстатів для виконання переходів механічної обробки поверхонь деталі.
6. Визначення прийнятої кількості верстатів.
7. Визначення коефіцієнта завантаження обладнання.
8. Розрахунок кількості операцій, що закріплені за кожним робочим місцем.
9. Визначення сумарної кількості робочих місць.
10. Визначення коефіцієнта закріплення операцій.
11. Встановлення форми організації роботи.
12. Висновки.

Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Креслення деталі.
3. Розрахунки та пояснення, зведена таблиця 2.5.
4. Висновки.

Питання для самоконтролю

1. Типи виробництва, їх характеристика.
2. Визначення коефіцієнта закріплення операцій.
3. Основний час та методика його визначення наближеним способом.
4. Штучно-калькуляційний час та методика його визначення наближеним способом.
5. Методика визначення розрахункової та прийнятої кількості верстатів для виконання механічної обробки деталі.
6. Коефіцієнт завантаження обладнання, його значення для певних типів виробництва.
7. Добовий випуск виробів.
8. Добова продуктивність лінії.
9. Форми організації роботи на підприємствах сільськогосподарського машинобудування.
10. Умова доцільності організації групової форми організації роботи.
11. Умова доцільності організації потокової організації роботи.
12. Партія деталей, визначення її величини.
13. Такт випуску, визначення його величини.
14. Значення коефіцієнта закріплення.

Рекомендована література [3, 4]

Практичне заняття № 2

Тема № 3. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Мета роботи – набуття практичних навичок з аналізу технологічності конструкції деталі за заданим кресленням деталі та встановлення показників технологічності.

Короткі теоретичні відомості

Аналіз технологічності деталей розпочинають після встановлення типу виробництва, оскільки кожному типу виробництва притаманні свої способи виготовлення заготовок і методи їх обробки. Якісне оцінювання технологічності деталі проводять за матеріалом, геометричною формою, якістю поверхонь, за проставленими розмірами і можливим способом виготовлення заготовки. Кількісне оцінювання проводять за абсолютними та відносними показниками. В першу чергу встановлюють показники базової та розглядуваної деталей: коефіцієнти використання матеріалу, точності обробки, шорсткості поверхонь, уніфікації трудомісткості виготовлення, технологічна собівартість.

На основі робочого креслення деталі в практичній роботі виконується аналіз технологічності конструкції деталі – якісний та кількісний.

Якісний аналіз технологічності доцільно проводити у такій послідовності.

1. На основі вивчення умов роботи вузла (виробу), а також враховуючи річну програму випуску, проаналізувати можливості спрощення конструкції деталі, заміни зварною, армованою чи збірною конструкцією, а також можливість і доцільність заміни матеріалу.

2. Встановити можливість застосування високопродуктивних методів обробки.

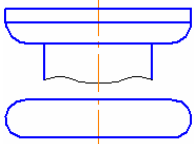
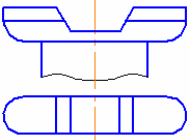
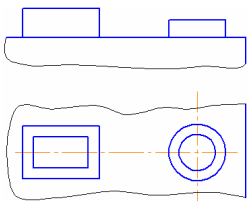
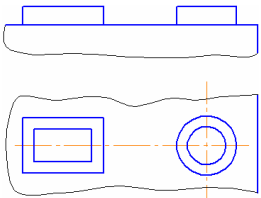
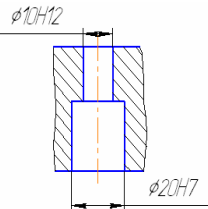
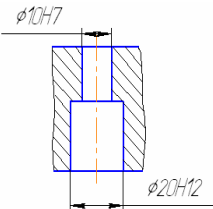
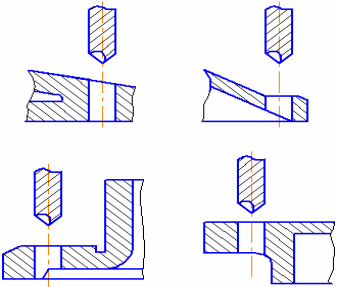
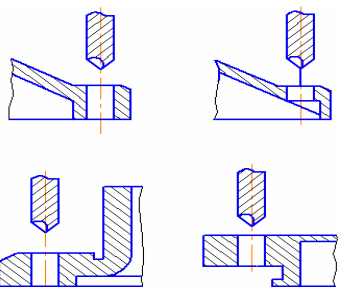
3. Проаналізувати конструктивні елементи деталі стосовно їх технологічності, використовуючи при цьому рекомендації щодо технологічності конструкцій (табл. 3.1). Виявити важкодоступні для обробки місця.

4. Визначити можливість суміщення технологічних і вимірювальних баз при виконанні розмірів, що мають вказані допустимі відхилення, необхідність додаткових технологічних операцій для одержання заданої точності і шорсткості оброблених поверхонь.

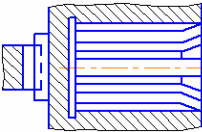
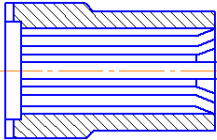
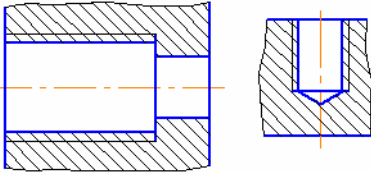
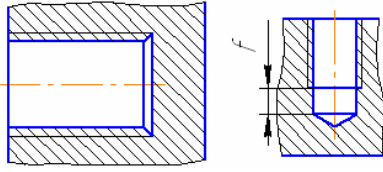
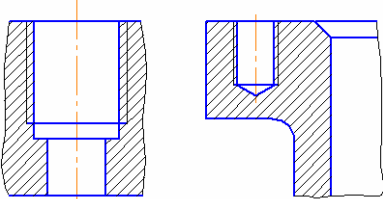
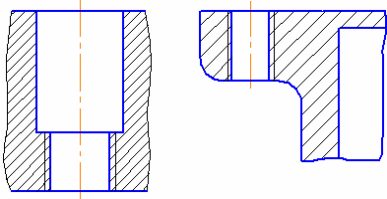
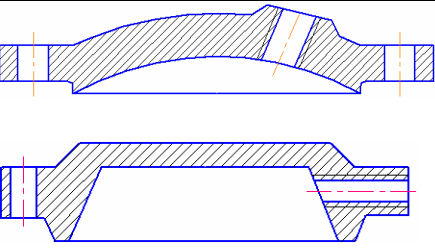
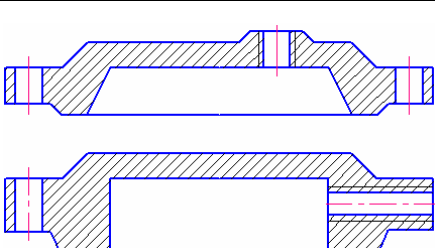
5. Перевірити відповідність вказаних на кресленні допустимих відхилень розмірів, шорсткості та відхилень геометричної форми й відносного розташування поверхонь з геометричними похибками верстатів.

6. Визначити можливість безпосереднього вимірювання заданих на кресленні розмірів.

Таблиця 3.1 – Елементи конструкцій деталей та технологічні вимоги до них

Технологічні вимоги	Конструкція		Переваги технологічної конструкції
	нетехнологічна	технологічна	
Оброблювані площини не рекомендується робити суцільними			Зменшення часу обробки, спрацювання інструмента і витрат електроенергії. Підвищення точності обробки
Оброблювані поверхні бобишок і припливів слід розташовувати в одній площині			Можливість обробки за один прохід продуктивними методами: торцевим фрезеруванням, плоским шліфуванням, протягуванням
Найбільш точний ступінь у ступінчастих отворах рекомендується робити наскрізним			Спрощення контролю та обробки, зниження її трудомісткості
Під час свердління отворів необхідно забезпечити можливість нормального входу та виходу інструмента			Спрощення конструкції і запобігання пошкодженню інструмента. Підвищення продуктивності обробки

Продовження таблиці 3.1

Технологічні вимоги	Конструкція		Переваги технологічної конструкції
	нетехнологічна	технологічна	
Слід уникати глухих шліцевих отворів, шпонкових пазів та отворів			Можливість обробки отвору більш продуктивним методом – протягуванням
Глухі отвори з різзю повинні мати канавки для виходу інструмента, або в них повинен бути передбачений збіг різі			Підвищення якості різі, покращення умов роботи інструмента
Конструкція отвору з різзю повинна давати можливість працювати інструментом на прохід			Підвищення продуктивності та покращення умов роботи інструмента
Слід уникати нахилу при розташуванні осей отворів, особливо різьбових			Спрощення конструкції пристрою. Можливість одночасно обробляти інші отвори. Зниження трудомісткості обробки отворів
Нетехнологічними є отвори, в яких довжина отвору більше $5d$			

7. Визначити поверхні, які можуть бути використані при базуванні, можливість та необхідність введення штучних технологічних баз.

8. Визначити необхідність додаткових технологічних операцій, що викликані специфічними вимогами, і можливість зміни цих вимог.

9. Проаналізувати можливість вибору раціонального способу виготовлення заготовки, враховуючи економічні фактори.

10. Передбачити в конструкції деталі, що підлягає термічній обробці, конструктивні елементи, які зменшують жолоблення деталі в процесі нагрівання та охолодження, і визначити, чи правильно вибраний матеріал з урахуванням термічної обробки.

Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі в роботі необхідно провести за показниками: коефіцієнт уніфікації, коефіцієнт точності, коефіцієнт шорсткості.

1. Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

$$K_y = \frac{Q_{ey}}{Q_e}, \quad (3.1)$$

де Q_{ey} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі, Q_e – загальна кількість елементів.

Для розрахунку даного коефіцієнта створюється таблиця лінійних, діаметральних, кутових розмірів, різей та інших конструктивних елементів, в які заносяться розміри, що вказані на кресленні деталі, та відмічається які з них є уніфікованими (табл. 3.2). Результати аналізу заносяться до зведеної таблиці.

Таблиця 3.2 – Уніфіковані розміри та шорсткості

Ряди лінійних (діаметрів, довжин, висот, глибин) розмірів (відповідно до ГОСТ 6639-73 і СТ СЭВ 514-77)
0.01, 0.02, 0.025, 0.03, 0.036, 0.04, 0.05, 0.06, 0.071, 0.08, 0.085, 0.09, 0.1, 0.12, 0.15, 0.18, 0.19, 0.2, 0.25, 0.3, 0.36, 0.38, 0.42, 0.45, 0.48, 0.5, 0.6, 0.71, 0.75, 0.8, 0.85, 0.9, 0.95, 1, 1.05, 1.1, 1.15, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2, 2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 2.6, 2.8, 3, 3.2, 3.4, 3.6, 4, 4.2, 4.5, 4.8, 5, 5.3, 5.6, 6, 6.3, 6.7, 7.1, 7.5, 8, 8.5, 9, 9.5, 10, 10.5, 11, 11.5, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 53, 55, 56, 60, 63, 67, 71, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 120, 125, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 240, 250, 260, 280, 300, 320, 340, 360, 380, 400, 420, 450, 480, 500, 530, 560, 600, 630, 670, 710, 750, 800, 850, 900, 950, 1000, 1060, 1120, 1180, 1250, 1320, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2120, 2240, 2360, 2500, 2650, 2800, 3000, 3150, 3350, 3550, 3750, 4000, 4250, 4500, 4750, 5000, 5300, 5600, 6000, 6300, 6700, 7100, 7500, 8000, 8500, 9000, 9500, 10000, 10600, 11200, 11800, 12500, 13200, 14000, 15000, 16000, 17000, 18000, 19000, 20000

Продовження таблиці 3.2

<p>Ряди і розміри нормальних кутів загального призначення (відповідно до ГОСТ 8908-73)</p> <p>0, 0°15', 0°30', 0°45', 1°, 1°30', 2°, 2°30', 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 8°, 9°, 10°, 12°, 15°, 18°, 20°, 22°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70°, 75°, 80°, 85°, 90°, 100°, 110°, 120°, 135°, 150°, 180°, 270°, 360°</p>
<p>Різи метричні. Діаметри і кроки (відповідно до ГОСТ 8724-72 і СТ СЄВ 181-75)</p> <p>5, 6, 8, 10, 12, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42, 45, 48</p>
<p>Розміри метричної конічної різи (відповідно до СТ СЄВ 304-76)</p> <p>6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42, 45, 48, 52, 56, 60</p>
<p>Різи трапеційовидні однозаходні (відповідно до ГОСТ 9484-73)</p> <p>8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90</p>
<p>Ряди шорсткості</p> <p>0.025, 0.05, 0.1, 0.125, 0.16, 0.2, 0.25, 0.32, 0.4, 0.5, 0.63, 0.8, 1, 1.25, 1.6, 2.5, 3.2, 4, 5, 6.3, 8, 10, 12.5, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100</p>

2. Коефіцієнт точності обробки згідно з ГОСТ 18831-73 визначається за формулою

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (3.2)$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (3.3)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності, що визначається; T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі, n_i – кількість поверхонь деталі, що мають точність T_i квалітету.

При обчисленні даного коефіцієнта рекомендується скласти таблицю в якій буде вказано скільки і які поверхні мають певний квалітет.

3. Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно з ГОСТ 18831-73

$$K_u = \frac{1}{\text{Ш}_{cp}}, \quad (3.4)$$

$$\text{Ш}_{cp} = \frac{\sum \text{Ш}_k \cdot n_k}{\sum n_k}, \quad (3.5)$$

де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість поверхні; $Ш_k$ – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі; n_k – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному числовому значенню R_a , мкм.

Під час розрахунку коефіцієнта шорсткості рекомендується заповнювати таблицю, в якій вказується скільки поверхонь мають певну шорсткість.

Якщо $K_y > 0,6$; $K_T > 0,8$; $K_{ш} < 0,32$; то деталь за кількісними показниками вважається технологічною [1].

Приклад (див. рис. 1.2)

Якісний аналіз

Деталь «Ступиця» виготовляється зі сталі 45 і використовується для встановлення вала в складальній одиниці. Аналіз робочого креслення показав, що найбільш точними поверхнями є зовнішня циліндрична поверхня, що використовується для правильної орієнтації деталі у вузлі; ряд отворів, що використовуються для надійного закріплення «Ступиці» на панелі; циліндрична поверхня, по якій устанавлюється вал. Таким чином, поверхня $\varnothing 170h8_{(-0,063)}$ і торець (правий) $\varnothing 280$ – це основні конструкторські бази; $\varnothing 116H8^{(+0,035)}$ та торець (лівий) $\varnothing 280$, торець (правий) $\varnothing 170h8_{(-0,063)}$, кріпильні отвори $\varnothing 21$, шпонковий паз, різьбовий отвір M10-7H, лиска розмірами 5×50 , канавка шириною $6^{+0,1}$, $\varnothing 140$ – це допоміжні конструкторські бази; $\varnothing 280$, фаска $4 \times 45^\circ$ – вільні поверхні.

Конструкція деталі в цілому технологічна. Деталь має хороші базові поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки. При виконанні токарної попередньої обробки – це $\varnothing 280$ та його торець (лівий), при остаточній обробці деталі – отвір $\varnothing 116H8^{(+0,035)}$ та $\varnothing 170h8_{(-0,063)}$ і торець (правий) $\varnothing 280$. Для виробництва деталі передбачений матеріал-замінник, яким є сталь 20.

Вказані на кресленні деталі квалітети точності механічної обробки відповідають параметрам шорсткості. Вони можуть бути забезпеченими на верстатах з числовим програмним керуванням.

Вимоги відносного розташування оброблених поверхонь, вказані у відповідності з їх службовим призначенням, також можуть бути забезпеченими при механічній обробці, оскільки геометричні похибки верстатів, на яких виконується обробка, нижчі цих відхилень.

Вказані на кресленні розміри деталі можуть бути проконтрольовані безпосередньо, завад для цього не існує.

Серед поверхонь деталі є такі, які можуть бути використані при базуванні (вказані вище), і тому застосування штучних технологічних баз

не є виправданим, оскільки існує достатня кількість баз для встановлення на них деталі під час механічної обробки.

Заготовка, з якої виготовляється деталь, може бути виготовлена методом пластичного деформування. Виходячи з конструктивних особливостей та програми випуску деталі, що аналізується, найбільш оптимальним способом є штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах. Цей спосіб дозволяє отримати низьку шорсткість, порівняно з іншими способами штампування, а також забезпечує добрий економічний ефект.

Кількісний аналіз

Результати аналізу уніфікації конструктивних елементів деталі «Ступиця» занесено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Визначення коефіцієнта уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість	Різь метрична
150 *	Ø280*	60° *(10 пов.)	12,5 * (20 пов.)	M10-7H *
125 *	Ø225	54° (2 пов.)	6,3 * (17 пов.)	
115	Ø170h8 _{-0,063} *	45° *	3,2 * (2 пов.)	
63 *	Ø162,4		1,6 * (3 пов.)	
50 *	Ø140 *			
136	Ø116H8 ^{+0,035}			
28H9 *	Ø21 * (10 пов.)			
15 *	R7 * (2 пов.)			
9 * (10 пов.)				
6 ^{+0,1} *				
5 *				
4 *				
Σ _{заг.} = 21	Σ _{заг.} = 18	Σ _{заг.} = 13	Σ _{заг.} = 42	Σ _{заг.} = 1
Σ _{уніф.} = 19	Σ _{уніф.} = 15	Σ _{уніф.} = 11	Σ _{уніф.} = 42	Σ _{уніф.} = 1

Примітка. Позначення «*» мають уніфіковані розміри.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

$$K_y = \frac{Q_{ey}}{Q_e} = \frac{88}{95} = 0,93;$$

де Q_{ey} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

В таблиці 3.4 показано квалітети точності поверхонь деталі «Ступиця» та їх кількість.

Таблиця 3.4 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Квалітет (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
8 ($\varnothing 170h8_{-0,063}$; $\varnothing 116H8^{+0,035}$)	2	$8 \cdot 2 = 16$
9 (28H9)	2	$9 \cdot 2 = 18$
10 (125)	1	$10 \cdot 1 = 10$
12 (150 – 2 поверхні; 9 – 10 поверхонь; $\varnothing 21$ – 10 поверхонь; 5×50 – 3 поверхні; $6^{+0,1}$ – 2 поверхні; R7 – 2 поверхні; $\varnothing 162,4$, M10-7H, $4 \times 45^\circ$, $\varnothing 280$, $\varnothing 140$, 15, 136 – 1 поверхня)	36	$12 \cdot 36 = 432$
Сума	41	476

Коефіцієнт точності обробки

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{11,6} = 0,91;$$

де

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{476}{41} = 11,6;$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі;

n_i – кількість поверхонь деталі з точністю відповідно за 0...17 квалітетами.

В таблиці 3.5 показано яку шорсткість мають поверхні деталі «Ступиця» та кількість поверхонь з відповідною шорсткістю.

Таблиця 3.5 – Визначення коефіцієнта шорсткості поверхні

Шорсткість (розміри)	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6 ($\varnothing 170h8_{-0,063}$; $\varnothing 116H8^{+0,035}$; 125)	3	$1,6 \cdot 3 = 4,8$
3,2	2	$3,2 \cdot 2 = 6,4$
6,3 ($\varnothing 280$, 140, 15, M10-7H, $\varnothing 162,4$, 136, $4 \times 45^\circ$ – 1 поверхня; $6^{+0,1}$, 150, R7 – 2 поверхні; 5×50 – 3 поверхні)	16	$6,3 \cdot 16 = 100,8$
12,5 ($\varnothing 21$ – 10 поверхонь; 9 – 10 поверхонь)	20	$12,5 \cdot 20 = 250$
Сума	41	362

Коефіцієнт шорсткості поверхні

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{8,83} = 0,113;$$

де

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{362}{41} = 8,83;$$

де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість поверхні, мкм;

$Ш_i$ – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі, мкм;

n_i – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає числовому значенню параметра R_a , мкм.

Висновок. $K_y = 0,93 > 0,6$; $K_T = 0,91 > 0,8$; $K_{ш} = 0,113 < 0,32$.

Отже, деталь за кількісними показниками є технологічною.

Порядок виконання роботи

1. Одержання завдання для виконання роботи.
2. Проведення якісного аналізу технологічності конструкції деталі.
3. Виконання кількісного аналізу технологічності конструкції деталі за коефіцієнтом уніфікації, точності, шорсткості.
 - 3.1. Розгляд оброблюваних поверхонь та їх запис у вигляді розмірів.
 - 3.2. Заповнення розрахункової таблиці (з розподілом оброблюваних поверхонь за видами – зовнішні діаметральні поверхні, отвори, різьбові поверхні тощо).
 - 3.3. Вибір уніфікованих елементів та занесення відповідного позначення в розрахункову таблицю (наприклад «*»).
 - 3.4. Розрахунок коефіцієнта уніфікації.
 - 3.5. Заповнення розрахункової таблиці та визначення коефіцієнта точності поверхонь деталі.
 - 3.6. Заповнення розрахункової таблиці та визначення коефіцієнта шорсткості поверхонь деталей.
4. Висновки.

Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Креслення деталі.
3. Розрахунки та пояснення стосовно роботи, таблиці за формою таблиць 3.3–3.5.
4. Висновки.

Питання для самоконтролю

1. Види аналізу технологічності конструкції деталей та їх особливості.
2. Що висвітлюється під час якісного аналізу конструкції деталі на технологічність?
3. Елементи, що вважаються нетехнологічними в конструкції деталі.
4. Визначення коефіцієнта уніфікації.
5. Визначення коефіцієнта точності.
6. Розрахунок середнього квалітету точності.
7. Визначення коефіцієнта шорсткості.
8. Розрахунок середньої шорсткості поверхонь деталі.
9. Рекомендовані значення коефіцієнтів уніфікації, точності, шорсткості, за яких конструкція деталі вважається технологічною.
10. Яким чином можна підвищити технологічність виробу на стадії проектування заготовки?

Рекомендована література [1, 5, 6]

Практичне заняття № 3

Тема № 4. РОЗРАХУНОК ПРИВЕДЕНОЇ ПРОГРАМИ

Мета роботи – набуття практичних навичок з розрахунків приведеної програми, підбору розрахункових представників та деталей для проектування ділянки механічної обробки.

Короткі теоретичні відомості

Проектування ділянок і цехів в умовах дрібносерійного, серійного, а іноді і великосерійного, виробництва виконують за приведеною програмою. Це пояснюється тим, що при значній номенклатурі випуску деталей, виробів обсяг проектних і технологічних розробок стає надто великим. Для його скорочення реальну багатомономенклатурну програму заміняють приведеною, яка виражається обмеженою кількістю представників, еквівалентною за трудомісткістю багатомономенклатурній програмі.

З цією метою всі деталі і складальні одиниці розбивають на групи за конструкційними і технологічними ознаками.

В кожній групі вибирають деталь чи складальну одиницю-розрахунковий представник, для якого ведуть розрахунки. На представників розробляють технологічні процеси обробки чи складання і шляхом технічного нормування визначають їх трудомісткість.

За деталь чи складальну одиницю-розрахунковий представник вибирають, як правило, деталі чи складальні одиниці, для яких характерний найбільший обсяг випуску і трудомісткість виготовлення.

Рекомендуються такі співвідношення маси m і річної програми випуску N об'єкта представника та інших об'єктів виробництва, які входять в групу,

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,5m_{\max} \leq m \leq 2m_{\min}, \\ 0,1N_{\max} \leq N \leq 10N_{\min}, \end{array} \right. \quad (4.1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,5m_{\max} \leq m \leq 2m_{\min}, \\ 0,1N_{\max} \leq N \leq 10N_{\min}, \end{array} \right. \quad (4.2)$$

де m_{\max} , m_{\min} , N_{\max} , N_{\min} – відповідно, найбільші і найменші значення маси і річної програми випуску об'єктів виробництва, які входять в групу.

Якщо зазначені співвідношення не виконуються, необхідно групу розділити на дві чи більше підгруп.

Формування груп і вибір розрахункових представників дуже відповідальний процес, оскільки від цього залежить точність технологічних розрахунків і проектних рішень.

В практиці проектування будь-який об'єкт виробництва, який входить в групу, може бути приведений до розрахункового представника з

урахуванням різниці в масі, програмі випуску, складності обробки і складання та інших параметрів. Приведена програма визначається

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{np.i}, \quad (4.3)$$

де N_i – програма випуску кожного з найменувань деталей, зібраних у групу, шт.; $K_{np.i}$ – коефіцієнт приведення для кожного з найменувань деталей, що зібрані у групу; n – кількість найменувань деталей, що зібрані в групу.

Загальний коефіцієнт приведення для розглядуваної деталі (виробу)

$$K_{np.i} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \dots K_n, \quad (4.4)$$

де K_1 – коефіцієнт приведення за масою;

K_2 – коефіцієнт приведення за серійністю;

K_3 – коефіцієнт приведення за складністю;

K_n – коефіцієнт приведення, який враховує інші особливості об'єкта, наприклад, різницю в точності виробу і виробу-розрахункового представника (верстатобудування), наявність поставок комплектуючих з кооперації окремих вузлів та агрегатів і т. д.

При використанні методу приведення можливі два варіанти формування груп і вибору типових представників.

Перший варіант використовують при закріпленні за цехом (дільницею) виготовлення деталей або складання гамми подібних виробів, створеної на одній базі, які відзначаються характеристиками в певному діапазоні. В цьому випадку формують одну чи кілька груп виробів і за представника вибирають один із виробів групи. Другий варіант використовують при виготовленні цехом (дільницею) виробів, які суттєво відрізняються один від одного. В цьому випадку для проектування механічного цеху (дільниці) деталі всіх машин об'єднують в технологічно подібні групи (вали, втулки, корпусні деталі, кронштейни та інші) і в кожній групі вибирають деталь-розрахунковий представник, для якої розробляють технологічні процеси з технічним нормуванням.

Результати розробок для будь-якого з варіантів розповсюджують на всі об'єкти групи, користуючись коефіцієнтами приведення.

Коефіцієнт, який враховує різницю в масі оброблюваних деталей виробу,

$$K_1 = C_0 \sqrt[3]{\left(\frac{\sum m_i}{\sum m_{p,np}}\right)^2} + C_d \sqrt[3]{\frac{\sum m_i}{\sum m_{p,np}}}, \quad (4.5)$$

де C_0 і C_o – коефіцієнти, які враховують частку основного і допоміжного часу в штучному чи штучно-калькуляційному;

$\sum m_i$ і $\sum m_{p.нр}$ – відповідно, сумарні маси деталей розглядуваного виробу групи і виробу розрахункового представника.

Для визначення C_0 і C_o в залежності від маси виробів і типу виробництва можна використати номограму [4].

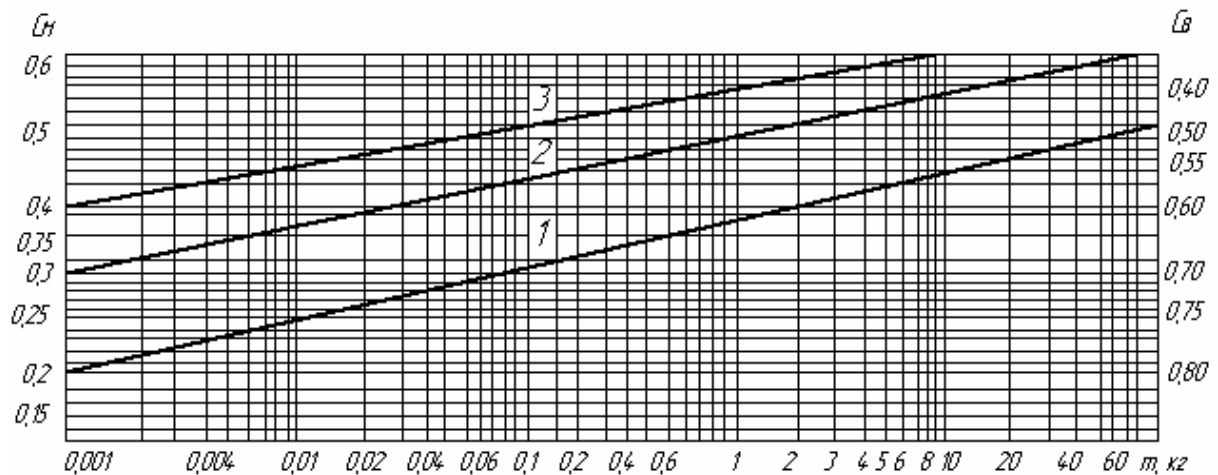


Рисунок 4.1 – Номограма для визначення коефіцієнтів C_0 та C_o (за Барташевим Л. В.) в залежності від типу виробництва деталей;
1 – одиничне і дрібносерійне; 2 – середньосерійне;
3 – великосерійне і масове

Для геометрично подібних деталей можна користуватися більш простою формулою

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.нр}}\right)^2}, \quad (4.6)$$

де m_i , $m_{p.нр}$ – маси розглядуваної деталі, деталі розрахункового представника, відповідно.

Вона виражає співвідношення мас розглядуваної деталі групи і деталі-розрахункового представника.

Коефіцієнти приведення, які враховують різницю в масі складуваних виробів, визначають за формулами

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{\sum m_i}{\sum m_{p.нр}}\right)^2}, \quad (4.7)$$

або

$$K_1 = \sqrt[3]{\frac{\sum m_i}{\sum m_{pn}}} \quad (4.8)$$

Формула (4.7) використовується при великому обсязі припасувальних робіт, а формула (4.8) – при малому.

Коефіцієнт приведення за серійністю K_2 враховує зміни в трудомісткості обробки чи складання при зміні програми випуску.

Це обумовлено, наприклад, доцільністю використання більш досконалого пристрою, який скорочує час встановлення деталі при обробці чи складанні, якщо програма випуску збільшується. В практиці проектування цей коефіцієнт визначають за емпіричною формулою

$$K_2 = \left(\frac{N_{pn}}{N_i} \right)^a, \quad (4.9)$$

де N_{pn} і N_i – програма випуску відповідно деталі (виробу)-розрахункового представника і розглядуваної деталі (виробу);

a – показник степеня ($a = 0,15$ для об'єктів легкого і середнього машинобудування, $a = 0,2$ для об'єктів важкого машинобудування).

Коефіцієнт приведення за складністю K_3 враховує вплив технологічності конструкції на верстатомісткість обробки або трудомісткість складання. Так, наприклад, збільшення точності обробки і підвищення вимог до зменшення шорсткості поверхні ведуть до збільшення верстатомісткості обробки. Трудомісткість складання, наприклад, суттєво залежить від кількості спряжених елементів в конструкції виробу, точності спряження та різних інших факторів, врахувати які дуже складно.

В загальному вигляді коефіцієнт приведення за складністю можна записати у вигляді добутку коефіцієнтів, які враховують зв'язки між конструкційними факторами і трудомісткістю виробів, для яких визначається приведена програма

$$K_3 = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot K_{3n}^{\alpha_n}, \quad (4.10)$$

де $K_{31}, K_{32} \dots K_{3n}$ – коефіцієнти, які враховують різницю відповідних технічних параметрів в розглядуваному виробі і виробі-представникові;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_n$ – показники, які встановлюють ступінь впливу відповідних технічних параметрів на трудомісткість обробки чи складання.

Так, наприклад, для однорідних деталей групи найбільш суттєвими параметрами, які визначають складність, а відповідно і трудомісткість виготовлення, будуть точність і параметр шорсткості поверхні обробки. Ці

параметри при кількісному оцінюванні технологічності конструкції деталі враховують середнім квалітетом точності K_T і середнім значенням параметра шорсткості R_a оброблюваних поверхонь. Для цього випадку

$$K_3 = K_{31} \cdot K_{32}, \quad (4.11)$$

де K_{31} – коефіцієнт, що враховує різницю в точності оброблюваних поверхонь деталей;

K_{32} – коефіцієнт, що враховує різницю в шорсткості оброблюваних поверхонь деталей.

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_{Ti}}}{\overline{K_{T.p.np}}} \right)^{\alpha_1}, \quad (4.12)$$

$$K_{32} = \left(\frac{\overline{R_{ai}}}{\overline{R_{a.p.np}}} \right)^{\alpha_2}, \quad (4.13)$$

де $\overline{K_{Ti}}$ і $\overline{K_{T.p.np}}$ – середні значення квалітету точності поверхонь деталі, що розглядається і деталі-розрахункового представника;

$\overline{R_{ai}}$ і $\overline{R_{a.p.np}}$ – середні значення параметра R_a шорсткості поверхонь деталі, що розглядається і деталі-розрахункового представника;

$$\overline{K_T} = \frac{\sum_{i=1}^{n_n} K_\gamma n_\gamma}{\sum_{i=1}^{n_n} n_\gamma}, \quad (4.14)$$

$$\overline{R_a} = \frac{\sum_{i=1}^{n_r} R_{ak} n_k}{\sum_{i=1}^{n_r} n_k}, \quad (4.15)$$

де K_γ – γ -й квалітет;

n_n – кількість розглядуваних розмірів, що мають певні квалітети;

n_γ – кількість розмірів γ -го квалітету;

R_{ak} – значення R_a k -ї поверхні деталі, мкм;

n_r – кількість розглядуваних поверхонь, що мають певну шорсткість;

n_k – кількість поверхонь, що мають значення R_a .

Для визначення значень $(\overline{K_T})^{\alpha_1}$ рекомендуються до використання дані, що наведені в таблиці 4.1 [4].

Таблиця 4.1 – Середній квалітет $\overline{K_T}$ степеня α_1

Середній квалітет	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$(\overline{K_T})^{\alpha_1}$	1,45	1,3	1,2	1,1	1,04	1	0,94	0,9	0,8	0,75	0,65	0,62	0,6

Значення $(\overline{R_a})^{\alpha_2}$ при обробці різанням визначають за даними, що наведені в таблиці 4.2 [4].

Таблиця 4.2– Середня шорсткість $\overline{R_a}$ степеня α_2

$\overline{R_a}$	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04
$(\overline{R_a})^{\alpha_2}$	0,95	0,95	1	1,1	1,2	1,4	1,55	1,8	2,1	2,35

Під час порівняння виробів коефіцієнт приведення за складністю виготовлення у верстатобудуванні визначають як добуток коефіцієнтів

$$K_3 = K_{31} \cdot K_{32}, \quad (4.16)$$

де K_{31} – коефіцієнт, який враховує кількість оригінальних деталей в порівнюваних виробах;

K_{32} – коефіцієнт, який враховує точність порівнюваних виробів.

$$K_{31} = \left(\frac{H_i}{H_{p,np}} \right)^{0,5}; \quad (4.17)$$

$$K_{32} = \frac{K_{Ti}}{K_{Tp,np}}; \quad (4.18)$$

де H_i і $H_{p,np}$ – кількість оригінальних деталей у виробі, що розглядається, і у виробі-розрахунковому представнику;

K_{Ti} і $K_{Tp,np}$ – коефіцієнти, які залежать від класу точності виробу.

Для виробів нормальної точності $K_T = 1$, для виробів підвищеної точності $K_T = 1,1$; для виробів високої точності $K_T = 1,2$.

Добуток всіх коефіцієнтів приведення дає загальне значення коефіцієнта приведення для розглядуваної деталі, складальної одиниці чи виробу.

В результаті таких розрахунків замість фактичної багатомножинної програми одержують еквівалентну їй за трудомісткістю приведену програму, що виражається обмеженою кількістю виробів-розрахункових представників. За цією програмою ведуть всі подальші розрахунки для проектування ділянки механічної обробки.

Приклад (рисунок 1.2)

Приведена програма може бути розрахована за формулою (4.3)

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npp}.$$

Для визначення коефіцієнтів K_1 , K_2 , K_3 скористаємося даними таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Дані для розрахунку приведенної програми

Деталі	Маса	Програма	Точність/Шорсткість								
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Ступиця (розрахунковий представник)	24	3000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	1	3	1	1	-	33	-	-
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	-	3	-	2	14	20	-	-
Фланець	12	30000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	1	3	1	-	-	3	-	8
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	1	3	1	-	3	8	-	-
Верхня кришка	16	8000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	2	4	1	2	-	4	-	5
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	2	4	1	2	4	5	-	-
Стакан	48	400	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			1	-	3	2	4	-	6	-	5
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			1	-	3	2	4	6	5	-	-
Нижня кришка	20	4000	6	7	8	9	10	11	12	13	14
			-	2	2	3	1	-	5	-	6
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-
			-	2	2	3	1	5	6	-	-

Розрахуємо коефіцієнт K_1 для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то K_1 може бути розрахований за формулою

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.np}}\right)^2},$$

де m_i – маса деталі розглядуваного виробу;

$m_{p.np}$ – маса розрахункового представника.

Таким чином коефіцієнт K_1 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника)

– для ступиці (розрахункового представника)

$$K_{1C} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_C}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{24}{24}\right)^2} = 1,0;$$

– для фланця $K_{1\phi} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_\phi}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{12}{24}\right)^2} = 0,63;$

– для верхньої кришки $K_{1BK} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{BK}}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{16}{24}\right)^2} = 0,764;$

– для стакана $K_{1CT} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{CT}}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{48}{24}\right)^2} = 0,74;$

– для нижньої кришки $K_{1HK} = \sqrt[3]{\left(\frac{m_{HK}}{m_{p.np}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{20}{24}\right)^2} = 0,89.$

Для визначення коефіцієнта K_2 скористаємося залежністю (4.9).

Таким чином коефіцієнт K_2 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника)

– для ступиці (розрахункового представника)

$$K_{2C} = \left(\frac{N_{p.np}}{N_C}\right)^\alpha = \left(\frac{3000}{3000}\right)^{0,15} = 1,0;$$

– для фланця $K_{2\phi} = \left(\frac{N_{p.np}}{N_\phi}\right)^\alpha = \left(\frac{3000}{30000}\right)^{0,15} = 0,708;$

– для верхньої кришки $K_{2BK} = \left(\frac{N_{p.np}}{N_{BK}}\right)^\alpha = \left(\frac{3000}{8000}\right)^{0,15} = 0,86;$

– для стакану $K_{2CT} = \left(\frac{N_{p.np}}{N_{CT}} \right)^\alpha = \left(\frac{3000}{400} \right)^{0,15} = 1,355$;

– для нижньої кришки $K_{2HK} = \left(\frac{N_{p.np}}{N_{HK}} \right)^\alpha = \left(\frac{3000}{4000} \right)^{0,15} = 0,96$.

K_3 – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники, для технологічно подібних деталей визначається за формулами (4.11, 4.12, 4.13).

Знайдемо значення коефіцієнта K_{31} для кожної деталі

– для ступиці (розрахункового представника)

$$\overline{K_{Tp.np}^C} = \frac{\sum K_\epsilon \cdot n_{кв}}{\sum n_{кв}} = \frac{8 \cdot 2 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 1 + 12 \cdot 37}{2 + 2 + 1 + 37} = 11,62;$$

$$\left(\overline{K_{Tp.np}^C} \right)^{\alpha_1} = (11,62)^{\alpha_1} = 0,92;$$

– для фланця

$$\overline{K_{Tp.np}^\Phi} = \frac{\sum K_\epsilon \cdot n_{кв}}{\sum n_{кв}} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 3 + 9 \cdot 1 + 12 \cdot 3 + 14 \cdot 8}{1 + 3 + 1 + 3 + 8} = 11,75;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_T^\Phi}}{\overline{K_{Tp.np}^C}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{11,75}{11,62} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,91}{0,92} = 0,99;$$

– для верхньої кришки

$$\overline{K_{Tp.np}^{BK}} = \frac{\sum K_\epsilon \cdot n_{кв}}{\sum n_{кв}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 4 + 9 \cdot 1 + 10 \cdot 2 + 12 \cdot 4 + 14 \cdot 5}{2 + 4 + 1 + 2 + 4 + 4 + 5} = 8,77;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_T^{BK}}}{\overline{K_{Tp.np}^C}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{8,77}{11,62} \right)^{\alpha_1} = \frac{1,065}{0,92} = 1,16;$$

– для стакану

$$\overline{K_{Tp.np}^{CT}} = \frac{\sum K_\epsilon \cdot n_{кв}}{\sum n_{кв}} = \frac{6 \cdot 1 + 8 \cdot 3 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 4 + 12 \cdot 6 + 14 \cdot 5}{1 + 3 + 2 + 4 + 6 + 5} = 10,95;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_T^{CT}}}{\overline{K_{Tp.np}^C}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{10,95}{11,62} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,942}{0,92} = 1,03;$$

– для нижньої кришки

$$\overline{K_{Tp.np}^{HK}} = \frac{\sum K_\epsilon \cdot n_{кв}}{\sum n_{кв}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 3 + 10 \cdot 1 + 12 \cdot 5 + 14 \cdot 6}{2 + 2 + 3 + 1 + 5 + 6} = 11,11;$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_T^{HK}}}{\overline{K_{Tp.np}^C}} \right)^{\alpha_1} = \left(\frac{10,95}{11,62} \right)^{\alpha_1} = \frac{0,905}{0,92} = 0,98.$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_{32} для кожної деталі

– для ступиці (розрахункового представника)

$$\overline{R}_a^C = \frac{\sum R_a \cdot n_{нов}}{\sum n_{нов}} = \frac{1,6 \cdot 3 + 3,2 \cdot 2 + 6,3 \cdot 17 + 12,5 \cdot 20}{3 + 2 + 17 + 20} = 9,8;$$

$$\left(\overline{R}_a^C\right)^{\alpha_2} = (9,8)^{\alpha_2} = 0,95;$$

– для фланця

$$\overline{R}_a^\Phi = \frac{\sum R_a \cdot n_{нов}}{\sum n_{нов}} = \frac{1,25 \cdot 1 + 1,6 \cdot 3 + 6,3 \cdot 3 + 2,5 \cdot 1 + 12,5 \cdot 8}{1 + 3 + 1 + 3 + 8} = 7,966;$$

$$K_{32}^\Phi = \left(\frac{\overline{R}_a^\Phi}{\overline{R}_a^{p.нп}}\right)^{\alpha_2} = \left(\frac{7,966}{9,8}\right)^{\alpha_2} = \frac{0,97}{0,95} = 1,02;$$

– для верхньої кришки

$$\overline{R}_a^{BK} = \frac{\sum R_a \cdot n_{нов}}{\sum n_{нов}} = \frac{1,25 \cdot 2 + 1,6 \cdot 4 + 2,5 \cdot 1 + 3,2 \cdot 2 + 6,3 \cdot 4 + 12,5 \cdot 5}{2 + 4 + 1 + 2 + 4 + 5} = 5,86;$$

$$K_{32}^{BK} = \left(\frac{\overline{R}_a^{BK}}{\overline{R}_a^{p.нп}}\right)^{\alpha_2} = \left(\frac{5,86}{9,8}\right)^{\alpha_2} = \frac{0,99}{0,95} = 1,04;$$

– для стакана

$$\overline{R}_a^{CT} = \frac{\sum R_a \cdot n_{нов}}{\sum n_{нов}} = \frac{0,8 \cdot 1 + 1,6 \cdot 3 + 2,5 \cdot 2 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 6 + 12,5 \cdot 5}{1 + 3 + 2 + 4 + 6 + 5} = 5,89;$$

$$K_{32}^{CT} = \left(\frac{\overline{R}_a^{CT}}{\overline{R}_a^{p.нп}}\right)^{\alpha_2} = \left(\frac{5,89}{9,8}\right)^{\alpha_2} = \frac{0,992}{0,95} = 1,044;$$

– для нижньої кришки

$$\overline{R}_a^{HK} = \frac{\sum R_a \cdot n_{нов}}{\sum n_{нов}} = \frac{1,25 \cdot 2 + 1,6 \cdot 2 + 2,5 \cdot 3 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 5 + 12,5 \cdot 6}{2 + 2 + 3 + 1 + 5 + 6} = 6,47;$$

$$K_{32}^{HK} = \left(\frac{\overline{R}_a^{HK}}{\overline{R}_a^{p.нп}}\right)^{\alpha_2} = \left(\frac{6,47}{9,8}\right)^{\alpha_2} = \frac{0,965}{0,95} = 1,015.$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

– для ступиці (розрахункового представника)

$$K_{3C} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$$

– для фланця $K_{3\Phi} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,99 \cdot 1,02 = 1,011;$

– для верхньої кришки $K_{3BK} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,16 \cdot 1,04 = 1,206;$

– для стакана $K_{3CT} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 1,03 \cdot 1,044 = 1,076;$

– для нижньої кришки $K_{3HK} = K_{31}^{\alpha_1} \cdot K_{32}^{\alpha_2} = 0,98 \cdot 1,016 = 0,995.$

Значення коефіцієнта $K_{нп}$ для кожного виробу

– для ступиці (розрахункового представника) $K_{нпC} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0;$

– для фланця $K_{нп\Phi} = 0,63 \cdot 0,708 \cdot 1,011 = 0,45;$

– для верхньої кришки $K_{нпBK} = 0,764 \cdot 0,86 \cdot 1,206 = 0,792;$

- для стакану $K_{нрСТ} = 0,74 \cdot 1,355 \cdot 1,076 = 1,079$;
- для нижньої кришки $K_{нрНК} = 0,89 \cdot 0,96 \cdot 0,995 = 0,85$.

На основі наведених вище розрахунків приведена програма становитиме

$$N_{нр} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{нpi} ;$$

$$N_{нр} = 3000 \cdot 1,0 + 3000 \cdot 0,45 + 8000 \cdot 0,792 + 400 \cdot 1,079 + 4000 \cdot 0,85 = 26700 \text{ (шт.)}$$

Результати розрахунків зведемо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма випуску
			по масі	по серійності	по складності	загальний	
Ступиця	3000	24	1,0	1,0	1,0	1,0	3000
Фланець	30000	12	0,63	0,708	1,011	0,45	13528
Верхня кришка	8000	16	0,764	0,86	1,206	0,792	6339
Стакан	400	48	0,74	1,355	1,076	1,079	432
Нижня кришка	4000	20	0,89	0,96	0,995	0,85	3401
							26700

Порядок виконання роботи

1. Ознайомлення з алгоритмом визначення приведеної програми.
2. Встановлення найбільш характерних деталей, які виготовляються на дільниці.
3. Визначення основних показників деталей згідно з прикладом, наведеним у таблиці 4.3.
4. Розрахунок коефіцієнтів приведення за масою, серійністю та складністю для типових деталей.
5. Розрахунок приведенного коефіцієнта та приведеної програми.
6. Висновки.

Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Креслення деталі – розрахункового представника.
3. Розрахунки та пояснення стосовно роботи, таблиці за формою наведеною в таблицях 4.3 і 4.4.
4. Висновки.

Питання до самоконтролю

1. В якому випадку під час проектування ділянки (цеху) доцільно визначати приведену програму?
2. Що таке приведена програма?
3. Методика визначення приведеної програми.
4. Що таке розрахунковий представник?
5. Визначення коефіцієнта приведення за масою.
6. Визначення коефіцієнта приведення за серійністю.
7. Визначення коефіцієнта приведення за складністю.
8. Визначення загального коефіцієнта приведення.

Рекомендована література [3, 4]

Практичне заняття № 4

Тема № 5. РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

Мета роботи – набуття практичних навичок проектування технологічних процесів механічної обробки деталі з приведенням найменування операцій та переходів.

Короткі теоретичні відомості

За класифікацією Ф. С. Дем'янюка [7] встановлено вісім класів, згідно з якими деталі діляться за формою та подібністю технологічних процесів їх механічної обробки на:

- корпусні деталі;
- круглі стержні;
- пустотілі циліндри;
- диски;
- некруглі стержні;
- невеликі деталі складної форми;
- кріпильні деталі;
- спеціальні деталі, які за формою значно відрізняються від деталей, що їх відносять до перших семи класів, та які обробляються за спеціальною технологією.

До класу «Корпусні деталі» відносять всі литі та зварені коробчастої форми, а також деталі типу станин, стояків, плит, кутників, кришок, кронштейнів, блоків, циліндрів, барабанів, багатошпиндельних автоматів тощо.

До класу «Круглі стержні» входять всі деталі типу валів, осей, штоків, штанг, труб, шпинделів, кулачкових валів, ходових гвинтів, валів-шестерен тощо.

Клас «Пустотілі циліндри» охоплює втулки найрізноманітніших конфігурацій, а також гільзи, стакани, циліндри гідро- та пневмосистем тощо.

В клас «Диски» входять всі деталі, що мають форму диска, а також шківни, маховики, фланці, корпуси муфт, кільця, зубчасті колеса (циліндричні, конічні, черв'ячні) тощо.

До класу «Некруглі стержні» відносять стержні, поперечний переріз яких не має круглої форми (важелі всіх видів, шатуни кривошипних механізмів, балки, криві стержні) тощо.

До класу «Невеликі деталі складної форми» відносять невеликі деталі різної складної форми (корпуси невеликих вузлів, фасонні кулачки, трійники, штуцери, кутники) і т. п.

В клас «Кріпильні деталі» вносять такі деталі, як болти, гвинти, гайки, шпильки, штифти, шпонки і т. п.

В клас «Спеціальні деталі» необхідно віднести такі деталі складної конфігурації, як колінчасті вали двигунів внутрішнього згорання, компресорів, пресів, лопаті парових і газових турбін, поршні двигунів внутрішнього згорання та інші складні точні деталі.

При проектуванні маршруту механічної обробки необхідно встановити до якого класу належить розглядувана деталь та виконати огляд існуючих типових технологічних процесів. Підбір та аналіз типового технологічного процесу дає можливість використати існуючу інформацію для проектування маршруту механічної обробки розглядуваної деталі.

Послідовність розробки маршруту механічної обробки:

- вибір баз;
- визначення кількості переходів механічної обробки;
- вибір методів обробки поверхонь;
- формування операцій.

Одним із найбільш складних і відповідальних питань проектування технологічних процесів механічної обробки деталі є призначення технологічних баз. Від того наскільки правильно вибрані бази залежить точність виконання розмірів, заданих конструктором, правильність розміщення оброблюваних поверхонь, складність пристосувань, різальних та вимірювальних інструментів, загальна продуктивність обробки заготовок. Основні положення, що стосуються термінології, класифікації та теорії базування, наведені в [7] і студенти ознайомлені з ними під час вивчення дисципліни «Теоретичні основи виробництва деталей та складання машин».

Вихідними даними при виборі баз є: робоче креслення деталі, технічні умови на її виготовлення, вид заготовки і стан її поверхонь, бажаний ступінь автоматизації. Перед вибором баз для конкретної операції необхідно чітко сформулювати задачі, які повинні бути вирішені в результаті виконання даної операції. Ці задачі формулюються з вимог креслення і технічних вимог на виготовлення деталі.

Перший етап при виборі баз – вибір чистових технологічних баз, тобто поверхонь для базування деталі при виконанні більшості операцій технологічного процесу механічної обробки. Такими поверхнями бажано вибирати основні конструкторські бази, від яких, як правило, задано більшість розмірів, що координують розташування інших відповідальних поверхонь деталі. Відхилення від цього правила можливе лише тоді, коли основна конструкторська база деталі не має значної довжини, достатньої для надійного базування деталі, або якщо обробку виконують при використанні пристосування супутника.

Задача, що вирішується при виборі чистових технологічних баз, – це забезпечення похибки базування виконуваних параметрів точності деталі рівної нулю або її мінімізація. Тому після призначення чистових

технологічних баз повинен бути виконаний аналіз похибок базування всіх виконуваних розмірів і технічних вимог, та зроблений висновок відносно правильності вибору баз.

Другий етап при виборі баз – вибір чорнових технологічних баз, тобто поверхонь, що використовуються для базування деталі на першій операції технологічного процесу механічної обробки.

Задачі, що вирішуються на даному етапі вибору баз:

- встановити зв'язки, що визначають відстані та повороти поверхонь, які одержані обробкою, відносно поверхонь, що залишаються необробленими;

- рівномірно розподілити фактичні припуски між оброблюваними поверхнями.

Кількість переходів, які необхідно виконати для досягнення заданої точності розміру, відносного розташування поверхонь, шорсткості оброблюваних поверхонь, може бути визначена за коефіцієнтом уточнення

$$\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}, \quad (5.1)$$

де $T_{заг}$ – допуск розміру заготовки, мм;

$T_{дет}$ – допуск розміру деталі (згідно з робочим кресленням деталі), мм.

Для чорнових переходів ε рекомендується 6-5, для напівчистових 4-3, для чистових 2-1,1.

Допуски розміру деталі на виконуваних переходах механічної обробки визначаються

$$T_{дет_i} = \frac{T_{дет_{i-1}}}{\varepsilon_i}, \quad (5.2)$$

де $T_{дет_i}$ – допуск розміру деталі виконуваного переходу, мм;

$T_{дет_{i-1}}$ – допуск розміру деталі попереднього переходу, мм;

ε_i – уточнення, що прийнятно на виконуваному переході.

За розрахованими допусками встановлюється квалітет точності обробки деталі на кожному з переходів механічної обробки.

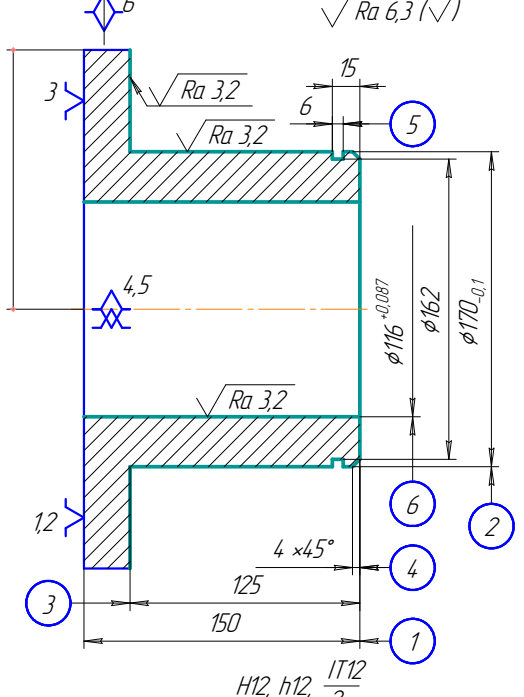
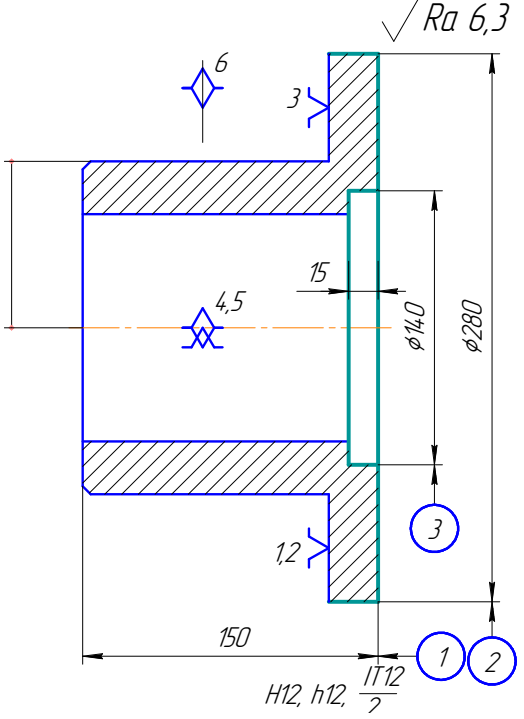
Після визначення кількості переходів механічної обробки даної поверхні вибираються відповідні методи обробки, що забезпечують задані параметри точності та шорсткості деталі і послідовність їх виконання.

На наступному етапі розробки маршруту механічної обробки відбувається розбиття переходів обробки на операції з врахуванням точності, яка досягається під час операції, та схеми базування. Під час розбиття необхідно встановити принцип групування операцій (концентрації або диференціації) та врахувати його при побудові маршруту механічної обробки.

Приклад

Варіант маршруту механічної обробки деталі «Ступиця» (див. рис. 1.2) показано в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Маршрут механічної обробки деталі «Ступиця»

№ операції	Найменування операції та зміст переходів механічної обробки	Схема базування	Обладнання, модель
005	<p>Токарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Точити торець 1 однократно, поверхню 2 і торець 3 попередньо та фаску 4 однократно. 3. Точити канавку 5 однократно. 4. Точити поверхні 2 та 3 остаточно. 5. Розточити поверхню 6 попередньо. 6. Розточити поверхню 6 остаточно. 7. Зняти деталь. 		<p>Токарний верстат з ЧПК, 16К20Ф3</p>
010	<p>Токарна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Точити торець 1 однократно. 3. Точити поверхню 2 однократно. 4. Розточити поверхню 3 однократно. 5. Зняти деталь. 		<p>Токарний верстат з ЧПК, 16К20Ф3</p>

Продовження табл. 5.1

№ операції	Найменування операції та зміст переходів механічної обробки	Схема базування	Обладнання, модель
015	<p>Фрезерно-свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Фрезерувати 2 канавки 1 однократно. 3. Центрувати 10 отворів 2. 4. Свердлити 10 отворів 2. 5. Зенкувати 10 отворів 2. 6. Зняти деталь. 	<p>10 отв. $\phi 21$ $\oplus \phi 0,3 \text{ (M)}$ Б</p> <p>$\sqrt{Ra 12,5 (\sqrt{1})}$ 60° $\phi 170$ $R7$ $\phi 21$ $H12, h12, \frac{IT12}{2}$</p>	<p>Вертикаль но- фрезерний верстат з ЧПК, 6Р13РФ3</p>
020	<p>Фрезерно-свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Фрезерувати лиску 1 однократно. 3. Центрувати отвір 2. 4. Свердлити отвір 2. 5. Нарізати різь в отворі 2. 6. Зняти деталь. 	<p>$\sqrt{Ra 6,3}$ 50 $M10-7H$ 63 $1,3$ $2,4$ 6 5 $H12, h12, \frac{IT12}{2}$</p>	<p>Вертикаль но- фрезерний верстат з ЧПК, 6Р13РФ3</p>

Продовження табл. 5.1

№ операції	Найменування операції та зміст переходів механічної обробки	Схема базування	Обладнання, модель
025	<p><i>Довдальна</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Довдати паз 1. 3. Зняти деталь. 		<p><i>Довдальний верстат, 7410</i></p>
030	<p><i>Внутрішньошліфувальна</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Шліфувати поверхню 1. 3. Зняти деталь. 		<p><i>Внутрішньошліфувальний верстат, 3K228A</i></p>

Продовження табл. 5.1

№ операції	Найменування операції та зміст переходів механічної обробки	Схема базування	Обладнання, модель
035	<p>Круглошліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку. 2. Шліфувати поверхню 1. 3. Шліфувати торець 2. 4. Зняти деталь. 		<p>Круглошліфувальний верстат, 3М151</p>

Порядок виконання роботи

1. Одержати завдання від викладача, вивчити робоче креслення деталі.
2. Встановити вихідні дані для проектування: тип виробництва, спосіб виготовлення заготовки деталі, клас, до якого належить деталь.
3. На основі вивченого типового технологічного процесу механічної обробки деталі даного класу прийняти рішення щодо принципу організації операцій (концентрації, диференціації) та використовуваного обладнання (верстатів).
4. Розробити варіант технологічного процесу обробки деталі. Оформити таблицю 5.1.
5. Висновки.

Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Креслення деталі.
3. Технологічний процес механічної обробки деталі (табл. 5.1).
4. Висновки.

Питання для самоконтролю

1. Технологічний процес.
2. Технологічна операція.
3. Допоміжна операція.
4. Технологічний перехід.
5. Допоміжний перехід.
6. Робочий хід.
7. Допоміжний хід.
8. Установ.
9. Позиція.
10. Принцип концентрації операцій.
11. Принцип диференціації операцій.
12. Фактори, що впливають на вибір обладнання, інструмента при побудові технологічного процесу механічної обробки деталі.

Рекомендована література [7-13]

Тема № 6. РОЗРАХУНОК ТЕХНІЧНИХ НОРМ ЧАСУ

Мета роботи – набуття практичних навичок розрахунку нормативних витрат часу на виготовлення деталі.

Короткі теоретичні відомості

У машинобудівному виробництві під час проектування чи модернізації технологічних процесів механічної обробки деталей та складання машин визначається час на виконання кожної з операцій (у хвиликах), який називають нормою часу.

У відповідності з ГОСТ 3.1109-82 нормою часу є регламентований час виконання певного обсягу робіт у певних виробничих умовах одним або декількома робітниками відповідної кваліфікації.

Таким чином, норма часу операції визначає його затрати на виконання цієї операції та є основою для оплати праці, а також для визначення собівартості деталі й виробу, розрахунку необхідної кількості робітників, одиниць обладнання, інструментів і пристроїв.

У одиничному, дрібносерійному, серійному, а іноді великосерійному, виробництві нормою часу операції є штучно-калькуляційний час $T_{шт-к}$, а в великосерійному та масовому виробництві – штучний час $T_{шт}$.

Технічна норма часу на виконання операцій механічної обробки за спроектованим технологічним процесом може бути розраховано 2 способами:

1) поелементне нормування на основі розрахованих режимів різання та виконуваних переходів, використовуваного обладнання, пристроїв та інструментів;

2) наближене нормування за формулами, що наведені в темі № 2.

Під час використання першого способу штучно-калькуляційний час $T_{шт-к}$ розраховується за формулою

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{n}, \quad (6.1)$$

де $T_{шт}$ – штучний час; $T_{п-з}$ – підготовчо-заклучний час; n – кількість заготовок (деталей) у партії.

Під час нормування операцій механічної обробки штучний час визначається за формулою

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{обс} + T_{відп}, \quad (6.2)$$

де T_0 – основний час, хв; T_d – допоміжний час; $T_{обс}$ – час на технічне обслуговування робочого місця; $T_{відп}$ – час на особисті потреби й відпочинок робітника.

Для точіння і розточування циліндричних поверхонь основний час визначається за формулою

$$T_{осн} = \frac{L \cdot i}{n_{ун} \cdot S} = \frac{l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}}{n_{ун} \cdot S} \cdot i, \quad (6.4)$$

де L – розрахункова довжина обробки в напрямку подачі, мм, що дорівнює сумі ($l_{обр}$, $l_{вр}$, $l_{пер}$);

$l_{обр}$ – довжина оброблюваної поверхні, мм;

$l_{вр}$ – довжина врізання інструмента, мм;

$l_{пер}$ – довжина перебігу інструмента, мм;

$n_{ун}$ – кількість обертів шпинделя для верстатів з обертальним рухом, або число подвійних ходів за хвилину для верстатів з прямолінійним рухом;

S – подача за один оберт або один подвійний хід головного руху, мм;

i – кількість проходів.

Для свердлильних робіт

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot s_0}. \quad (6.5)$$

Для фрезерних робіт

$$T_0 = \frac{L}{s_{хв}}, \quad (6.6)$$

де $s_{хв}$ – подача, мм/хв.

Для інших способів механічної обробки основний час можна визначити за формулами, які наведені в [15, 16].

Довжина оброблюваної поверхні визначається за кресленням деталі; довжина врізання $l_{вр}$ та перебігу $l_{пер}$ – за нормативами.

Для фрезерних робіт, які виконуються торцевою фрезою, величини $l_{вр}$ та $l_{пер}$ можна визначити, з урахуванням ширини фрезерування і діаметра фрези, за допомогою геометричних побудов і розрахунків.

Якщо операція складається з декількох переходів, то норма основного часу на операцію визначається за формулою

$$T_0 = \sum_{i=1}^n T_{0_i}, \quad (6.7)$$

де T_{o_i} – основний час на виконання i -го переходу; n – кількість переходів в операції.

З плином допоміжного часу робітник виконує дії, в результаті яких не відбувається якісних змін предмета праці, але ці дії необхідні для підготовки таких змін.

Норма допоміжного часу T_d на операцію механічної обробки визначається за формулою

$$T_d = \left(T_1 + \sum_{i=1}^n T_{2_i} + \sum_{j=1}^k T_{3_j} + \sum_{u=1}^m T_{4_u} + \sum_{y=1}^p T_{5_y} \right) K_d, \quad (6.8)$$

де T_1 – час на встановлення заготовки у верстатний пристрій та її знімання; T_2 – час на підготовку переходу або час, пов'язаний з переходом; T_3 – час на змінювання режимів роботи верстата; T_4 – на встановлення інструмента в робочу позицію, наприклад, на повертання різцетримача чи револьверної головки; T_5 – час на контрольні вимірювання в ході виконання операції або після її завершення; K_d – поправковий коефіцієнт на допоміжний час, який залежить від розміру партії; n – кількість переходів; k , m , p – кількості дій робітника, направлені, відповідно, на змінювання режимів роботи верстата, встановлення інструмента в робочу позицію та контрольні вимірювання.

Час на встановлення заготовки у верстатний пристрій та її знімання наводиться в нормативних таблицях на весь комплекс дій «встановити й зняти заготовку» і залежить від ваги заготовки, типу верстатного пристрою, способу встановлення та інших технологічних умов.

Час на підготовку переходу складається з часу на виконання робітником таких дій: підведення інструмента до заготовки, ввімкнення і вимкнення подачі, відведення інструмента у початкове положення.

У технічному нормуванні використовується також поняття оперативного часу, який визначається за формулою

$$T_{оп} = T_o + T_d. \quad (6.9)$$

Час на обслуговування робочого місця є частиною штучного часу, що витрачається робітником на підтримання обладнання та інструмента у робочому стані, догляд за ними і робочим місцем.

Час на відпочинок та особисті потреби робітника є частиною штучного часу, яка передбачається для всіх видів робіт, крім безперервних.

У серійному типі виробництва величини $T_{обс.с}$ і $T_{відп}$ як окремі складові норми штучного часу не визначаються. В нормативах наводиться сума цих двох складових у відсотках ($\Pi_{обс.відп}$) від оперативного часу. Таким чином,

загальний час на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби робітника у серійному виробництві визначають за формулою

$$T_{\text{обс}} + T_{\text{відп}} = \frac{(T_o + T_d)P_{\text{обс.відп}}}{100} \quad (6.10)$$

Підготовчо-заключний час $T_{\text{п-з}}$ витрачається на: отримання інструментів, пристроїв і технологічної документації; ознайомлення з технологічною документацією, отримання інструктажу; налагодження обладнання і пристроїв, повернення на склад інструментів і пристроїв, здавання готової продукції тощо.

Підготовчо-заключний час витрачається на всю партію і не залежить від кількості виробів у партії.

Норма підготовчо-заключного часу призначається за нормативами [16, 17] як сумарний час на всі дії робітника з підготовки певного робочого місця до обробки партії заготовок.

Під час виконання розрахунків в даній темі рекомендується використати другий спосіб нормування, тобто наближене визначення норм часу при виконанні операцій механічної обробки. Для попереднього визначення норми штучно-калькуляційного часу можна скористатись формулою 2.3 та формулами, наведеними в таблиці 2.1.

Приклад розрахунку технічних норм часу показаний в таблиці 6.1.

Приклад (див. креслення деталі на рис. 1.2, маршрут механічної обробки в табл. 5.1)

Таблиця 6.1 – Розрахунок технічних норм часу

№ операції	Найменування операції	Основний технологічний час $T_{\text{осн}} \cdot 10^{-3}$, хв	Φ_k	Штучно-калькуляційний час $T_{\text{шт-к}} \cdot 10^{-3}$, хв
005	Токарна 1. Точити торець $\varnothing 170$ однократно, поверхню $\varnothing 170$, торець $\varnothing 280$ попередньо, фаску 4 мм однократно	$T_{\text{осн}} = 0,037 \cdot (D_1^2 - d_2^2) + 0,17 \cdot d_1 \cdot l_1 + 0,037 \times (D_3^2 - d_1^2) + 0,17 \cdot D_1 \times l_2 =$ $= 0,037 \cdot (170^2 - 116^2) + 0,17 \cdot 170 \cdot 125 + 0,037 \times (280^2 - 170^2) + 0,17 \cdot 170 \times 4 = 6,27$	2,14	$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \Phi_k = 6,27 \cdot 2,14 = 13,42$

Продовження таблиці 6.1

005	2. Точити канавку 6 мм однократно	$T_{осн} = 0,17 \cdot 162 \cdot 6 = 0,17$	2,14	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = = 0,17 \cdot 2,14 = 0,36$
	3. Точити поверхню $\varnothing 170$ і торець $\varnothing 280$ остаточно	$T_{осн} = 0,1 \cdot d \cdot l + 0,052 \cdot (D^2 - d^2) = 0,1 \cdot 170 \cdot 125 + 0,052 \times \times (280^2 - 170^2) = 4,695$	2,14	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = = 4,695 \cdot 2,14 = = 10,05$
	4. Розточити поверхню $\varnothing 116$ попередньо	$T_{осн} = 0,18 \cdot d \cdot l = = 0,18 \cdot 116 \cdot 150 = 3,1$	2,14	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = = 3,1 \cdot 2,14 = 6,6$
	5. Розточити поверхню $\varnothing 116$ остаточно	$T_{осн} = 0,18 \cdot d \cdot l = = 0,18 \cdot 116 \cdot 150 = 3,1$	2,14	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = = 3,1 \cdot 2,14 = 6,6$
		$\Sigma T_{осн} = 17,335$ хв		$\Sigma T_{ум-к} = 37,1$ хв
010	Токарна 1. Точити торець $\varnothing 280$ однократно	$T_{осн} = 0,037 \cdot (D_1^2 - d_2^2) = = 0,037 \times (280^2 - 0) = 3,1$	2,14	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = = 3,1 \cdot 2,14 = 6,6$
	2. Точити поверхню $\varnothing 280$ однократно	$T_{осн} = 0,17 \cdot d \cdot l = 0,17 \cdot 280 \times \times (150 - 125) = 1,2$	2,14	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = = 1,2 \cdot 2,14 = 2,6$
	3. Точити поверхню $\varnothing 140$ однократно	$T_{осн} = 0,18 \cdot d \cdot l = 0,18 \cdot 140 \times \times 15 = 0,4$	2,14	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = = 0,4 \cdot 2,14 = 0,9$
	$\Sigma T_{осн} = 4,7$ хв		$\Sigma T_{ум-к} = 10,1$ хв	
015	Фрезерно-свердлильна 1. Фрезерувати 2 паза R7 мм	$T_{осн} = 2 \cdot 7 \cdot l = 2 \cdot 7 \cdot 27,5 = 0,4$	1,84	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = = 0,4 \cdot 1,84 = 0,7$
	2. Центрувати 10 отворів $\varnothing 21$	$T_{осн} = 10 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l = 10 \times \times 0,52 \cdot 21 \cdot (150 - 125) = 27,0$	1,84	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = = 27,0 \cdot 1,84 = 50,0$
	3. Свердлити 10 отворів $\varnothing 21$	$T_{осн} = 10 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l = = 10 \cdot 0,52 \cdot 21 \cdot (150 - 125) = 2,7$	1,84	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = = 2,7 \cdot 1,84 = 5,0$
	4. Зенкувати 10 отворів $\varnothing 21$	$T_{осн} = 10 \cdot 0,52 \cdot d \cdot l = = 10 \cdot 0,52 \cdot 21 \cdot (150 - 125) = 2,7$	1,84	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = = 2,7 \cdot 1,84 = 5,0$
		$\Sigma T_{осн} = 32,8$ хв		$\Sigma T_{ум-к} = 60,4$ хв

Продовження таблиці 6.1

020	Фрезерно-свердлильна 1. Фрезерувати канавку 50 мм однократно	$T_{осн} = 6 \cdot l = 6 \cdot 50 = 0,3$	1,84	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 0,3 \cdot 1,84 = 0,55$
	2. Центрувати отвір Ø10	$T_{осн} = 0,52 \cdot d \cdot l = 0,52 \cdot 10 \cdot (170 - 116) = 0,3$	1,84	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 0,3 \cdot 1,84 = 0,55$
	3. Свердлити отвір Ø10	$T_{осн} = 0,52 \cdot d \cdot l = 0,52 \cdot 10 \cdot (170 - 116) = 0,3$	1,84	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 0,3 \cdot 1,84 = 0,55$
	4. Нарізати різь М10	$T_{осн} = 0,4 \cdot d \cdot l = 0,4 \cdot 10 \cdot (170 - 116) = 0,2$	1,84	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 0,2 \cdot 1,84 = 0,37$
		$\Sigma T_{осн} = 1,1$ хв		$\Sigma T_{ум-к} = 2,02$ хв
025	Довбальна 1. Довбати паз 28 мм	$T_{осн} = 0,065 \cdot B \cdot l = 0,065 \cdot 28 \cdot 135 = 0,25$	1,73	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 0,25 \cdot 1,73 = 0,43$
030	Внутрішньо-шліфувальна 1. Шліфувати поверхню Ø116	$T_{осн} = 1,5 \cdot d \cdot l = 1,5 \cdot 116 \cdot 150 = 26,1$	2,1	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 26,1 \cdot 2,1 = 54,8$
035	Круглошліфувальна 1. Шліфувати поверхню Ø170 мм з підшліфовуванням торця Ø280	$T_{осн} = 0,1 \cdot d \cdot l + 0,1 \cdot d \cdot l = 1,5 \times 170 \cdot 125 + 0,1 \cdot (280 - 170) \times (150 - 125) = 2,4$	2,1	$T_{ум-к} = T_{осн} \cdot \varphi_k = 2,4 \cdot 2,1 = 5,0$

Порядок виконання роботи

1. Одержати завдання від викладача, вивчити робоче креслення деталі.
2. На основі розробленого маршруту механічної обробки (тема № 5) за спрощеною методикою визначити технічні норми часу та заповнити таблицю 6.1.
3. Висновки.

Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Креслення деталі.
3. Технологічний процес механічної обробки деталі (табл. 5.1).
4. Розрахунок технічних норм часу (табл. 6.1).
5. Висновки.

Питання для самоконтролю

1. Основний час.
2. Операційний час.
3. Допоміжний час.
4. Підготовчо-заключний час.
5. Час на відпочинок та особисті потреби.
6. Час на обслуговування.
7. Час на потреби.
8. Штучно-калькуляційний час.
9. Штучний час.
10. Методика визначення $T_{шт.і}$.
11. Методика визначення $T_{шт.-к.і}$.

Рекомендована література [7-21]

Практичне заняття № 5

Тема № 7. РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ОБЛАДНАННЯ

Мета роботи – набуття практичних навичок з розрахунку кількості необхідного обладнання для дільниці механічної обробки.

Короткі теоретичні відомості

Механоскладальне виробництво складається з комплексу виробничих дільниць і допоміжних підрозділів, в яких виконуються виробничі процеси виготовлення виробів. Воно є складною динамічною системою, структура і параметри якої знаходяться в безпосередній залежності від складності конструкції, номенклатури продукції та характеристик виробничого процесу її виготовлення.

Для виконання виробничих процесів в механоскладальному виробництві необхідне обладнання, як на виробничих, так і на допоміжних дільницях.

За характером виконуваної роботи виробниче обладнання ділять на:

- 1) основне (технологічне обладнання);
- 2) допоміжне.

До основного відносять виробниче обладнання, що безпосередньо виконує операції технологічного процесу. Допоміжне обладнання не бере безпосередньої участі в технологічному процесі виготовлення виробів, але виконує обслуговування основного обладнання.

Проектування механоскладальних цехів вимагає точного знання необхідної кількості основного та допоміжного обладнання.

Виробничим обладнанням механічного цеху, в основному, є металорізальні верстати, тому при проектуванні цеху, дільниці виконується розрахунок, головним чином, кількості металорізальних верстатів. Кількість допоміжного обладнання (настільні верстати, преси і т. п.) в більшості випадків не розраховується, а вибирається комплектно.

Кількість обладнання допоміжних відділень може розраховуватися точними способами, якщо відділення великих розмірів, або ж вибиратися за наближеними рекомендаціями.

7.1 Розрахунок кількості основного технологічного обладнання на дільниці (в цеху) механічної обробки

Характер, склад і кількість технологічного обладнання, що застосовується при обробці деталей (деталі) на дільниці чи в цеху механічної обробки, значною мірою залежить від типу (серійності) виробництва і прийнятої форми організації роботи.

Розрахунок кількості основного технологічного обладнання залежно від етапу проектування і серійності виробництва можна вести 2-ма способами: точним і наближеним.

Точний спосіб – за верстатомісткістю операцій технологічного процесу – використовується при детальному проектуванні в усіх типах виробництва.

Наближений спосіб – за техніко-економічними показниками – використовується на стадії передпроектних розробок, а також при проектуванні цехів одиничного, дрібносерійного, іноді серійного виробництва.

В практиці курсового та дипломного проектування, як правило, використовується точний спосіб розрахунку кількості основного технологічного обладнання, тобто розрахунок за верстатомісткістю технологічних операцій.

7.2 Розрахунок кількості основного технологічного обладнання для непотокового виробництва

В умовах непотокової форми організації роботи кількість верстатів визначають для кожного типорозміру кожної дільниці на основі даних про верстатомісткість деталей, що закріплені для обробки за даною дільницею. Кількість верстатів при непотоковій формі організації роботи визначається за формулою

$$C_p = T_{c\Sigma} / F_o, \quad (7.1)$$

де $T_{c\Sigma}$ – сумарна верстатомісткість обробки річної кількості деталей, що виготовляються на дільниці на верстатах даного типорозміру, верстатогодин;

F_o – ефективний річний фонд часу роботи верстата, год.

Значення F_o вказані в таблиці 2.4.

Сумарна верстатомісткість обробки

$$T_c = \left(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m T_{шт-к.ij} \cdot N_i \right) / 60, \quad (7.2)$$

де $T_{шт-к.ij}$ – штучно-калькуляційний час виконання j -ої операції виготовлення i -ої деталі, верстато-хвилин;

N_i – річна програма випуску i -х деталей;

k – кількість різних деталей, що обробляються на верстатах даного типорозміру;

m – кількість операцій обробки i -ої деталі на верстатах даного типорозміру.

Виходячи з формул (7.1) і (7.2)

$$C_p = \left(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m T_{um-k.ij} \cdot N_i \right) / (60 \cdot F_\delta), \quad (7.3)$$

При проектуванні за приведеною програмою в формулі (7.2) для визначення верстатомісткості підставляють штучно-калькуляційний час виконання операцій для деталі розрахункового представника і приведену програму N_{np} .

7.3 Розрахунок кількості основного технологічного обладнання для потокового виробництва

В умовах масового, великосерійного виробництв в більшості випадків використовується потокова форма організації роботи. При безперервно-потоковій формі кількість верстатів визначають за формулою

$$C_p = T_{um.i} / t_B, \quad (7.4)$$

де t_B – такт випуску деталей чи виробів з лінії, хвилин.

$$t_B = \frac{60 \cdot F_\delta}{N}, \quad (7.5)$$

де N – річна програма випуску деталей.

Кількість верстатів на змінно-потоковій і груповій потоковій лініях на кожній операції розраховують за штучно-калькуляційним часом і програмою випуску кожної закріпленої за лінією деталі:

$$C_p = \sum_{i=1}^k T_{um-k.ij} \cdot N_i / 60. \quad (7.6)$$

При відсутності даних про підготовчо-заключний час розрахунок кількості верстатів на кожен операцію змінно-потокової лінії можна вести за штучним часом $T_{um.i}$:

$$C_p = \sum_{i=1}^k T_{um.i} \cdot N_i / (60 \cdot F_\delta \cdot K_{II}), \quad (7.7)$$

де K_{II} – коефіцієнт переналагоджування ($K_{II} = 0,95$), а для групових потокових ліній, що не потребують переналагоджування, $K_{II} = 1$.

В усіх випадках розрахунку одержану за відповідною формулою кількість верстатів C_p заокруглюють до найближчого більшого числа, одержуючи при цьому прийнятну кількість верстатів для даної операції C_{np} .

7.4 Наближений спосіб розрахунку кількості основного технологічного обладнання

При наближених розрахунках кількість основних верстатів механічного цеху чи дільниці можна визначити за даними про верстатомісткість річного випуску, що визначається за техніко-економічними показниками:

$$C_p = T_{num} \cdot N_i / (F_o \cdot \eta_3), \quad (7.8)$$

або

$$C_p = T_{num} \cdot M \cdot N_i / (F_o \cdot \eta_3), \quad (7.9)$$

де T_{num} – верстатомісткість виготовлення одного виробу, верстатогодин;

$T_{num i}$ – верстатомісткість виготовлення 1 т виробів (1 т деталей), верстатогодин;

N_i – заданий річний випуск виробів;

M – маса виробу, т;

η_3 – приймається за вищенаведеними рекомендаціями залежно від серійності виробництва (тема № 2).

Правильний вибір верстатів визначає їх раціональне використання. При виборі верстатів для розробленого технологічного процесу цей чинник повинен враховуватися так, щоб унеможливити їх простої, тобто потрібно вибирати верстати у відповідності з їх продуктивністю. З цією метою визначають разом з іншими техніко-економічними показниками критерії, які показують ступінь використання кожного верстата окремо і всіх разом за розробленим технологічним процесом.

Приклад (див. табл. 6.1)

В умовах серійного виробництва обробку деталей ведуть партіями. При детальному проектуванні цехів та дільниць кількість верстатів визначається для кожного типорозміру обладнання на основі даних про верстатомісткість (T_{um-k}).

Необхідна кількість верстатів для кожної операції механічної обробки розрахункового представника (ступиці):

$$C_p = \frac{T_{\text{ум-к.п.нр}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60}. \quad (7.10)$$

$$C_{p005} = \frac{T_{\text{ум-к.п.нр005}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{37,15 \cdot 26700}{3890 \cdot 60} = 4,25;$$

$$C_{p010} = \frac{T_{\text{ум-к.п.нр010}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{10,1 \cdot 26700}{3890 \cdot 60} = 1,15;$$

$$C_{p015} = \frac{T_{\text{ум-к.п.нр015}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{60,4 \cdot 26700}{3890 \cdot 60} = 6,9;$$

$$C_{p020} = \frac{T_{\text{ум-к.п.нр020}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{2,02 \cdot 26700}{3890 \cdot 60} = 0,23;$$

$$C_{p025} = \frac{T_{\text{ум-к.п.нр025}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{0,43 \cdot 26700}{3890 \cdot 60} = 0,05;$$

$$C_{p030} = \frac{T_{\text{ум-к.п.нр030}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{54,8 \cdot 26700}{3890 \cdot 60} = 6,05;$$

$$C_{p035} = \frac{T_{\text{ум-к.п.нр035}} \cdot N_{\text{нр}}}{F_{\delta} \cdot m \cdot 60} = \frac{5,0 \cdot 26700}{3890 \cdot 60} = 0,55.$$

Прийнята кількість обладнання на кожній операції механічної обробки складає: $C_{\text{нр005}} = 5$; $C_{\text{нр010}} = 2$; $C_{\text{нр015}} = 2$; $C_{\text{нр020}} = 1$; $C_{\text{нр025}} = 1$; $C_{\text{нр030}} = 7$; $C_{\text{нр035}} = 1$.

Оскільки операції 005 і 010 виконуються на однакових верстатах (16К20Ф3), то частину роботи з операції 005 (а саме, 50%) доцільно перевести на верстат операції 010, оскільки він має достатній резерв невикористаного часу. Аналогічно можна зробити на операціях 015 і 020 – перенести частину роботи з операції 015 (а саме, 60%) на операцію 020. Тоді розрахункова кількість верстатів на операції 005 буде складати 3,8; тобто прийнята кількість верстатів – 4, а на операції 010 – 1,6; тобто прийнята кількість верстатів – 2, на операції 015 – 6,3; прийнято – 7 верстатів, а на операції 020 – 0,83; прийнято 1 верстат. На операції 030 прийнято 7 верстатів, а на операції 035 – 1 верстат.

Порядок виконання роботи

1. На основі розробленого маршруту механічної обробки (тема № 5) та визначених норм часу (тема № 6) визначити орієнтовну кількість обладнання операції та навести необхідні пояснення й розрахунки.
2. Висновки.

Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Креслення деталі.
3. Технологічний процес механічної обробки деталі.
4. Розрахунок технічних норм часу.
5. Розрахунок необхідної кількості обладнання.
6. Висновки.

Питання для самоконтролю

1. Способи розрахунку кількості верстатів на дільниці (в цеху) механічної обробки.
2. Фактори, що впливають на вибір способу розрахунку кількості верстатів.
3. Методика розрахунку кількості верстатів в умовах непотокового виробництва.
4. Методика розрахунку кількості верстатів в умовах потокового виробництва.
5. Методика визначення сумарної верстатомісткості обробки деталей на дільниці.
6. Способи розрахунку кількості верстатів на дільниці (в цеху) механічної обробки.
7. Фактори, що впливають на вибір способу розрахунку кількості верстатів.
8. В якому випадку при розрахунку кількості верстатів потрібно використовувати $T_{um.i}$, а в якому – $T_{um.-к.i}$?

Рекомендована література [4, 22]

Тема № 8. ПОБУДОВА ГРАФІКІВ ЗАВАНТАЖЕННЯ ОБЛАДНАННЯ

Мета роботи – набуття практичних навичок з графічного відображення ефективності використання верстатів.

Короткі теоретичні відомості

Для кожного верстата в технологічному процесі повинні бути підраховані коефіцієнт завантаження і коефіцієнт використання верстата за основним часом.

Коефіцієнт завантаження верстата η_z визначається як відношення розрахункової кількості верстатів C_p , зайнятих на даній операції процесу, до прийнятої (фактичної) C_{np}

$$\eta_z = C_p / C_{np} . \quad (8.1)$$

Одержані коефіцієнти завантаження верстатів не повинні перевищувати допустимих значень, що наведені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Значення коефіцієнтів завантаження обладнання [23]

Група обладнання	Коефіцієнт завантаження обладнання	
	Максимальний в групі	Середній в групі
Універсальні верстати	0,95-1,0	0,8
Автомати і напівавтомати	0,95-1,0	0,85
Одношпиндельні – ... – багатшпиндельні	0,9	0,9
Спеціальні і агрегатні верстати	0,9	0,9
Автоматичні лінії з жорсткими зв'язками	0,95-1,0	0,9
Верстати з ЧПК	0,95	0,9

Потрібно мати на увазі, що η_z ніколи не може бути більшим 1. В тих випадках, коли кількість верстатів перевищує ціле число не більше ніж на 0,05-0,1; потрібно переглянути зміст даної операції щодо зміни режимів різання, структури операції, застосовуваних інструментальних матеріалів і оснащення з метою підвищення продуктивності обробки.

Середній коефіцієнт завантаження верстатів дільниці визначається відношенням сумарної розрахункової кількості верстатів C_p до сумарної прийнятої кількості C_{np}

$$\eta_{з.сер.} = \sum C_p / \sum C_{np} . \quad (8.2)$$

Середній коефіцієнт завантаження верстатів дільниці чи цеху непотокового виробництва, як правило, вищий ніж на поточкових лініях. Значення середнього коефіцієнта завантаження коливається для:

- масового виробництва $\eta_{з.сер.} = 0,65...0,77$;
- серійного виробництва $\eta_{з.сер.} = 0,75...0,85$;
- дрібносерійного і одиничного $\eta_{з.сер.} = 0,8...0,9$.

При низьких значеннях $\eta_з$ (нижче рекомендованих) в умовах одиничного, дрібносерійного, серійного виробництв необхідно планувати обробку інших деталей на верстатах дільниці з метою їх повного завантаження.

Коефіцієнт використання верстатів за основним (технологічним) часом η_o свідчить про частку основного (машинного часу) в загальному часі роботи верстата. Він визначається як відношення основного часу до штучного (для масового) або штучно-калькуляційного часу (для серійного, одиничного виробництва):

$$\eta_o = T_o / T_{ум}, \quad (8.3)$$

або

$$\eta_o = T_o / T_{ум-к} . \quad (8.4)$$

За значеннями η_o на всіх операціях визначається середній (як середнє арифметичне) коефіцієнт використання верстатів дільниці (цеху) $\eta_{o.сер.}$

$$\eta_{o.сер.} = \sum T_o / \sum T_{ум-к} . \quad (8.5)$$

Коефіцієнт використання верстатів за основним часом коливається від 0,35...0,45 – для обробки на протягувальних верстатах – до 0,85...0,9 – для безперервного фрезерування на карусельно- і барабанно-фрезерних верстатах. Впровадження автоматичних завантажувально-розвантажувальних пристроїв – автооператорів для встановлення і зняття оброблюваних деталей, автоматизації циклу верстатів та інших заходів – сприяє підвищенню коефіцієнта використання верстатів за основним часом. Високий коефіцієнт використання обладнання за основним часом характеризує раціональну побудову операцій. Низький коефіцієнт свідчить

про значні витрати часу на допоміжні роботи (встановлення і зняття заготовок, налагодження і зміну інструмента та ін.). Потрібно, щоб η_o був якомога ближчим до 1.

Розрахунок кількості обладнання на ділянці (в цеху), а також коефіцієнтів η_z і η_o доцільно оформляти у вигляді таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження і використання верстатів за основним часом

№ операції	Назва операцій	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів $C_{пр.шт.}$	$\eta_{z.i}$	$\eta_{z.сер.}$	$\eta_{o.i}$	$\eta_{o.сер.}$
005	Токарна	3,75	4	0,95	0,83	0,47	0,51
010	Токарна	1,65	2	0,8		0,47	
015	Фрезерувально-свердлильна	6,3	7	0,9		0,54	
020	Фрезерувально-свердлильна з ЧПК	0,83	1	0,83		0,54	
025	Довбальна	0,05	1	0,05		0,58	
030	Внутрішньо-шліфувальна	6,05	7	0,86		0,48	
035	Круглошліфувальна	0,55	1	0,55		0,48	

За значеннями η_z і η_o будуються графіки (рисунок 8.1, 8.2), проводяться лінії $\eta_{z.сер.}$ і $\eta_{o.сер.}$.

Крім основних верстатів в складі технологічного обладнання механічного цеху може бути додаткове обладнання, наприклад, установка для відділення задирок, обладнання для загартовування з нагрівом і т. п. Їх кількість складає 5-30% кількості основного технологічного обладнання.

Побудова графіків. Графіки служать наочним засобом оцінювання техніко-економічної ефективності розробленого технологічного процесу.

Для оцінювання будуються такі графіки:

- 1) завантаження металорізальних верстатів;
- 2) використання металорізальних верстатів за основним часом.

Ці графіки доцільно оформляти на одному листі креслярського паперу формату А4 (210×297 мм).

По горизонтальній осі графіка завантаження верстатів (рис. 8.1) рівними інтервалами умовно зображуються верстати технологічного процесу з вказанням їх моделей. Доцільно також вказати найменування операцій.

По вертикальній осі у вигляді прямокутників у відсотках або відносних одиницях відкладається коефіцієнт завантаження металорізальних верстатів.

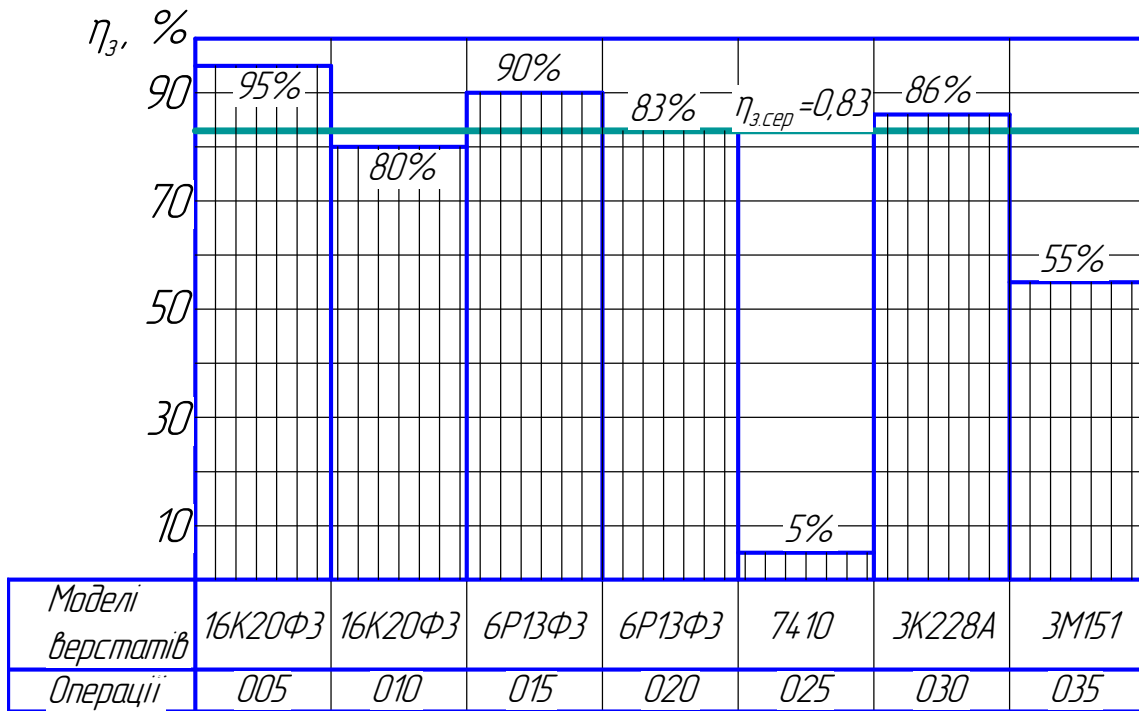


Рисунок 8.1 – Графік завантаження верстатів

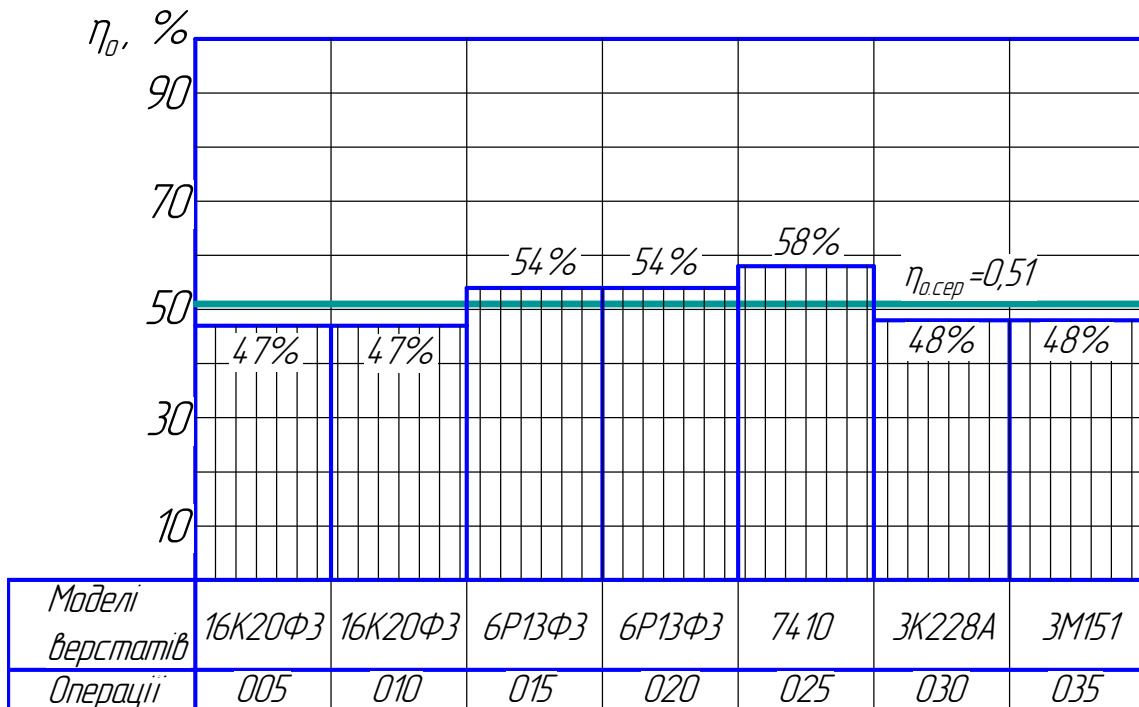


Рисунок 8.2 – Графік використання верстатів за основним часом

Таким чином, графік виконується у вигляді гістограми, тобто прямокутників з різними висотами, відповідними коефіцієнтам

завантаження верстатів, розташованих послідовно по горизонтальній осі в порядку виконання технологічного процесу (приклад див. табл. 8.2 та рис. 8.1).

На графіку лінією, паралельною горизонтальній осі, показується середній коефіцієнт завантаження верстатів.

Аналіз побудованого графіка завантаження верстатів виявить причини, що викликали значні коливання коефіцієнтів: завантаження окремих верстатів, а отже, і відхилень середнього коефіцієнта завантаження. На підставі аналізу повинні бути внесені пропозиції щодо технологічного процесу.

Слід врахувати, що приведений середній коефіцієнт завантаження для серійного і одиничного виробництва передбачає завантаження верстатів декількома деталями, тоді як проект (розрахунки) звичайно розробляють (виконують) на одну деталь. Тому коефіцієнти завантаження можуть бути меншими приведених середніх.

При аналізі технологічного процесу на підставі коефіцієнта завантаження верстатів на окремих операціях і технологічного процесу в цілому слід враховувати, що іноді економічно більш доцільно застосовувати верстати високої продуктивності навіть у тому випадку, коли завантаження їх за часом виходить нижчим, ніж на верстатах менш продуктивних, хоча і повністю завантажених. Іншими словами, необхідно економічно обґрунтовувати використання високопродуктивних спеціальних, агрегатних й інших верстатів. Використання їх у великосерійному і масовому виробництві, як правило, доцільне і економічно виправдане. Необхідно також, щоб прийнята кількість верстатів зумовила реальний для виробничих умов коефіцієнт завантаження, який не повинен бути дуже високим.

Графік використання верстатів за основним часом, так само як і графік завантаження верстатів, будується для кожного верстата (кожної операції) технологічного процесу. На підставі коефіцієнта для окремих верстатів визначається і показується на графіку середній коефіцієнт використання верстатів за основним часом.

Побудований графік використання верстатів за основним часом, так само як і графік завантаження верстатів, необхідно проаналізувати за всіма операціями технологічного процесу і дати свої пропозиції щодо його поліпшення.

Приклад побудови графіка наведений на рисунку 8.2.

Приклад (див. табл. 6.1 та 8.2, рис. 8.1 та 8.2)

Аналіз графіка завантаження обладнання свідчить про те, що верстати на операціях 005, 020 і 030 завантажені в достатній мірі. На всіх інших операціях (010, 020, 025, 035) верстати необхідно довантажити обробкою

інших деталей (крім тих, що враховані в приведеній програмі) з метою доведення завантаження верстатів до нормативних рекомендацій.

Коефіцієнт завантаження за основним часом може бути підвищений за рахунок впровадження засобів механізації та автоматизації. Це дасть можливість в першу чергу скоротити допоміжний час, а також час технічного обслуговування. Відповідно, частка основного часу в структурі штучно-калькуляційного зросте і підвищиться коефіцієнт використання за основним часом.

Порядок виконання роботи

1. На основі розробленого маршруту механічної обробки (тема № 5), визначених норм часу (тема № 6) та кількості обладнання (тема № 7) побудувати графіки завантаження обладнання та навести необхідні пояснення і розрахунки.

2. Висновки.

Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.

2. Розрахунки завантаження обладнання та побудовані графіки.

3. Висновки.

Питання для самоконтролю

1. Що характеризує коефіцієнт завантаження верстатів?

2. Що характеризує коефіцієнт використання верстатів за основним часом?

3. Які обмеження накладаються на завантаження верстатів в реальному виробництві?

4. Шляхи підвищення коефіцієнта завантаження верстатів.

5. Рекомендовані значення коефіцієнта завантаження верстатів.

6. Шляхи підвищення коефіцієнта використання верстатів за основним часом.

7. Методика побудови графіків завантаження верстатів та використання їх за основним часом.

8. Визначення коефіцієнта завантаження верстатів, середнього його значення.

9. Визначення коефіцієнта використання верстатів за основним часом, середнього його значення.

Рекомендована література [4]

Практичне заняття № 6

Тема № 9. РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ПРАЦІВНИКІВ НА ДІЛЬНИЦІ

Мета роботи – набуття практичних навичок з розрахунку кількості необхідного персоналу, що працює на дільниці механічної обробки.

Короткі теоретичні відомості

Склад і кількість працівників механічних цехів (дільниць) визначається характером виробничого процесу, рівнем його автоматизації, кооперації і спеціалізації допоміжних служб.

До складу працівників цеху (дільниці) входять:

- основні і допоміжні робітники;
- інженерно-технічні робітники (ІТР);
- службовці;
- молодший обслуговувальний персонал (МОП).

До основних відносять робітників, що безпосередньо виконують технологічні операції з виготовлення продукції.

До категорії допоміжних відносять робітників, що виконують технічне обслуговування виробничих дільниць і ліній: робітники ремонтних і інструментальних служб, транспортні і підсобні робітники, робітники складів тощо.

До категорії ІТР належать особи, що виконують обов'язки, пов'язані з технічним керівництвом виробничими процесами, або ті, що займають посади, які вимагають кваліфікації інженера чи техника: начальники цехів і їх заступники, інженери, техніки, технологи, конструктори, майстри та їх помічники, начальники відділів, дільниць, бюро, лабораторій, їх заступники, нормувальники, економісти, механіки, енергетики, а також лаборанти і т. д.

До категорії службовців відносять персонал, що виконує роботи з розрахунків, звітності, постачання, оформлення тощо, тобто бухгалтери, касири, копіювальники, креслярі, секретарі, хронометражисти, завідувачі складів.

До категорії молодшого обслуговувального персоналу відносять прибиральників службових приміщень, двірників, кур'єрів, гардеробників, ліфтерів, вахтерів, сторожів.

Кількість основних робітників можна визначити залежно від типу виробництва та необхідної точності двома способами.

Перший спосіб – за трудомісткістю (чи верстатомісткістю) річного обсягу роботи. Другий спосіб – за прийнятою кількістю верстатів.

В першому випадку

$$P_{верст} = \frac{T_{\Sigma_{ум-к(ум)}}}{F_p \cdot K_m}, \quad (9.1)$$

оскільки

$$T_{\Sigma_{ум-к(ум)}} = T_{ум-к(ум)} \cdot N, \quad (9.2)$$

то

$$P_{верст} = \frac{T_{ум-к(ум)} \cdot N}{F_p \cdot K_m}, \quad (9.3)$$

де $T_{\Sigma_{ум-к(ум)}}$ – сумарна трудомісткість річного випуску деталей в годинах; F_p – ефективний річний фонд часу робітника (табл. 9.1), годин; K_m – коефіцієнт багатостанкового обслуговування – середнє число верстатів, що обслуговується одним робітником; N – річна програма випуску деталей даного найменування.

Таблиця 9.1 – Ефективний річний фонд часу робітника

Довготривалість		Ефективний річний фонд часу робітників, год.
Робочого тижня, год.	Основної відпустки, дні	
41	15	1860
41	18	1840
41	24	1820
36	24	1610
36	36	1520

Коефіцієнт K_m залежить від виду обладнання. Для універсальних верстатів з ручним керуванням, як правило, $K_m = 1$.

Винятком є важкі токарні, токарно-карусельні верстати, що призначені для виготовлення деталей великого діаметра чи довжини, де $K_m = 0,33 \dots 0,5$. Для пруткових токарних і токарно-револьверних автоматів $K_m = 2 \dots 8$; для багатопиндельних напівавтоматів $K_m = 1 \dots 4$; для зубооброблювальних напівавтоматів $K_m = 2 \dots 4$, для агрегатно-свердлильних, агрегатнорозточувальних верстатів $K_m = 1 \dots 3$; для верстатів з програмним керуванням $K_m = 2 \dots 5$. Діапазон рекомендованих значень коефіцієнтів багатостанкового обслуговування для одного і того ж виду обладнання визначається співвідношенням машинного часу і часу ручного обслуговування дня завантаження верстатів при виготовленні конкретних деталей, причому менші значення приймають для дрібносерійного

виробництва. Наведені норми для умов, коли налагодження верстатів виконують окремі робітники-налагоджувальники.

Якщо протягом року на даних верстатах обробляються декілька найменувань деталей, то програма N в розрахунках повинна бути приведеною N_{np} або потрібно розраховувати сумарний час обробки деталей всіх найменувань. Тоді

$$T_{\Sigma_{шт-к}} = T_{шт-к1} \cdot N_1 + T_{шт-к2} \cdot N_2 + \dots + T_{шт-ки} \cdot N_i, \quad (9.4)$$

де $T_{шт-ки}$ – штучно-калькуляційний час обробки i -ої деталі; N_i – кількість деталей i -го найменування, що обробляються протягом року.

До основних робітників механічних цехів (дільниць) відносять верстатників, налагоджувальників обладнання, слюсарів для виконання ручних і механізованих операцій обробки, припасування і складання та інших робітників, безпосередньо зайнятих виконанням операцій технологічного процесу обробки деталей.

Другий спосіб – визначення кількості робітників-верстатників за прийнятою C_{np} кількістю верстатів

$$P_{верст} = \frac{C_{np} \cdot F_o \cdot \eta_z \cdot \eta_e}{F_p \cdot K_m}, \quad (9.5)$$

де η_z і η_e – коефіцієнти, відповідно, завантаження і використання верстатів за основним часом. F_o – ефективний річний фонд часу верстата (див. табл. 2.4).

В умовах великосерійного і масового виробництва для обслуговування верстатів в складі основних робітників передбачають налагоджувальників, кількість яких визначають за нормами обслуговування, що встановлені для певного типу обладнання. Так, наприклад, залежно від точності і складності обробки один налагоджувальник обслуговує кількість верстатів: токарних – 11-18, агрегатно-свердлильних – 5-12, універсально-шліфувальних – 8-18, токарних з ЧПК – 4-10, свердлильних і фрезерних з ЧПК – 8-16, багатоцільових верстатів і роботизованих технологічних комплексів – 3-6; складальних автоматів і напівавтоматів – 5-8, складальних гнучких виробничих модулів (ГВМ) – 4-6. При визначенні кількості налагоджувальників потрібно мати на увазі доцільність обслуговування налагоджувальником кількох груп обладнання.

В умовах дрібно- і середньосерійного виробництв використовувати налагоджувальників на універсальному обладнанні не рекомендується. Там, як правило, робітники мають високу кваліфікацію і налагоджування універсального обладнання виконують самі.

В автоматизованому виробництві до числа основних робітників відносять операторів та налагоджувальників автоматичних ліній масового виробництва та операторів-налагоджувальників гнучких виробничих модулів (ГВМ). Для встановлення заготовок і зняття оброблених деталей при обслуговуванні однієї автоматичної лінії механічної обробки приймають одного чи двох операторів в залежності від умов її обслуговування.

Число налагоджувальників автоматичних ліній визначають за нормами обслуговування залежно від числа позицій автоматичної лінії. На автоматичних лініях механічної обробки один налагоджувальник, залежно від складності налагодження (кількості інструментів і якості, що досягається), обслуговує 3-10 позиції автоматичної лінії. Менші значення норм приймають при точності обробки, що відповідає 6-7 квалітетам і застосуванні спеціального інструменту, а також для автоматичних ліній шліфування кілець підшипників. Більші значення приймають для ліній, що складаються з агрегатних верстатів із застосуванням простого оснащення та центрального інструменту.

Число операторів-налагоджувальників гнучких виробничих систем (ГВС) також розраховують за нормами обслуговування залежно від кількості ЕОМ в їх складі. Один оператор-налагоджувальник обслуговує ГВМ: токарних – 3-4, карусельних – 2; свердлильно-фрезерно-розточувальних – 2-3, шліфувальних – 2-3; зубооброблювальних – 3-4, електро-фізико-хімічних – 3-4, складальних – 2-3. Менші значення дані для п'яти ГВМ в складі ГВС, більші – при ГВМ більше п'яти, всі наведені вище нормативи дані в розрахунку на одну зміну.

Більш точний розрахунок основних робітників можна дати з урахуванням розміщення обладнання та аналізу умов багатостанкового обслуговування.

Такий аналіз проводять на основі розроблених планів розміщення обладнання на ділянках, в цехах; при цьому розглядається можливість обслуговування одним робітником декількох верстатів однієї або суміжних ліній. Особливо якісно аналіз проводять при проектуванні ділянок і ліній великосерійного та масового виробництва.

Основна умова для використання багатостанкового обслуговування полягає в тому, щоб за час автоматичної роботи одного верстата робітник міг виконати роботу з обслуговування інших верстатів, тобто

$$t_m \geq \sum_{i=1}^{m-1} t_{p_i}, \quad (9.6)$$

де t_m – час роботи верстата без участі робітника, коли робітник вільний від обслуговування верстата і активного спостереження за його роботою;

$\sum_{i=1}^{m-1} t_{p_i}$ – сумарний час обслуговування і активного спостереження за роботою інших верстатів з урахуванням часу на перехід робітника від одного верстата до іншого.

При обслуговуванні верстатів-дублерів, що виконують однакову операцію, число верстатів, які обслуговуються одним робітником,

$$m = \frac{t_m}{t_p} + 1. \quad (9.7)$$

В цьому випадку декілька верстатів, що обслуговуються одним робітником, утворюють зону обслуговування. Циклограма роботи багатOVERстатника, що обслуговує верстат-дублери, показана на рис. 9.1.

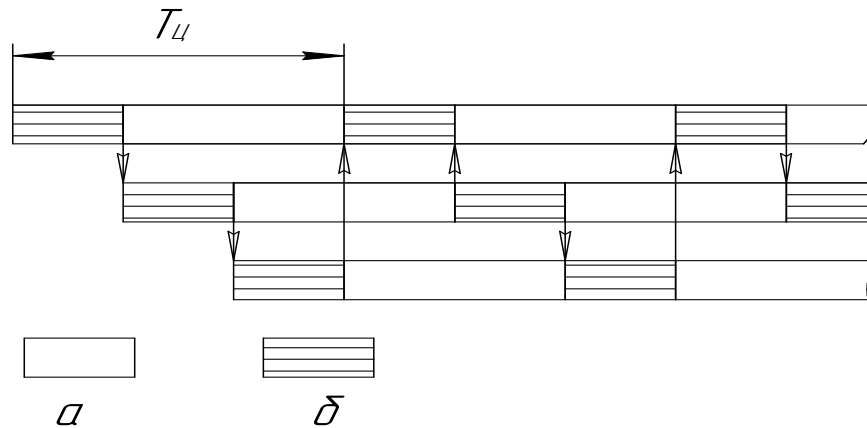


Рисунок 9.1 – Циклограма роботи верстатника при обслуговуванні верстатів-дублерів:

a – час автоматичної роботи верстата; b – час обслуговування, активного нагляду за роботою верстата і переходу до наступного

Складніше визначити кількість верстатів, що обслуговуються одним робітником при виконанні на цих верстатах різних за довготривалістю операцій. Дуже важливо при цьому визначити тривалість циклу багатOVERстатного обслуговування – проміжок часу, протягом якого робітник обслуговує всі верстат, що входять в зону обслуговування. Тривалість циклу при обслуговуванні верстатів-дублерів, коли у робітника немає вільного часу, дорівнює оперативному часу T_{on} , тобто

$$T_{Ц} = T_{on}, \quad (9.8)$$

$$T_{on} = T_o + T_{дон}. \quad (9.9)$$

Для верстатів з різною тривалістю операцій при визначеній тривалості циклу зіставляють час ручного обслуговування кожного верстата з

найбільшим оперативним часом обробки на верстаті, що входить в орієнтовну зону обслуговування. Якщо сумарний час обслуговування більший максимального оперативного часу роботи даного верстата, тобто

$\sum_{s=1}^m t_p > T_{on_{max}}$, то час циклу приймають рівним сумарному часу обслуговування верстатів $T_{ц} = \sum_{i=1}^m t_{pi}$.

Якщо сумарний час обслуговування верстатів менший максимального оперативного часу роботи верстата, тобто $\sum_{i=1}^m t_{pi} < T_{on_{max}}$, то тривалість циклу приймається рівною максимальному оперативному часу $T_{ц} = T_{on_{max}}$. В той же час тривалість циклу обслуговування повинна бути рівна чи кратна дійсному такту випуску, якщо обробку ведуть на безперервно-потоківій лінії. Дійсний такт випуску визначають за номінальним тактом t_g

$$t_g = \frac{t_g}{1 + \beta/100}, \quad (9.10)$$

де β – витрати часу, % оперативного часу на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і регламентовані перерви, $\beta = 6...8\%$.

На рисунку 9.2 наведена циклограма багатостанкового обслуговування ділянки поточної лінії, що складається з п'яти верстатів, на яких виконується три операції. Прийнятий такт випуску на даній лінії – 3,7 хв. Дані про структуру оперативного часу операції, наведені на правій частині рисунка, показують, що найбільший оперативний час затрачується на операції 1, де встановлено 2 верстати.

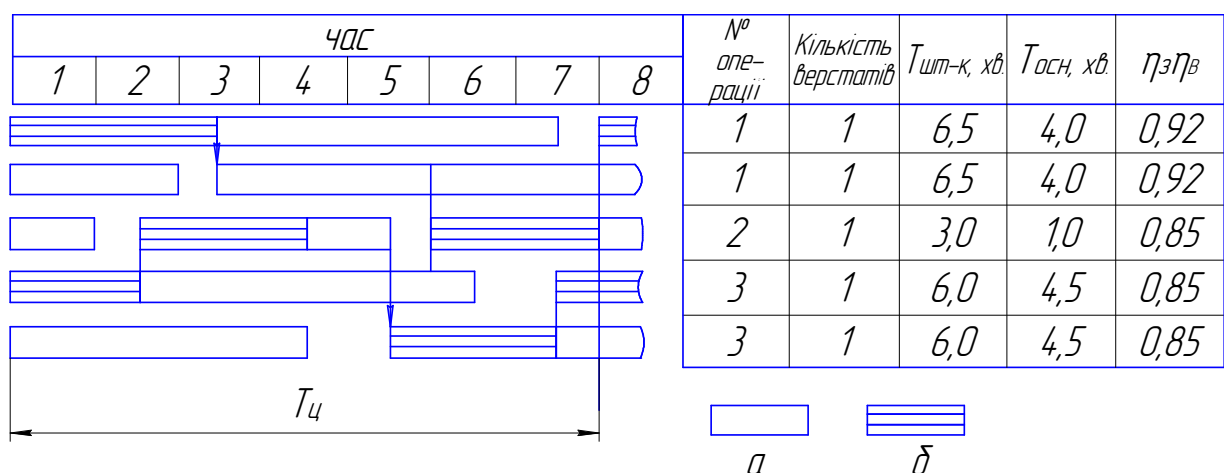


Рисунок 9.2 – Циклограма обслуговування верстатів поточної лінії:
a – час активної роботи верстатів; *б* – період обслуговування, активного нагляду за роботою верстата і перехід до наступного

Визначимо дійсний такт випуску на лінії

$$t_g = \frac{3,7}{1 + 8/100} = 3,5 \text{ (хв).}$$

На основі зіставлення найбільшого оперативного часу і такту випуску можна прийняти тривалість циклу багатOVERSTATного обслуговування рівну 7 хвилин. Затрати часу на обслуговування двох верстатів на першій операції складають 5 хвилин, тобто у робітника залишається 2 хвилини вільного часу. Цього достатньо для обслуговування верстата на операції 3. Однак час роботи цього верстата без участі робітника менший, ніж на решті верстатів, що визначає необхідність залучення до обслуговування цього верстата другого робітника. При цьому цикл роботи другого робітника охоплює обслуговування двох верстатів, що виконують операцію 3, і по черзі з першим робітником – обслуговування верстата, що зайнятий на операції 2. Таким чином, п'ять верстатів, на яких два робітники виконують три операції, можна розбити на дві зони обслуговування. Подібні прийоми спільного обслуговування декількома робітниками одного верстата є ефективним способом підвищення коефіцієнта багатOVERSTATного обслуговування і скорочення чисельності основних робітників-верстатників.

Відповідно до операційних карт, що визначають характер виконуваних операцій, встановлюють розряд робітника при виконанні операцій і середній розряд робітників дільниці (цеху), проводять розподіл кількості основних робітників в першій і другій змінах. Рекомендовані дані щодо чисельності основних робітників в першій зміні при 2-х змінах роботи в % від загальної кількості робітників в одиничному і дрібносерійному виробництві – 60, в середньосерійному – 55, у великосерійному і масовому – 50.

Кількість операторів-налагоджувальників, що обслуговують ГВМ у ГВС по змінах (% загальної кількості робітників): в першу зміну – 50, в другу – 30, в третю – 20.

Кількість допоміжних робітників визначають в % відношенні від кількості основних робітників, таблиця 9.2. При більш точних розрахунках допоміжних служб кількість допоміжних робітників визначають за нормами обслуговування або залежно від трудомісткості виконуваного обсягу робіт.

Таблиця 9.2 – Кількість допоміжних робітників механічних і складальних цехів (% від кількості основних робітників)

Цехи і лінії	Виробництво			
	одиничне і дрібносерійне	середньосерійне	великосерійне	масове
Механічні цехи	20-25 40-45*	20-25	20-25	20-25
Автоматичні цехи	–	–	30-35	30-35
Автоматичні лінії	–	–	–	30-40
Складальні цехи	20-25 40-45*	20-25	20-25	20-25

* Норми наведені для цехів важкого машинобудування з масою складованих виробів більше 50 т.

Вказані співвідношення наведені з урахуванням централізації всіх допоміжних служб і не враховують робітників з поточного ремонтного і міжремонтного обслуговування технологічного, підйомно-транспортного та електрообладнання, слюсарів-інструментальників, заточувальників, налагоджувальників контрольно-вимірювальних приладів, робітників з приготування змащувально-охолоджувальних рідин, водіїв електрокарів і контролерів відділу технічного контролю. Якщо робітники-ремонтники, заточувальники та слюсарі-інструментальники входять до складу цеху, то вказані норми необхідно збільшити на 4-5%.

Необхідно також мати на увазі, що наведені дані є орієнтовними, оскільки склад і кількість допоміжних робітників як за абсолютною величиною, так і у відсотках від кількості основних робітників суттєво залежать від рівня автоматизації виробничих процесів. При розподілі загальної кількості допоміжних робітників по змінах можна приймати, що в першу зміну працюють в цехах одиничного і дрібносерійного виробництва – 65%, середньосерійного – 60%, великосерійного і масового – 55% допоміжних робітників.

Більші значення норм відповідають кількості основних верстатів механічного цеху до 50, або кількості основних робітників складального цеху до 75, менші значення – кількості верстатів, більшій 400 і кількості основних робітників, більшій 700.

Норми для визначення чисельності ІТР показані в табл. 9.3.

Таблиця 9.3 – Норми для визначення чисельності ІТР

Цехи	Кількість ІТР (у % від кількості основних верстатів механічного цеху або кількості основних робітників складального цеху) при виробництві			
	одиночному і дрібносерійному	середньо-серійному	велико-серійному	масовому
Механічні	24-18	22-16	21-15	20-15
Складальні	12-9	11-8	10-8	10-7

70% загальної кількості ІТР працюють в першу зміну.

Кількість службовців механічних і складальних цехів визначають за нормами в залежності від кількості основних робітників. Для механічних цехів одиночного і дрібносерійного виробництва залежно від кількості основних робітників чисельність службовців складає 1,2-2,2%, середньосерійного виробництва 0,9-1,9%, великосерійного виробництва 0,6-1,6%, масового виробництва 0,1-1,4%. Менші значення відповідають чисельності основних робітників цеху більшій 700 осіб, більші – чисельності основних робітників цеху рівній 75.

Для першої зміни чисельність службовців приймають рівною 70% загальної кількості службовців.

Чисельність молодшого обслуговувального персоналу (МОП) назначають за нормою одна людина на 500-600 м² площі конторських, побутових приміщень, або 1-2% від загальної кількості працівників.

При проектуванні дільниць для верстатів з ЧПК для попереднього розрахунку кількості працівників можна використати такі норми чисельності працівників на один верстат:

оператори	0,8;
слюсарі-ремонтники	0,07;
електрики	0,045;
електронщики	0,1;
програмісти	0,25;
службовці	0,01.
Всього	1,275.

На закінчення розрахунків складають відомість працівників, округлюючи розраховані значення до найближчих цілих чисел. Одержані числа – це прийнята кількість працівників за категоріями.

Приклад

До складу працівників цеху (дільниці) входять:

- основні та допоміжні робітники;
- інженерно-технічні робітники (ІТР);

- службові;
- молодший обслуговувальний персонал (МОП).

До основних відносять робітників, які безпосередньо виконують технологічні операції з виготовлення продукції.

Кількість основних робітників, зайнятих виконанням операцій технологічного процесу:

$$P_{005} = \frac{T_{ум-к005} \cdot N_{np}}{F_{dp} \cdot K_{\sigma} \cdot 60} = \frac{37,1 \cdot 26700}{1820 \cdot 4 \cdot 60} = 2,27;$$

$$P_{010} = \frac{T_{ум-к010} \cdot N_{np}}{F_{dp} \cdot K_{\sigma} \cdot 60} = \frac{10,1 \cdot 26700}{1820 \cdot 2 \cdot 60} = 1,23;$$

$$P_{015} = \frac{T_{ум-к015} \cdot N_{np}}{F_{dp} \cdot K_{\sigma} \cdot 60} = \frac{60,4 \cdot 26700}{1820 \cdot 4 \cdot 60} = 3,7;$$

$$P_{020} = \frac{T_{ум-к020} \cdot N_{np}}{F_{dp} \cdot K_{\sigma} \cdot 60} = \frac{2,02 \cdot 26700}{1820 \cdot 1 \cdot 60} = 0,49;$$

$$P_{025} = \frac{T_{ум-к025} \cdot N_{np}}{F_{dp} \cdot K_{\sigma} \cdot 60} = \frac{0,43 \cdot 26700}{1820 \cdot 1 \cdot 60} = 0,105;$$

$$P_{030} = \frac{T_{ум-к030} \cdot N_{np}}{F_{dp} \cdot K_{\sigma} \cdot 60} = \frac{54,8 \cdot 26700}{1820 \cdot 1 \cdot 60} = 13,4;$$

$$P_{035} = \frac{T_{ум-к035} \cdot N_{np}}{F_{dp} \cdot K_{\sigma} \cdot 60} = \frac{5 \cdot 26700}{1820 \cdot 1 \cdot 60} = 1,22.$$

* Примітка. Коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування слід вибирати кратним кількості верстатів. Якщо використовуються універсальні верстати без ЧПК, то $K_{\sigma} = 1$.

На основі зроблених розрахунків приймаємо кількість працівників на кожній операції: $P_{005} = 3$ чол.; $P_{010} = 2$ чол.; $P_{015} = 4$ чол.; $P_{020} = 1$ чол.; $P_{025} = 1$ чол.; $P_{030} = 14$ чол.; $P_{035} = 2$ чол.

Але в темі № 7 нами було здійснено перерозподіл навантаження на операціях 005 і 010, 015 і 020. Відповідно до цього визначимо збільшення трудомісткості на операціях 010 і 020 для уточнення кількості працівників. Оскільки 50% навантаження одного верстата з операції 005 перенесли на операцію 010, то це збільшення складе $0,5 \cdot F_{\sigma} \cdot 60 = 116700$ хв. Аналогічно для операції 020 трудомісткість збільшиться на $0,6 \cdot F_{\sigma} \cdot 60 = 140040$ хв, а на операціях 005 і 015 трудомісткість зменшиться на відповідну величину. Уточнимо кількість працівників на операціях 005, 010, 015 і 020.

$$P_{005} = \frac{T_{ум-к005} \cdot N_{np} - 0,5 \cdot F_{\partial} \cdot 60}{F_{\partial p} \cdot K_{\sigma} \cdot 60} = \frac{37,1 \cdot 26700 - 116700}{1820 \cdot 4 \cdot 60} = 2,006;$$

$$P_{010} = \frac{T_{ум-к010} \cdot N_{np} + 0,5 \cdot F_{\partial} \cdot 60}{F_{\partial p} \cdot K_{\sigma} \cdot 60} = \frac{10,1 \cdot 26700 + 116700}{1820 \cdot 2 \cdot 60} = 1,77;$$

$$P_{015} = \frac{T_{ум-к015} \cdot N_{np} - 0,6 \cdot F_{\partial} \cdot 60}{F_{\partial p} \cdot K_{\sigma} \cdot 60} = \frac{60,4 \cdot 26700 - 140040}{1820 \cdot 4 \cdot 60} = 2,24;$$

$$P_{020} = \frac{T_{ум-к020} \cdot N_{np}}{F_{\partial p} \cdot K_{\sigma} \cdot 60} = \frac{2,02 \cdot 26700 + 140040}{1820 \cdot 1 \cdot 60} = 1,77.$$

Таким чином, на операції 005 для обслуговування 4 верстатів приймаємо 2 працівників (1 в першу зміну і 1 в другу зміну, що відповідає коефіцієнту багатOVERстатного обслуговування – 4); на операції 010 для обслуговування 2 верстатів теж приймаємо 2 працівників (1 в першу зміну і 1 в другу зміну, що відповідає коефіцієнту багатOVERстатного обслуговування – 2); на операції 015 для обслуговування 7 верстатів за розрахунками приймаємо 3 працівників (2 в першу зміну і 1 в другу зміну, що не відповідає коефіцієнту багатOVERстатного обслуговування – 4). Тому доцільно об'єднати операції 015 і 020 з метою спрощення обслуговування обладнання працівниками та зменшення їх кількості. Для цього на операції 015 застосуємо автоматизоване верстатне пристосування, яке дозволяє повертати деталь на 90° не змінюючи схеми базування. Тоді необхідна кількість верстатів для об'єднаної операції 015 становитиме

$$C_{p015} = \frac{(T_{ум-к.p.нр015} + T_{ум-к.p.нр020}) \cdot N_{np}}{F_{\partial} \cdot m \cdot 60} = \frac{(60,4 + 2,02) \cdot 26700}{3890 \cdot 60} = 7,1.$$

Отже, необхідно 8 верстатів. Перевіримо необхідну кількість працівників

$$P_{015} = \frac{(T_{ум-к015} + T_{ум-к020}) \cdot N_{np}}{F_{\partial p} \cdot K_{\sigma} \cdot 60} = \frac{(60,4 + 2,02) \cdot 26700}{1820 \cdot 4 \cdot 60} = 3,81.$$

Отже, необхідно 4 працівники – 2 в першу і 2 в другу зміну для обслуговування 8 верстатів, що відповідає коефіцієнту багатOVERстатного обслуговування 4.

На основі зроблених розрахунків остаточно приймаємо кількість працівників на кожній операції: $P_{005} = 2$ чол.; $P_{010} = 2$ чол.; $P_{015+020} = 4$ чол.; $P_{025} = 1$ чол.; $P_{030} = 14$ чол.; $P_{035} = 2$ чол.

Оскільки кількість допоміжних робітників становить 20...25% від основних, то приймаємо 6 чол. Оскільки для обслуговування ділянки

необхідні послуги налагоджувальника верстатів та контролера, який перевіряє точність виготовленої продукції, необхідно ввести ці посади. Зважаючи на те, що обслуговування дільниці не дає можливості повної зайнятості працівників, досить доречно поєднати обслуговування даної дільниці разом з іншими дільницями механообробного цеху. Аналогічним чином призначаються інженерно-технічні працівники, службовці.

Молодший обслуговувальний персонал призначається, виходячи з нормативу 1 робітник на 500...600 м² площі.

Відомість працівників оформлено у вигляді таблиці 9.4.

Таблиця 9.4 – Відомість працівників на дільниці

Працівники (категорія)	Загальна кількість	Розподіл за професіями	Розподіл по змінах
Основні робітники	25	Токарі – 4	2 (I зміна); 2 (II зміна)
		Фрезерувальники – 4	2 (I зміна); 2 (II зміна)
		Довбальник – 1	1 (I зміна)
		Шліфувальники – 16	8 (I зміна); 8 (II зміна)
Допоміжні працівники	6	Контролери – 4	2 (I зміна); 2 (II зміна)
		Налагоджувальник – 2	1 (I зміна); 1 (II зміна)
Інженерно-технічні працівники	4	Технологи – 2	1 (I зміна); 1 (II зміна)
		Майстри – 2	1 (I зміна); 1 (II зміна)
Службовці	0,25	Бухгалтер – 0,25 ставки на дільниці	0,25 (I зміна)
Молодший обслуговуючий персонал	1	Прибиральник – 1	0,25 (I зміна); 0,25 (II зміна)
Загальна кількість	36,25		

Порядок виконання

1. На основі розробленого маршруту механічної обробки (тема № 5), визначених норм часу (тема № 6) та кількості обладнання (тема № 7) визначити кількість працівників на дільниці та навести необхідні пояснення і розрахунки.

2. Висновки.

Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Розрахунки кількості працівників на дільниці (за категоріями) та відомість (див. табл. 9.4).

3. Висновки.

Питання для самоконтролю

1. Склад працівників на ділянці.
2. Хто належить до категорії основних працівників?
3. Хто належить до категорії допоміжних працівників?
4. Хто належить до категорії інженерно-технічних працівників?
5. Хто належить до категорії службовців?
6. Хто належить до молодшого обслуговувального персоналу?
7. Методика визначення кількості основних працівників.
8. Методика визначення кількості допоміжних працівників.
9. Методика визначення кількості інженерно-технічних працівників.
10. Методика визначення кількості службовців.
11. Методика визначення кількості молодшого обслуговуючого персоналу.
12. Що таке коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування і які значення він може набувати для різних типів верстатів?

Рекомендована література [1, 23]

Тема № 10. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ І ДОПОМІЖНИХ ПЛОЩ ДІЛЬНИЦІ

Мета роботи – набуття практичних навичок з визначення площ дільниці за допомогою нормативів спрощеним способом.

Короткі теоретичні відомості

На першій стадії проектування розрахунок виробничої площі дільниці механічної обробки виконується з урахуванням кількості верстатів та питомої площі (площа, що призначається на один верстат).

$$S = \sum S_{\text{пит}} \cdot C_{\text{пр}}, \quad (10.1)$$

де $S_{\text{пит}}$ – питома площа;

$C_{\text{пр}}$ – прийнята кількість верстатів.

Питома площа, яку займає верстат для укрупнених розрахунків, приймається залежно від ваги верстата (таблиця 10.1).

Таблиця 10.1 – Питома площа (на один верстат) для механічних цехів (з проходами)

Величина верстатів	Маса верстатів	Площа на один верстат, м ²
Легкі	до 1 тонни	10-12
Середні	від 1 до 10 тонн	15-25
Важкі	понад 10 тонн	30-45

В подальшому проектуванні після розробки плану розташування обладнання з урахуванням всіх нормативних відстаней остаточно визначається виробнича площа дільниці механічного цеху.

При укрупнених розрахунках кількість заточувальних верстатів загального призначення приймається рівною 3-5% від кількості металорізального обладнання, яке обслуговується заточувальним відділенням. Від загальної кількості верстатів, які обслуговуються відділенням, необхідно попередньо відняти кількість шліфувальних та полірувальних верстатів, а також верстатів, які обслуговуються спеціальним заточувальним обладнанням. До верстатів, які обслуговуються спеціальними заточувальними верстатами, відносять зубофрезерні, зубодовбальні, протяжні. Площа на 1 верстат заточувального відділення складає: 8-10 м² (дрібні вироби); 10-12 м² (середні вироби); 12-14 м² (великі вироби).

Кількість верстатів цехової ремонтної бази (ЦРБ) можна прийняти рівною 2,5-5% від кількості верстатів, які обслуговуються базою. Питома площа на 1 верстат приймається 20-22 м² (дрібні вироби), 22-24 м² (середні вироби), 24-26 м² (великі вироби).

При проектуванні відділення з переробки стружки кількість стружки приймається 10-15% від маси готових деталей, а площа відділення (0,03-0,04%) від виробничої площі.

Площа відділення для приготування та роздачі змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР) складає 35-120 м², залежно від кількості виробничого обладнання, та проектується для всього цеху. Площа складу масел складає 10-20 м².

Кількість контролерів приймається 5-10% від кількості основних робітників, а питома площа одного контрольного пункту $2 \cdot 3 = 6$ (м²).

При великому обсязі випуску виробів доцільно, щоб склади металу знаходились при відповідних цехах-споживачах. Цеховий склад призначений для забезпечення безперервного постачання верстатів і потокових ліній матеріалами та заготовками, але не для зберігання металу й заготовок, які надходять на завод великими партіями.

Площу цехового складу матеріалів можна визначити за формулою:

$$S_{\text{скл.з}} = \frac{Q_{\text{чорн}} \cdot t}{p \cdot q \cdot K_B}, \quad (10.2)$$

де $Q_{\text{чорн}}$ – маса матеріалу заготовок річного обсягу випуску;

t – середня кількість робочих днів, протягом яких матеріал і заготовки зберігаються на складі до потрапляння їх на обробку (табл. 10.2);

p – кількість робочих днів в році;

q – середнє допустиме навантаження на 1 м² корисної площі підлоги (табл. 10.2);

K_B – коефіцієнт використання площ складування.

При розрахунку площ міжопераційних складів масу напівфабрикатів приймають на 7-8% більшою маси готових деталей. Таким чином, площа проміжного складу може бути визначена за формулою

$$S_{\text{пром.скл}} = \frac{(1,07 \div 1,08)Q \cdot t}{p \cdot q \cdot K_B}, \quad (10.3)$$

де Q – маса готових деталей і вузлів річної програми випуску, які підлягають зберіганню.

Місцем накопичення і зберігання повністю оброблених деталей, які очікують надходження на складання, є склад готових виробів. Крім того

сюди надходять деталі, необхідні для комплектування складальних вузлів: підшипники, прокладки, електрообладнання і т. д.

Необхідну площу для складу готових виробів розраховують за формулою:

$$S_{\text{дет}} = \frac{Q \cdot t}{p \cdot q \cdot K_B}, \quad (10.4)$$

де t – кількість днів запасу готових деталей, виробів (табл. 10.2);

q – норми вантажнапруженості (наведені в таблиці 10.2);

K_B – коефіцієнт використання площі складування. При обслуговуванні його транспортом, що рухається по підлозі, складає 0,25-0,3; при обслуговуванні верхнім транспортом – 0,35-0,4.

Площа інструментально-роздавального та інших цехових складів визначається в залежності від кількості встановлених верстатів і типу виробництва.

Таблиця 10.2 – Площа інструментально-роздавального та інших цехових складів

Склади	Об'єкт зберігання	Норми площі складу на металорізальний верстат основного виробництва при роботі цеху в дві зміни, м ²			
		Тип виробництва			
		масове	великосерійне	серійне	дрібносерійне
Інструментально-роздавальний	Ріжучий і допоміжний інструмент	0,1 - 0,2	0,2 - 0,6	0,25 - 0,7	0,4 - 0,9
	Вимірювальний інструмент	0,1 - 0,2	0,1 - 0,2	0,15 - 0,3	0,3 - 0,5
Спільний	Ріжучий, допоміжний і вимірювальний інструмент	0,2 - 0,3	0,3 - 0,8	0,4 - 1,0	0,7 - 1,4
Абразивів	Шліфувальні і полірувальні круги	0,4 - 0,5	0,4 - 0,6	0,45 - 0,7	0,5 - 0,9
Пристосувань	Пристосування для встановлення деталей на верстат	0,15 - 0,2	0,25 - 0,6	0,35 - 0,9	0,6 - 1,2
Загальний та інструментальний	Пристосування і всі види інструменту	0,75 - 1,0	0,95 - 2,0	1,2 - 2,6	1,8 - 3,5

Приклад (згідно з темами № 4 і № 7)

На операціях 005-010 використовується верстат токарний 16К20Ф3 (6 верстатів), операціях 015-020 – вертикально-фрезерний 6Р13РФ3 (8

верстатів), 025 – довбальний 7410 (1 верстат), 030 – внутрішньошліфувальний 3К228А (7 верстатів), 035 – круглошліфувальний 3М151 (1 верстат). Всі вказані верстати відносять до середніх (масою до 10 тонн) і тому питома площа може бути прийнята в межах 15-25 м².

Приймаємо питому площу (з урахуванням габаритних розмірів верстатів):

$$16К20Ф3 – 25 \text{ м}^2;$$

$$6Р13РФ3 – 20 \text{ м}^2;$$

$$7410 – 15 \text{ м}^2;$$

$$3К228А – 25 \text{ м}^2;$$

$$3М151 – 25 \text{ м}^2.$$

Отже, виробнича площа дільниці складає

$$25 \cdot 6 + 20 \cdot 8 + 15 \cdot 1 + 25 \cdot 7 + 25 \cdot 1 = 525 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Кількість верстатів заточувального відділення приймаємо 4% від кількості верстатів дільниці механічного цеху, тобто $004 \cdot 23 = 0,92 \rightarrow 1$ верстат. Для обслуговування даної дільниці достатньо 1 заточувального верстата в складі заточувального відділення.

$$S_{\text{заточ.}} = S_{\text{пит.}} \cdot C_{\text{зат.}} = 12 \cdot 1 = 12 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Кількість верстатів цехової ремонтної бази (ЦРБ) приймаємо 4% від кількості верстатів дільниці механічного цеху, тобто це складає 1 верстат (для обслуговування верстатів даної дільниці).

$$S_{\text{ЦРБ}} = S_{\text{пит.}} \cdot C_{\text{ЦРБ}} = 30 \cdot 1 = 30 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Площу відділення для переробки стружки приймаємо 3% від виробничої площі, тобто $S_{\text{струж.}} = 0,03 \cdot 525 = 15,75 \text{ (м}^2\text{)}$ (для обслуговування проектованої дільниці).

Площу відділення для приготування ЗОР приймаємо для всього цеху – 70 м², площу складу масел – 10 м².

Кількість контролерів приймаємо в межах 10% від кількості основних робітників ($17 \cdot 0,1 = 1,7$), тобто 2 контролери. Площа на одного контролера 6 м², отже всього $S_{\text{контр.}} = 12 \text{ м}^2$.

Площа для складування заготовок на дільниці

$$S_{\text{скл.з}} = \frac{Q_{\text{чорн}} \cdot t}{p \cdot q \cdot K_B} = \frac{0,024 \cdot 1,3 \cdot 26700 \cdot 8}{253 \cdot 3 \cdot 0,3} = 29,25 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Склад заготовок на дільниці не передбачається, його планується розташувати в структурі цеху. Для дільниці передбачається лише майданчик для зберігання партії деталей, що надходить на обробку (за зміну).

Тоді площа

$$S_{\text{скл. площ. з}} = \frac{Q_{\text{чорн}} \cdot t}{p \cdot q \cdot K_B} = \frac{0,024 \cdot 1,3 \cdot 64 \cdot 0,5}{0,5 \cdot 3 \cdot 0,3} = 2,22 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Приймаємо 2,22 м².

Аналогічно розраховуємо площу складу готових деталей (для цеху)

$$S_{\text{скл. дет}} = \frac{Q \cdot t}{p \cdot q \cdot K_B} = \frac{0,024 \cdot 26700 \cdot 8}{253 \cdot 3 \cdot 0,3} = 22,5 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Розмір майданчика на дільниці

$$S_{\text{скл. площ. дет}} = \frac{Q \cdot t}{p \cdot q \cdot K_B} = \frac{0,024 \cdot 64 \cdot 0,5}{0,5 \cdot 3 \cdot 0,3} = 1,71 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Розмір майданчика під проміжний склад для цеху

$$S_{\text{скл. проміжн.}} = \frac{0,024 \cdot 1,08 \cdot 26700 \cdot 8}{253 \cdot 3 \cdot 0,3} = 24,3 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Розмір майданчика під проміжний склад для дільниці

$$S_{\text{скл. площ. проміжн}} = \frac{0,024 \cdot 1,08 \cdot 64 \cdot 0,5}{0,5 \cdot 3 \cdot 0,3} = 1,84 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Площа інструментально-роздавального складу, що виділяється на розглядувану дільницю, складає:

- для зберігання різального та допоміжного інструменту $15 \cdot 0,6 = 9 \text{ (м}^2\text{)}$.
- для зберігання вимірювального інструменту $23 \cdot 0,2 = 4,6 \text{ (м}^2\text{)}$.
- для зберігання пристосувань $23 \cdot 0,65 = 14,95 \text{ (м}^2\text{)}$.
- для зберігання абразивів $8 \cdot 0,5 = 4,0 \text{ (м}^2\text{)}$.

Всього $S_{\text{ІРК}} = 32,55 \text{ м}^2$.

На дільниці безпосередньо передбачаються лише майданчики для зберігання заготовок, під проміжний склад та готових деталей:

$$S_{\text{скл. площ. з}} = 2,22 \text{ м}^2; S_{\text{скл. площ. проміжн}} = 1,84 \text{ м}^2; S_{\text{скл. площ. дет}} = 1,71 \text{ м}^2.$$

Решта допоміжних приміщень передбачається в структурі цеху. Площі, які потрібні для даної дільниці, розраховані і вказані вище.

Порядок виконання

1. На основі визначеної кількості обладнання (тема № 7) визначити виробничу площу, площі допоміжних відділень цеху та навести необхідні пояснення й розрахунки.
2. Висновки.

Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Розрахунки площ основного та допоміжних відділень цеху.
3. Висновки.

Питання для самоконтролю

1. Що таке питома площа?
2. Методика наближеного визначення виробничої площі дільниці механічної обробки деталей.
3. Визначення площі заточувального відділення.
4. Визначення площі ЦРБ.
5. Визначення площі відділення для приготування ЗОР.
6. Визначення площі контрольного пункту.
7. Методика визначення площі складу матеріалів та заготовок.
8. Методика визначення площі проміжного складу.
9. Методика визначення площі складу готових виробів.
10. Методика визначення інструментально-роздавального складу.
11. Які з допоміжних відділень передбачають в складі дільниці механічної обробки?

Рекомендована література [23]

Практичне заняття № 7

Тема № 11. ВИБІР І РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Мета роботи – набуття практичних навичок з розрахунку кількості необхідного транспортного обладнання для дільниці механічної обробки.

Короткі теоретичні відомості

Цехова транспортна система призначена для постачання в необхідний момент часу заготовок, напівфабрикатів, готових виробів, матеріалів та інших вантажів зі складів на необхідну виробничу дільницю або на склади з цих дільниць, а також для транспортування їх між цими дільницями.

При виборі типів, вантажопідйомності та кількості транспортних засобів необхідно врахувати розподіл транспортних засобів на основні та допоміжні. Основні транспортні засоби проектуються централізовано та випускаються серійно, а допоміжні засоби, як правило, виготовляються за місцем використання, тому що їхні типорозміри дуже різні.

До основних транспортних засобів відносять конвеєри, транспортні роботи, засоби пневмо- та гідротранспорту й інші.

До допоміжних транспортних засобів відносять орієнтатори, адресовказівники, штовхачі, скидачі, підйомні столи, поворотно-координатні столи, підйомники, виробнича тара.

Широко застосовується в механоскладальному виробництві колісний транспорт, що рухається по підлозі: електрозавантажувачі, електрокари, електротягачі, каретки-оператори, приводні та ручні візки. Високоманевровим транспортним засобом, що не вимагає широких проїздів та великих радіусів повороту, є електричні візки (рисунок 11.1). Вони дуже прості у керуванні та практично безшумні. Вантажопідйомний кран, встановлений на візку, дозволяє знизити трудомісткість завантажувально-розвантажувальних робіт.

Розглянемо конвеєри, найчастіше використані в механоскладальному виробництві.

Стрічкові конвеєри призначені для транспортування штучних вантажів в горизонтальному положенні. Конвеєри мають тільки плоску форму робочої гілки, потужність та швидкість їх приводу невеликі.

Основою конвеєра є гнучка стрічка з прогумованої тканини, що слугує одночасно тяговим та вантажопереміщувальним органом. Верхня та нижня гілки стрічки підтримуються роликowymi опорами, а постійний натяг стрічки забезпечується гвинтовими натяжними пристроями.

Конвеєр укомплектований приводними та натяжними пристроями, приводним та неприводним барабанами, запобіжними елементами.

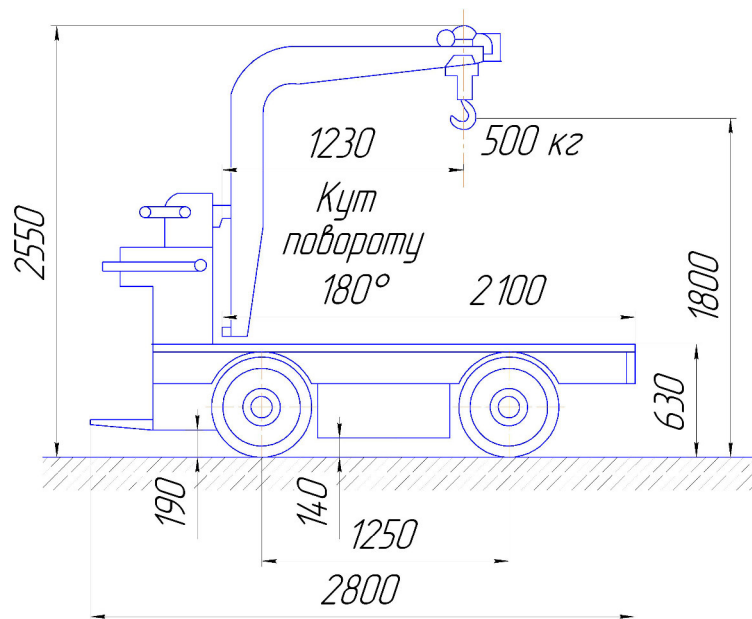


Рисунок 11.1 – Електричний візок з вантажопідйомним краном

Як естакадний транспорт можуть використовуватись пластинчасті конвеєри. Їх використовують для транспортування валів різної довжини в потоковому та непотоковому виробництві. Вони складаються з двох рядів сталевих пластин (з пазами), що обертаються. В непотоковому виробництві конвеєр може відгравати роль накопичувача, якщо пластини роз'єднані. Вали можуть транспортуватись не лише у горизонтальній площині, а й під кутом 30° . Переналагоджування конвеєра здійснюється шляхом переміщення пластин на клиновому стержні.

Для транспортування виробів в механоскладальному виробництві можуть використовуватись і роликові конвеєри.

Вони дозволяють транспортувати вироби масою до 200 кг. Ролики можуть обертатися вільно чи примусово. Роликові конвеєри звичайно розташовують на висоті 800 мм від рівня підлоги для того, щоб виконувати захват виробу на рівні рук працівника. Роликові конвеєри можуть мати підйомні секції для проходу працівників, підйомні столи, радіусні секції. Конструктивне оформлення та розміри їх різноманітні.

Роликові конвеєри виконують однорядними для передачі напівфабрикатів в одnodетальних поточкових лініях. Корпусні деталі, що мають зручні для транспортування поверхні, переміщуються по роликовому конвеєру безпосередньо, без піддонів. Для деталей типу тіл обертання, кронштейнів, важелів та ін. використовуються при транспортуванні по роликовому конвеєру піддони, які повинні повертатись назад по нижній гілці, що має примусове обертання. Приклад використання роликових конвеєрів на автоматизованій токарній дільниці з шести верстатів наведений на рисунку 11.2.

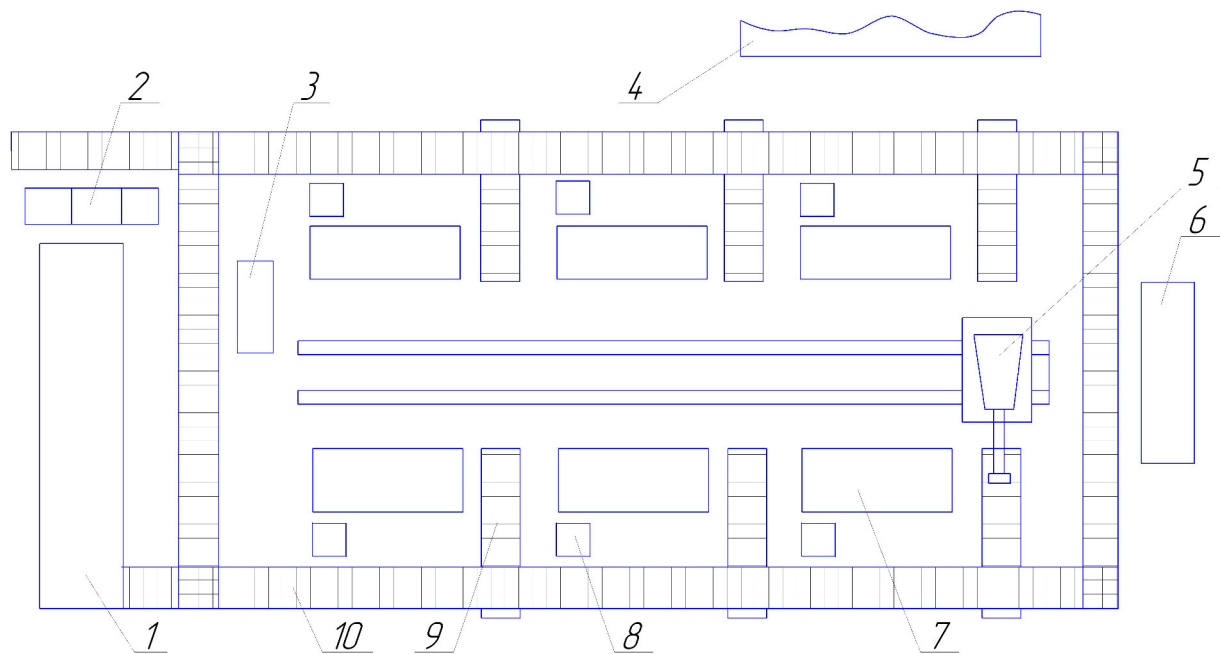


Рисунок 11.2 – Автоматизована дільниця токарної обробки:
 1 – автоматизований склад; 2 – столи ВТК; 3 – диспетчерський пульта дільниці; 4 – приміщення з центральною ЕОМ; 5 – ПР; 6 – бункер для стружки; 7 – верстат; 8 – система керування верстатом; 9 – тактовий накопичувач для передачі напівфабрикатів з конвеєра до фіксованої позиції для завантаження роботом верстата та повернення на конвеєр; 10 – приводний роликів конвеєр

В механоскладальному виробництві використовується підвісний транспорт, який дозволяє значною мірою економити виробничу площу. Типовим представником такого транспорту є монорельсові системи з електровізками та автоматичним адресуванням вантажів.

Ці системи дозволяють викликати електроталь з будь-якої завантажувально-розвантажувальної станції та відправляти вантажі за довільною адресою транспортної системи з необхідною швидкістю.

По монорельсовій колії рухаються стандартні електроталі зі спеціальними вантажозахватами. При автоматичному керуванні електроталлю кнопкове керування замінюється чи доповнюється шляховими перемикачами з різноманітними робочими механізмами, реле витримки часу, фотоелементами.

Пульта керування монтується на столі, стояку чи на самій електроталі. В першому випадку шляхові перемикачі розташовують на самій трасі, їх приводить в дію механізм перемикання, розташований в талі. В іншому випадку шляхові перемикачі розташовують на електроталі, а механізми перемикання на трасі.

Автоматичні монорельсові системи застосовують в цехах механоскладального виробництва для транспортування виробів у потоці,

для «обгінних» транспортних операцій, для подачі виробів з поточкових ліній на склади тощо.

В наш час все більше застосування знаходять підвісні штовхальні конвеєри, що дозволяють транспортувати вироби, які мають різні такти випуску. Крім того, штовхальні конвеєри використовують, якщо в технологічному процесі мають місце лімітні операції, час виконання яких значно більше часу виконання решти операцій. Вони забезпечують автоматичне адресування кареток з вантажем до місця призначення, а також можливість подачі кареток на розгалуження монорельсів, де вони можуть бути автоматично зупинені (тоді з цих кареток з вантажем може бути створений накопичувач), або передані далі на трасу іншого штовхального конвеєра. Це дає змогу зв'язати всю сітку підвісних штовхальних конвеєрів в цехах в загальну систему конвеєрів з автоматичною передачею, складуванням та автоматичною подачею вантажів до місця призначення. Керування переміщеннями деталей може здійснюватись від керувальної ЕОМ.

В поточковому виробництві при виготовленні виробів середніх розмірів (автомобілі, трактори, універсальні металорізальні верстати і т. п.) електричні мостові крани, як правило, не використовуються, за винятком окремих випадків виготовлення особливо важких деталей. Це пояснюється тим, що потрібен окремий штат кранівників, а також тим, що точне встановлення виробів мостовим краном вимагає значно більше часу, ніж поворотним краном. При необхідності одночасного встановлення заготовок, деталей чи виробів на кількох одиницях обладнання доводиться витратити додатковий час на очікування вільного крана. Крім того, для кранових прогонів необхідні будівлі більшої висоти, і тому їх будівництво обходиться дорожче, ніж будівництво без кранових прогонів.

Приблизний час встановлення та знімання виробу масою до 150 кг складає при використанні мостового електричного крана з урахування часу на виклик його до місця роботи 3-5 хв; підвісного крана – 0,5 хв.

Підвісні крани особливо доцільно використовувати при обслуговуванні певної виробничої ділянки, а не лінії.

При створенні гнучкої виробничої системи (ГВС) останнім часом використовуються мостові крани з ЧПК, які дозволяють не лише транспортувати напівфабрикати, але й забезпечувати планову гнучкість виробництва.

Як транспортно-завантажувальні пристрої в автоматичному виробництві широке застосування отримали промислові роботи та маніпулятори. Промисловий робот – це перепрограмований автоматичний маніпулятор промислового призначення. Характерною ознакою промислового робота є: автоматичне керування; здатність до швидкого та відносно простого перепрограмування; здатність до виконання промислових дій. За допомогою роботів можна об'єднати обладнання у виробничі комплекси різноманітних масштабів, які

працюють скоординовано, жорстко не зв'язані розміщенням та кількістю встановлених агрегатів. Такі комплекси забезпечують гнучку структуру виробничих процесів в широкому діапазоні серійності виробництва. Промислові роботи зарекомендували себе як гнучкі автоматизовані засоби реалізації внутрішньоцехових та міжопераційних зв'язків, що мають цілий ряд переваг в порівнянні з іншими засобами: малі габаритні розміри рухомого органа; великий діапазон регулювання швидкості пересування; повне звільнення проїздів після проходження транспортною роботою для транспортування інших видів; автономність.

Сучасні промислові роботи комплектуються мікроЕОМ, сенсорними приладами, які дозволяють підтримувати постійною силу захвату, та приладами технічного зору, призначеними для ідентифікації, визначення місця розташування та орієнтації об'єктів, а також контролю окремих розмірів.

Промислові роботи часто використовуються як проміжна ланка транспортної системи з технологічним обладнанням. Гнучкі виробничі модулі на базі на базі токарного верстата з переднім (фронтальним) розташуванням робочого органа робота застосовуються при виготовленні порівняно коротких деталей. При виготовленні деталей типу вала, коли необхідно захопити заготовку одночасно двома захватами, використовують гнучкі виробничі модулі на базі токарного верстата з верхнім порталним розташуванням робота.

Транспортні засоби відносять до допоміжного обладнання механоскладального виробництва.

Необхідна кількість транспортних засобів, як і верстатів, в основному виробництві може бути визначена:

- шляхом точного розрахунку (для кожного виду транспорту на основі маси вантажів, що підлягають перевезенню);
- наближено (на основі практичних даних).

Розрахунок необхідної кількості транспортних засобів першим способом можна вести, використовуючи нижченаведені формули.

1. Розрахункова кількість електрокранів:

$$K_{TP.KP.} = \frac{N \cdot i \cdot T_{TP}}{F_{kp} \cdot m \cdot f_{zm} \cdot K_1 \cdot 60}, \quad (11.1)$$

де T_{TP} – тривалість одного рейсу транспортного засобу – електрокрана, хв;

N – кількість деталей, що транспортуються за рік, шт.;

i – кількість транспортних (кранових) операцій на одну деталь за один рейс, в т. ч. переміщення в складські приміщення та з них;

$F_{кр}$ – дійсний річний фонд часу роботи транспортного засобу (кількість робочих днів);

m – кількість змін;

$f_{зм}$ – дійсний фонд роботи крана в одну зміну, год.;

K_1 – коефіцієнт використання фонду часу транспортного засобу – крана, що враховує втрати часу на ремонт.

Тривалість одного рейсу електрокрана можна розрахувати за формулою

$$T_{TP} = \frac{l_{сер}}{V_{сер}} + t_3 + t_p, \quad (11.2)$$

де $l_{сер}$ – середня довжина шляху на одну кранову операцію в прямому та зворотному напрямках, м;

$V_{сер}$ – середня швидкість руху крана, м/хв. Середня швидкість руху крана приймається 30÷80 м/хв;

t_3, t_p – відповідно час завантаження та розвантаження для однієї кранової операції, хв.

Отже,

$$K_{TP.KP.} = \frac{N \cdot i \cdot \left(\frac{l_{сер}}{V_{сер}} + t_3 + t_p \right)}{F_{кр} \cdot m \cdot f_{зм} \cdot K_1 \cdot 60}. \quad (11.3)$$

Розрахунок кількості кранів може виконуватись за програмою транспортування деталей в одну зміну. Тоді розрахунок необхідно проводити за такою формулою

$$K_{TP.KP.} = \frac{N_{зм} \cdot i \cdot T_{TP}}{f_{зм} \cdot K_1 \cdot 60}. \quad (11.4)$$

2. Розрахункова кількість транспортних засобів (електровізків, автовізків, автомашин) залежить від виду маршруту:

- при маятниковому односторонньому маршруті

$$K_{TPa} = \frac{Q \cdot T_{TP}}{F_{mp} \cdot m \cdot f_{зм} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot 60}, \quad (11.5)$$

де Q – сумарний вантаж, що перевозиться протягом розрахункового періоду T (наприклад, року), т;

F_{mp} – дійсний річний фонд часу роботи транспортного засобу (кількість робочих днів);

K_2 – коефіцієнт використання номінальної вантажопідйомності транспортного засобу ($\approx 0,8$);

q – номінальна вантажопідйомність транспортного засобу, т.

Враховуючи формулу (11.2)

$$K_{TPa} = \frac{Q \cdot i \cdot \left(\frac{l_{cep}}{V_{cep}} + t_3 + t_p \right)}{F_{mp} \cdot m \cdot f_{зм} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot 60}. \quad (11.6)$$

При розрахунку за програмою транспортування на зміну

$$K_{TPa} = \frac{Q_{зм} \cdot i \cdot \left(\frac{l_{cep}}{V_{cep}} + t_3 + t_p \right)}{f_{зм} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot 60}, \quad (11.7)$$

де $Q_{зм}$ – сумарний вантаж, що перевозиться протягом зміни, т;
- при маятниковому двосторонньому маршруті

$$K_{TPa} = \frac{Q \cdot i \cdot T_{TP}}{F_{mp} \cdot m \cdot f_{зм} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot 60}, \quad (11.8)$$

$$T_{TP} = \frac{l_{cep}}{V_{cep}} + 2 \cdot (t_3 + t_p), \quad (11.9)$$

тому

$$K_{TPa} = \frac{Q \cdot i \cdot \left[\frac{l_{cep}}{V_{cep}} + 2 \cdot (t_3 + t_p) \right]}{F_{mp} \cdot m \cdot f_{зм} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot 60}. \quad (11.10)$$

При розрахунку за програмою транспортування на зміну

$$K_{TPa} = \frac{Q_{зм} \cdot i \cdot \left(\frac{l_{cep}}{V_{cep}} + 2 \cdot (t_3 + t_p) \right)}{f_{зм} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot 60}. \quad (11.11)$$

- при кільцевому маршруті з вантажопотоком, що затухає,

$$K_{TPa} = \frac{Q \cdot i \cdot \left(\frac{l_{cep}}{V_{cep}} + t_3 + m_1 \cdot t_p \right)}{F_{mp} \cdot m \cdot f_{зм} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot 60}, \quad (11.12)$$

де m_1 – кількість розвантажувальних пунктів.

При розрахунку за програмою транспортування на зміну

$$K_{TPa} = \frac{Q_{зм} \cdot i \cdot \left(\frac{l_{cep}}{V_{cep}} + t_3 + m_1 \cdot t_p \right)}{f_{зм} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot 60}. \quad (11.13)$$

- при кільцевому маршруті з зростаючим вантажопотоком

$$K_{TPa} = \frac{Q \cdot i \cdot \left(\frac{l_{cep}}{V_{cep}} + m_2 \cdot t_3 + t_p \right)}{F_{mp} \cdot m \cdot f_{зм} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot 60}, \quad (11.14)$$

де m_2 – кількість завантажувальних пунктів.

При розрахунку за програмою транспортування на зміну

$$K_{TPa} = \frac{Q_{зм} \cdot i \cdot \left(\frac{l_{cep}}{V_{cep}} + m_2 \cdot t_3 + t_p \right)}{f_{зм} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot 60}, \quad (11.15)$$

- при кільцевому маршруті з рівномірним вантажопотоком

$$K_{TPa} = \frac{m_3 \cdot Q \cdot i \cdot \left(\frac{l_{cep}}{V_{cep}} + t_3 + t_p \right)}{F_{mp} \cdot m \cdot t_{зм} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot 60}, \quad (11.16)$$

де m_3 – кількість завантажувально-розвантажувальних пунктів.

При розрахунку за програмою транспортування на зміну

$$K_{TPa} = \frac{Q_{зм} \cdot i \cdot m_3 \cdot \left(\frac{l_{cep}}{V_{cep}} + t_3 + t_p \right)}{f_{зм} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot 60}. \quad (11.17)$$

3. Кількість рейсів, що виконуються транспортним засобом, визначається за формулою

$$P = \frac{F_{mp} \cdot m \cdot f_{зм} \cdot K_1 \cdot 60}{T_{TP}} \quad (11.18)$$

4. Розрахункова кількість конвеєрів визначається
- для штучних вантажів

$$K_{TP.K.Ш} = \frac{Q \cdot l}{3,6 \cdot q_B \cdot V \cdot T \cdot K_1}, \quad (11.19)$$

де 3,6 – постійний коефіцієнт,

Q – сумарний транспортований вантаж протягом розрахункового періоду (року, зміни і т. д.);

T – розрахунковий період (на рік), год.;

l – відстань між двома транспортованими вантажами (виробами), м;

q_B – маса (вага) одного транспортованого виробу, кг;

V – швидкість руху конвеєра, м/с.

Розрахунковий період на рік можна визначити за формулою

$$T = 60 \cdot F_{mp} \cdot m \cdot f_{зм} \text{ (год.)}, \quad (11.20)$$

- для сипких вантажів

$$K_{TP.K.C} = \frac{Q \cdot l}{3,6 \cdot q_n \cdot V \cdot T \cdot K_1}, \quad (11.21)$$

де q_n – навантаження на один метр конвеєра, кг.

5. Розрахункова кількість вантажних крюків

Розрахункова кількість вантажних крюків на підвісному транспортері розраховується за формулою

$$K_{TP.KP} = \frac{N \cdot L}{n \cdot V_T \cdot T \cdot K_1}, \quad (11.22)$$

де L – довжина робочої ланки транспортера, м;

n – кількість виробів, що підвішуються на 1 крюк;

V_T – швидкість транспортера, м/хв.

Розрахункова кількість транспортних засобів заокруглюється до найближчого більшого цілого числа $K_{TP.ПРИЙН}$. Відношення розрахункової кількості транспортних засобів до прийнятої називається коефіцієнтом завантаження транспортного засобу, що розраховується за формулою

$$\eta_{з.тп} = \frac{K_{тп.розрах}}{K_{тп.прийн}}. \quad (11.23)$$

Величина коефіцієнта завантаження транспортного засобу залежно від умов і характеру виробництва буває різною. Для механічних та складальних цехів коефіцієнт завантаження приблизно дорівнює 0,75. Наближено кількість транспортних засобів, наприклад, мостових кранів в прогоні, визначають залежно від довжини прогону, що обслуговується:

- для механічних та складальних цехів приймають 1 кран на 30-50 метрів довжини прогону;

- для ливарних цехів – 1 кран на 30-50 метрів довжини прогону;

- для ковальських цехів – 1 кран на 40-50 метрів довжини прогону.

Виконані розрахунки оформляються у вигляді зведеної відомості кількості транспортних засобів в цеху чи дільниці.

Приклад виконання

Маса вантажопотоків дільниці розраховується за формулою:

$$Q = N_{прив} \cdot (m_{дет} + m_{заг} + m_{стр}),$$

де $N_{прив}$ – приведена програма, шт.;

$m_{дет}$ – маса деталі, кг;

$m_{заг}$ – маса заготовки, кг;

$m_{стр}$ – маса стружки, кг.

$$Q = N_{прив} \cdot (m_{дет} + m_{заг} + m_{стр}) = 16020 \cdot (24 + 26,6 + 2,6) = 852264 \text{ (кг)}.$$

Приймаємо середню швидкість електровізка 40 м/хв.

Тривалість одного рейсу електровізка (11.2):

$$T_{тп} = \frac{40}{40} + 4 + 4 = 9 \text{ (хв)}.$$

Кількість транспортних засобів для маятникового одностороннього руху (11.5):

$$K_{тп} = \frac{9 \cdot 852,264}{60 \cdot 256 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,4} = 0,115.$$

Приймаємо 1 електровізок, який буде завантажений на 11,5%, а для того, щоб не було простою транспортного засобу, він буде застосовуватись для перевезення вантажів на інших ділянках.

Наближено кількість мостових кранів в прогоні визначають залежно від довжини прогону, що обслуговується: для механічних та складальних цехів приймають 1 кран на 30-50 метрів довжини прогону.

Порядок виконання

1. На основі розрахованої приведенної програми, маси деталі, маси заготовки визначити кількість транспортних засобів на ділянці та навести необхідні пояснення і розрахунки.
2. Заповнити таблиці 11.1 і 11.2.
3. Висновки.

Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Розрахунки і заповнені таблиці 11.1 і 11.2.
3. Висновки.

Питання для самоконтролю

1. Призначення транспортної системи
2. Основні транспортні засоби, приклади.
3. Допоміжні транспортні засоби, приклади.
4. Види колісного транспорту.
5. Види конвеєрів, що використовуються для транспортування заготовок, деталей.
6. Види підвісного транспорту, що використовується для транспортування заготовок, деталей.
7. Транспортно-завантажувальні пристрої, які використовуються в виробництві.
8. Методика розрахунку кількості електрокранів.
9. Методика розрахунку транспортних засобів, що рухаються по підлозі.
10. Методика розрахунку кількості конвеєрів.
11. Визначення коефіцієнта завантаження транспортного засобу.

Рекомендована література [28]

Тема № 12. ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Мета роботи – набуття практичних навичок з вибору розташування основного обладнання, встановлення ширини проїздів, сітки колон для дільниці механічної обробки.

Короткі теоретичні відомості

Технологічне планування – це графічне зображення на плані й розрізах устаткування, потокових і автоматичних ліній, робочих місць, стендів, підйомно-транспортних засобів і інженерних мереж, призначених для обслуговування технологічних процесів. Планування є одним з останніх етапів розробки робочого проекту цеху, а сама розробка є багатоваріантним завданням, що вимагає техніко-економічного порівняння конкурувальних варіантів.

Рациональне планування й організація робочих місць мають велике значення для досягнення найбільшої продуктивності й найменшої собівартості продукції, що випускається.

У робочому проекті технологічне планування устаткування дільниці, цеху, малого підприємства (МП) виконують у масштабі 1:100; для цехів і МП, що нараховують понад 200 одиниць устаткування – у масштабі 1:200; для цехів і МП, що нараховують менше 70 одиниць устаткування, а також виробничих ділянок – М 1:50.

Основою для розробки технологічного планування є раніше розроблене компонування дільниці, цеху або МП.

Планування виконують в умовних позначках, прийнятих у нормах технологічного проектування. Дотримання стандартних умовних графічних позначень обов'язкове.

Устаткування й робочі місця розміщують за допомогою темплетів, виконаних у масштабі планування (дивись додаток А).

Габарити устаткування приймають за найбільш виступаючими частинами з урахуванням крайніх положень частин, що рухаються. Темплети виконують за габаритами (розмірами і формою), наведеними у паспортах устаткування згідно з ГОСТ 2.428-84.

В процесі розміщення устаткування на технологічних плануваннях необхідно забезпечити вільний доступ до робочих місць, зручність роботи працівників і транспортування заготовок до місця роботи, місця для розташування кімнат паління й туалетів, роздягалень, медпунктів, душів, кімнат прийому їжі і їдалень, якісне освітлення приміщень і постійне провітрювання, зручне розташування фонтанчиків для пиття й пожежних гідрантів.

Організація робочого місця повинна забезпечити безперервність роботи при дотриманні максимально можливої продуктивності,

мінімальної собівартості продукції, що випускається, і забезпеченні заданої якості.

Розташування устаткування й робочих місць координується відносно колон. При розміщенні верстатів керуються нормальними розмірами проміжків між верстатами в поздовжньому й поперечному напрямках, відстанями від стін і колон, які встановлюють за нормами технологічного проектування. При цьому всі відстані вказують від крайніх положень частин верстата, що рухаються, й від постійних огорожень (пристосування враховують у габаритах верстата). При обслуговуванні технологічного устаткування мостовим краном відстань верстатів від стін і колон встановлюють із урахуванням нормального положення гака крана над верстатом. Норми відстаней між верстатами не враховують площадок для зберігання заготовок (деталей), а також пристроїв для транспортування заготовок між верстатами (таблиця 12.1).

Таблиця 12.1 – Норми відстаней універсальних верстатів від проїзду, відносно один одного, від стін і колон будівель

Розташування верстатів		Позначення на рисунку 12.1	Відстань, мм							
			Одиничне, дрібносерійне, середньосерійне виробництво				Великосерійне і масове виробництво			
			Найбільший з габаритних розмірів верстата в плані, мм							
			До 1800	Від 1800 до 4000	Від 4000 до 8000	Понад 8000	До 1800	Від 1800 до 4000	Понад 4000	
Від проїзду до	Фронту	а	1600		2000/2400		1000/1200			
	Тильної сторони	б	500		500		500			
	Бокових сторін	в	500		700	1000	500			
	В потилицю	г	1700		1000	1300	1400	1600	1800	
Відносно один одного	Тильними сторонами	д	700	800	1000	1300	700	800	1000	
	Боковими сторонами	е	900		1300	1800	900		1200	
	Фронтом і при обслуговуванні одним працівником	Одного верстата Двох верстатів	ж	2100	2500	2600		1900	2300	2600
	При П-подібному розташуванні трьох верстатів, що обслуговуються одним працівником	и	2500		-		1400	1600	-	
	к	700		-		700		-		
Від стін і колон до	Фронту	л	1600		1600/2000		1300	1500		
		л1	1300		1500		1300	1500		
	Тильної сторони	м	700	800	900	1000	700	800	900	
	Бокових сторін	н	1200				900			

Розмір робочої зони за нормами технологічного проектування становить не менше 800 мм. Вироби, що транспортуються, не повинні виходити за межі транспортних засобів (на площу проходу). Місце розташування робітника, що обслуговує устаткування, позначається колом діаметром 5 мм із заштрихованою тильною половиною.

Норми відстаней універсальних верстатів від проїзду, відносно один одного, від стін і колон будівлі наведені на рисунку 12.1 і в таблиці 12.1.

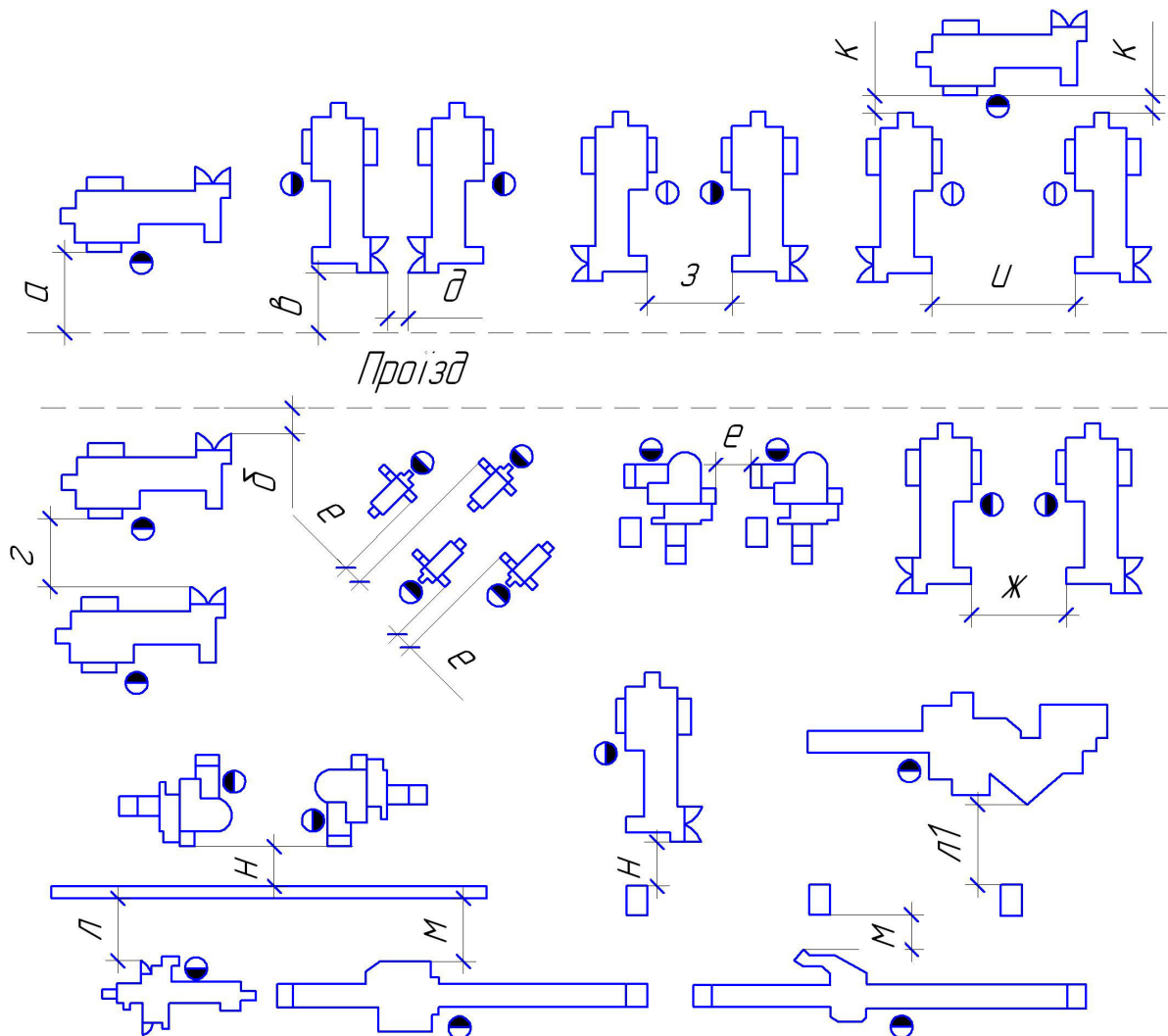


Рисунок 12.1 – Схеми взаємного розташування універсальних верстатів один відносно іншого, відносно стін, колон будівлі і проїзду між дільницями (див. табл. 12.1)

Відстані від фронтальної сторони верстата до проїзду, рівні 2000 мм, приймають тільки для повздожньо-фрезерних, повздожньо-стругальних і повздожньо-шліфувальних верстатів.

Норми ширини проїздів між дільницями й цехами у виробничому приміщенні наведені в таблиці 12.2.

Таблиця 12.2 – Нормативна ширина проїздів між дільницями й цехами у виробничому приміщенні

Вид проїзду	Транспортні засоби	Ширина проїзду	
		При односторонньому русі	При двосторонньому русі
Магістральний	Підлогові електровізки, електротягачі, електронавантажувачі	-	4500
	Автонавантажувачі, автомашини, прибиральні машини тощо	-	5500
Цеховий	Всі види підлогового транспорту, крім робочарів	$A^* + 1400$	$2A^* + 1600$
	Робочари	$A^* + 400$	-
Залізничний в'їзд	Вагони вантажні	6000	-
Пішохідний прохід		-	1400

A^* – ширина вантажу, мм.

Примітки:

1. Магістральні проїзди шириною 5500 мм застосовувати тільки за умови відповідного обґрунтування;

2. Кількість і розташування магістральних проїздів визначається компоюванням корпусу і схемою вантажопотоків;

3. Розташування шляхопроводу рельсового візка вздовж магістрального проїзду не допускається;

4. Ширина проїзду вздовж зовнішніх стін для протирання вікон визначається шириною механізму для цих робіт плюс 400 мм;

5. Ширина каналу відведення стружки, який розташований вздовж проїзду, не входить в ширину проїзду;

6. За умови розвороту транспорту в проїзді на 90° ширина проїзду визначається характеристикою транспорту;

7. Слід вибирати ширину цехового проїзду (мм) з ряду значень: 1400, 2000, 2200, 2600, 2800, 3000, 3200, 4000.

З метою спрощення й здешевлення збирання стружки планування металообробного устаткування іноді здійснюють за видами матеріалу оброблюваних заготовок: чавун, сталь, кольорові метали й сплави. У цьому випадку кожний вид стружки має свою окрему транспортну систему. При

будь-яких варіантах планування технологічного й транспортного устаткування не допускають укладання заготовок і деталей на підлозі цеху. Зняті з верстата деталі необхідно укласти на транспортні засоби або в транспортну тару.

Технічне планування устаткування повинно мати гнучкість. У зв'язку з цим широке застосування знаходить встановлення устаткування на віброопорах на загальній бетонній підлозі (плиті) виробничого приміщення. У цьому випадку в кожній колоні (а при великій ширині прогонів та кроку колон і між колонами) розташовують крани для підведення стисненого повітря й змашувально-охолоджувальних рідин (ЗОР), а також лійки в підлозі для зливання в централізовані або групові системи збирання, очищення, регенерації й утилізації ЗОР, підведення електрокабеля до устаткування й ін.

Технологічне планування розробляють у такій послідовності:

- наносять поздовжні й поперечні розбивочні осі уніфікованих типових секцій (УТС) виробничого й допоміжного приміщення. Якщо приміщення, що обслуговуються, розташовані на декількох поверхах, то на плануванні цеху зображують, із деяким інтервалом, розбивальні осі кожного поверху;

- креслять капітальні стіни й колони виробничого й допоміжного приміщень, сходові клітки;

- виконують розбивання віконних і дверних прорізів у зовнішніх стінах, показують напрямок відкривання дверей;

- на основі компоновання уточнюють місце розташування магістральних проїздів і проходів, виробничих механічних і складальних дільниць, технологічного устаткування, допоміжних служб, трас підйомно-транспортних засобів, засобів збирання стружки й наносять їх на план приміщення;

- вибирають типове планувальне рішення санітарно-побутових і адміністративно-господарських приміщень та наносять на план відповідного поверху допоміжного приміщення внутрішні стінки, перегородки, дверні прорізи;

- вибирають необхідні поздовжні й поперечні розрізи основного й допоміжного приміщень;

- наносять у верхньому правому кутку аркуша ситуаційний план корпусу;

- встановлюють зведену відомість площ цеху й розміщують її на полі креслення;

- зображують у вигляді таблиці умовні позначки, прийняті в плануванні;

- на плані й розрізах проставляють всі розміри, виконують написи (найменування дільниць, відділень, приміщень і розміри їхніх площ, порядкові номери устаткування);

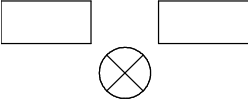

- встановлюють специфікацію устаткування.

Перелік умовних позначень, що використовуються під час компонування дільниць і цехів наведено в таблиці 12.3.

Таблиця 12.3 – Умовні позначення, що використовуються при плануванні дільниці (цехів)

Найменування	Умовне позначення	Найменування	Умовне позначення
1	2	3	4
Капітальна стіна		Місце складування заготовок і виробів	
Вікно		Пульт керування	
Суцільна перегородка		Кран мостовий	
Перегородка із склоблоків		Стелаж багатоярусний однорядний	
Бар'єр		Кран-штабелер автоматизований	
Ворота двійчаті		Кран консольний поворотний із електроталлю	
Ворота відкатні		Картка-оператор з автоматичним адресуванням вантажів	
Колони залізобетонні та металеві		Тачка рейкова	
Канал для транспортування стружки		Конвеєр підвісний ланцюговий	
Автоматична лінія і технологічне обладнання		Промисловий робот	
Місце робітника		Конвеєр роликовий однорядний	

Продовження табл. 12.3

1	2	3	4
Багатоверстатне обслуговування одним робітником		Підведення стисненого повітря (цифри вказують на тиск у мережі)	
Контрольний пункт		Точка підведення електрокабеля до обладнання	

Основні розміри будівлі в плані вимірюються між розбивальними осями. Осі, що йдуть вздовж прогонів будівлі, називають поздовжніми. Осі, що перетинають прогони, називають поперечними; система пересічних осей приміщення в плані утворює сітку розбивальних осей.

Сітка розбивальних осей являє собою єдину систему координат для будівлі в цілому. Тому кожна розбивальна вісь основних колон каркаса повинна мати тільки одне позначення. Розбивальні осі продовжують за межі планування та розрізу й по колонах закінчують кружками діаметром 10 мм, у яких записують позначення осей. При цьому поздовжні розбивальні осі позначають буквами російського алфавіту, а поперечні – цифрами.

Розміри на технологічному плануванні проставляють у міліметрах.

Всі виносні й розмірні лінії проводять тонкими суцільними лініями. У місцях перетинання розмірних ліній з виносними лініями ставлять зарубки під кутом 45° до розмірної лінії, знизу вгору. Розмірні лінії повинні виступати за крайні виносні лінії на 1-3 мм.

На планах позначення розбивальних осей розміри проставляють ліворуч і внизу. При складній конфігурації планування позначення відповідних осей і розміри між ними повторюють і з правої сторони.

Площі дільниць, відділень і приміщень проставляють у квадратних метрах із двома десятковими знаками з рисою знизу.

Ситуаційний план виробничого й допоміжного приміщень креслять у масштабі 1:1000 у такій послідовності:

- наносять сітки розбивальних осей уніфікованих типових секцій (УТС) виробничого й допоміжного приміщень (осі позначаються буквами й цифрами, колони кружечками або хрестиками);

- контурними лініями зображують капітальні стіни виробничого й допоміжного приміщень;

- проставляють габаритні межі УТС, виробничого й допоміжного приміщень;

- рідким штрихуванням відзначають місце розташування в корпусі проєктованих цехів, дільниць, МП, у тому числі допоміжних приміщень,

площ для розміщення адміністративно-конторських і санітарно-побутових приміщень;

- вказують масштаб ситуаційного плану.

На технологічному плануванні необхідно вказати стрілками шляхи руху по ділянцях і відділеннях оброблюваних заготовок і виробів, що складаються, починаючи від входу в приміщення і закінчуючи виходом готової продукції за межі будівлі.

Приклад виконання

Компонувальний план являє собою схематичний план будівлі з зображенням у ньому відділень, допоміжних і обслуговувальних приміщень.

Вхідними даними для складання компонувального креслення ділянки є: площі всіх відділень, сітка колон, висота приміщення.

З даних, розрахованих під час виконання практичних занять № 7 і № 9, для полегшення компонування обладнання, формуємо таблицю 12.4.

Таблиця 12.4 – Вихідні дані для компонування ділянки

№ операції	Модель верстата	Кількість верстатів	Кількість працівників в змїну	Коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування
005	16K20Ф3	4	1	4
010	16K20Ф3	2	1	2
015	6P13Ф3	8	2	4
020				
025	7410	1	1	1
030	3K228A	7	7	1
035	3M151	1	1	1

Розташування обладнання проводиться по обидві сторони від прогону, бо середня кількість верстатів – 23. Визначаємо попередньо площу ділянки та основних її розділів, скориставшись формулою:

$$S = S_{num} \cdot C_{np}$$

де S_{num} – питома площа (на один верстат з проходами). Для середніх верстатів $S_{num} = 15...25 \text{ м}^2$; для важких верстатів $S_{num} = 30...35 \text{ м}^2$;

C_{np} – прийнята кількість верстатів ділянки.

Таким чином, матимемо

$$S = S_{num} \cdot C_{np} = 25 \cdot 22 + 35 \cdot 1 = 585 (\text{м}^2).$$

Місце для контролерів, які здійснюватимуть контроль деталей, що їх виготовляє дільниця, приймаємо 6 м^2 на одного працівника: $2 \cdot 6 = 12 \text{ м}^2$.

Сітку колон і висоту прогону вибираємо з уніфікованого ряду величин. Ширину прогонів слід вибирати такою, щоб можна було раціонально розмістити кратне число рядів обладнання. Приймаємо 18×12 , де 18 – ширина прогону, м; 12 – крок колон, м (рис. 12.2).

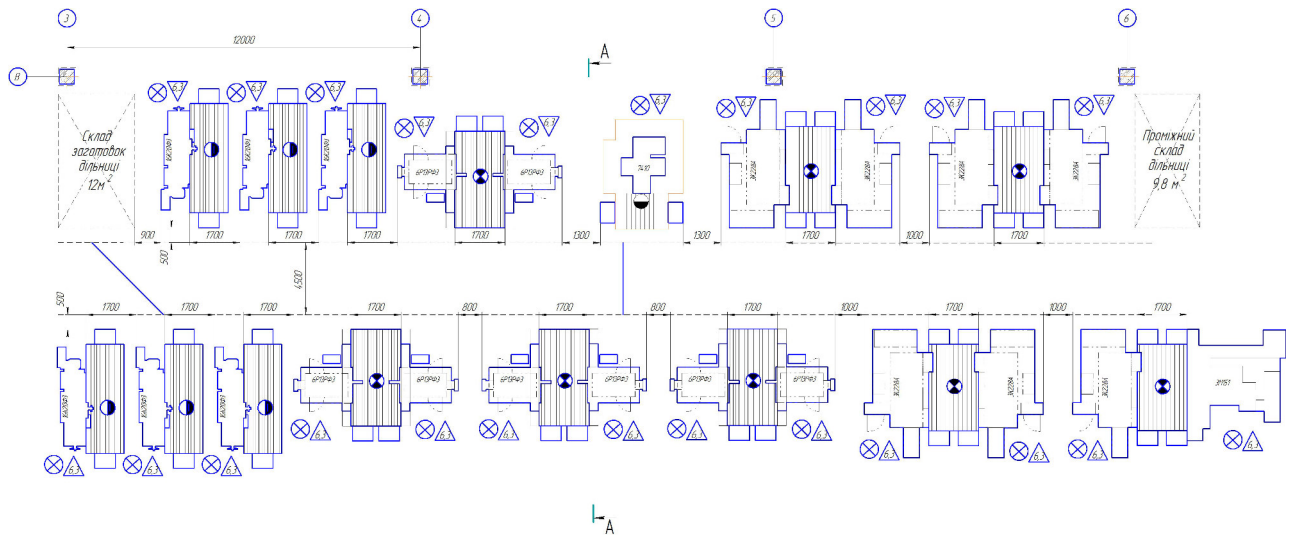


Рисунок 12.2 – План розташування обладнання

З метою визначення прогнозованої довжини дільниці потрібно визначити наближену площу дільниці, кратну кроку колон. При цьому потрібно врахувати, що до площі дільниці відносять майданчики для складування заготовок, деталей і напівфабрикатів, а також проїзд для транспорту і місця контролерів. Якщо вважати, що проїзд між верстатами цеховий, з можливістю двостороннього руху електровізків, то, згідно з нормативами, наведеними в таблиці 12.2, ширина проїзду становить: $2 \cdot 0,28 + 1,6 = 2,16$ м. Округлюємо до ближчого рекомендованого значення і приймаємо ширину проїзду $2,2$ м. Тоді прогнозована довжина дільниці з урахуванням місця контролера і кратності кроку колон становитиме: $(585 + 12 + 5,77) / (18 - 2,2) = 38,15$ м. Отже, наближена довжина дільниці – 40 м за умови розташування обладнання в два ряди (рекомендована довжина технологічної лінії 35 - 50 м).

Висота прогону визначається, виходячи з максимальної висоти обладнання h_1 , мінімальної відстані між вантажем та обладнанням h_2 , а також висоти транспортованих вантажів h_3 , висоти головки підйомного крана h_4 . Визначаємо висоту H_1 :

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3 + h_4.$$

За даними таблиці 12.5, найвищим верстатом дільниці є довбальний верстат моделі 7410, висота якого становить 5300 мм; відстань між обладнанням та вантажем є нормованою і складає 400 мм; розмір вантажу приймаємо за розміром найбільшого верстата (близько 5500 мм); висота головки підйомного крана 1500 мм.

Таблиця 12.5 – Габаритні розміри та маса обладнання

Назва верстата	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм	Маса, кг
16К20Ф3	3360	1710	1750	4000
6Р13РФ3	3485	3200	2520	6750
7410	6070	4335	5300	30000
3К228А	4005	2305	1870	6900
3М151	4605	2450	2170	5600

Таким чином, матимемо

$$H_1 = 5300 + 400 + 5500 + 1500 = 12700 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо нормативне значення $H = 14400$ мм.

Порядок виконання

1. На основі розрахованої кількості верстатів, габаритів деталі і верстатів, а також виробничої і допоміжної площі відділення побудувати компонувальний план дільниці механічного цеху.
2. Висновки.

Зміст звіту

1. Мета і порядок виконання роботи.
2. Компонування дільниці цеху.
3. Висновки.

Питання для самоконтролю

1. Від чого залежить відстань між верстатами?
2. Як визначається висота приміщення?

Рекомендована література [28]

Практичне заняття № 8

Тема № 13. ОСНОВНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЦЕХУ

Мета роботи – набуття практичних навичок з визначення основних абсолютних та відносних показників ефективності роботи механічного цеху.

Короткі теоретичні відомості

Основні техніко-економічні показники цеху діляться на абсолютні та відносні.

Абсолютні показники характеризують виробничу потужність. Відносні показники характеризують техніко-економічну ефективність цеху.

Необхідно вивести ті абсолютні та відносні показники, що одержані в процесі розрахунків. Показники, які не одержані в процесі виконання роботи, додатково розраховувати не потрібно, крім тих, які можуть бути знайдені шляхом простих арифметичних дій з відомими величинами.

Абсолютні показники

1. Річний випуск виробів в штуках.
2. Річний випуск виробів в тоннах.
3. Річний випуск виробів в грн.
4. Кількість робочих змін.
5. Площа цеху (дільниці):
 - загальна, в м²;
 - виробнича, в м².
6. Кількість виробничого обладнання.
7. Кількість працівників:
 - основних робітників;
 - допоміжних робітників;
 - ІТР;
 - СКП;
 - МОП.
8. Основні фонди (в грн), в тому числі:
 - будівлі;
 - обладнання, інструмент, пристосування;
 - виробничий і господарський інвентар.
9. Фонд заробітної плати основних робітників і всіх працівників.
10. Потужність електродвигунів (в кВт).

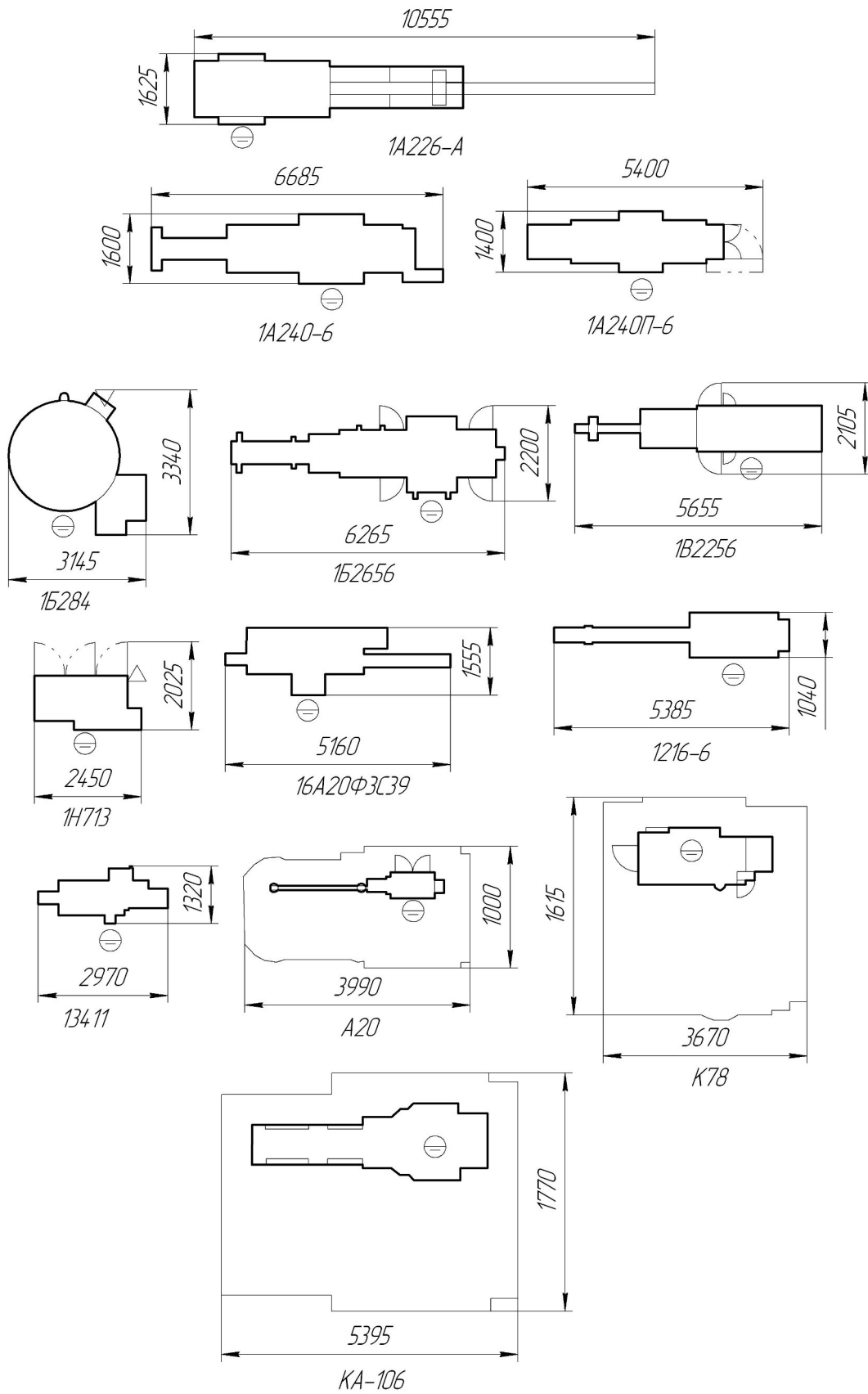
Відносні показники

1. Річний випуск продукції в штуках і тоннах на:
 - одного працівника і одного основного робітника;
 - на одиницю виробничого обладнання;
 - на 1 м² виробничої площі в одну зміну.
2. Річний випуск продукції в грн (за собівартістю) на 1 грн основних фондів.
3. Основні промислові фонди на 1 грн випуску продукції.
4. Загальна і виробнича площі на одиницю виробничого обладнання в м².
5. Середній коефіцієнт завантаження обладнання (в %).
6. Середня потужність одного верстата, в кВт.
7. Середня потужність верстатного обладнання в кВт на одного основного робітника в найбільшу, за кількістю працівників, зміну.
8. Трудомісткість і верстатомісткість однієї деталі, однієї машини, однієї тонни продукції в людино-годинах і верстатогодинах.
9. Коефіцієнт використання матеріалу.
10. Собівартість обробки і цехова собівартість однієї тонни і одного комплекту вузлів або деталей на одну машину.
11. Структура цехової собівартості в %:
 - матеріали;
 - основна заробітна плата основних робітників;
 - цехові накладні витрати.
12. Відношення цехових витрат до основної заробітної плати основних робітників у %.

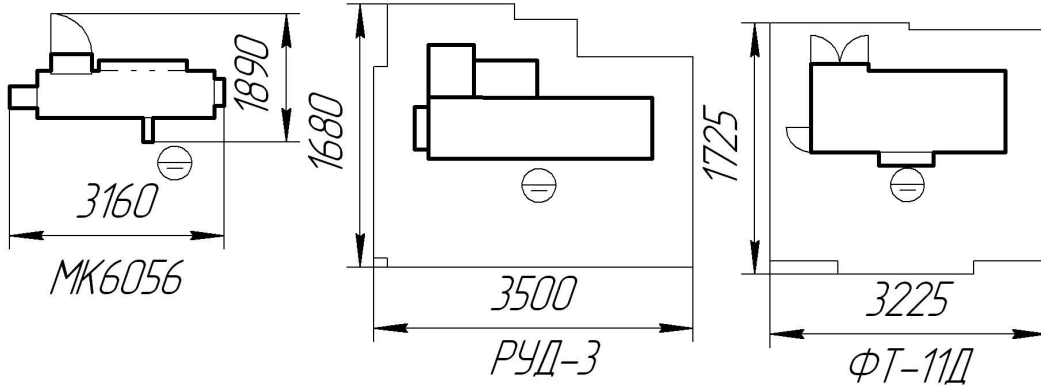
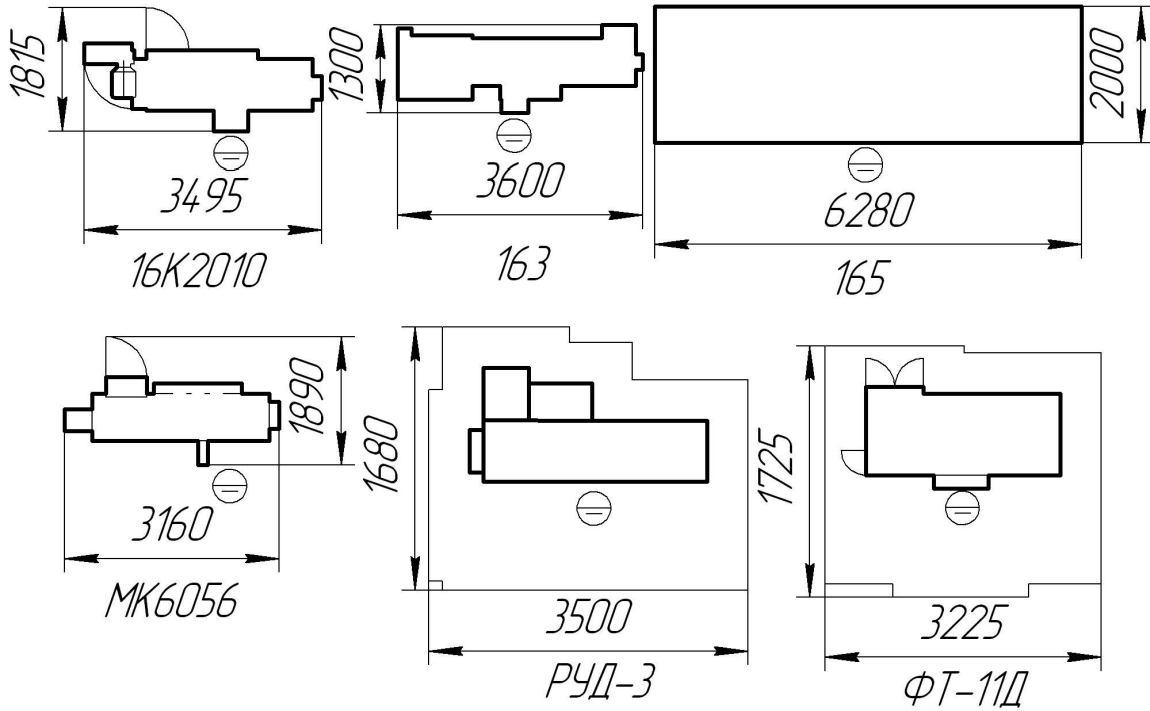
ДОДАТОК А

Темплети верстатних груп

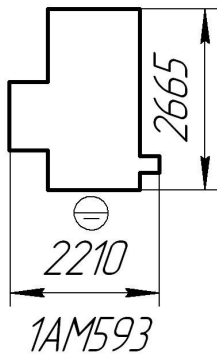
Автоматно-токарна



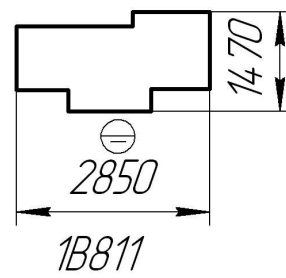
Токарно-гвинторізна



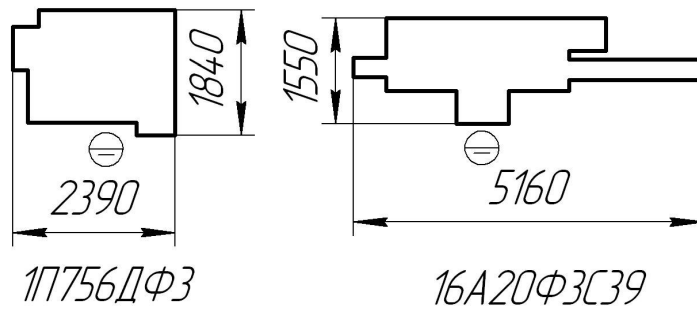
Токарно-карусельна



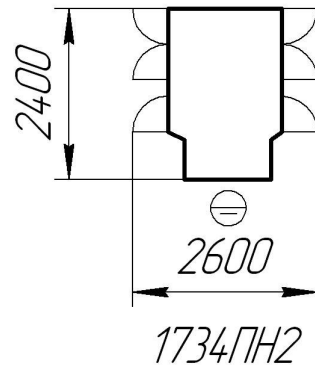
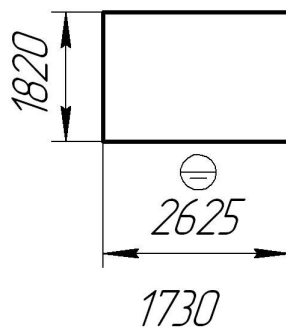
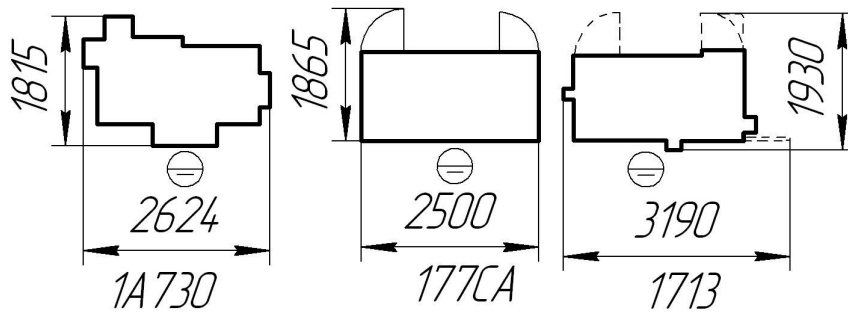
Токарно-затилувальна



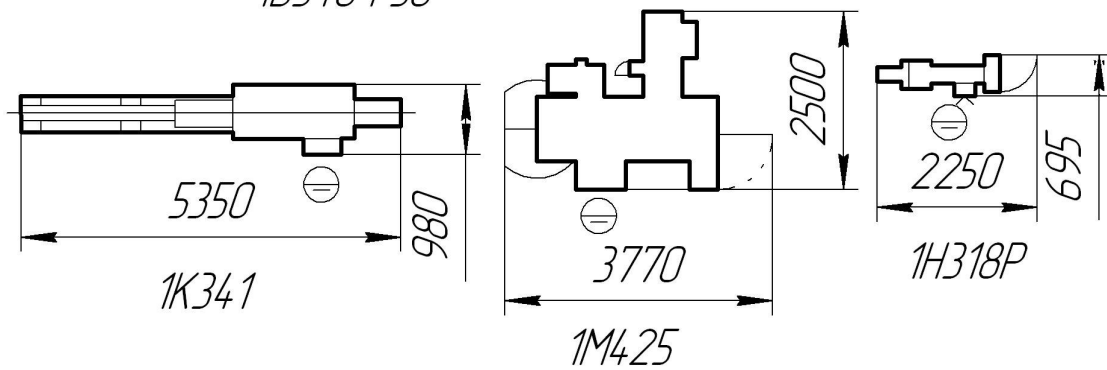
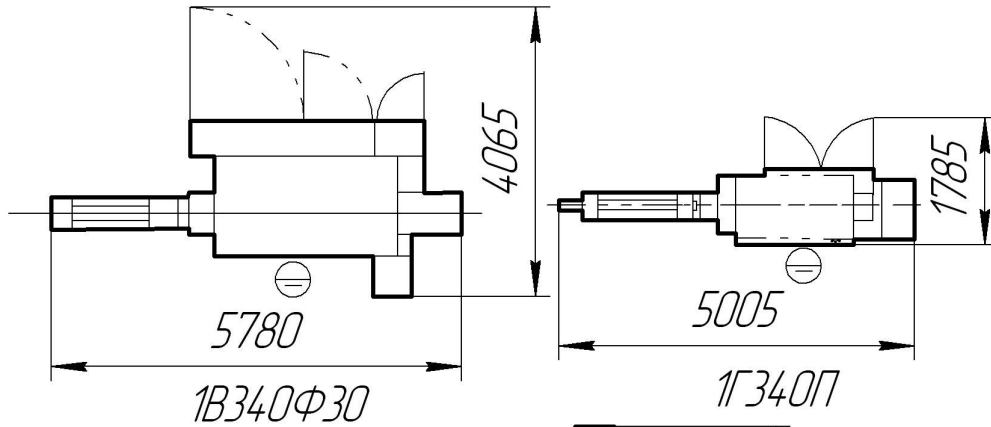
Токарна з ЧПК



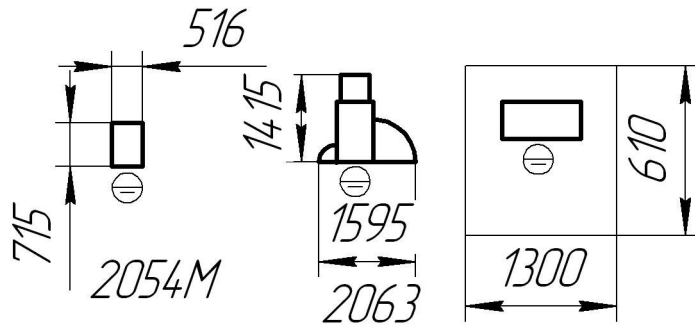
Токарно-копіювальна



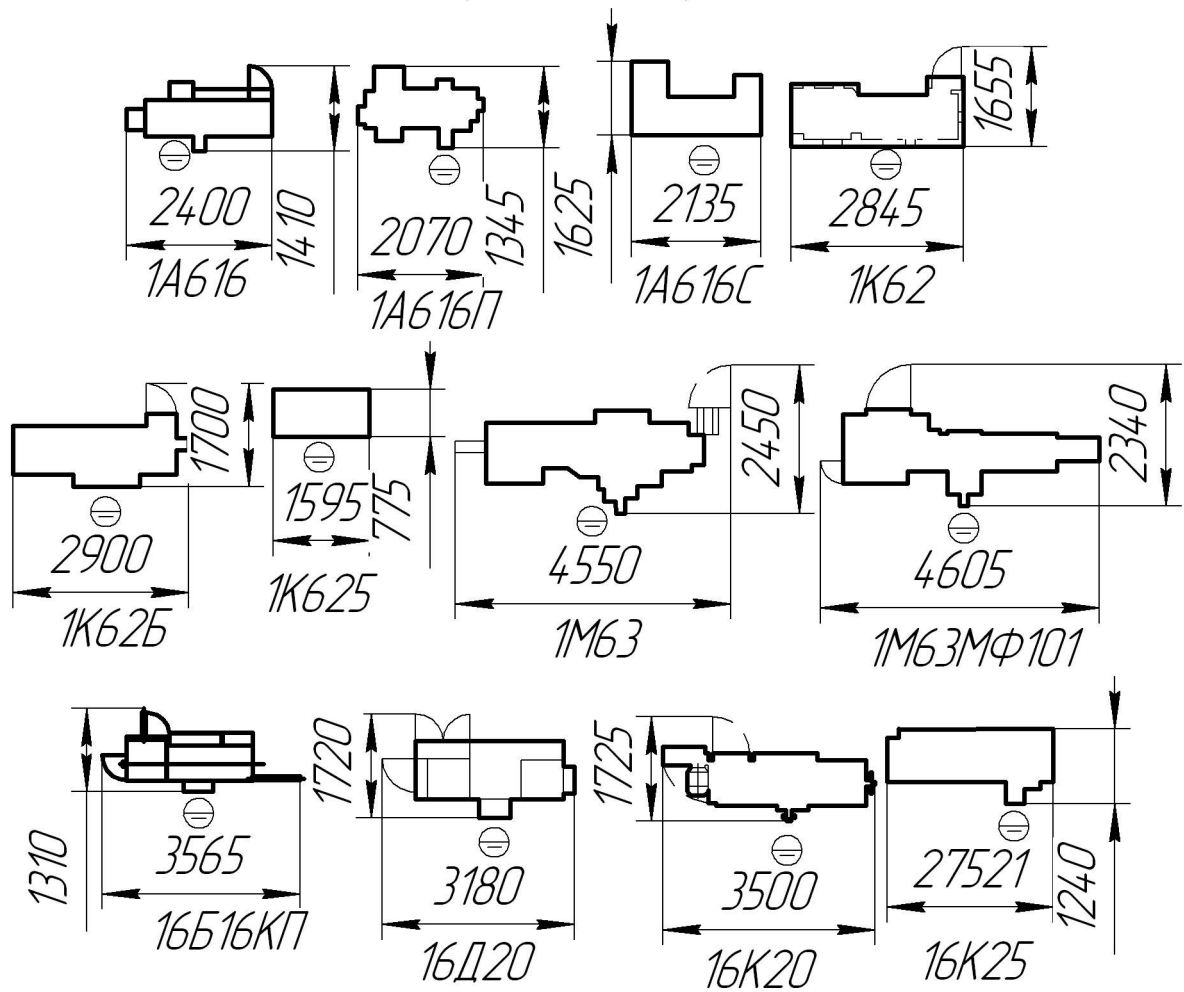
Токарно-револьверна



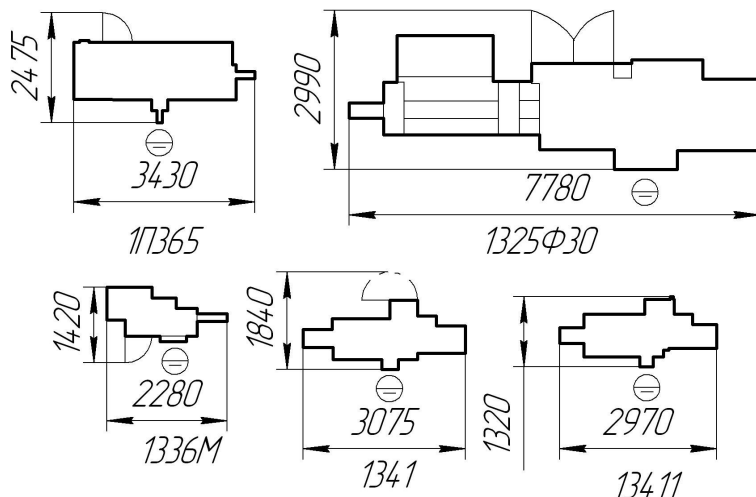
Різетокарна



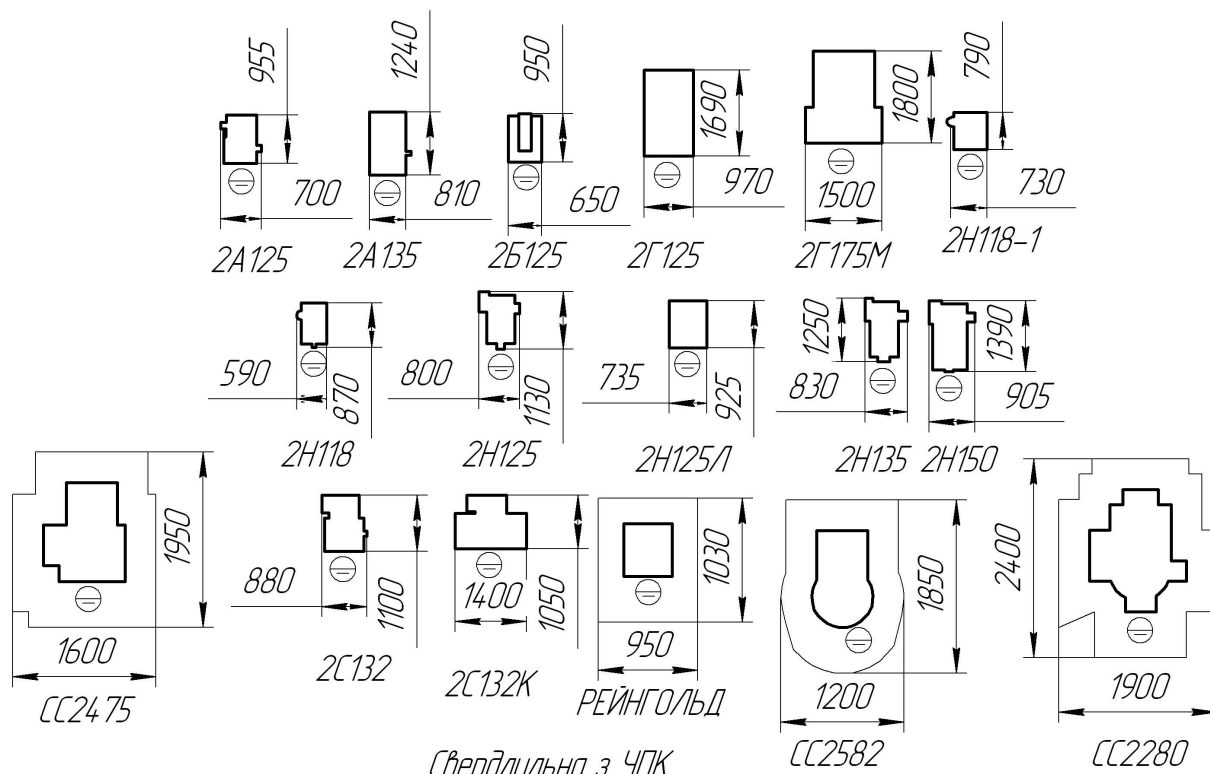
Токарно-гвинторізна



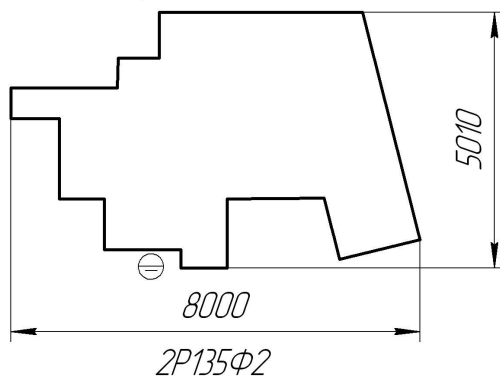
Токарно-револьверна



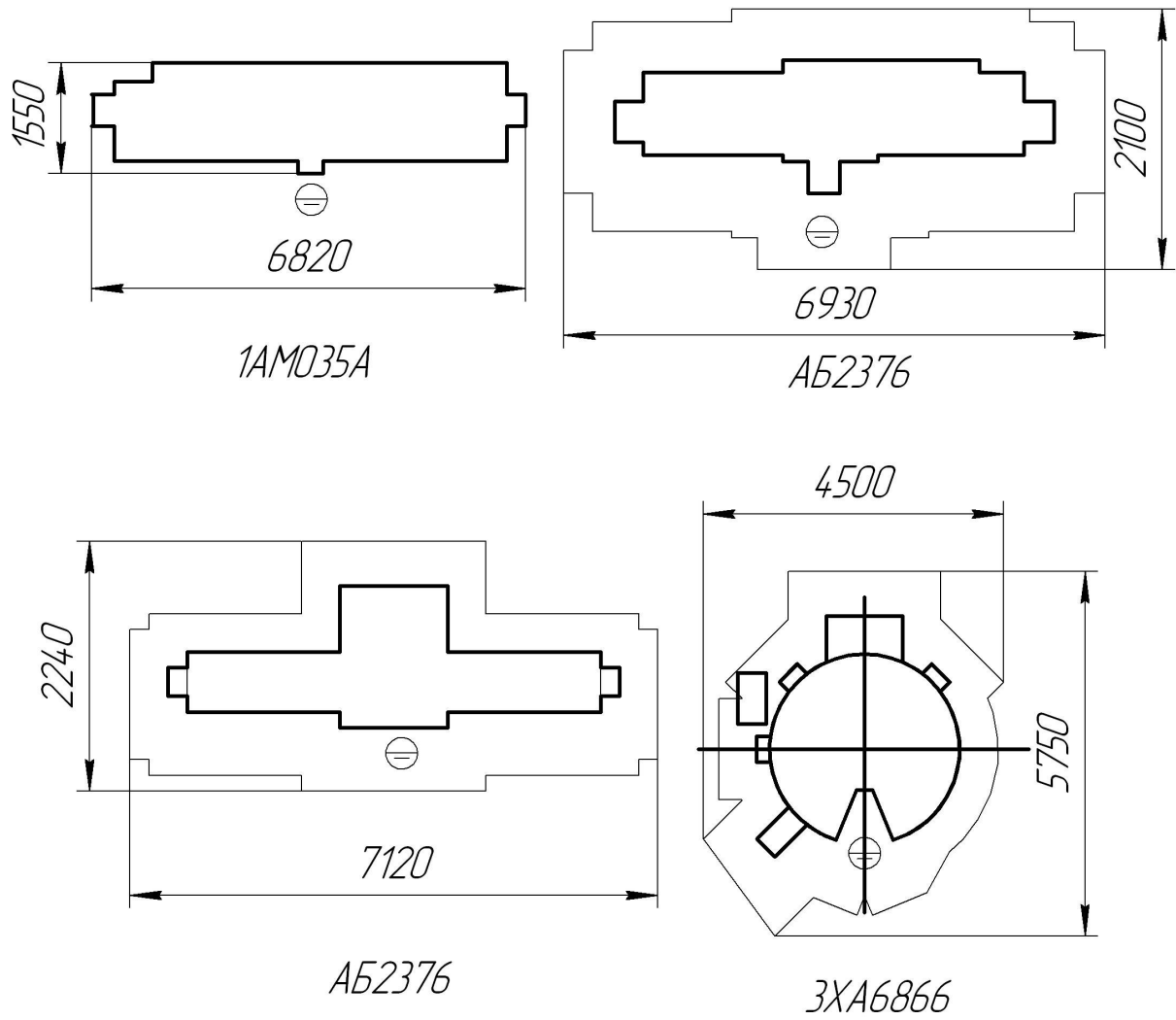
Вертикално-свердлилна



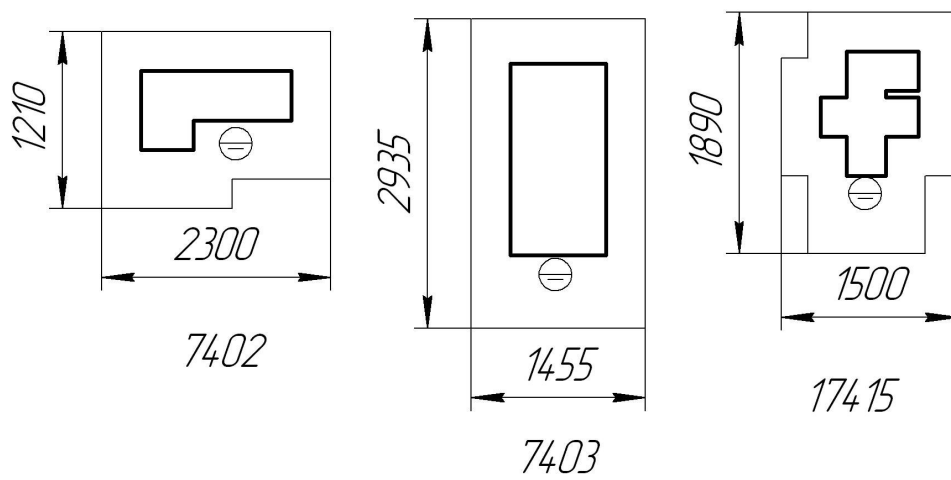
Свердлилна з ЧПК



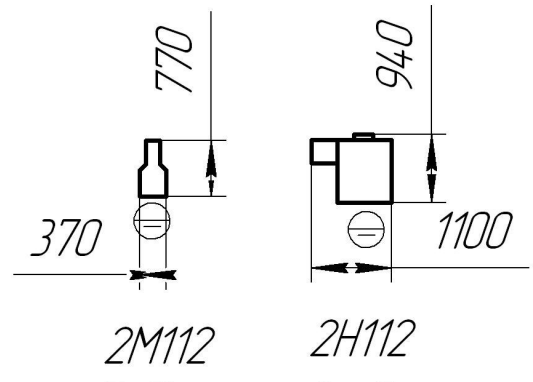
Агрегатна група



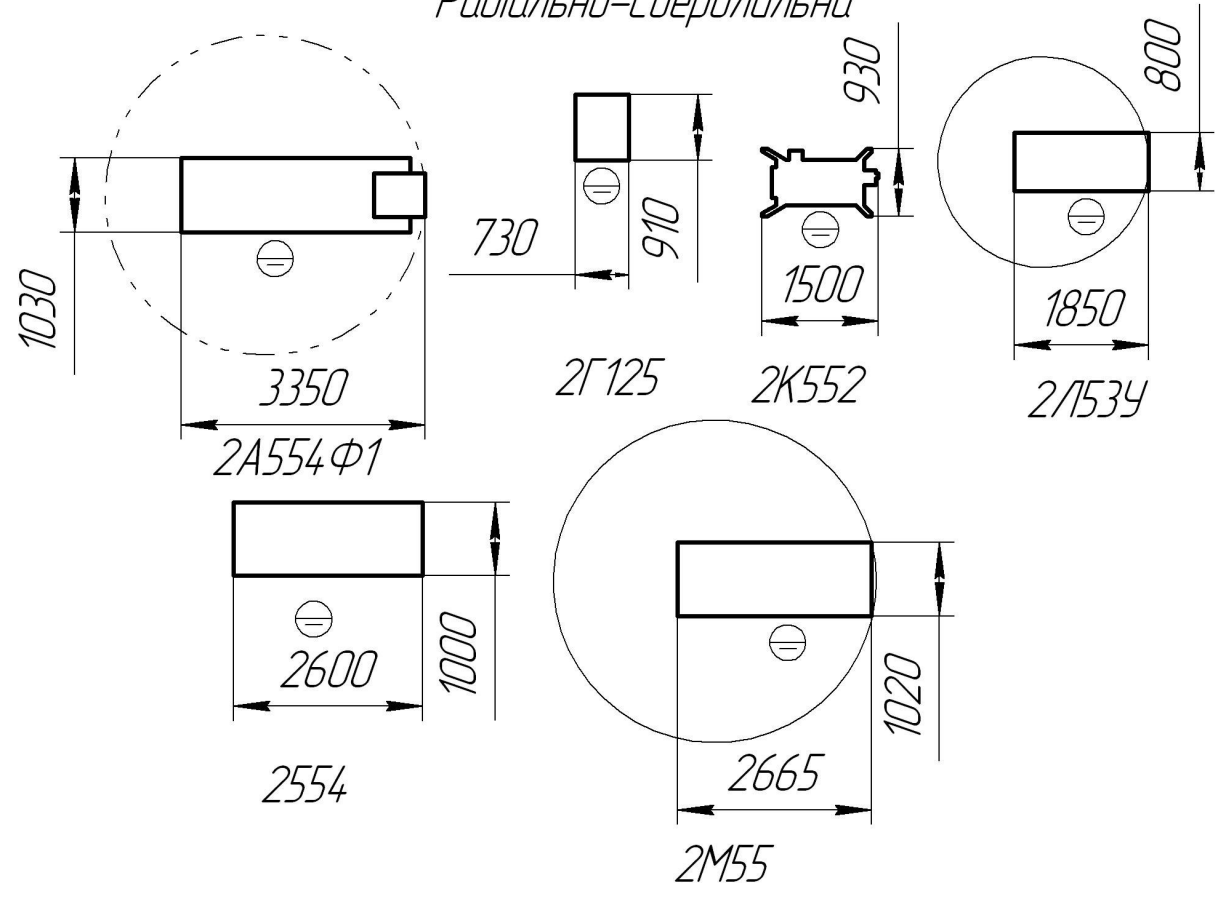
Довдальна група



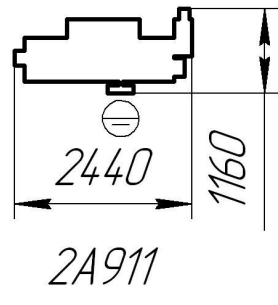
Настільно-свердлильна



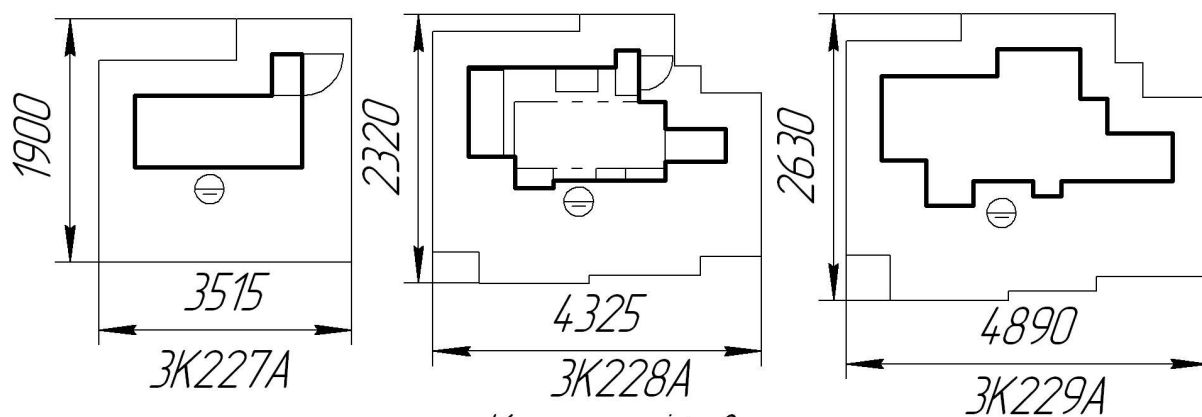
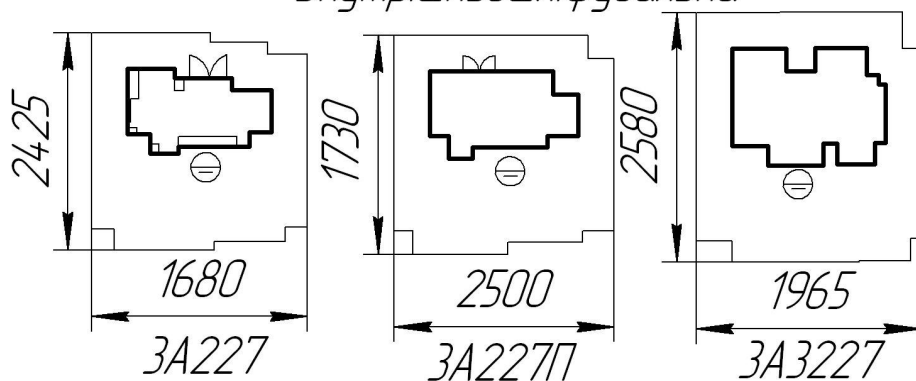
Радіально-свердлильна



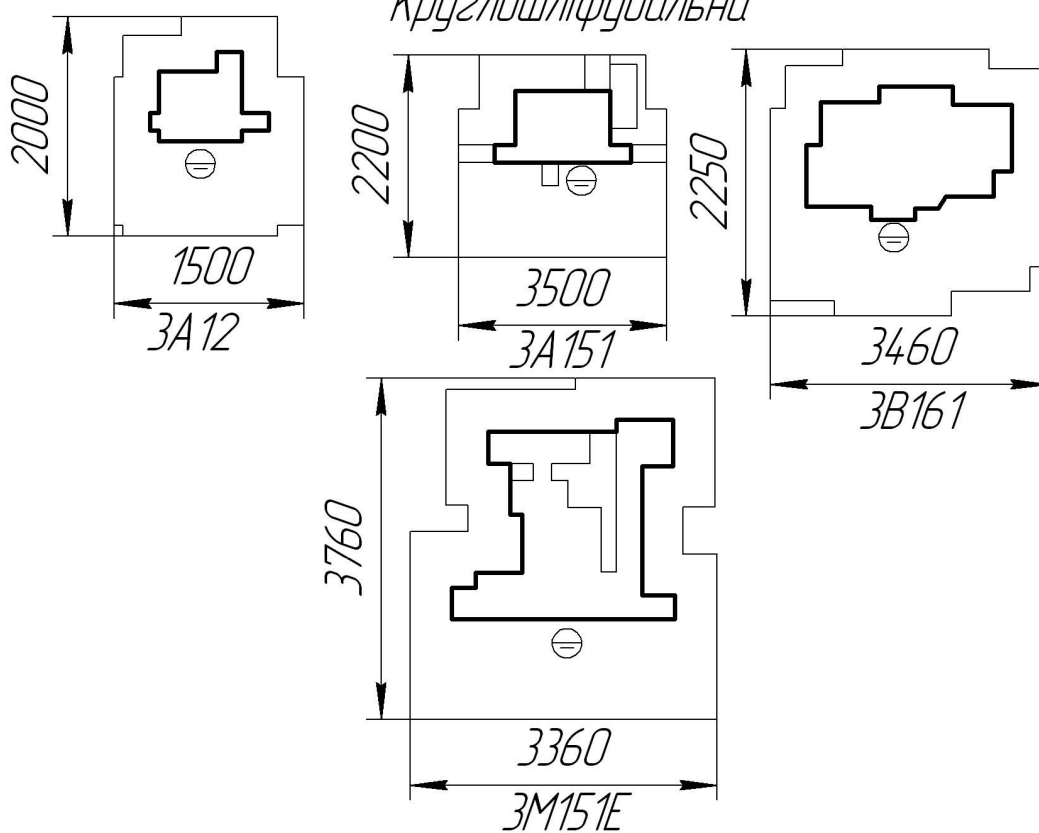
Спеціально-свердлильна



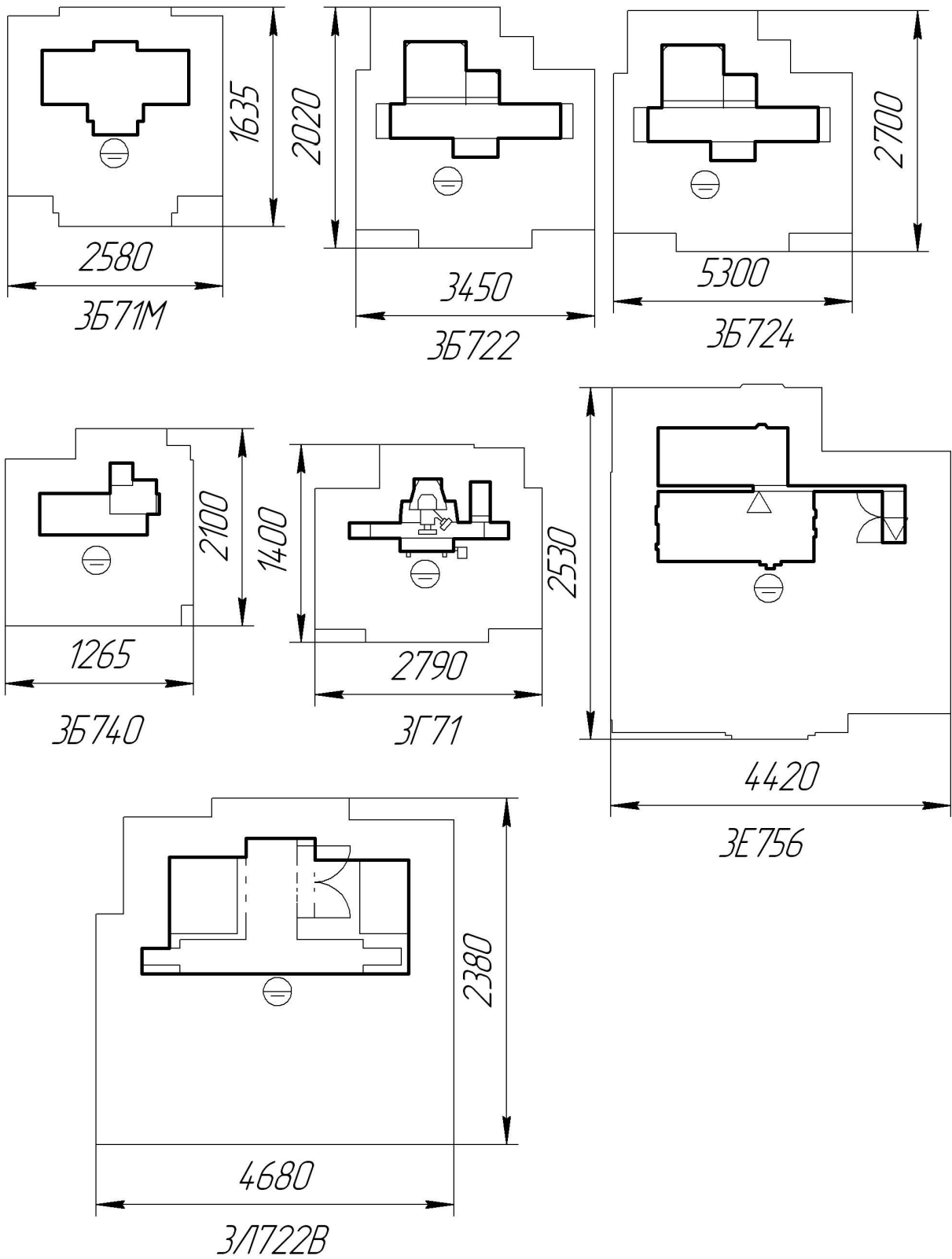
Внутрішньошліфувальна



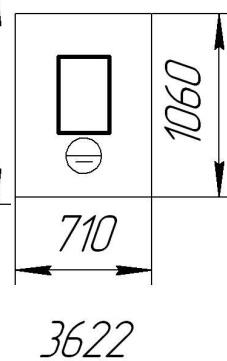
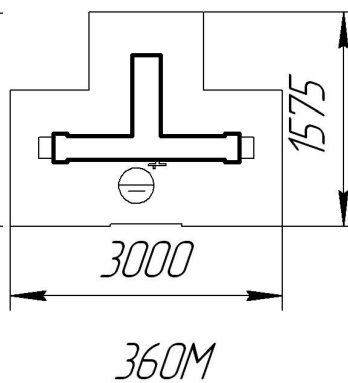
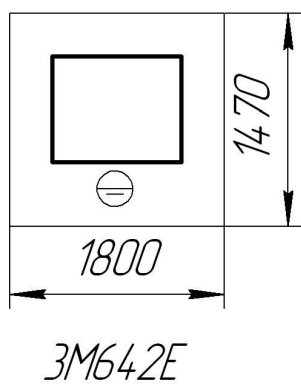
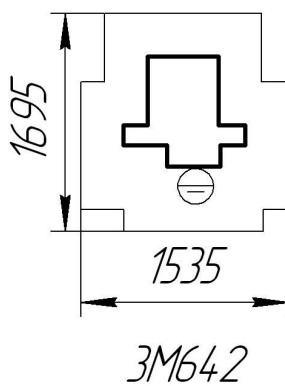
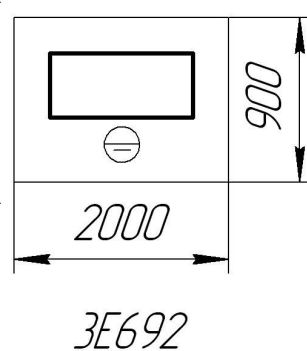
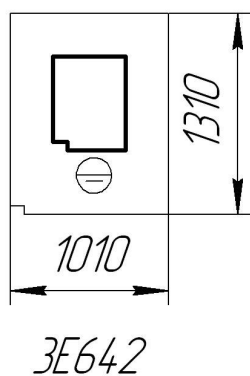
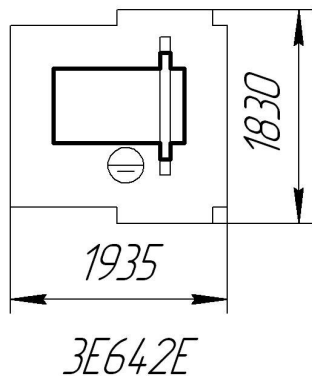
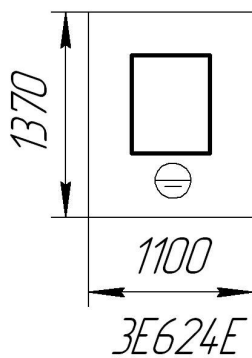
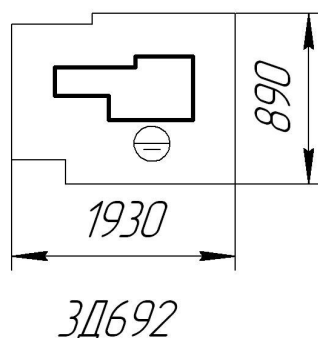
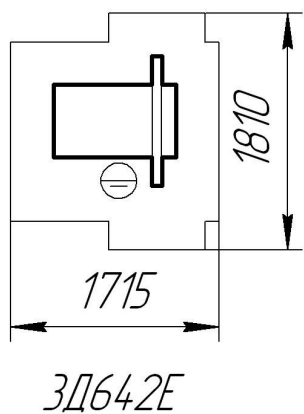
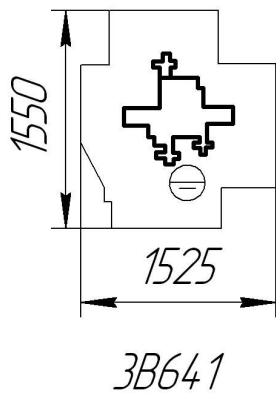
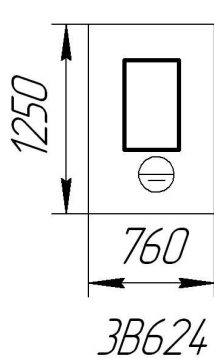
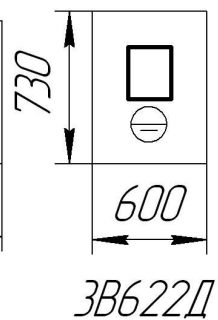
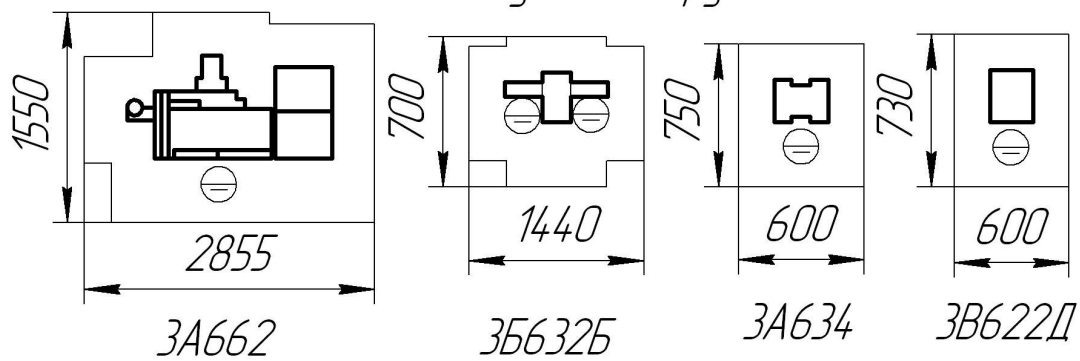
Круглошліфувальна



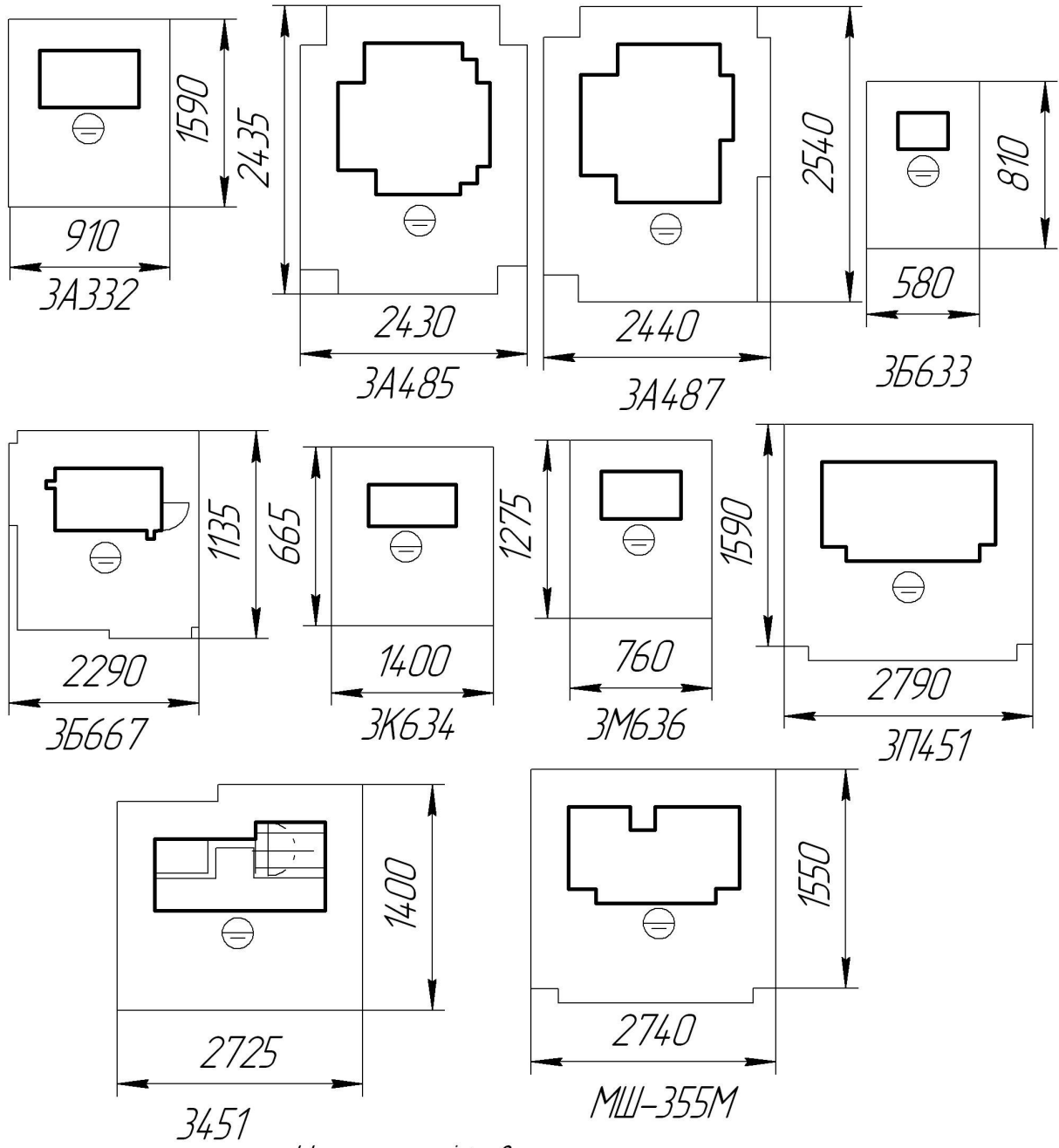
Плоскошліфувальна



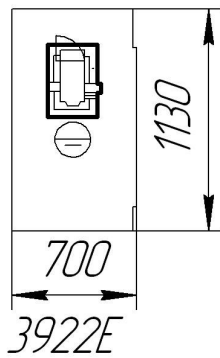
Заточувальна група



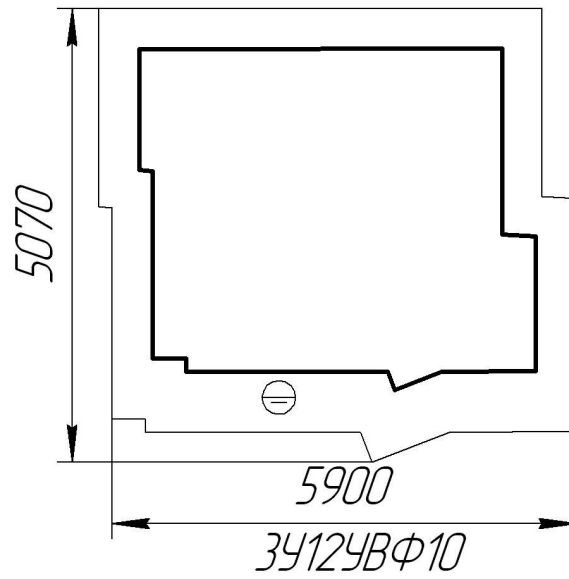
Спеціальна шліфувальна



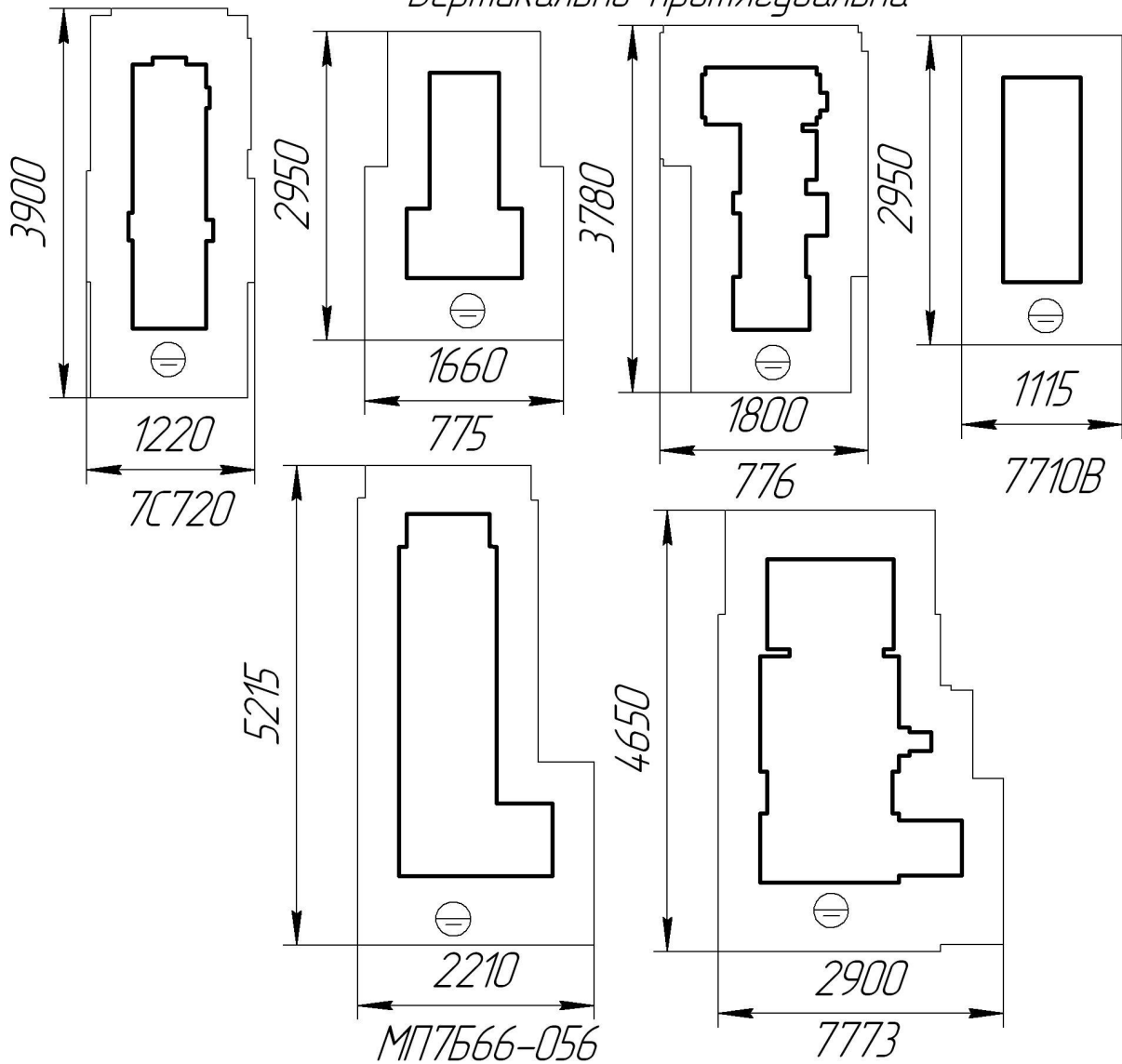
Центрошліфувальна



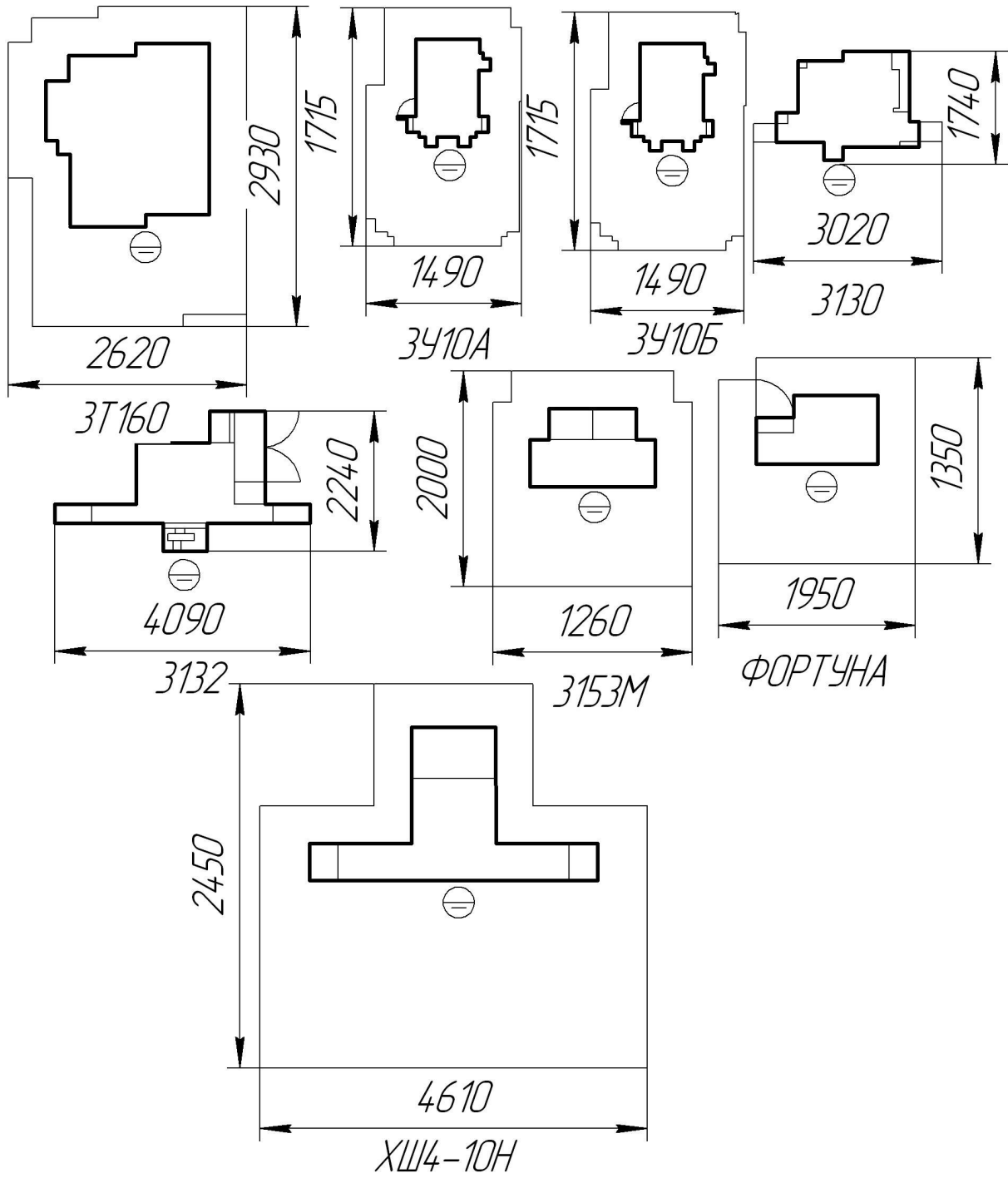
Шліфувальна з ЧПК



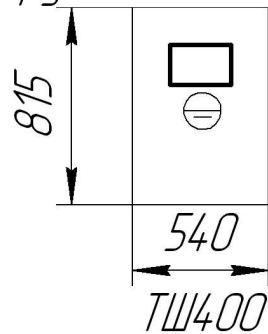
Вертикально-протягувальна



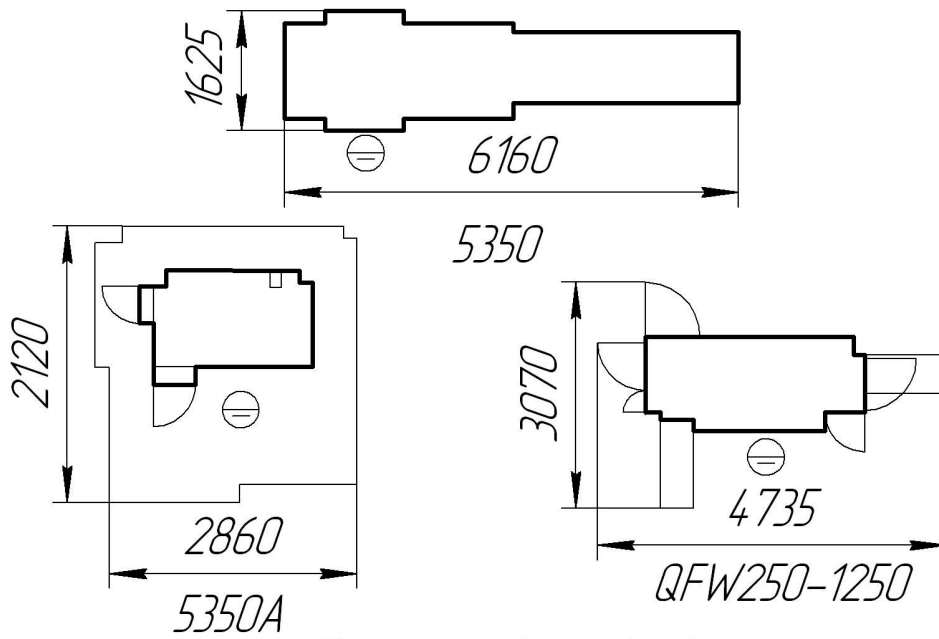
Внутрішньошліфувальна



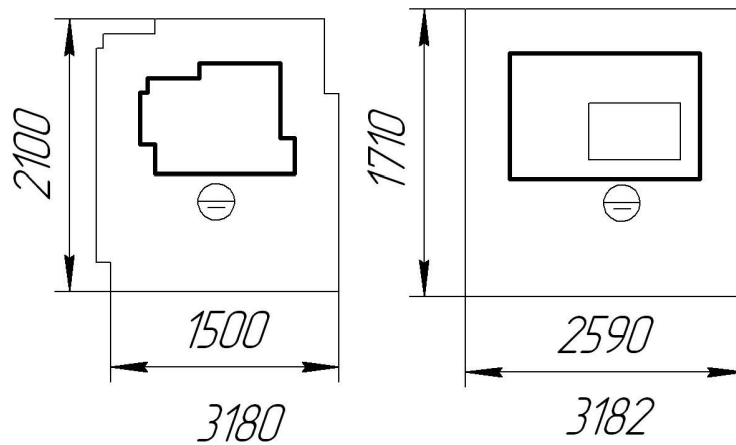
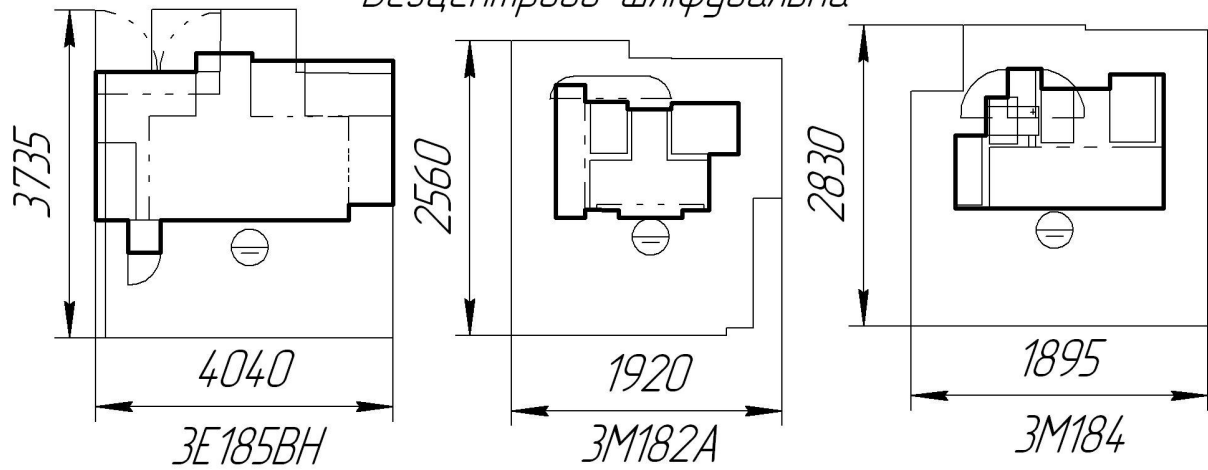
Обдирувально-шліфувальна



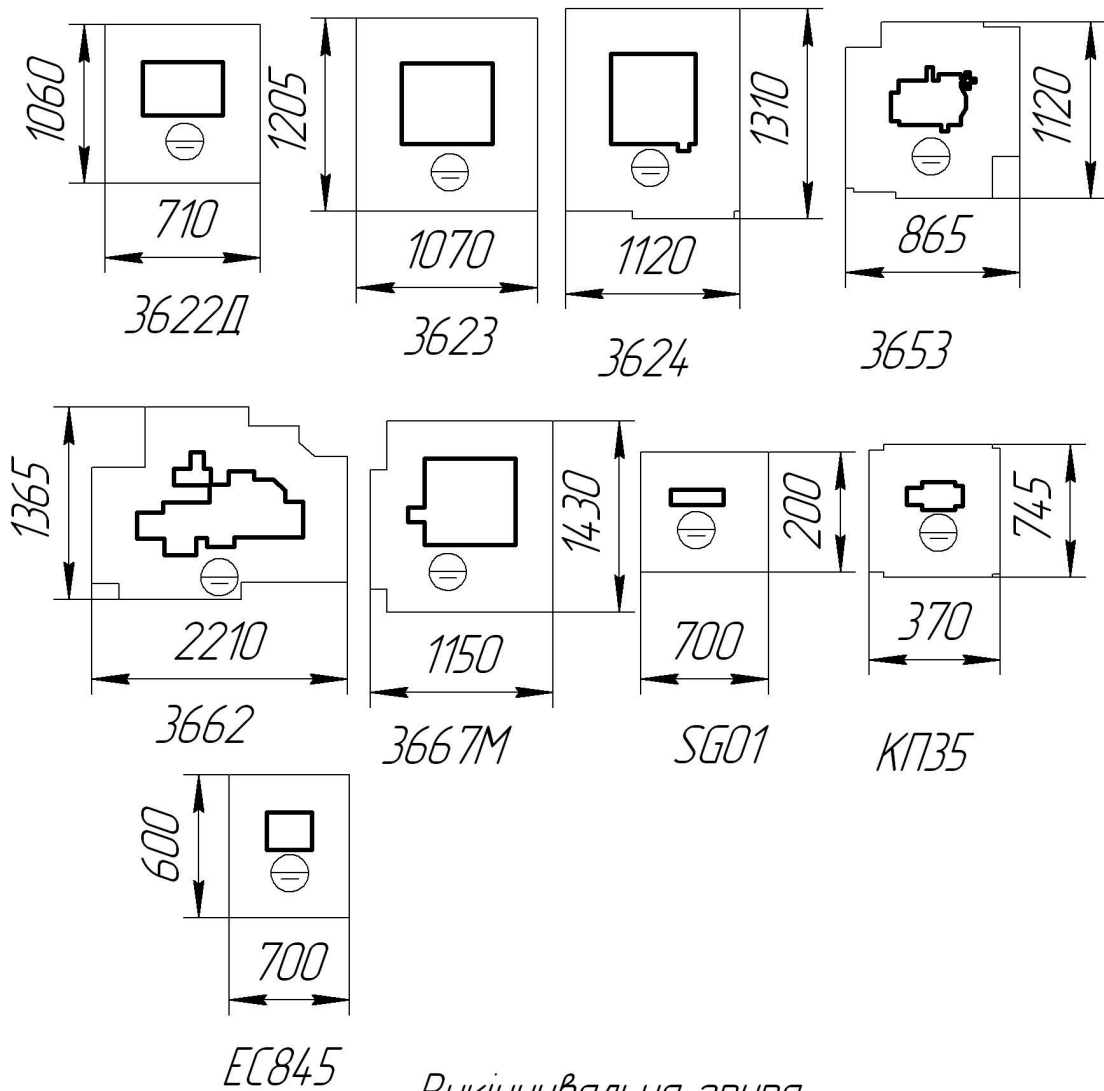
Шліцефрезерна



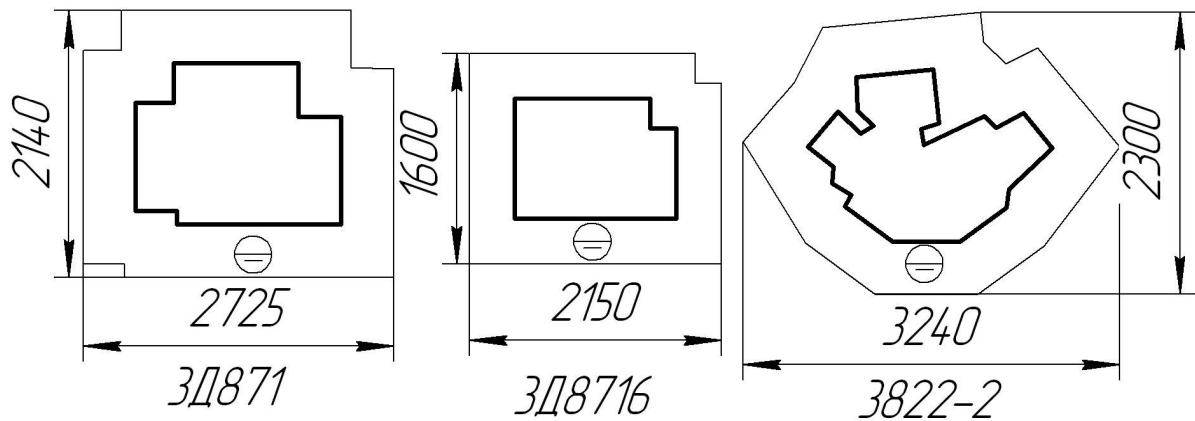
Безцентрово-шліфувальна



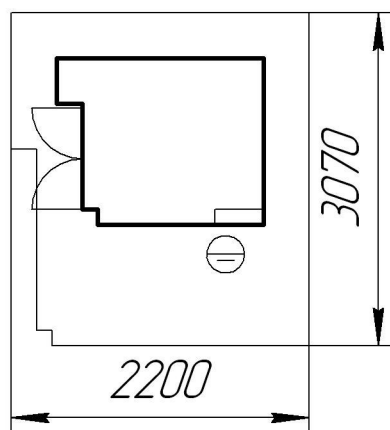
Заточувальна група



Викінчувальна група

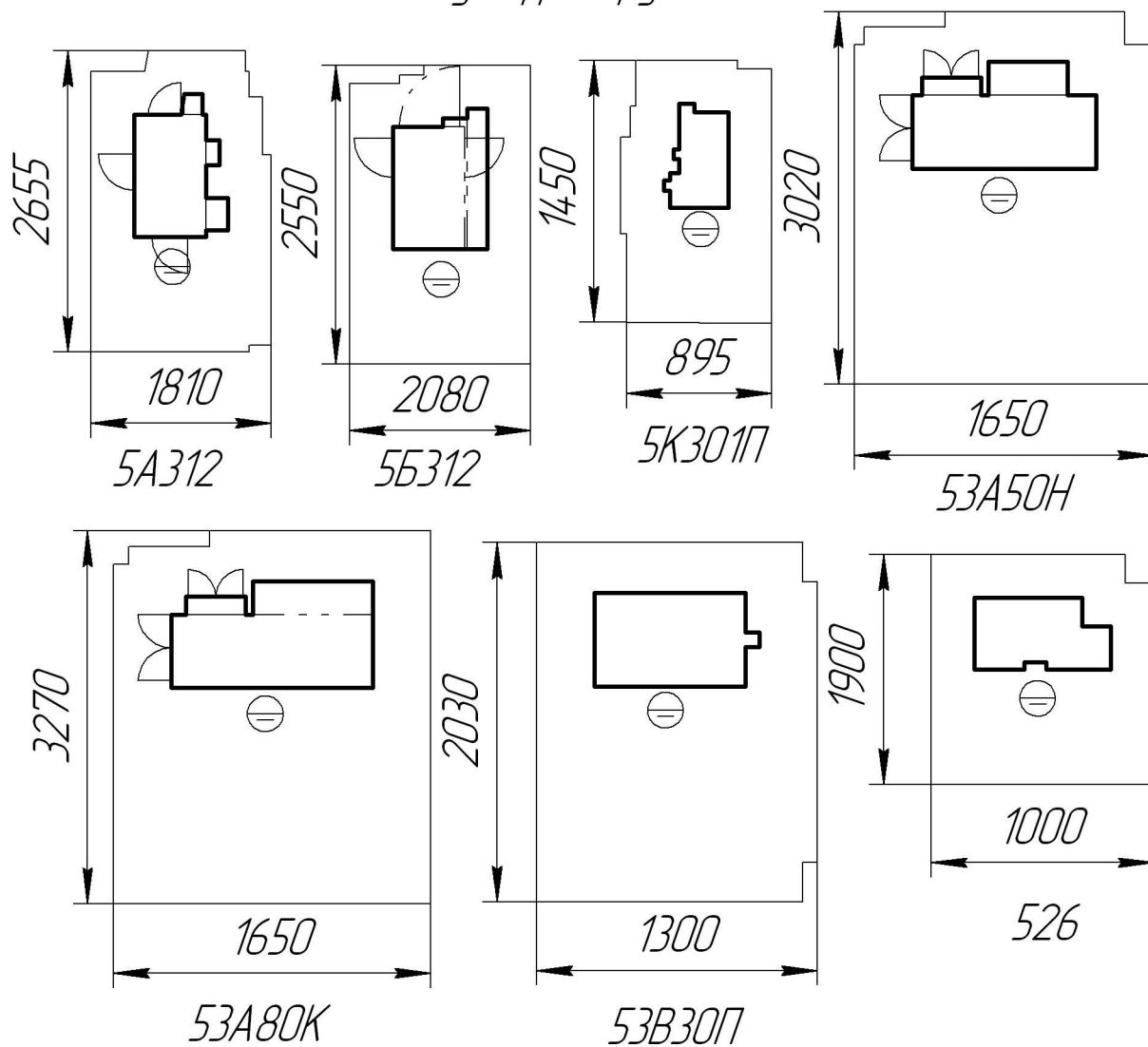


Зубопротягувальна

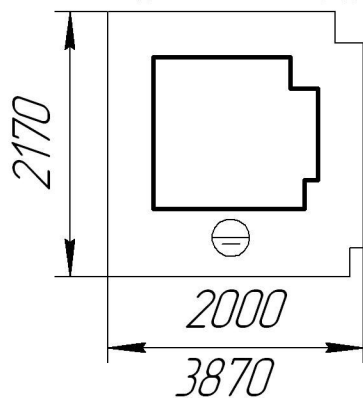


5С269СТ268

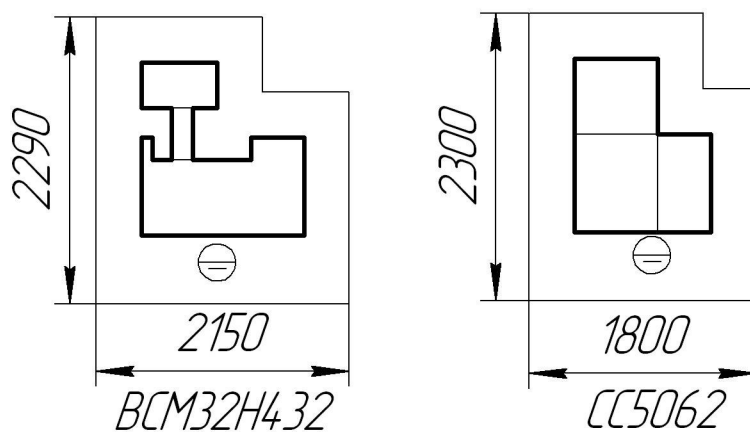
Зубофрезерувальна



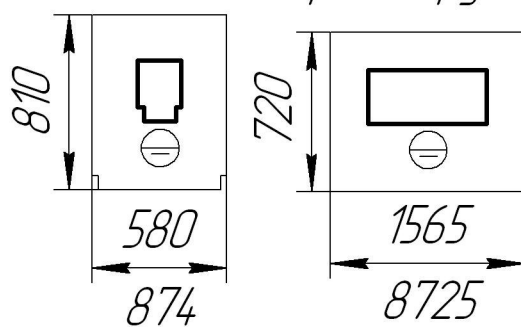
Викінчувальна група



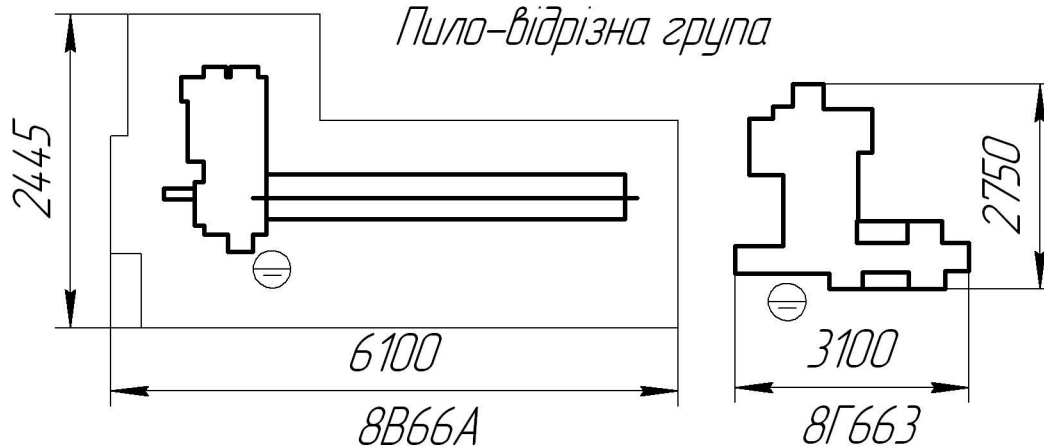
Хонінгувальна група



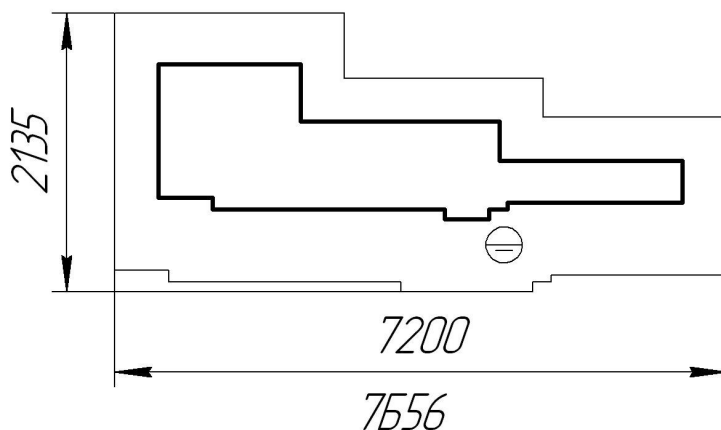
Ножівково-відрізна група



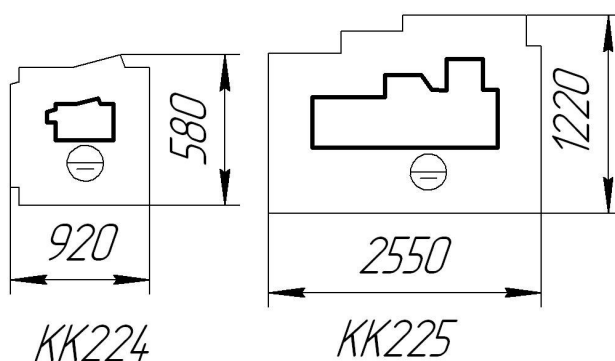
Пило-відрізна група



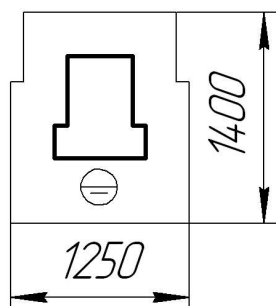
Горизонтально-протягувальна



Алмазно-розточувальна

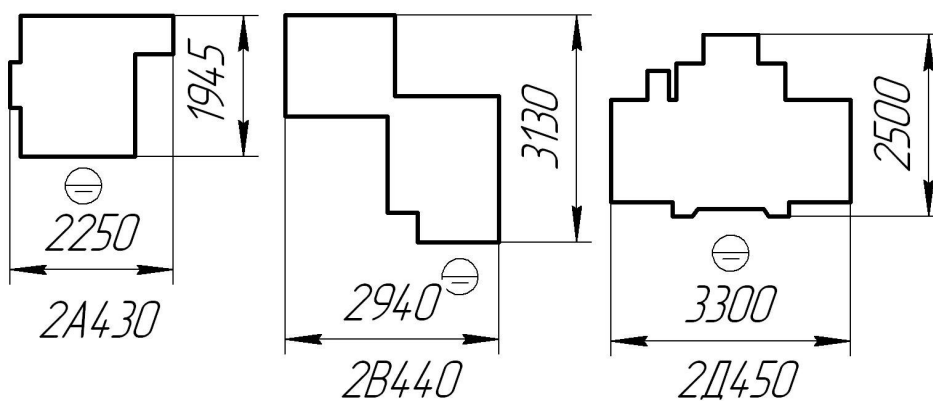


Вертикально-розточувальна

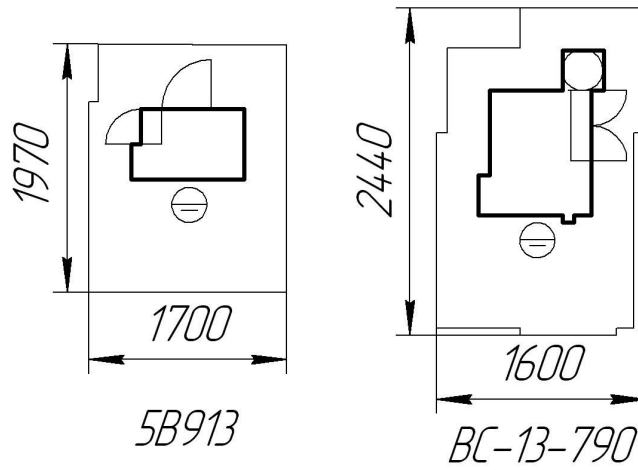


ВЕССЕЛЬМАН

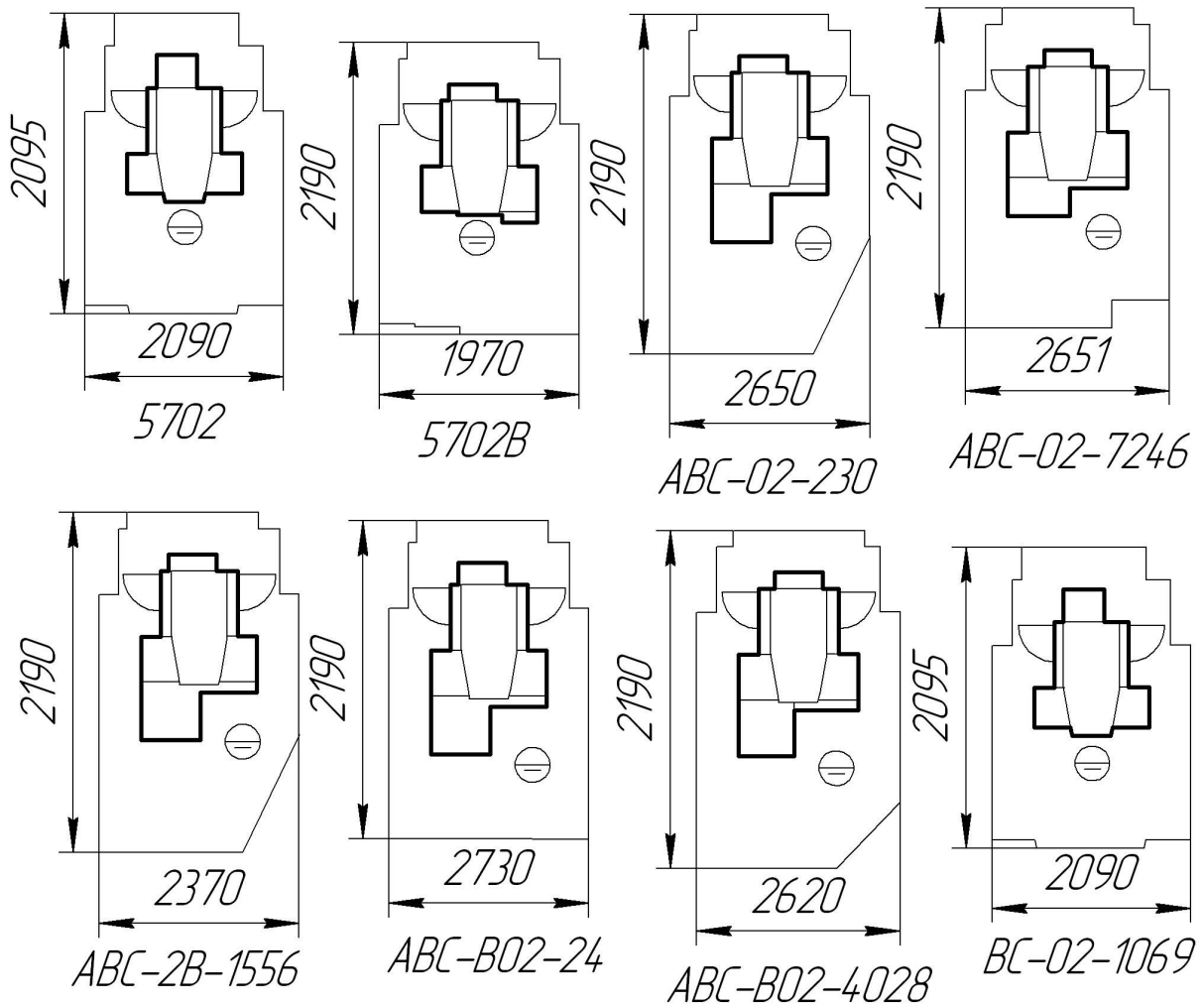
Координатно-розточувальна



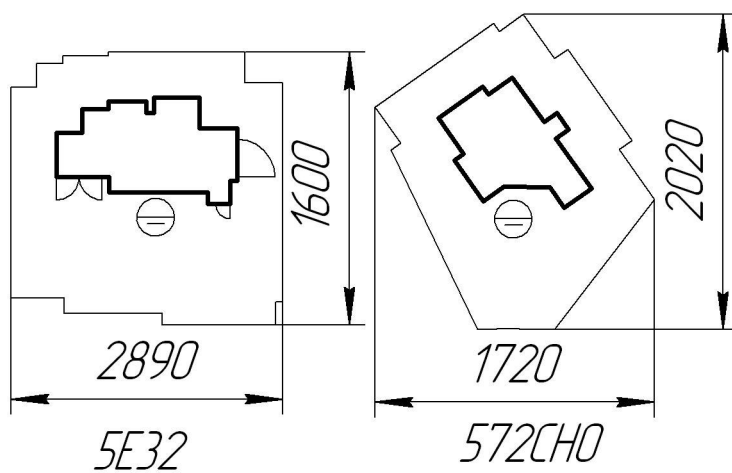
Зубохонінгувальна



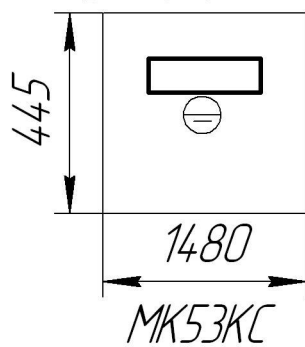
Зубошевінгувальна



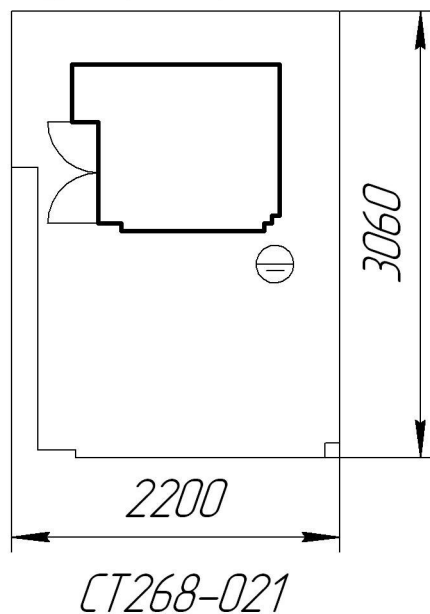
Зубообкатна



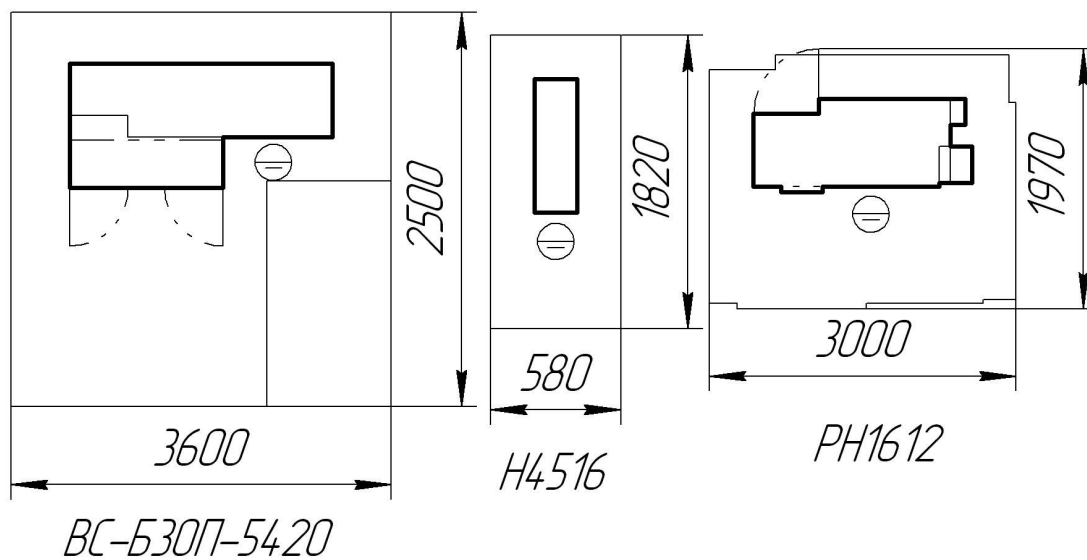
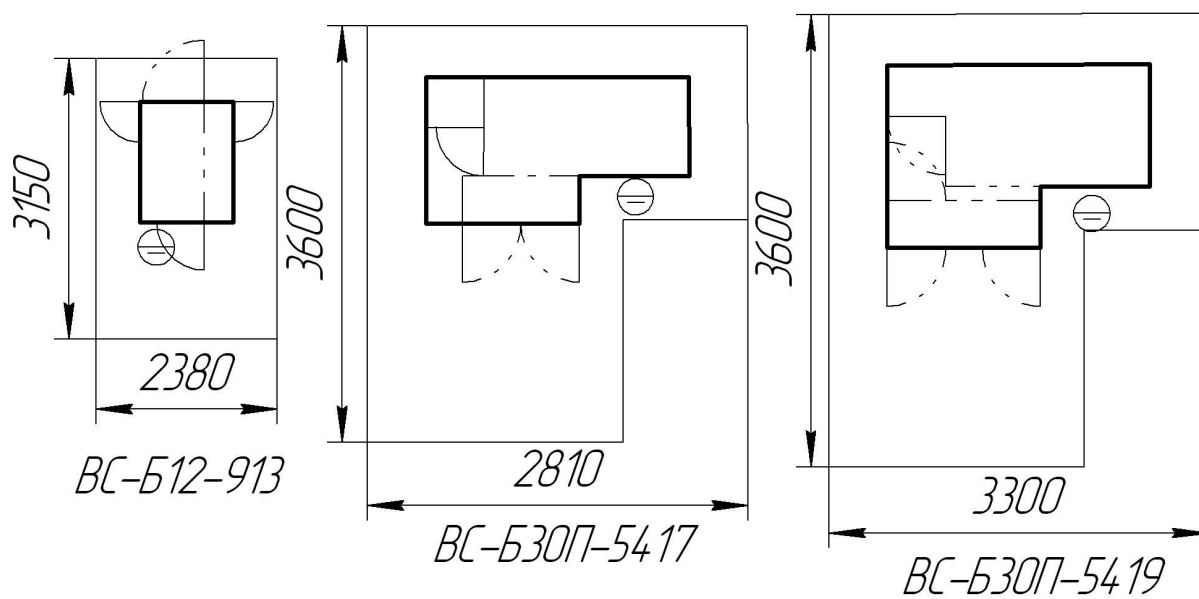
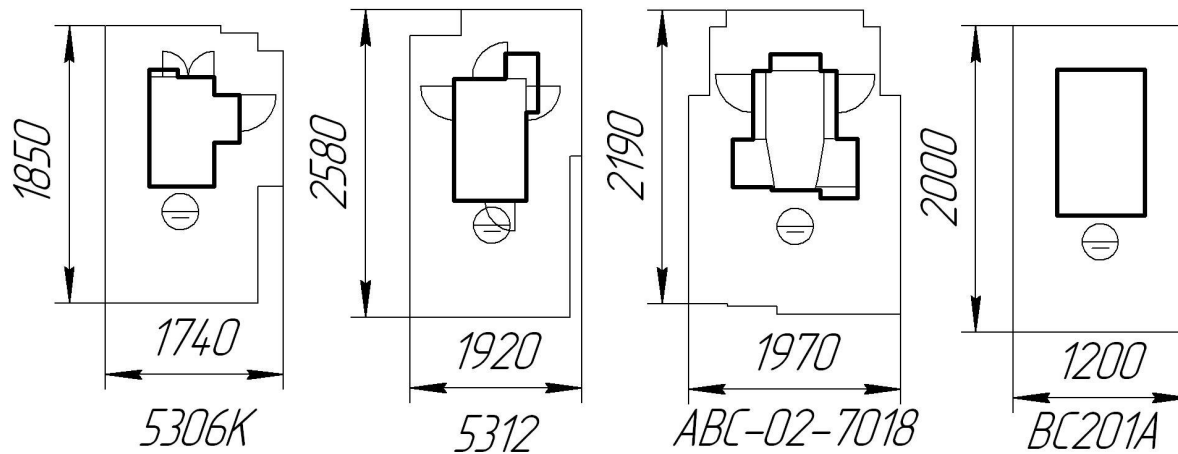
Зубоприродна



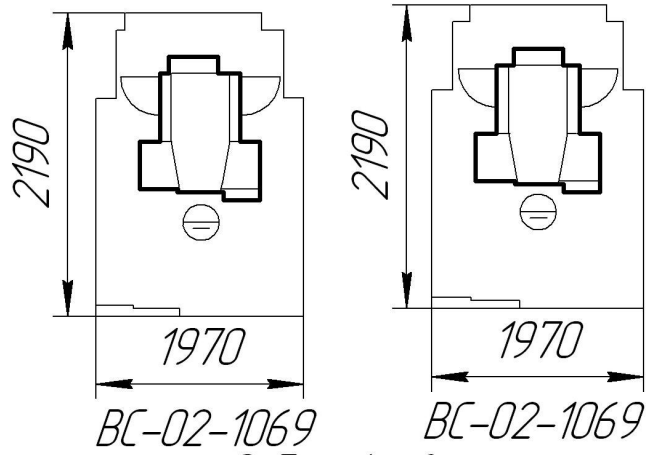
Зубопритиральна



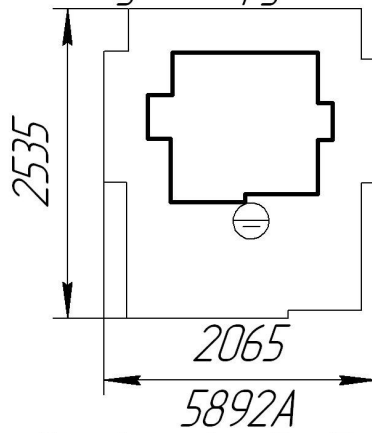
Зубофрезерувальна



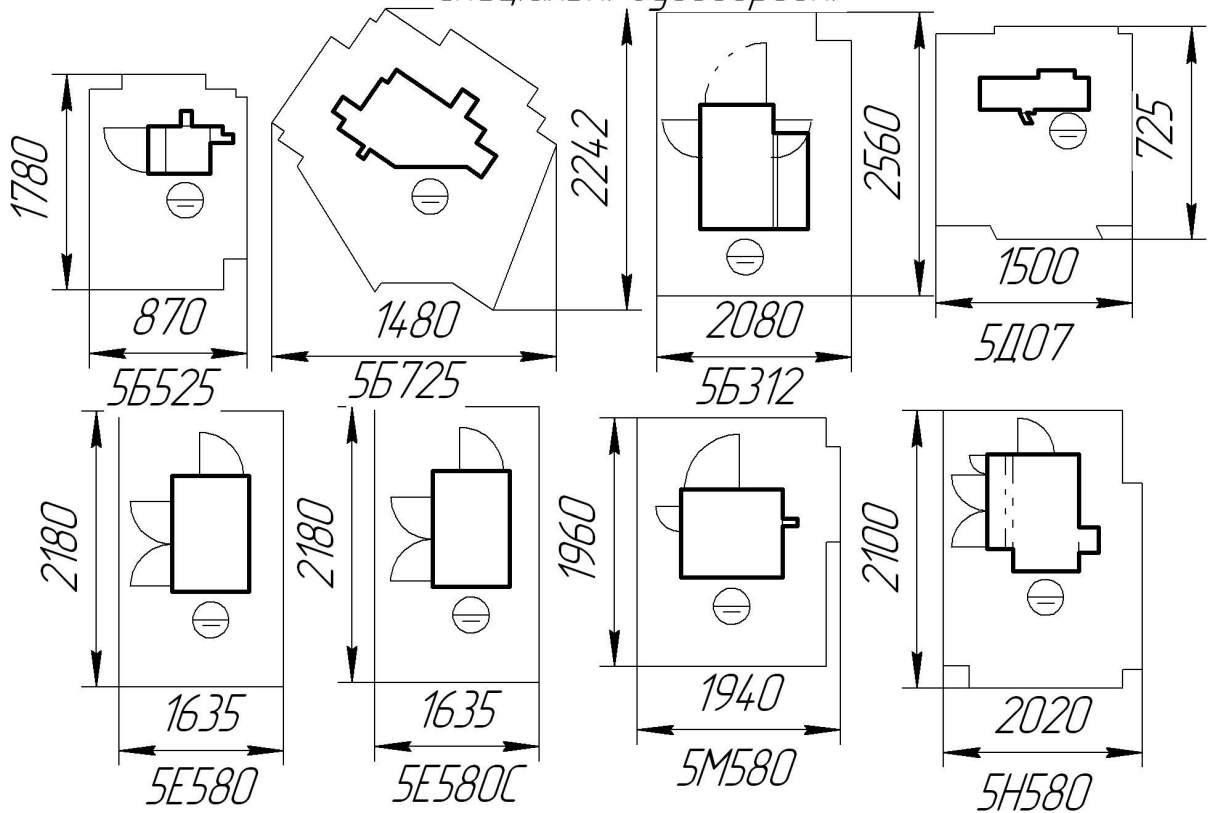
Зубошевінгувальна



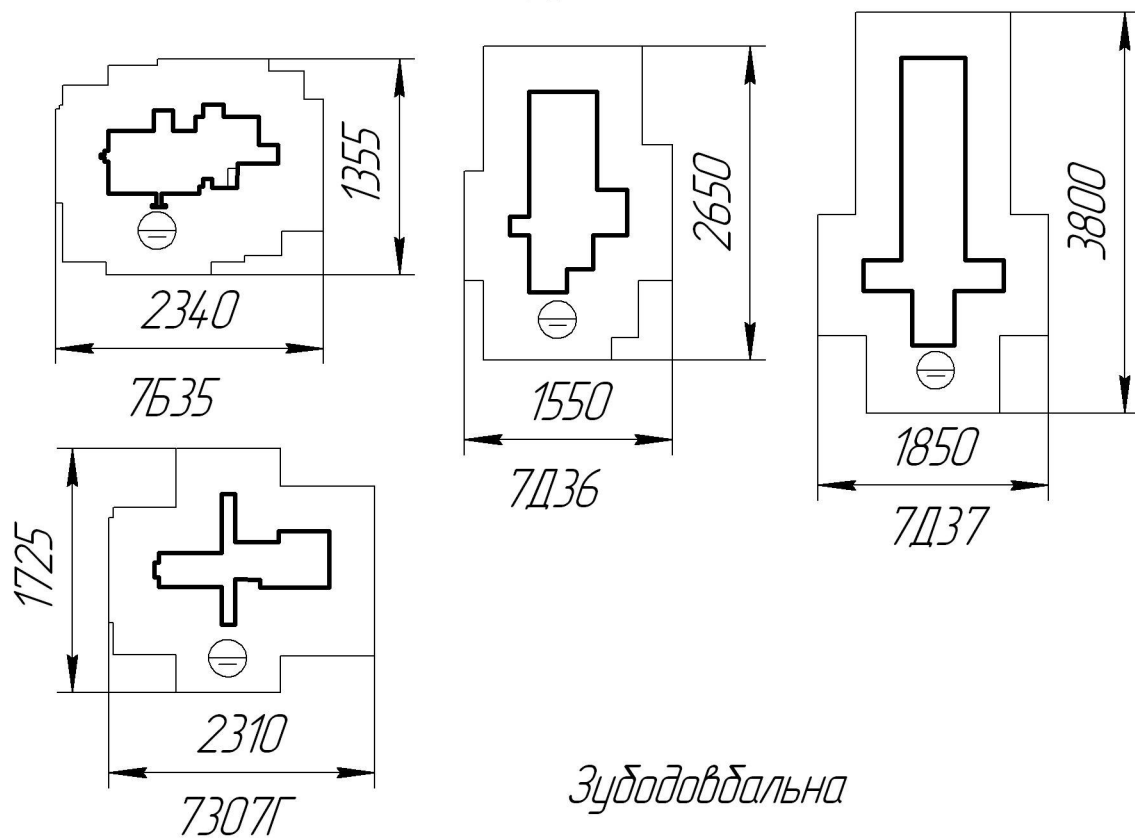
Зубошліфувальна



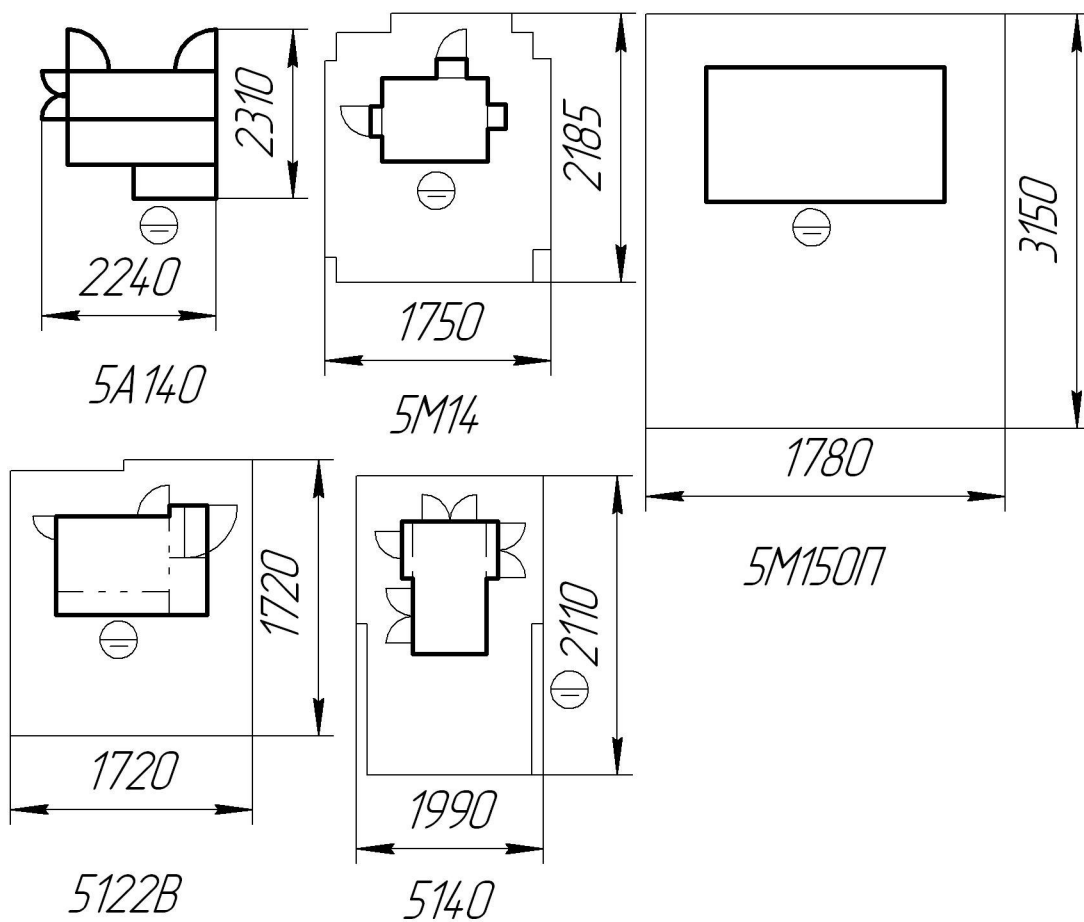
Спеціальні зубообробні



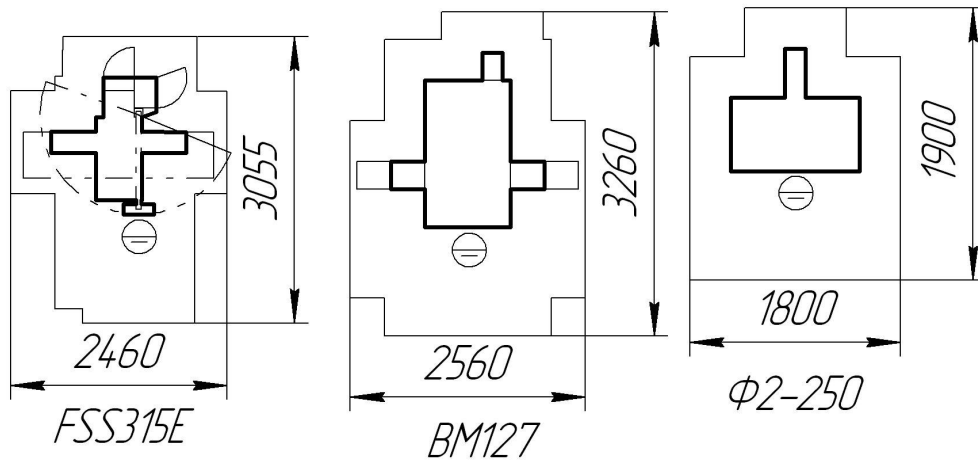
Стругальна



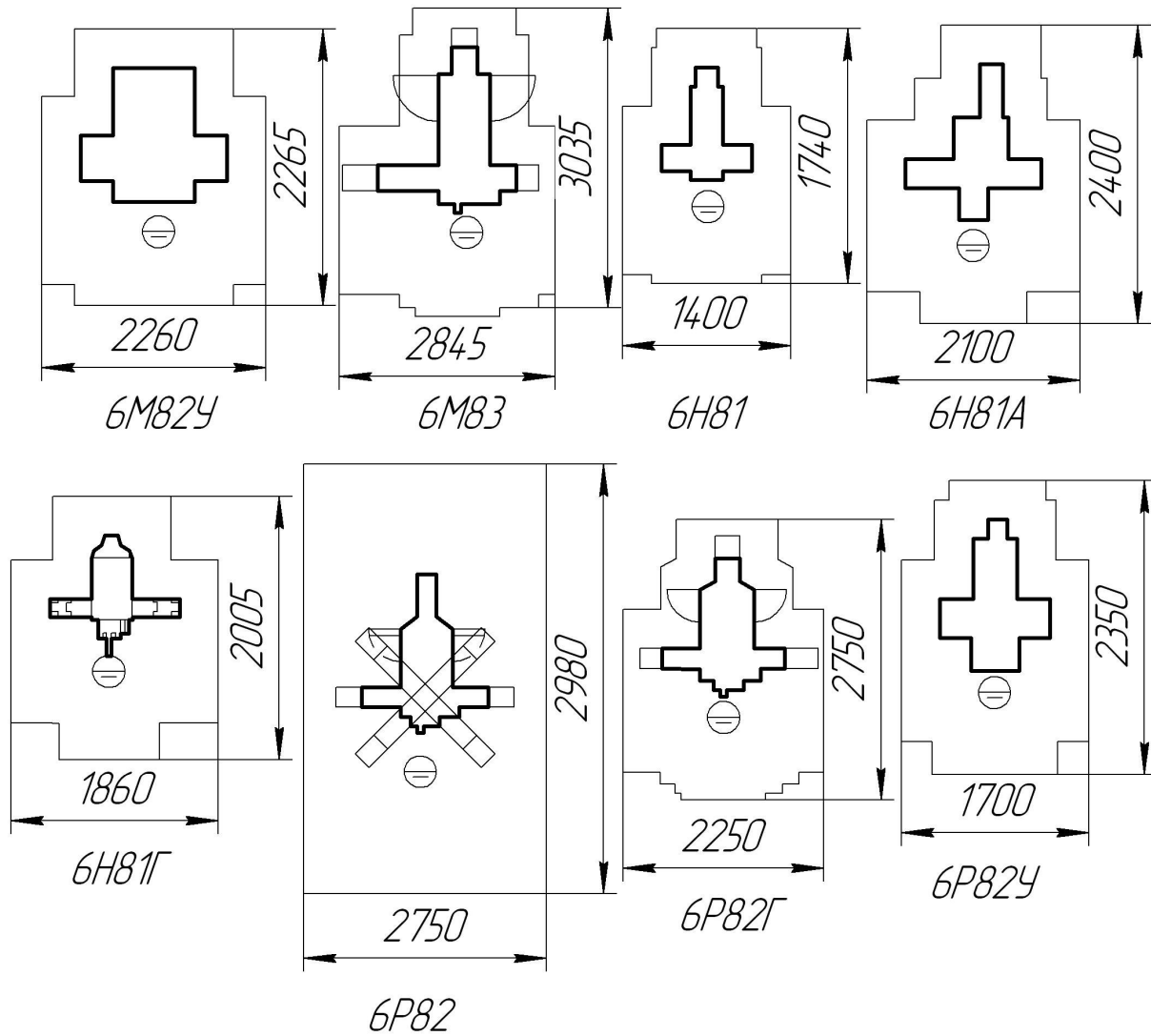
Зубодовдальна



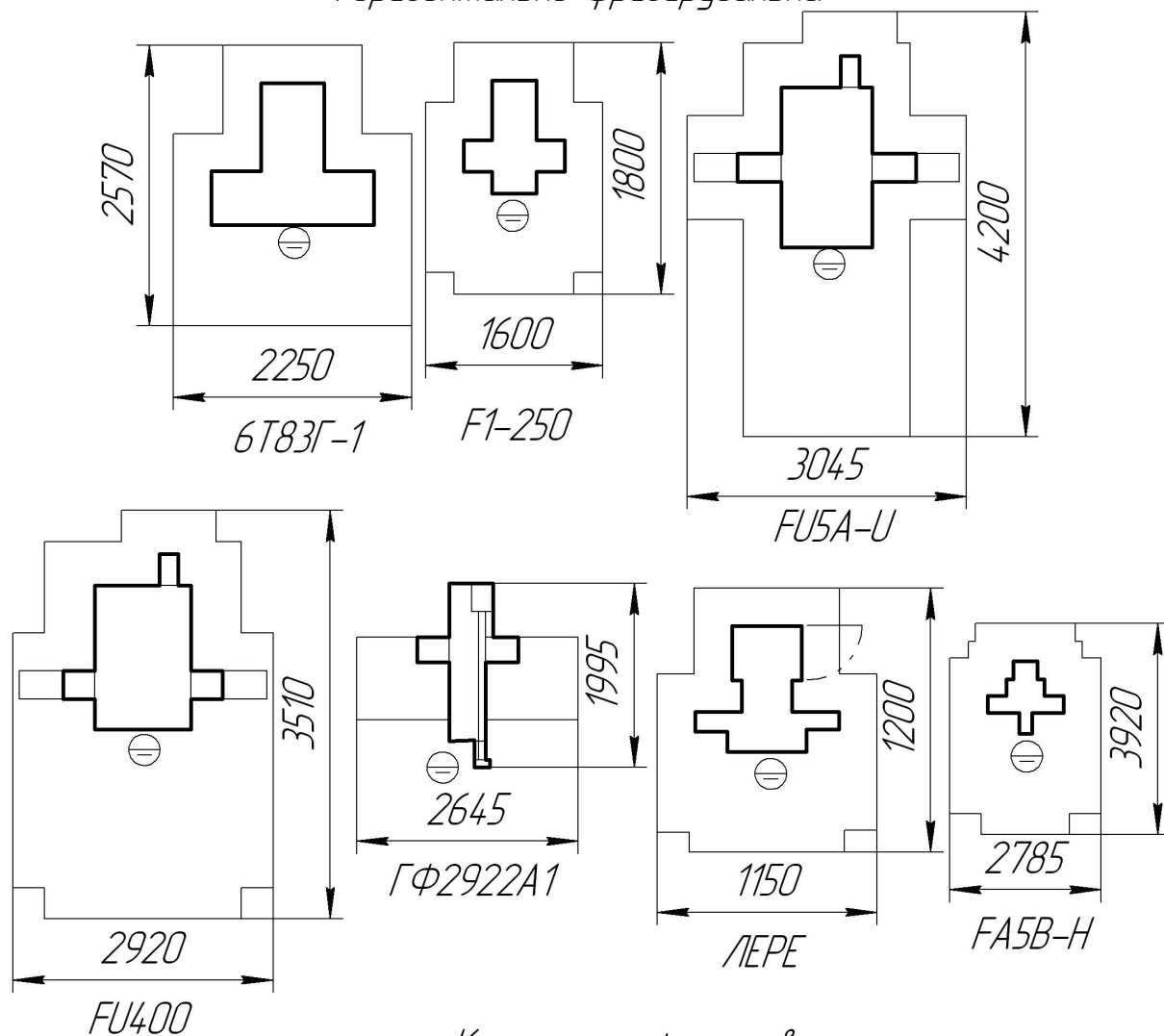
Вертикально-фрезерувальна



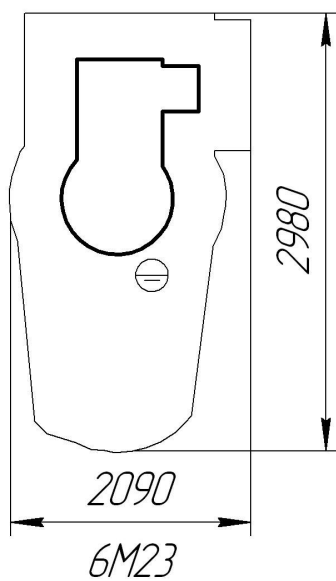
Горизонтально-фрезерувальна



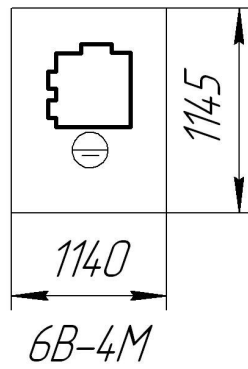
Горизонтально-фрезерувальна



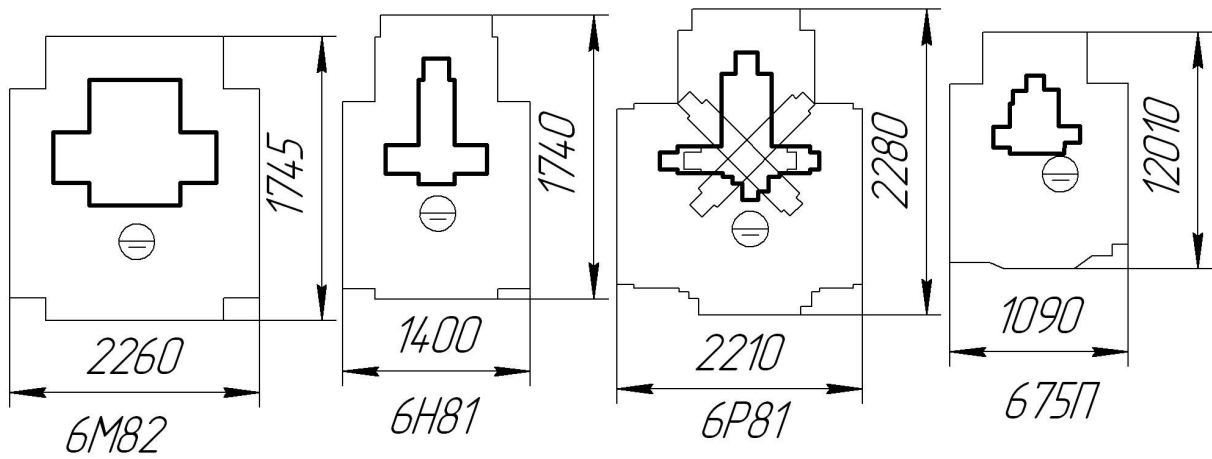
Карусельно-фрезерувальна



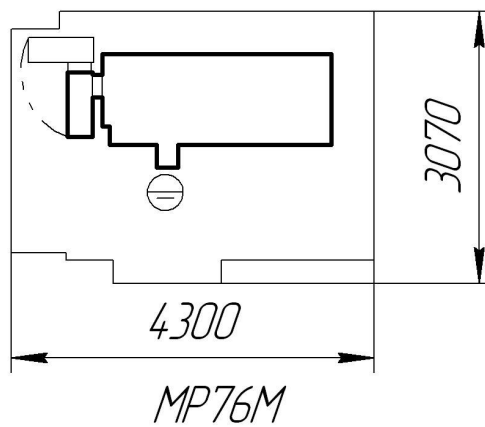
Спеціально-фрезерувальна



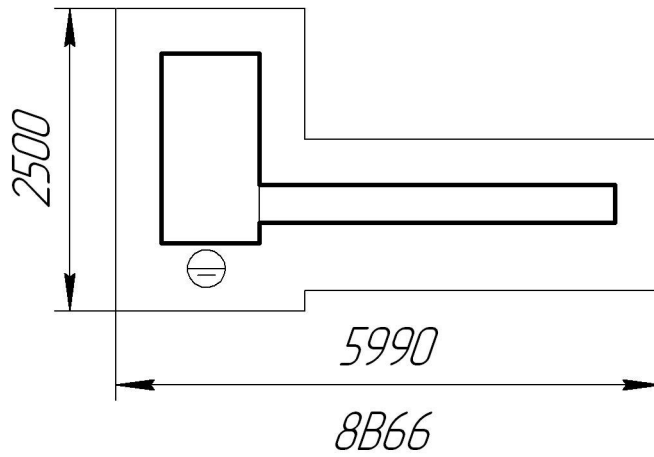
Універсально-фрезерувальна



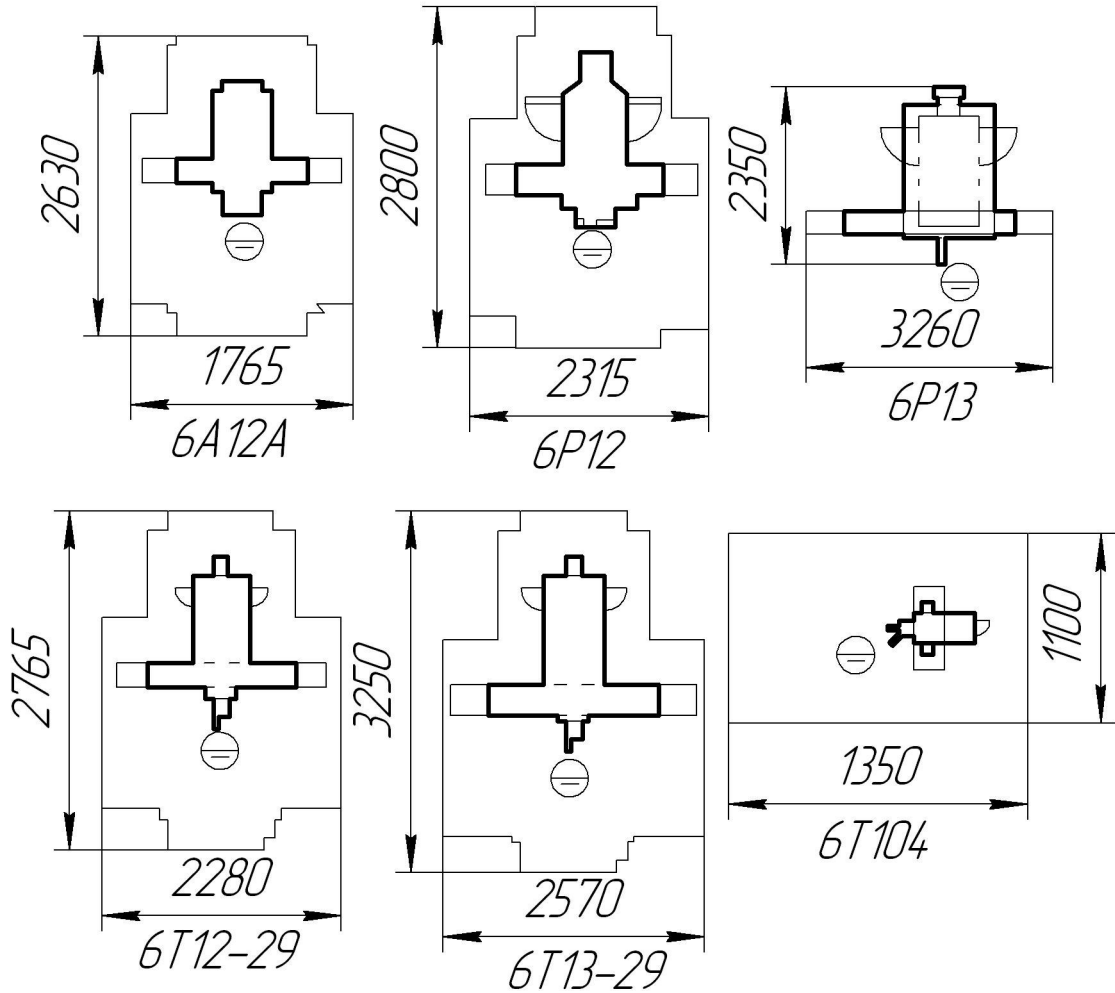
Фрезерувально-центрувальна



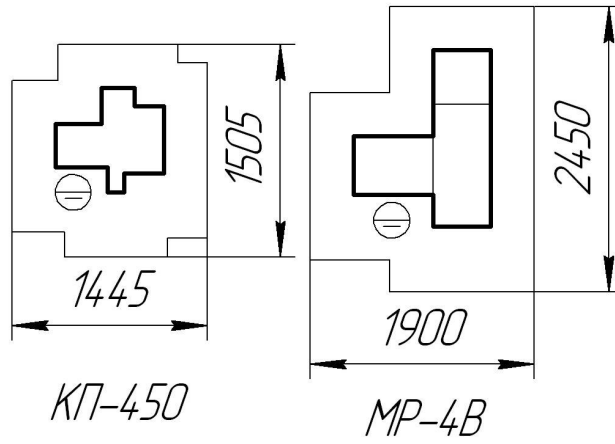
Фрезерувально-відрізна група



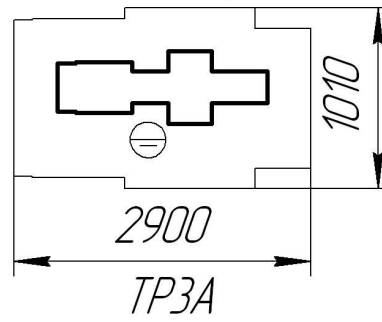
Вертикально-фрезерувальна



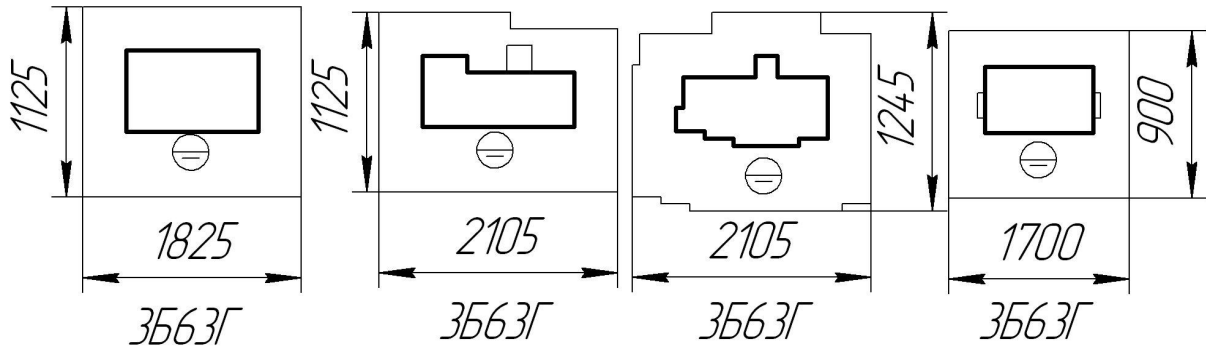
Координатно-розточувальна



Різетокарна



Різефрезерувальна



ЛІТЕРАТУРА

1. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / П. О. Руденко. – К. : Вища школа, 1993. — 414 с.
2. Маталин А. А. Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Л. : Машиностроение, 1985. – 496 с.
3. Основы технологи машиностроения / Под ред. В. С. Корсакові. – М. : Машиностроение, 1977. – 416 с.
4. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск : Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.
5. Допуски и посадки. Справочник в 2 ч. / [Мягков В. Д., Палей М. А., Романов А. Б. и др.]. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, Ч. 1. – 1983. – 543 с.
6. Допуски и посадки : справочник в 2 ч. / [Мягков В. Д., Палей М. А., Романов А. Б. и др.]. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, Ч. 2. – 1983. – 448 с.
7. Обработка металлов резанием. Справочник технолога. / [Панов А. А., Аникин В. В., Бойм Н. Г. и др.] ; под общ. ред. А. А. Панова. – М. : Машиностроение, 1988. – 736 с.
8. Гусев А. А. Технология машиностроения (специальная часть) [А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, Н. М. Колесов и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – 480 с.
9. Картавов С. А. Технология машиностроение (специальная часть) / С. А. Картавов. – Киев : Вища школа, 1984. – 272 с.
10. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении / П. А. Руденко. – К. : Вища школа, 1985. – 255 с.
11. Ковшов А. Н. Технология машиностроения / А. Н. Ковшов. – М. : Машиностроение, 1987. – 320 с.
12. Гевко Б. М. Технологія сільськогосподарського машинобудування / Б. М. Гевко, І. Б. Гевко, Д. Л. Радик. – К. : Кондор, 2006. – 365 с.
13. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / [Бабук В. В., Шкред В. А., Кривко Г. П., Медведев А. И.] ; Под ред. В. В. Бабука. Минск : Вышэйшая школа, 1987. – 255 с.
14. <http://www.5dp.com.ua/content/blogsection/0/9/10/2540/>
15. Мовчин В. Н. Сборник задач по техническому нормированию в механических цехах / В. Н. Мовчин, С. В. Мовчин. – М. : Машиностроение, 1983. – 156 с.
16. Стародубцева В. С. Сборник задач по техническому нормированию в машиностроении (литейные, кузнечно-штамповочные, станочные, слесарно-сборочные и электросварочные работы) / В. С. Стародубцева. – М. : Машиностроение, 1974. – 272 с.

17. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. I. – М. : Машиностроение, 1974. – 416 с.
18. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. II. – М. : Машиностроение, 1974. – 200 с.
19. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. III. – М. : НИИТруда, 1978. – 360 с.
20. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках: среднесерийное и крупносерийное производство. – М. : НИИТруда, 1984. – 469 с.
21. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на работы, выполняемые на металлорежущих станках с программным управлением. – М. : НИИТруда, 1980. – 203 с.
22. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин : лабораторний практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, О. М. Мироненко, В. П. Пурдик, С. В. Репінський, Г. О. Черноволик. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 118 с.
23. Мельников Н. Г. Проектирование механосборочных цехов : учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Н. Г. Мельников, В. П. Вороненко ; под ред. А. М. Дальского. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.

Навчальне видання

**Жанна Павлівна Дусанюк,
Сергій Володимирович Репінський,
Віктор Валерійович Савуляк,
Ольга Валентинівна Сердюк**

МЕХАНОСКЛАДАЛЬНІ ДІЛЬНИЦІ ТА ЦЕХИ В МАШИНОБУДУВАННІ

Практикум

Редактор В. Дружиніна

Оригінал-макет підготовлено С. Репінським

Підписано до друку 15.04.2016 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 9,5.
Наклад 75 пр. Зам. № 2016-071.

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.
publish.vntu.edu.ua; email: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.