

Іванов В. О., Дегтярьов І. М.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ГНУЧКИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЦТВ

Навчальний посібник



Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

Іванов В. О., Дегтярьов І. М.

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ
ГНУЧКИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЦТВ**

Навчальний посібник

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету

Суми
Сумський державний університет
2022

УДК 378.147(075)

I 26

Рецензенти:

В. Б. Тарельник – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Технічний сервіс» Сумського національного аграрного університету;

В. О. Залога – доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Технологія машинобудування, верстати та інструменти» Сумського державного університету

*Рекомендовано до видання
вченою радою Сумського державного університету
як навчальний посібник
(протокол № 11 від 16 квітня 2020 року)*

Іванов В. О.

I 26 Технологічні основи гнучких автоматизованих виробництв : навчальний посібник / В. О. Іванов, І. М. Дегтярьов. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 203 с.

ISBN 978-966-657-904-4

Видання складається з трьох розділів. Перший присвячений уведенню в дисципліну, описанню її місця в інших дисциплінах підготовки студентів та огляду загальних відомостей про сучасне гнучке автоматизоване виробництво, етапи його розвитку, роль у машинобудівній галузі, його основні характеристики. Другий дає змогу одержати інформацію щодо напрямків інтенсифікації процесів механічного оброблення складнопрофільних деталей в умовах гнучкого автоматизованого виробництва та нових підходів до класифікації деталей із точки зору автоматизації. У третьому запропоновано практичну частину з аналізу конструкторсько-технологічних характеристик деталей і забезпечення оптимальної технології їх виготовлення в умовах гнучких автоматизованих виробництв. Кожний розділ охоплює достатню кількість якісного графічного й текстового матеріалу.

Навчальний посібник призначений для студентів усіх форм навчання, які вивчають курс «Технологічні основи гнучких автоматизованих виробництв».

УДК 378.147(075)

ISBN 978-966-657-904-4

© Сумський державний університет, 2022

© Іванов В. О., Дегтярьов І. М., 2022

ЗМІСТ

С.

Розділ 1 Теоретичні відомості про гнучке автоматизоване виробництво.....	6
1.1 Передумови автоматизації машинобудівного виробництва... 6	6
1.1.1 ПОНЯТТЯ ГНУЧКОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ЕВОЛЮЦІЯ ЙОГО РОЗВИТКУ	6
1.1.2 Підвищення рівня автоматизації – ЗАКОНОМІРНІСТЬ РОЗВИТКУ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА	9
1.1.3 Гнучке виробництво – НОВА КОНЦЕПЦІЯ В МАШИНОБУДУВАННІ	13
1.2 Використання гнучких виробничих систем у промисловості	16
1.2.1 Основні етапи й перспективи РОЗВИТКУ ГНУЧКОГО ВИРОБНИЦТВА	16
1.2.2 Досвід промислового впровадження ГВС	19
1.3 Характеристика гнучкого автоматизованого виробництва....	24
1.3.1 Основні терміни й показники ГАВ.....	24
1.3.2 Основні характеристики ГАВ.....	29
1.3.3 Поняття гнучкості ГВС	30
1.4 Структура, функції та принципи побудови гнучкого автоматизованого виробництва	31
1.4.1 СТРУКТУРА ГАВ	31
1.4.2 Функції ГАВ	35
1.4.3 Гнучке автоматизоване виробництво В ЗАГАЛЬНІЙ СТРУКТУРІ КОМПЛЕКСНОЇ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	36
1.4.4 Місце ГВС у механообробному виробництві	38
1.4.5 Принципи проєктування ГАВ	41

1.5 Структура ГВС.....	42
1.5.1 СКЛАДОВІ ГВС ТА ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ.....	42
1.5.2 СКЛАДСЬКИЙ МОДУЛЬ ГВС	44
1.5.3 ТРАНСПОРТНИЙ МОДУЛЬ ГВС	46
1.5.4 УСТАНОВЛЮВАЛЬНИЙ МОДУЛЬ ГВС.....	50
1.5.5 ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ МОДУЛЬ ГВС.....	50
1.5.7 КОНТРОЛЬНО-ВИПРОБУВАЛЬНИЙ МОДУЛЬ ГВС.....	57
1.6 Автоматичний контроль у ГВС.....	58
1.6.1 СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ В ГВС	58
1.6.2 СИСТЕМА ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ОБЛАДНАННЯ.....	59
1.6.3 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ОБРОБЛЕННЯ НА ВЕРСТАТІ	64
1.6.4 КОНТРОЛЬ СТАНУ ІНСТРУМЕНТУ НА ВЕРСТАТІ	64
1.7 Верстатна система ГВС та її структура	66
1.8 Гнучка виробнича система у виробництві	71
1.8.1 ВИБІР І КОМПОНУВАННЯ ВЕРСТАТІВ У ГВС.....	71
1.8.2 ЕТАПИ СТВОРЕННЯ ГВС У ВИРОБНИЦТВІ.....	72
1.8.3 ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ВИКОРИСТАННЯ ГВС.....	73
1.9 Основи управління точністю оброблення в ГВС	77
1.9.1 ВИМОГИ ДО ДЕТАЛЕЙ, ОБРОБЛЮВАНИХ У ГВС МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ.....	77
1.9.2 ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ДОСЯГНЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ТОЧНОСТІ В ГВС	78
1.10 Промислові роботи в ГВС.....	79
1.10.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РОБОТІВ	79
1.10.2 СКЛАДОВІ ЧАСТИНИ Й КОНСТРУКЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ	82
1.10.3 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РОБОТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ	85
1.10.4 РОБОТИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ.....	87

Розділ 2 Напрямки інтенсифікації процесів механічного оброблення складнопрофільних деталей	89
2.1 Загальні відомості про складнопрофільні деталі	89
2.2 Конструкторсько-технологічна класифікація деталей типу вилки	93
2.3 Конструкторсько-технологічна класифікація деталей типу шатуни	97
2.4 Конструкторсько-технологічна класифікація деталей типу важелі	103
Розділ 3 Практична частина:	
Кодування деталей машино- й приладобудування за конструкторсько-технологічними ознаками	107
3.1 Аналіз конструкторсько-технологічної подібності деталей	107
3.2 Структура конструкторсько-технологічного коду деталей	110
3.2.1 Загальні відомості	110
3.2.2 СТРУКТУРА КОНСТРУКТОРСЬКОГО КОДУ ДЕТАЛЕЙ	112
3.2.3 СТРУКТУРА ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОДУ ДЕТАЛЕЙ	112
3.3 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ	126
Список літератури	129
Додаток А	130
Додаток Б	131
Додаток В	132

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГНУЧКЕ АВТОМАТИЗОВАНЕ ВИРОБНИЦТВО

1.1 Передумови автоматизації машинобудівного виробництва

1.1.1 Поняття гнучкого автоматизованого виробництва та еволюція його розвитку

Зважаючи на швидкий розвиток обчислювальних технологій і їх масове застосування в промисловості, усе частіше використовують обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), яке варто розглядати як технологічний виконавчий орган обчислювальної техніки.

Нове обладнання вирізняється широкими технологічними можливостями й гнучкістю – властивістю швидкого переналагодження на випуск інших деталей. З'явилася можливість заміни робітників на промислові роботи. Здебільшого традиційна технологія може органічно поєднуватися з гнучкою.

У цеху можна встановлювати окремі гнучкі виробничі модулі, автоматизовані лінії та ділянки. Окремі модулі, скомпоновані на базі верстатів із ЧПК, дають змогу створювати гнучкі виробничі системи з централізованим управлінням від ЕОМ. Усе це значно підвищує ефективність не лише великосерійного, а й одиничного виробництва.

На сьогодні розроблений комплекс нормативної документації, спрямований на створення єдиної методичної основи гнучких виробничих систем (ГВС), що обумовлює їх уніфікацію. Він забезпечує високий технічний рівень як самих ГВС, так і їх основних компонентів.

Устаткування ГВС має системи ЧПК, а як керувальний обчислювальний комплекс застосовують сучасні обчислювальні технології. Термін «гнучке автоматизоване виробництво» (ГАВ) вживають переважно щодо конкретного виробництва.

Наприклад, ГАВ механооброблення, ГАВ зварювання, ГАВ штампування тощо.

Особливість ГВС полягає в тому, що впродовж заданого періоду їх обладнання може функціонувати в автоматичному режимі, тобто з обмеженою участю обслуговчого персоналу (у так званому безлюдному або малолюдному режимі роботи), а на виготовлення нової продукції обладнання переналагоджують в автоматизованому (за участю людини) режимі.

Отже, ГАВ – сучасна форма виробництва, що забезпечує максимальний ступінь гнучкості переналагодження на відміну від інших типів. Гнучкість ГАВ обумовлена використанням спеціальних верстатів – обробних центрів (ОЦ), об'єднаних у гнучкі виробничі ділянки (ГВД) системами забезпечення функціональної здатності. Розвиток ГАВ почався в 50-ті роки ХХ століття. Його поділяють на чотири основні етапи (рис. 1.1):

- 1955 р. – поява верстатів із ЧПК (першого компонента ГАВ);
- 1962 р. – поява промислових роботів;
- 1965 р. – поява першої ГВС;
- 1982 р. – поява ГВС із керуванням від електронної обчислювальної машини (ЕОМ), автоматизованими складами, транспортом, системою контролю й діагностики.

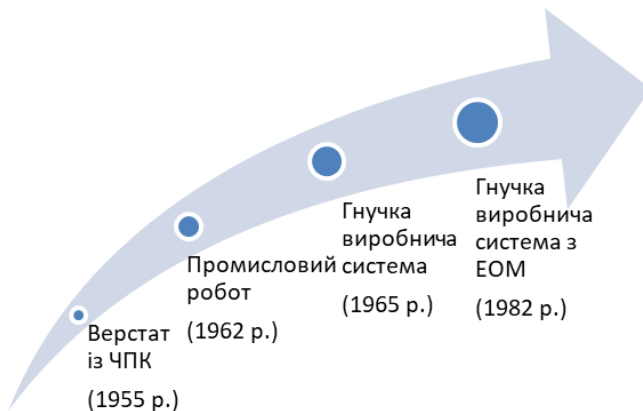


Рисунок 1.1 – Еволюція розвитку гнучкого автоматизованого виробництва

Розвиток наукових основ технологічної підготовки виробництва (ТПВ), технічних засобів, а також засобів обчислювальної техніки став теоретичною основою для створення ГАВ. Поява багатоцільових верстатів, промислових роботів, автоматизованих завантажувально-розвантажувальних систем, транспортних засобів і накопичувальних пристроїв, контрольно-вимірювальних машин, пристроїв керування ЧПК та керувальних ЕОМ дала змогу комплексної автоматизації виробничих процесів в умовах багатомономенклатурного виробництва продукції. Водночас із появою ГАВ виникли істотні проблеми, оскільки такі системи значно перевищують за продуктивністю системи «людина – верстат». Зважаючи на це, різко підвищилися вимоги до скорочення термінів ТПВ, що стало одним із факторів стримування підвищення продуктивності процесу в гнучкому виробництві.

На сьогодні розширення номенклатури виробів та ускладнення їх конструкцій привели до переважання багатомономенклатурного виробництва складних об'єктів, що постійно оновлюються. Комплексна автоматизація багатомономенклатурного виробництва являє собою особливий напрямок у машинобудуванні, кінцева мета якого обумовлена терміном автоматизованого виробництва за гнучкою технологією. У багатомономенклатурному виробництві, навіть за визначеної спеціалізації на випуск продукції одного найменування, регулярність виготовлення деталей значно відрізняється, унаслідок чого трудомісткість конструкторської й технологічної підготовки дуже істотна.

Трудомісткість оброблення можна значно знизити завдяки формуванню груп деталей, подібних за конструкторсько-технологічними ознаками. Регулярність виготовлення груп значно вища, їх виробництво стабілізується в часі, а тому таке замовлення можна розглядати як об'єкт комплексної автоматизації. Досвід вітчизняних і закордонних виробництв показав, що підхід до створення ГВС багатомономенклатурного виробництва, який базується на принципах групової технології, є загальноприйнятим.

1.1.2 Підвищення рівня автоматизації – закономірність розвитку машинобудівного виробництва

Розвиток сучасного машинобудування зумовлює нові фундаментальні зміни. Зокрема, поява гнучких виробничих систем привела до нового етапу технічного переоснащення машинобудівної промисловості.

Досвід упровадження перших ГВС показує, що в умовах дрібносерійного й серійного виробництва, завдяки яким випускають близько 75–80 % продукції машинобудування, вони забезпечують високу продуктивність і низьку собівартість, яку можна порівняти з такими самими показниками масового виробництва, та одночасно високу гнучкість, властиву одиничному виробництву.

Отже, можна стверджувати, що реалізація концепції ГАВ переводить рівень автоматизації виробничих процесів у машинобудуванні на якісно новий діалектичний етап розвитку.

Проаналізуємо історію й основні тенденції автоматизації в машинобудуванні. У розвитку рівня автоматизації виділяють три характерних історичних етапи, а з урахуванням тенденцій науково-технічного прогресу можна спрогнозувати можливі способи вдосконалення автоматизованого машинобудування в найближчому майбутньому та більш віддаленій перспективі (рис. 1.2).

Отже, етапи розвитку автоматизації в машинобудуванні такі:

- 1) автоматизація робочого циклу обладнання й потокового виробництва;
- 2) числове програмне керування обладнанням;
- 3) гнучкі виробничі системи, гнучкі автоматизовані виробництва;
- 4) гнучкі автоматизовані системи, безлюдні заводи;
- 5) безвідмовні самовідновлювальні системи;
- 6) самообновлювальні виробничі системи.

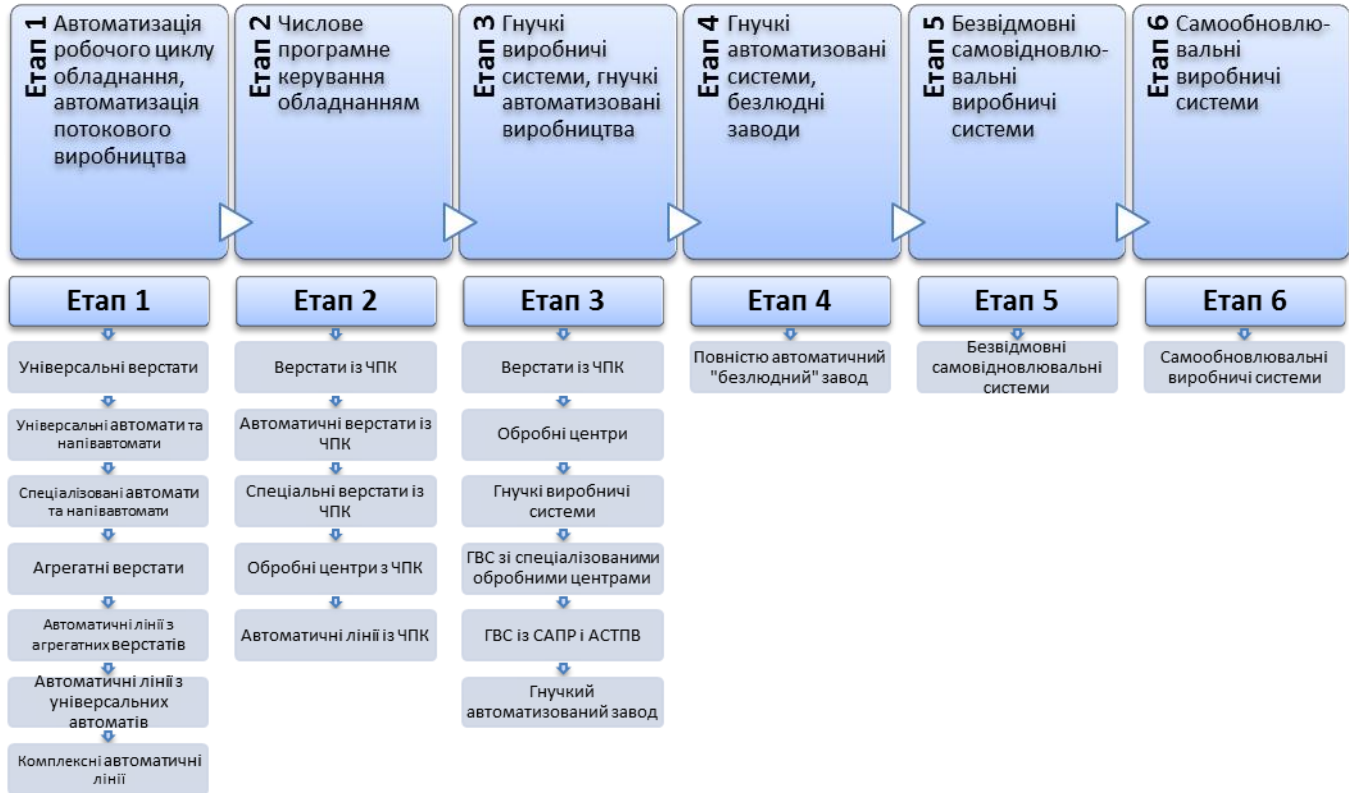


Рисунок 1.2 – Етапи розвитку автоматизації в машинобудуванні

На перший етап розвитку автоматизації засобів виробництва в машинобудуванні – від універсальних до спеціалізованих верстатів, верстатів-автоматів, а потім до «жорстких» автоматичних ліній і «заводів-автоматів» – людство витратило більше ніж 200 років. Був пройденим шлях від токарно-копіювального верстата, створеного в 1712 році, до першого автоматизованого заводу з виробництва поршнів у 1951 році. Для цього етапу характерна автоматизація на основі електромеханічних пристроїв. Досягнувши значного підвищення продуктивності (у 5–10 разів), така автоматизація могла бути застосованою лише для масового виробництва, на якому конструкція виробів тривалий час залишається незмінною.

«Жорстким» засобам автоматизації властивий певний консерватизм, що стримує розвиток нової техніки. Зокрема, створення автоматичних ліній можна починати лише тоді, коли виріб повністю відпрацьовано та кожна його деталь сконструйована. На створення й налагодження «жорстких» автоматичних ліній, як показує практика, витрачають до 5 років. Термін їх амортизації також значний і становить не менше ніж 8 років. Сумарний термін створення та амортизації «жорстких» автоматичних заводів ще триваліший. Конструкція деталей повинна залишатися незмінною. Її випускають на такому обладнанні тривалий час, що стримує впровадження нових машин. Консерватизм такої автоматизації не відповідає вимогам науково-технічного прогресу. Отже, підвищення продуктивності обладнання з нею було досягнуто за рахунок втрати його гнучкості.

Необхідність вирішення цієї суперечності – підвищення гнучкості випуску нової техніки за збереження високої продуктивності, тобто завдання автоматизації одиничного й серійного виробництв, – привело до створення ЧПК обладнанням на основі електронної техніки.

Другий етап розвитку автоматизації в машинобудуванні фактично повторив перший, але на новому принципі

керування – електронно-програмному, що дало змогу зі збільшенням продуктивності кожного виду обладнання підвищити і його гнучкість. На цей етап було витрачено трохи більше ніж 30 років. Числове програмне керування забезпечило справді значний ефект в одиничному та серійному виробництвах, але не дало відчутних результатів у масовому. Крім того, індивідуальні ЧПК для кожного верстата виявилися занадто громіздкими й дорогавартісними.

Подальший розвиток електроніки, використання ЕОМ і мікропроцесорів розкрили нові можливості ЧПК. Зі створенням обладнання, безпосередньо керованого від ЕОМ у режимі розподілу часу, почався третій етап розвитку автоматизації в машинобудуванні. Управління від однієї ЕОМ кількома верстатами з ЧПК та допоміжним обладнанням дало змогу пов'язувати верстати загальним керуванням і єдиним транспортом у групи, тобто створювати систему машин. Індивідуальні верстати з ЧПК типу CNC (Computer Numerical Control), верстати типу обробний центр (свердлильно-фрезерно-розточувальні й токарні) почали становити основу ГВС. На базі ОЦ створювали гнучкі виробничі модулі (ГВМ), гнучкі автоматизовані лінії (ГАЛ) та ГАД. На цьому етапі почалося об'єднання в єдину систему всіх виробничих функцій: конструювання, технологічної підготовки виробництва, оброблення, складання, випробування тощо, тобто з'явилися ГАВ.

На цьому етапі розвитку автоматизації виникла можливість поєднувати переваги універсальних верстатів, їх повну (максимальну) гнучкість із високою продуктивністю автоматичних ліній масового виробництва. Розглянутий третій етап, за прогнозами, буде пройдено впродовж 20–30 років.

Четвертий етап почався зі створення автоматизованого виробництва, повністю інтегрованого на базі ЕОМ нового покоління, а завершиться впровадженням повністю автоматизованого («безлюдного») виробництва.

Подальший розвиток науки й техніки, розроблення інтелектуальних систем, а головне – вирішення проблеми надійності та самодіагностики машин, переведуть розвиток автоматизації засобів виробництва на наступний етап, під час якого будуть створеними безвідмовні самовідновлювальні робочі машини, системи й заводи. Упровадження штучного інтелекту буде запорукою успішного виконання цього завдання.

1.1.3 Гнучке виробництво – нова концепція в машинобудуванні

Завдяки ЧПК верстати стали автоматичними. Проте така автоматизація, підвищивши їх продуктивність, не забезпечила вирішального зростання продуктивності праці в машинобудуванні загалом. І це незважаючи на значне підвищення потужності окремих верстатів та їх точності, що обумовлено розглянутими далі причинами.

За традиційної організації виробництва деталі перебувають у механообробних цехах лише 1 % від загального часу на створення й виробництво продукції, а питома вага знаходження деталі на верстаті становить лише 5 % її перебування в цеху. Водночас лише 25–30 % загального часу знаходження деталі на верстаті витрачається безпосередньо на оброблення різанням. Упродовж десятиліть зусилля дослідників, верстато- та машинобудівників переважно були спрямованими на зменшення часу перебування деталі на верстаті й у цеху. Для цього вживали заходів з оптимізації режимів різання, удосконалення конструкції різальних інструментів та інструментальних матеріалів, автоматизації робочих циклів верстатів. Тим часом фактично поза колом інтересів інженерів і дослідників залишалися інші етапи створення й виробництва продукції. Саме цим можна пояснити недостатньо високий рівень організації праці на низці машинобудівних підприємств.

Інша причина полягає в тому, що під час упровадження прогресивного обладнання не створюють відповідних

виробничих умов та організації праці. Це пов'язано з традиційним, історично сформованим підходом: спочатку розробляють нове обладнання, під нього проєктують нову технологію, а потім нову організацію праці, що як третя за ранжуванням не встигає перебудуватися. Унаслідок цього автоматизація устаткування відбувається асинхронно щодо всього комплексу виробничих завдань. Здебільшого під час уведення нових верстатів залишають «старий» технологічний процес. Нерідко нові верстати стають лише «фасадом», що прикриває застарілу технологію виробництва, якщо його організація не забезпечує їх ефективного використання.

Гнучке виробництво радикально змінило традиційні, формовані роками підходи до його організації. Потокова технологія, що базується на диференціації процесу оброблення деталей на численні операції й переходи, виконувані на різних верстатах, до середини 60-х років втратила свої економічні переваги, тому що продукція стала значно складнішою, а її номенклатура постійно змінюється.

Настав час вибрати між подальшою спеціалізацією верстатів з автоматизацією допоміжних операцій та створенням багатоцільових верстатів із ЧПК, що забезпечують комплексне оброблення деталі на одному верстаті. Вибір був зробленим, з'явилися обробні центри, а потім і ГВС.

У своєму розвитку ГВС пройшли низку етапів, пов'язаних із різними рівнями автоматизації процесу виробництва. Можна виділити чотири таких рівні.

Перший рівень автоматизації передбачає керування здебільшого послідовністю й характером рухів у процесі оброблення для одержання заданої форми, розмірів та якості поверхні оброблюваної деталі. Він найбільш утілений у технологічному обладнанні з ЧПК.

На другому рівні автоматизації, крім циклу оброблення, автоматизують установалення й закріплення заготовок, розкріплення та зняття оброблених деталей із верстата (завантаження).

Третій рівень, крім автоматизації циклу оброблення та завантаження деталей, передбачає автоматичне виконання таких раніше виконуваних верстатником функцій, як:

- контроль стану інструменту та його своєчасна заміна;
- контроль якості оброблення (розмірів, точності форми, взаємного розміщення поверхонь тощо);
- контроль і підналагодження технологічного процесу на основі адаптивного управління;
- контроль стану функціональної здатності верстата;
- виконання допоміжних функцій, наприклад видалення стружки.

Четвертий рівень автоматизації забезпечує автоматичне переналагодження обладнання на оброблення виробу іншого найменування. Тобто автоматично переналагоджуються верстати, верстатні пристрої, інструмент, цикли й режими оброблення, завантажувальні пристрої, контрольні системи тощо.

Отже, сутність концепції гнучкого автоматизованого виробництва полягає в тому, що воно дає змогу переходити з випуску одного виробу на випуск іншого без переналагодження обладнання або з переналагодженням, здійснюваним паралельно без зупинки випускання поточного виробу.

Відмінність нової концепції від традиційної полягає в тому, що за допомогою неї можна повністю інтегрувати весь виробничий цикл – від ідеї до випуску готової продукції – способом автоматизації всього комплексу конструкторських робіт, технологічних процесів і функцій управління на базі ЕОМ.

1.2 Використання гнучких виробничих систем у промисловості

1.2.1 Основні етапи й перспективи розвитку гнучкого виробництва

У розвитку гнучкого виробництва можна виділити три основні етапи.

Перший етап – затвердження концепції гнучкого виробництва (1967–1985 р.). Його елементи частково реалізували в кінці 60-х – на початку 70-х років. Проте лише в 1978 році в журналі «IRON-AGE» опублікували перший звіт про роботу в цій галузі «Подання суспільству гнучкості виробництва», у якому була зроблена спроба осмислити цю важливу тенденцію в металообробленні. Звіт містив чимало тверджень та оцінок, згодом визнаних помилковими. До них належить, зокрема, судження про обмежені перспективи розвитку гнучких виробництв у Європі.

Спочатку досягнення італійської фірми «Komau» відзначили на конкурсі, оголошеному компанією «General Motors». На ньому фірма репрезентувала малогабаритну систему з трьох обробних центрів із виготовлення шестерень та осей для автомобіля «Шевроле». Після цього здійснили вагомі розробки японські фірми й стало зрозуміло, що ГВС одержать усесвітнє поширення. На початку 80-х років у світі, за літературними джерелами закордонних видань, налічувалося близько 125 ГВС, зокрема в Японії – 40, у США – 26, у країнах Західної Європи – 26. Найбільш активно над удосконаленням ГВС працюють машинобудівні компанії Японії.

У низці розвинених країн (Німеччині, Японії, Англії) роботи зі створення ГВС проводять за національними програмами, фінансованими урядами. Крім того, окремим фірмам для здійснення розробок за зазначеним напрямком і впровадження ГВС надають безоплатні державні субсидії.

Багато перших ГВС, упроваджених у виробництво окремо, на жаль, не привели до покращання роботи всього підприємства,

тому що їх ефективність знижувалася через відставання суміжних дільниць, насамперед складальних. Це можна пояснити тим, що на першому етапі ГВС перебували ще на експериментальній стадії, на якій вдосконалювали технології та організацію виробництва.

Другий етап – подальший розвиток ГВС, інтеграція ГВС різного призначення, а також систем САПР в єдині виробничі системи, вирішення проблем штучного інтелекту (1980–2000 р.).

На цьому етапі ГВС нового покоління стали простішими, легше керованими, більш ефективними й гнучкими для перепрограмування під час переходу на випуск нової продукції. Зокрема, на одному зі світових центрів гнучкого виробництва, яким є підприємство фірми «Fanuc», використання 29 міні-ГВС дало змогу організувати цілодобову роботу підприємства силами 100 осіб замість 500, необхідних для функціонування звичайного підприємства такого самого масштабу.

Згідно з прогнозами в найближчій перспективі можна очікувати, що річний випуск верстатів охоплюватиме 25–30 % універсальних верстатів, 20–25 % верстатів із ЧПК, 30–35 % ОЦ, із яких більше ніж 50 % будуть об'єднаними в ГВС, а випуск жорстких автоматичних ліній не перевищить 8–10 %.

Приблизно 70–80 % машинобудівних компаній використовуватимуть ЕОМ для виконання конструкторсько-технологічних або виробничих завдань. Проте частка компаній, що матимуть повністю інтегровані системи, становитиме не більше ніж 5 %.

Аналіз роботи ГВС показує, що доцільність використання різних видів автоматизованого обладнання обумовлена насамперед річним випуском продукції та кількістю типорозмірів деталей. Виявлено, що ГВС найбільш ефективні в разі виготовлення від 8 до 100 типорозмірів деталей.

На другому етапі розвитку ГВС було оснащено автоматичними затискними пристроями, а верстати – надійними й практичними контрольними датчиками (сенсорами). Продовжився розвиток адаптивного контролю розмірів і якості

поверхні під час оброблення, фокусуючись на використанні пристроїв безконтактного контролю зі швидкореагуювальним зворотним зв'язком. Гнучкі виробничі системи обладнали пов'язаними з ЧПК діагностичними датчиками, що своєчасно реагують, уносячи необхідні зміни в роботу системи.

Третій етап розвитку гнучкого виробництва почнеться з упровадження перших повністю інтегрованих гнучких автоматизованих заводів – заводів майбутнього.

Подальші перспективи розвитку ГВС пов'язують з останніми досягненнями в галузі електронних пристроїв, що забезпечуватимуть створення верстатів з інтелектом. Такі верстати найбільш придатні для ГВС і будуть здатними розуміти свої дії, «спілкуючись» один з одним у системі. З іншого боку, розвиватимуться недорогі автоматизовані системи й ділянки для «безлюдних» операцій, що містять у собі один – два верстати. Такі системи можна впроваджувати з малим ризиком на невеликих заводах.

У ГВС все більшого поширення набувають роботи, спеціально сконструйовані для них. Вони передбачені для завантаження та розвантаження верстатів. На сьогодні сферу їх призначення в ГВС розширюють, використовуючи для подання палет з інструментами з керованих автоматичних візків на верстат або в інструментальні магазини на верстати, виконання контрольних операцій, а також операцій перевантаження й транспортування тощо.

Водночас із роботами у ГВС розширюється практика використання автоматичних візків (робокарів). Основними проблемами під час неї є конструювання ходової частини візка та її орієнтування впродовж руху. Забезпечення візків енергією – ще один технологічний виклик. Акумулятори, що зараз є фактично єдиним джерелом енергії робокарів, необхідно замінити на практичніші джерела автономного живлення.

Більшість розробників ГВС проводять дослідження із застосування лазерів для контролю. Їх основна перевага полягає в тому, що вони дають змогу безконтактно контролювати

розміри в широкому діапазоні одним пристроєм без переналагодження.

Подальший розвиток ГВС потребує забезпечення чіткої системи зв'язку. Організація та управління виробництвом, а також діловодство варто здійснювати без паперової документації. Оптичні волокна стануть основним засобом зв'язку на виробництві. Розвиток цієї техніки вже зараз досяг стадії, на якій її можна успішно застосовувати в ГВС. Такі канали зв'язку зручно використовувати для передавання цифрової інформації, а також контролю вимірювань. Наприклад, оптичні волокна можуть «оглядати» предмети розміром 0,2–0,3 мм (так званий технічний зір). Типовими прикладами застосування оптоволокон стануть вимірювання, обмацування, підрахунок, фіксація деталей, виявлення зламаної кромки інструменту тощо.

Недоліками ГВС можна вважати великі капітальні витрати під час упровадження, складність обслуговування, необхідність висококваліфікованого допоміжного персоналу.

1.2.2 Досвід промислового впровадження ГВС

Аналіз ГВС у різних країнах показує широке коло галузей промисловості, у яких їх застосовують. Близько 40 % ГВС упроваджено в автомобільній промисловості, близько 30 % – у приладобудуванні й загальному машинобудуванні, близько 20 % – у верстатобудуванні, близько 10 % – в аерокосмічній та оборонній промисловостях (рис. 1.3).

В автомобільній промисловості ГВС застосовують у виробництві майже всіх деталей двигуна, шасі, заднього моста, а також під час складання кузова й загального складання двигуна. Найбільш поширеними деталями для оброблення в ГВС є частини трансмісії та коробки передач.

У верстатобудуванні за допомогою ГВС найчастіше обробляють станини, колони, столи, каретки, напрямні; рідше – деталі коробок швидкостей та шпинделя.

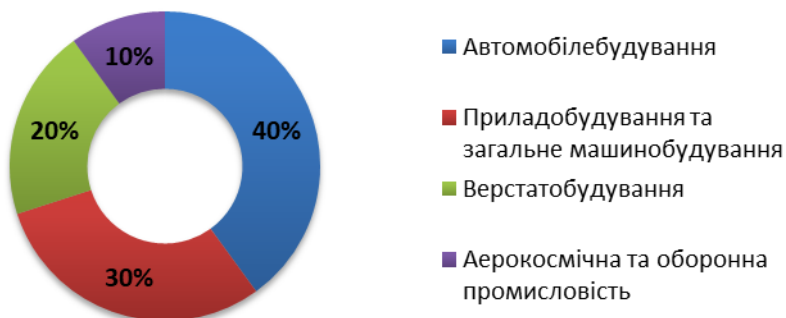


Рисунок 1.3 – Аналіз упровадження ГВС у різні галузі промисловості

У приладобудуванні й загальному машинобудуванні ГВС використовують для оброблення деталей фотокамер, корпусів швейних машин, турбін і насосів, гірського устаткування тощо.

На великих підприємствах (понад 2 000 робітників) створено 90 % ГВС, решту – на середніх. Економічний ефект від використання ГВС для оброблення корпусних деталей більший, ніж від їх використання для оброблення інших деталей, наприклад деталей типу тіл обертання. Близько 75 % усіх створених ГВС призначені для оброблення корпусних деталей, решта – для тіл обертання (рис. 1.4). Наприклад, у Німеччині їх 60 %, у Японії – понад 70 %, у США – близько 90 %.

Деталі обробляють партіями від 3 до 50 штук, проте в окремих ГВС – до декількох тис. штук. Почата інтеграція виробництва, що об'єднує в єдину систему ГВС, САПР та АСТПВ, забезпечує економічність оброблення деталей партіями навіть 1–2 шт.

Кількість верстатів в одній ГВС коливається від 2 до 50 (середнє значення – 10 верстатів).

Проте 80 % ГВС складено з 4–5 верстатів, 15 % – з 8–10; рідше зустрічаються системи з 30–50 верстатів (2–3 %). Кількість різних типів верстатів в одній ГВС – від 1 до 6 (середнє значення – 2,2).

Нормативний термін окупності ГВС у різних країнах становить 2–4,5 роки.

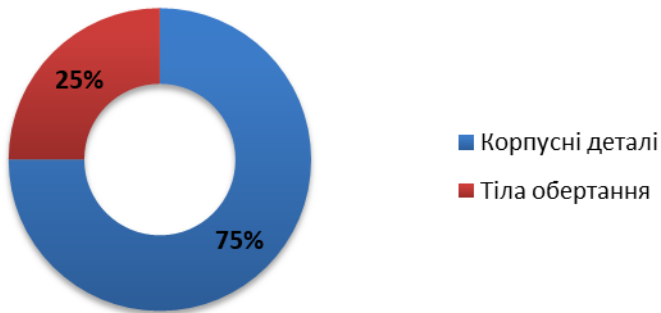


Рисунок 1.4 – Розподіл ГВС за типом оброблюваних деталей

До основних перспектив застосування ГВС належать такі:

- одночасне підвищення ефективності та гнучкості;
- підвищення ступеня автоматизації без зменшення гнучкості;

• удосконалення вимірювально-контрольних методів, що дають змогу контролювати стан інструменту та оброблюваних деталей у процесі оброблення, що необхідно для відповідного автоматичного підналагодження;

• зменшення кількості пристроїв і палет завдяки автоматизації закріплення деталей;

• уведення в ГВС таких операцій, як промивання, нанесення покриттів, термічне оброблення, складання тощо;

• розвиток профілактичного техобслуговування.

Варто зазначити, що в результаті впровадження ГВС у промислове виробництво можна:

• підвищити коефіцієнт використання верстатів (у 2–4 рази порівняно з використанням окремих верстатів);

• скоротити час, необхідний на виробництво;

- зменшити частку незавершеного виробництва, тобто кількість запасів деталей на складах;
- оптимізувати потік матеріалів, зменшити кількість транспортувань і точок управління виробництвом;
- скоротити витрати на заробітну плату;
- стабілізувати якість продукції;
- покращити умови праці для робітників.

В умовах багатомноменклатурного виробництва, за яких продукцію виготовляють малими партіями (200–500 деталей) за їх частоті зміни (100–800 найменувань) переважно використовують ГВМ на базі ОЦ. Ступінь автоматизації ГВМ вищий, ніж у звичайних верстатів із ЧПК.

Також відрізняється ступінь гнучкості ГВС. Наприклад, у США переважають системи для оброблення виробів у межах 4–10 найменувань, у Німеччині – від 50 до 200.

Найуніверсальнішими в механообробленні є окремі верстати з ЧПК. Їх використання можливе за всіх типів виробництва: від одиничного до масового, але найбільш ефективно в багатомноменклатурному, зважаючи на мінімальну кількість однотипних деталей і їх дуже широку номенклатуру. Заміна звичайних універсальних верстатів на верстати з ЧПК підвищує рівень виробництва до автоматизованого, тому що вони забезпечують найбільшу гнучкість під час переходу від оброблення однієї деталі до іншої. Фактично цей перехід зводиться до заміни однієї керувальної програми на іншу.

Згідно з результатами аналізу промислового використання ГВС їх основні переваги порівняно з іншими автоматизованими системами такі:

1) технологічні:

- збільшення гнучкості й пристосованості виробництва в разі розширення або зміни номенклатури виробів, зростання кількості варіантів оброблення тощо;
- підвищення коефіцієнта завантаження верстатів, скорочення допоміжного часу завдяки пришвидшенню зміни

заготовок і різального інструменту, зменшення часу на переналагодження виробництва, багатозмінність роботи;

- значне підвищення якості та точності оброблення (зменшення кількості переустановлень оброблюваних деталей, викінчувальних робіт, виключення суб'єктивних факторів тощо);

- автоматизація основних і допоміжних операцій, транспортно-навантажувальних робіт;

2) організаційні:

- скорочення часу від надходження заявки на оброблення конкретної заготовки до отримання готової деталі;

- підвищення гарантії оброблення деталі у визначений термін;

- швидке й точне діагностування різних збоїв;

3) соціальні:

- значне зниження ймовірності нещасних випадків;

- усунення монотонної стомливої праці;

- підвищення загального рівня виробництва та кваліфікації обслуговчого персоналу.

Також проведений аналіз показав, що ГВС найбільше використовують у металообробленні (50 %) та обробленні тиском (21 %). Детальніші результати репрезентовані на рисунку 1.5.

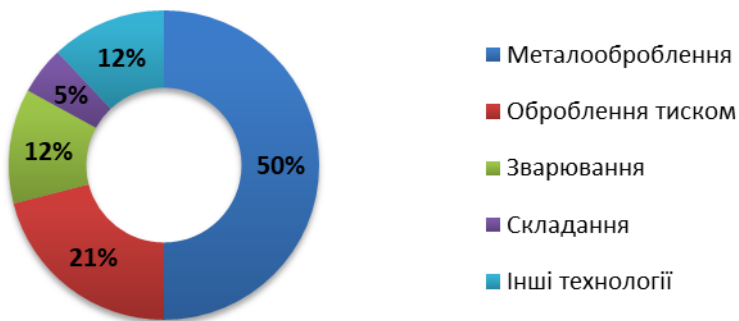


Рисунок 1.5 – Аналіз використання ГВС у різних технологіях

1.3 Характеристика гнучкого автоматизованого виробництва

1.3.1 Основні терміни й показники ГАВ

У технічній вітчизняній і закордонній літературі здебільшого використовують термін «гнучка виробнича система» (ГВС в Україні, FFS у Німеччині, FMS у США). Також вживають такі терміни: «гнучка автоматизація», «гнучкий виробничий комплекс» (Японія); «гнучкий цех» (Франція); «автоматизоване дрібносерійне виробництво» (ASP, Англія); «варіаційна виробнича система» / «система зі зміною виробничого завдання» (VMS, США); «виробнича система, інтегрована з ЕОМ» (СІМ, США); «автоматизована за допомогою ЕОМ система» (САС, Німеччина).

Програмована автоматизація поширена в конструкторсько-технологічних роботах, підготовці й плануванні виробництва. Для виконання цих завдань створені системи автоматизованого проектування (САПР). За кордоном їх називають САД (Computer-Aided Design), що означає «автоматизоване проектування». До САПР належить автоматизоване робоче місце (АРМ). Системи автоматизованого проектування можна використовувати для виконання технологічних завдань – «САРР» (Computer-Aided Process Planning), тобто «автоматизованого проектування технологічних процесів». Крім того, у вітчизняній літературі часто вживають терміни «автоматизована система технологічної підготовки виробництва» (АСТПВ) та «автоматизована система управління підприємством» (АСУП). У зарубіжній практиці використовують термін САМ (Computer-Aided Manufacturing), що означає «автоматизоване виробництво».

Основні поняття й визначення, пов'язані з ГВС, відображені в ГОСТ 26228-85 «Системи виробничі гнучкі. Терміни та визначення».

Гнучка виробнича система – це сукупність у різних сполученнях обладнання з ЧПК, роботизованих комплексів, гнучких виробничих модулів, окремих одиниць технологічного

обладнання й систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі впродовж заданого інтервалу часу, функціонально здатна автоматизовано перенастроюватися під час виробництва деталей довільної номенклатури в установлених межах значень їх характеристик. Узагальнено організаційна структура ГВС наведена на рисунку 1.6.

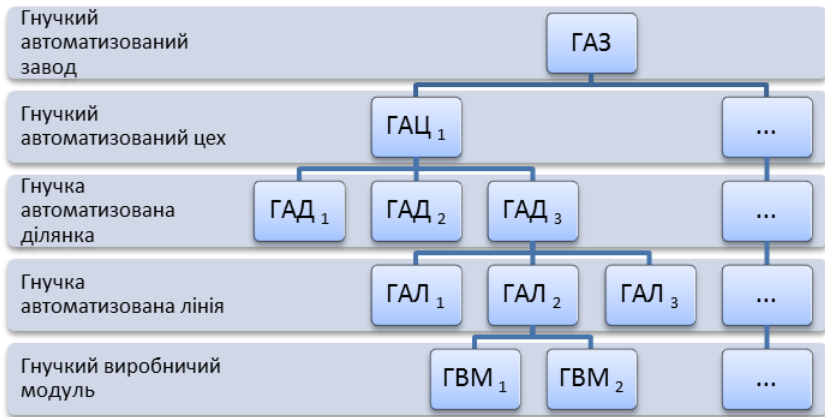


Рисунок 1.6 – Організаційна структура ГВС

Гнучкий виробничий модуль (ГВМ) – це ГВС з автономним функціонуванням, що складається з одиниці технологічного обладнання, оснащена автоматизованим пристроєм програмного керування та засобами автоматизації технологічного процесу. Зазначений модуль здійснює багаторазові цикли й має можливість убудовуватися в систему вищого рівня.

Гнучка автоматизована лінія (ГАЛ) / гнучка автоматизована ділянка (ГАД) – це ГВС, що складається з кількох ГВМ, об'єднаних автоматизованою системою керування. У ГАЛ технологічне обладнання розміщене в порядку послідовності виконання технологічних операцій (рис. 1.7). ГАД функціонує за технологічним маршрутом, у якому передбачено можливість зміни послідовності використання обладнання (рис. 1.8). За функціональним

призначенням ГАД поділяють на передільно-технологічні для реалізації певних технологічних переділів (заготівельні, пластичної деформації, механічного оброблення, зварювальні, складальні тощо) і предметно-замкнуті для оброблення корпусних деталей, тіл обертання, зубчастих коліс тощо.



Рисунок 1.7 – Структура ГАЛ

Найпростіша ГАД (рис. 1.9) складається з кількох верстатів типу обробний центр (ОЦ), загального перевантажувача заготовок, закріплених на палетах. Кожен верстат має свій комплект палет.

Досвід створення різних ГВС показує, що основні види компонувань ГАД такі (рис. 1.10):

а) з поздовжнім розміщенням ГВМ щодо транспортної магістралі;

б) з поперечним розміщенням ГВМ, що прилягають до центрального складу;

в) з діагональним розміщенням ГВМ щодо транспортної магістралі;

г) з кільцеподібним розміщенням ГВМ щодо термінального вузла транспортної системи.

На перших етапах найефективнішим виявилось кільцеподібне компонування як найбільш зручне для спостереження й переналадження. Схема з жорстким приляганням ГВМ до автоматичного складу є найпростішою за набором технічних засобів, але недостатньо гнучкою. Найбільш гнучкими є структури з робочими.



Рисунок 1.8 – Структура ГАД

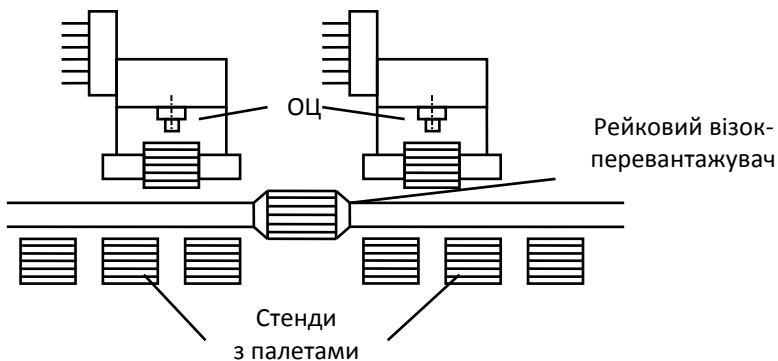


Рисунок 1.9 – Компонування найпростішої ГАД

Гнучкий автоматизований цех (ГАЦ) – це ГВС, що складається із сукупності гнучких автоматизованих ліній та/або гнучких автоматизованих ділянок, призначена для виготовлення виробів заданої номенклатури.

Гнучкий автоматизований завод – це ГВС, що являє собою сукупність гнучких автоматизованих цехів і призначена для виготовлення виробів заданої номенклатури. Гнучкий автоматизований цех також може мати неавтоматизовані ділянки, що функціонують окремо, а ГАЗ – такі цехи.

За ступенем автоматизації ГВС поділяють на гнучкий виробничий комплекс та гнучке автоматизоване виробництво.

Гнучкий виробничий комплекс (ГВК) – це ГВС, що складається з кількох ГВМ, об'єднаних автоматизованою системою керування (АСК) та автоматизованою транспортно-складською системою (АТСС), яка автономно функціонує впродовж заданого інтервалу часу та має можливість вбудовуватися в систему вищого ступеня автоматизації.

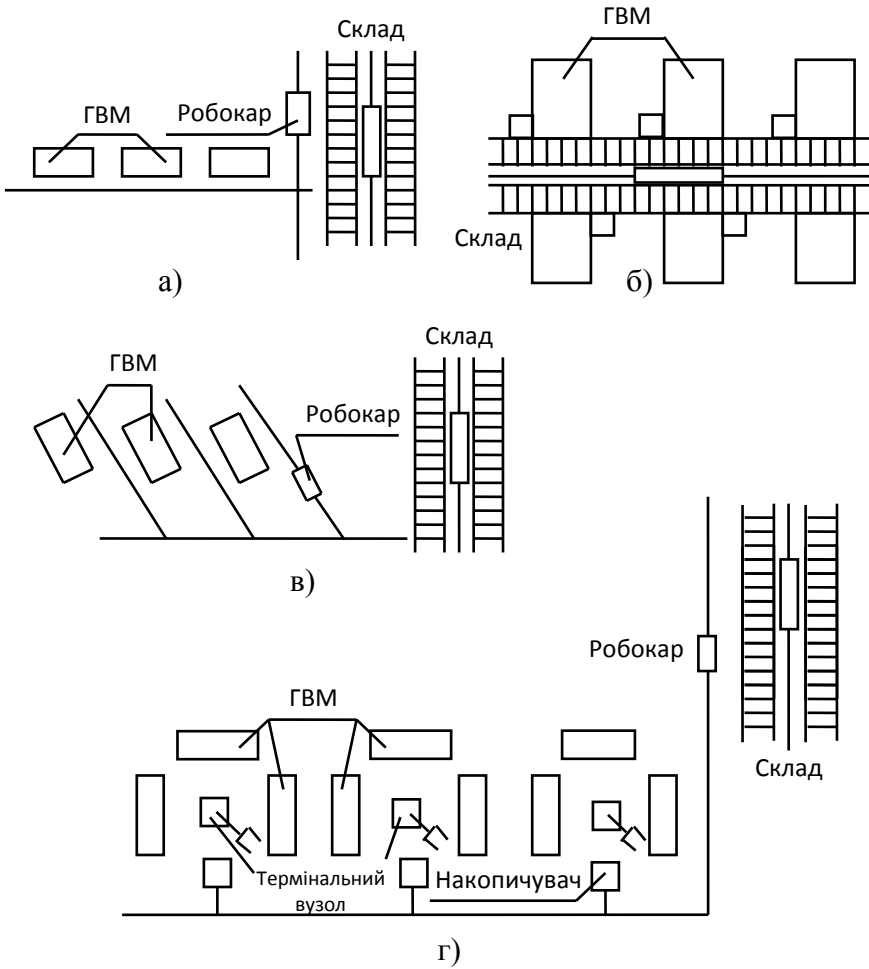


Рисунок 1.10 – Різновиди компоновань ГАД

Гнучке автоматизоване виробництво (ГАВ) – це ГВС, що складається з одного або кількох ГВМ, об'єднаних АСК та АТСС, яка здійснює автоматизований перехід на виготовлення нових виробів за допомогою автоматизованої системи наукових досліджень (АСНД), систем автоматизованого проєктування (САПР) та автоматизованої системи технологічної підготовки виробництва (АСТПВ). Організаційну структуру ГАВ наведено на рисунку 1.11.



Рисунок 1.11 – Організаційна структура гнучкого автоматизованого виробництва

1.3.2 Основні характеристики ГАВ

Основними характеристиками ГАВ є:

- продуктивність;
- ступінь автоматизації;
- ступінь гнучкості;
- рівень інтеграції.

Ступінь автоматизації – це показник, що дорівнює відношенню обсягів робіт, виконуваних без участі та з участю людини, або співвідношення часу «безлюдної» роботи до часу роботи системи, для виконання якої потрібна будь-яка участь людини. Цей показник охоплює ступінь надійності роботи системи, що визначають зі співвідношення часу роботи до простоїв системи, спричинених відмовою устаткування, систем управління, ЕОМ та інших компонентів системи.

Гнучкість ГВС – це здатність системи до переналадження під час переходу від однієї номенклатури деталей до іншої. Ступінь гнучкості – це фактично мобільність, обумовлена обсягом витрат, із якими можна перейти на випуск нової продукції, а також різноманітністю номенклатури виробів, оброблюваних одночасно або в порядку черги.

Рівень інтеграції – це показник кількості різних виробничих завдань, функцій, пов'язуваних у єдину систему й керованих центральною ЕОМ: конструювання, технологічної підготовки виробництва, оброблення, складання, контролю, випробування, діловодства, ремонту та обслуговування обладнання тощо.

1.3.3 Поняття гнучкості ГВС

Розглядаючи ступінь гнучкості системи, необхідно уточнити саме поняття гнучкості, що є багатокритеріальним.

Різноманітність технічних і виробничих завдань, виконуваних методами гнучкої автоматизації, не дає змоги сформулювати єдиних методів комплексного кількісного оцінювання гнучкості для порівняння різних систем. Зважаючи на це, доцільно оцінювати три її форми: структурну, технологічну й організаційну.

Структурна гнучкість залежить від функціональної структури ГВС та забезпечує кілька можливостей:

- довільно вибрати послідовність оброблення;
- обробляти деталі на аналогічному обладнанні в разі пошкодження однієї з одиниць обладнання;

- модернізувати й удосконалювати системи на основі агрегатно-модульного принципу.

Технологічна гнучкість обумовлена здатністю виконувати технологічні завдання на наявному обладнанні. Її забезпечують:

- використанням багатоцільових і багатоінструментних верстатів;

- передбаченням технологічних модулів, що охоплюють широкий спектр виробничих операцій;

- можливістю оброблення групи різних деталей без механічного переналадження обладнання (або з незначними витратами на нього).

Організаційна гнучкість залежить від структури ГВС, але необхідно враховувати протиріччя між прагненням максимально завантажити устаткування й забезпечити мінімальний виробничий цикл. Прагнення до скорочення виробничого циклу призводить до предметно-замкненої структури, орієнтованої на виріб, а отже, неминучого нераціонального використання обладнання та трудових ресурсів.

На противагу зазначених, гранично-технологічна структура орієнтована на засоби виробництва. Вона забезпечує найбільш ефективне використання обладнання й дає змогу скоротити кількість працівників, але може призвести до подовження виробничого циклу та збільшення незавершеного виробництва. Для усунення цих недоліків необхідне впровадження якісної системи календарного планування й керування з централізованим розподілом робіт.

1.4 Структура, функції та принципи побудови гнучкого автоматизованого виробництва

1.4.1 Структура ГАВ

Загалом ГАВ містить у собі такі компоненти: функціональну підсистему, комплекс, модуль (рис. 1.12).

Гнучке автоматизоване виробництво охоплює такі функціональні компоненти (рис. 1.13): технологічну підсистему, підсистему керування, підсистему автоматизованої технологічної підготовки, підсистему сервісу.

Технологічна підсистема ГАВ – це сукупність основного й допоміжного технологічного обладнання та реалізованого на ньому (за відповідними інструкціями чи регламентом) технологічного процесу виробництва, зокрема контролю й переміщення. Технологічна підсистема містить у собі комплекси основного та допоміжного обладнання, що реалізують функції оброблення й контролю, робототехніки, транспортування, складування та комплектації, інструментозабезпечення й видалення відходів.

Підсистема керування ГАВ – це сукупність ієрархічно організованих комплексів автоматизованої системи керування технологічними процесами (АСК ТП) і короткоциклової організаційно-технологічної автоматизованої системи керування технологічними процесами (КЦОТ АСК ТП), що взаємодіють між собою, реалізуючи функції локального й групового керування обладнанням, планування та диспетчеризації.

Підсистема технологічної підготовки виробництва ГАВ – це автономна частина загальної системи ТПВ підприємства, що охоплює комплекс систем автоматизованого проектування (САПР ТПВ) і налагодження технологічних процесів, керувальних програм, пристроїв, інструменту та засобів їх оперативного редагування.

Підсистема сервісу ГАВ – це комплексна система забезпечення характеристик надійності ГАВ, що підтримує функціональну здатність усього обладнання та його систем керування, а також швидко відновлює її в разі можливих відмов і збоїв.

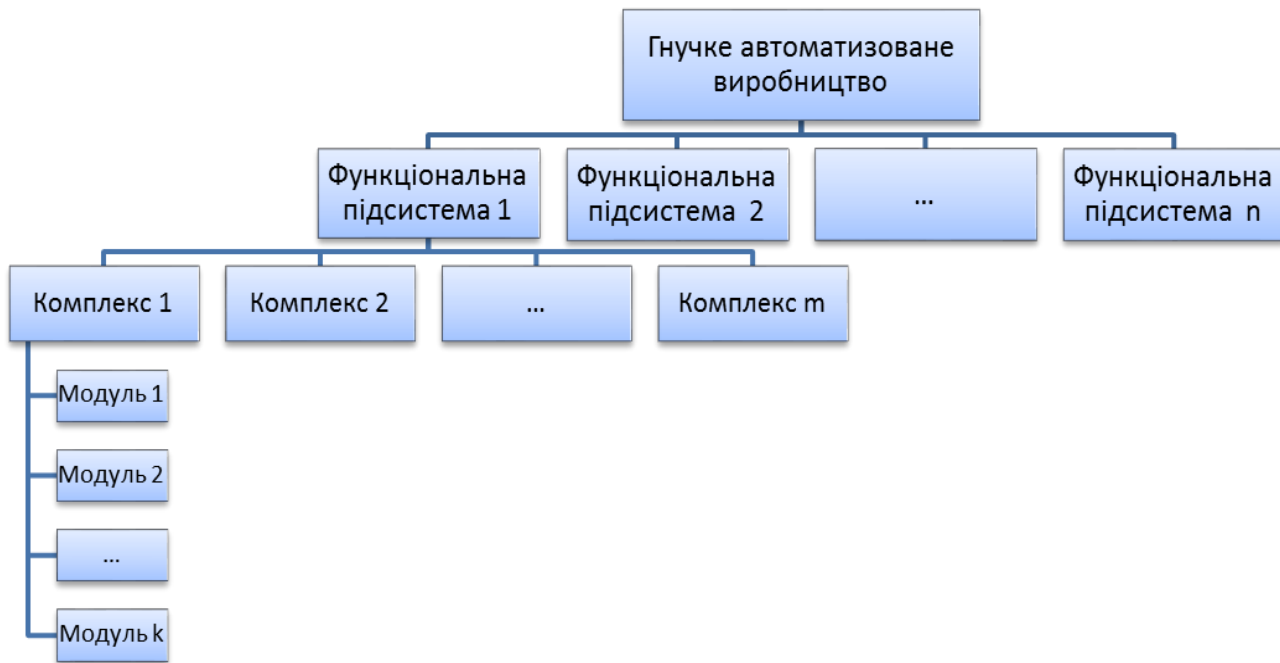


Рисунок 1.12 – Узагальнена структурна схема ГАВ

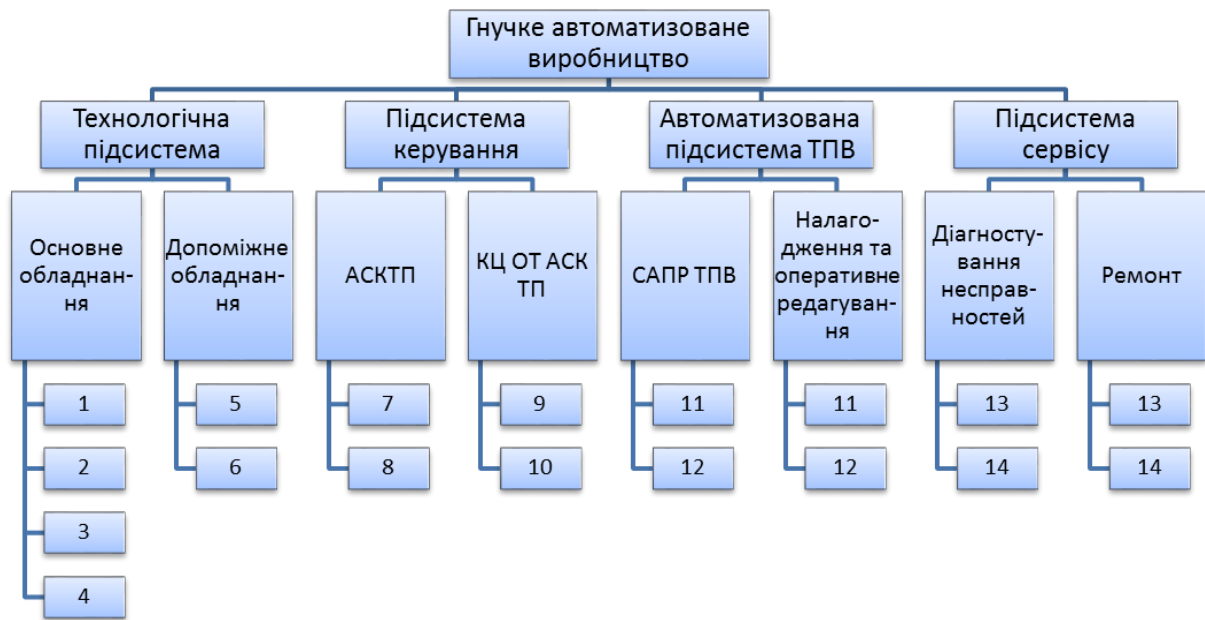


Рисунок 1.13 – Структурна схема ГАВ:

модулі: 1 – оброблення й контролю; 2 – робототехніки; 3 – транспортування; 4 – складування та комплектації; 5 – інструментозабезпечення; 6 – видалення відходів; 7 – локального керування обладнанням; 8 – групового керування обладнанням; 9 – планових розрахунків; 10 – диспетчеризації; 11 – технологічних процесів; 12 – пристроїв, інструментів; 13 – механіки; 14 – електроніки й енергетики

1.4.2 Функції ГАВ

Функції ГАВ поділяють на виробничі й інформаційні.

Виробнича функція – це реалізація технологічною підсистемою в автоматизованому режимі технологічного процесу з випуску визначеної продукції, а також виконання таких завдань:

- комплектації;
- складування;
- маніпулювання;
- транспортування;
- буферного накопичення заготовок, пристроїв та інструментів;
- оброблення;
- контролю продукції;
- контролю параметрів технологічного процесу й стану технологічної оснастки;
- прибирання відходів (стружки, облою, литників тощо);
- подавання допоміжних матеріалів (ЗОР, змащення, формувальних матеріалів тощо);
- діагностики стану та виявлення несправностей обладнання;
- підготовки заготовок та інструменту, очищення, миття, консервації, пакування тощо.

Інформаційна функція – це реалізація підсистемою керування ГАВ та АСПВ процесів збирання, оброблення й надання інформації про стан елементів ГАВ і результати виробництва керівництву й споживачеві, суміжним керівним ланкам, підсистемам сервісу, зовнішнього забезпечення та іншим в автоматизованому режимі. Інформаційна функція передбачає виконання таких завдань, як:

- підготовка даних для давання змінно-добових завдань і календарного плану-графіку випуску продукції;
- збирання відомостей про відхилення від нормальних параметрів виробництва;

- облік процесу виробництва й корекція календарного плану в разі відхилення першого від запланованого;
- підготовка інформації до передавання в суміжні керувальні системи;
- комплектація та оптимізація завантаження всіх модулів, облік вироблення й заробітної плати тощо;
- регулювання (диспетчеризація) в реальному часі роботи як окремих підсистем та модулів, так і ГАВ загалом.

1.4.3 Гнучке автоматизоване виробництво в загальній структурі комплексної інтегрованої системи

Здебільшого ГАВ багатонаменклатурного виробництва повинні функціонувати у складі комплексної інтегрованої виробничої системи (рис. 1.14), що, крім них, містить у собі АСКП, АСНД, САПР, АСТПВ, автоматизовану систему контролю та випробувань об'єктів (АСКВО).

Водночас підсистеми АСКП, АСНД, САПР, АСТПВ, що є зовнішніми щодо ГАВ, реалізують інформаційне забезпечення на його вході: АСКП – планування номенклатури й кількості виробів, а також підготовки виробництва для ГАВ; АСНД і САПР – автоматизоване проектування виробів; АСКВО – автоматизоване випробування виробів.

Таку складну систему варто створювати поетапно, тому що її експлуатація потребує значних змін у структурі підприємства. Як перший етап доцільно розглядати підсистему САПР / АСТПВ / ГАВ.

Для реалізації інформаційної взаємодії між компонентами навіть такої менш складної системи необхідно уніфікувати зміст відповідних баз даних (БД) і встановити взаємозв'язок між відповідними записами в цих базах. Для цього варто уніфікувати опис технологічних елементів деталей та встановити зв'язки між ними й відповідними конструктивними елементами креслень. Лише в такому разі за допомогою САПР можна створювати

конструкції та деталі, технологічність яких щодо ГАВ не викликає сумнівів. Крім того, робота АСПВ максимально спроститься за рахунок повного виключення завдань із розпізнавання образів.

Банк уніфікованих конструкторсько-технологічних даних доцільно створювати для певної галузі. Це дасть змогу поділити загальну інтегровану виробничу систему на проєктування та виробничу частини, перша з яких реалізується у науково-дослідних інститутах і конструкторських бюро, а друга – на серійних підприємствах з передачею даних проєктування на інформаційних носіях.

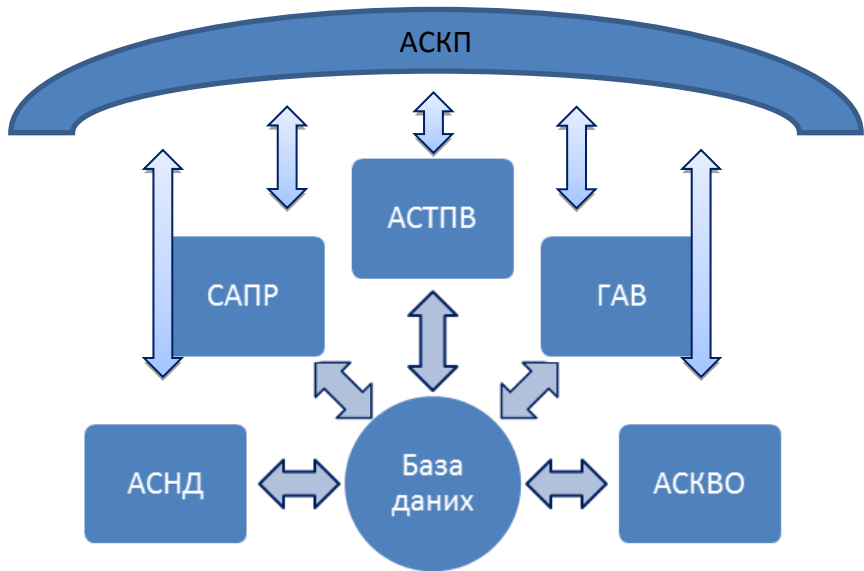


Рисунок 1.14 – Гнучке автоматизоване виробництво в комплексній інтегрованій виробничій системі

1.4.4 Місце ГВС у механообробному виробництві

Традиційні автоматичні лінії з жорстким зв'язком значно поширені в промисловості. Побудовані здебільшого за агрегатним принципом, вони є непереналагоджуваними. Цим обумовлена галузь їх ефективного використання – масове виробництво. Детально сфери використання різних типів ГВС у машинобудуванні репрезентовані на рисунку 1.15.

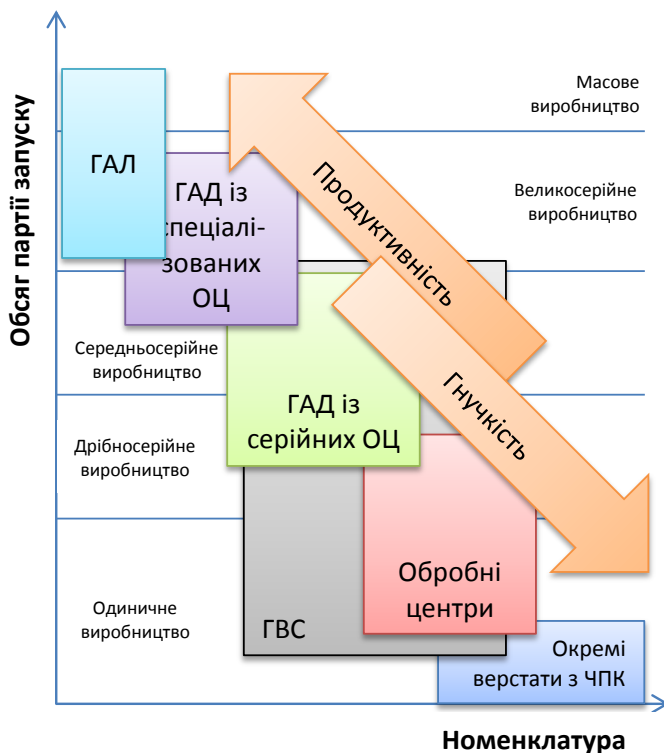


Рисунок 1.15 – Сфери використання ГВС у машинобудуванні

Відмінність гнучких переналагоджуваних автоматичних ліній від традиційних полягає у використанні верстатів із ЧПК, що забезпечує певну гнучкість розглянутих ліній завдяки

можливості швидкої зміни програми оброблення. Гнучкості лінії досягають у результаті її поділу на ділянки за допомогою накопичувачів, а також здатності транспортної системи пропускати певні робочі позиції.

Розрізняють такі компоновання гнучких автоматичних ліній: лінія, кільцева, з поділом на ділянки. За формою вони подібні до традиційних автоматичних ліній. Партії оброблюваних деталей змінюють здебільшого через тривалі проміжки часу. Сфера ефективного використання гнучких автоматичних ліній – великосерійне виробництво, за якого передбачений перехід на оброблення інших виробів. Це найбільш характерно для оброблення деталей в автомобілебудуванні: колінчастих валів, корпусів редукторів, блоків циліндрів тощо.

В умовах спеціалізованого великосерійного та середньосерійного виробництва, за якого продукцію виготовляють періодично в межах невеликої номенклатури (8–10 найменувань) великими партіями (1,5–15 тис. штук), часто використовують ГАД, побудовані на основі переналагоджуваних агрегатних верстатів (ПАВ), що називають мультицентрами.

Найширшу сферу використання мають ГВС. Сучасна промисловість характеризується тим, що 75 % усіх деталей у машинобудуванні обробляють в умовах дрібносерійного виробництва партіями 3–50 штук за номенклатури 4–5 тис. типів. Вартість такого оброблення в 10–30 разів перевищує вартість оброблення аналогічних деталей в умовах масового виробництва. Отже, галузі ефективного використання ГВС – дрібно- й середньосерійне виробництво. У разі переходу до оброблення малої кількості партій із великою кількістю заготовок у кожній із них ефективність ГВС знижується, оскільки залишається невикористаною їх головна перевага – гнучкість. Жодна з виробничих систем не забезпечує таких можливостей, як ГВС. У ній в автоматичному режимі декілька деталей можуть паралельно оброблятися з продуктивністю, порівняною з продуктивністю автоматичних ліній.

Переваги тих чи інших технологічних систем за основними показниками наведено на рисунку 1.16.

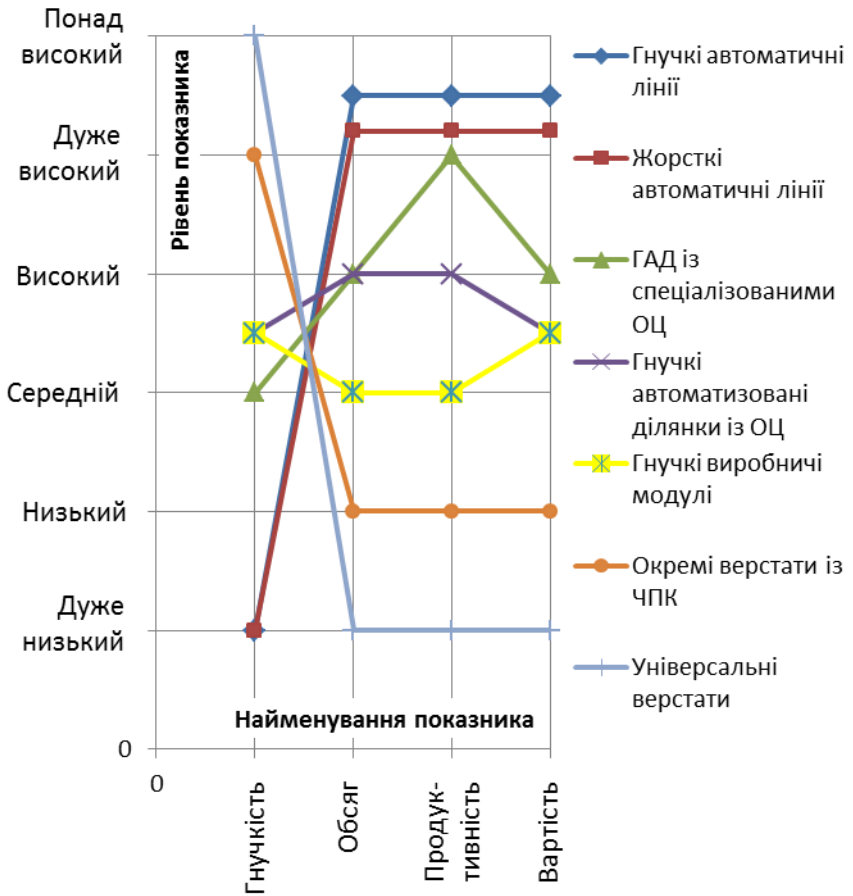


Рисунок 1.16 – Якісне порівняння технологічних систем за основними показниками

1.4.5 Принципи проєктування ГАВ

Виділяють такі основні принципи проєктування ГАВ:

- агрегатно-модульний;
- ієрархічності;
- інтеграції;
- сумісності;
- розвитку.

Агрегатно-модульний принцип – це формування складу технічних і програмних засобів на основі застосування стандартного апаратно-програмного інтерфейсу та можливість компонування на єдиній конструктивній базі ГАВ із різними функціями, розроблення типових проєктних рішень. Додержання цього принципу приводить до мінімізації витрат на транспортування матеріальних потоків, знижує кількість деталеоперацій за підвищення гнучкості ГАВ.

Принцип ієрархічності – це підпорядкування функціональних елементів, компонентів та автоматизованих засобів управління різних рівнів, забезпечення поєднання централізованого управління й автономності функціонування окремих елементів і підсистем ГАВ. На нижньому рівні ієрархії перебувають ГВМ. Вищий рівень містить два та більше елементів нижчих рівнів ієрархії.

Принцип інтеграції – це органічне поєднання виробничих процесів автоматизованих систем, їх злиття в єдиний виробничий процес і єдину систему керування.

Принцип сумісності – це оптимальне співвідношення універсальності та автоматизації програмно-керованого й програмно-переналагоджуваного обладнання, тобто характеристики елементів ГАВ і структурних зв'язків між системами повинні забезпечувати їх спільне функціонування з мінімальними доопрацюваннями.

Принцип розвитку – це забезпечення можливості доповнення, удосконалення й оновлення систем і компонентів ГАВ, що передбачає поетапний розвиток як щодо масштабів, так і щодо автоматизації.

1.5 Структура ГВС

1.5.1 Складові ГВС та їх визначення

Для ефективного функціонування ГВС вона повинна містити в собі низку підсистем. В основі ГВС лежить агрегатно-модульний принцип побудови (рис. 1.17), тому гнучкість системи є сумою гнучкостей складових її структурних модулів.

Транспортно-складський модуль охоплює три модулі.

Транспортний модуль – це комплекс автоматичних транспортних засобів (індивідуальних візків-робочарів, різних транспортерів, конвеєрів, рольгангів, транспортних роботів тощо) разом із системою автоматичного керування рухом цих засобів за маршрутом.

Складський модуль – це автоматичний склад. Він не є складом-накопичувачем у буденному розумінні. Це насамперед розподільник з автоматичною системою пошуку й перевантаження в склад і зі складу на транспортні засоби палет, піддонів, магазинів та ящиків із заготовками, а за певних умов – з оснасткою.

Установлювальний модуль містить комплекс устаткування дільниці установлювання заготовок у верстатні пристрої й на палети або їх набору в магазини та іншу тару, зокрема складання й зберігання технологічної оснастки.

Інструментальний модуль – це інструментальне забезпечення, об'єднане в підсистему керування інструментом, включаючи дільницю з підготовки та налагодження інструменту поза верстатом.

Виробничий модуль – це технологічне обладнання, що утворює верстатну систему ГВС. Окремі одиниці цього обладнання (найчастіше – гнучкий виробничий модуль ГВМ) можуть функціонувати як самостійно, так і в складі ГВС. Водночас усі функції, пов'язані з виготовленням виробу, здійснюються автоматично.

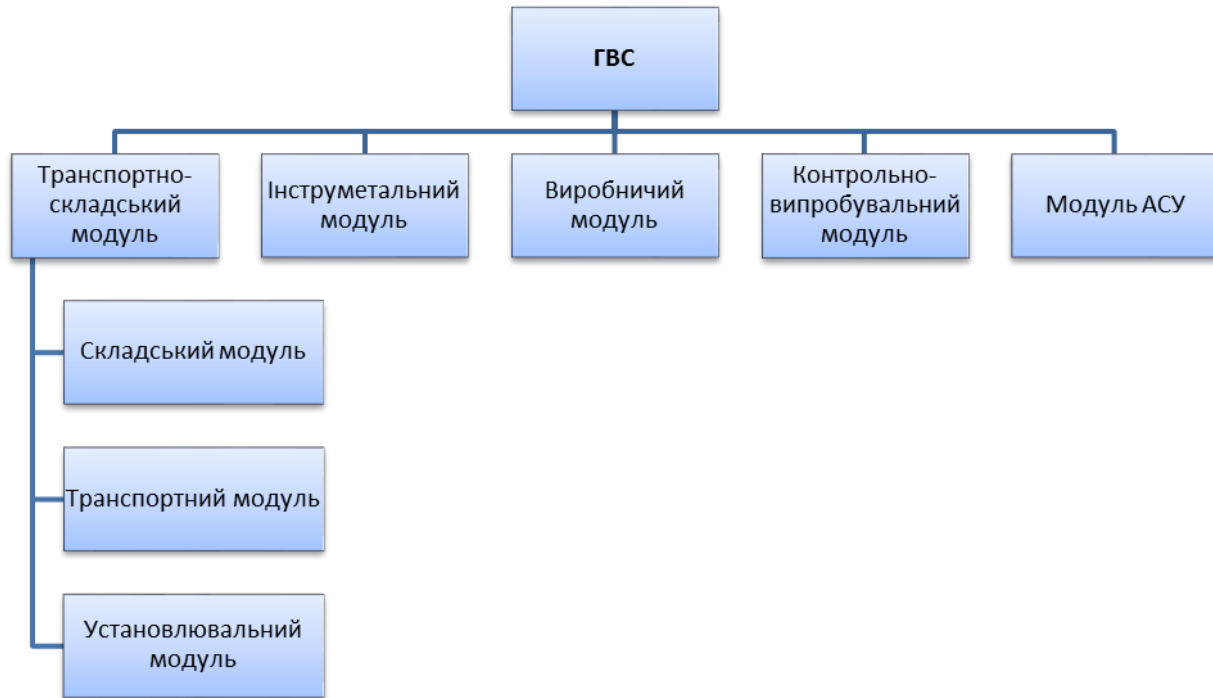


Рисунок 1.17 – Структурна побудова ГВС

Контрольно-випробувальний модуль складається з дільниці контролю якості, що містить у собі контрольно-вимірювальні машини з ЧПК, випробувальні стенди тощо.

Модуль АСК – це комплекс центральної ЕОМ з усім програмним і математичним забезпеченням.

1.5.2 Складський модуль ГВС

Пристрої складування в ГВС слугують для зберігання заготовок, частково або повністю оброблених деталей, а також технологічної оснастки й різального інструменту. До них належать центральні склади (централізоване зберігання) і приверстатні накопичувачі малої місткості (децентралізоване зберігання). Останні підвищують ефективність багатоопераційних верстатів із ЧПК за їх автономного використання, що особливо важливо в разі виходу з ладу окремих підсистем ГВС.

Центральний склад може бути трьох видів: у вигляді стелажа-накопичувача зі штабелером, конвеєра-накопичувача та в комбінації першого з другим. В останньому варіанті зв'язок між ними забезпечують спеціальним транспортним візком.

Стелаж-накопичувач може бути різного конструктивного виконання: одно- й двостороннім, одно- та багатоярусним. Обслуговування стелажа здійснюється штабелером (рис. 1.18).

Види конвеєрів-накопичувачів такі: замкнуті, ланцюгові, роликові, стрічкові й комбіновані.

Центральний склад, крім зберігання, виконує функції вирівнювання потоків заготовок та оброблених деталей. Це необхідно для скорочення часу обслуговування верстатів. Черга вимог, що виникає в системі, належить до центрального складу. Задоволення цієї черги здійснюється з урахуванням почерговості надходження заявок або на основі заздалегідь визначених пріоритетів.

Наявність центрального складу обумовлює незалежність робочих позицій одна від одної, тому що він може виконувати функції проміжного накопичувача під час передавання заготовки з одного верстата на інший.

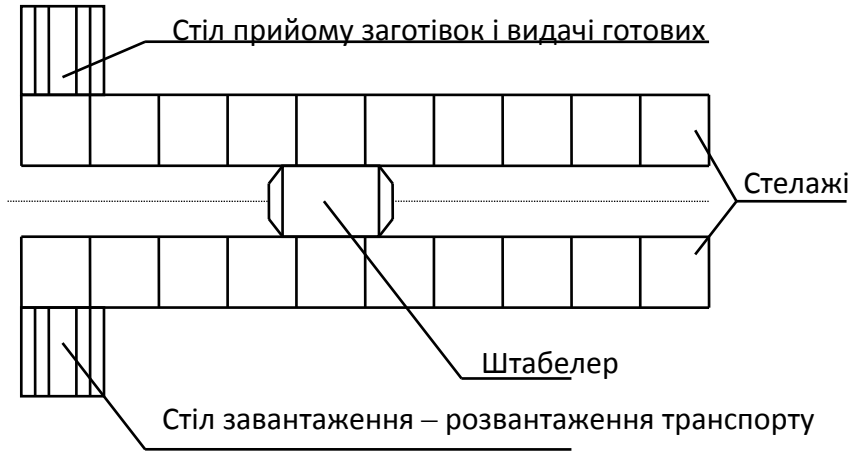


Рисунок 1.18 – Стелаж-накопичувач зі штабелером

Способи зберігання заготовок у складі обумовлені їх видом і прийнятою технологією оброблення. Під час оброблення корпусних деталей найбільшого поширення набула палетизація. У разі неї заготовки вручну встановлюють на універсальні пристрої-супутники (палети), що мають базову плиту із сіткою пазів та отворів, призначених для змінних базувальних і затискних елементів. Палети мають два точних координатних отвори, через які їх установлюють на робочих позиціях верстатів, що функціонують у ГВС. Використання палет на 30–35 % збільшує вартість складського модуля.

На сьогодні в певних закордонних компаніях Німеччини впроваджені переналагоджувані пристрої з ЧПК. У цих пристроях, жорстко закріплених на столах верстатів, базувальні

й затискні елементи автоматично переналагоджуються за заданою програмою від ЧПК. У такому разі палети не потрібні, а корпусні деталі встановлюються в пристрої промисловим роботом (ПР).

Заготовки деталей типу тіла обертання зберігають у контейнерах або магазинах. Усередині магазину встановлюють піддони, на яких на уніфікованих елементах знаходяться заготовки. Піддони в магазині зберігаються штабелями. Магазин має привід, який висуває кожний піддон окремо, щоб подати його на тактовий стіл для переміщення в робочу зону, обслуговувану ПР.

Складські модулі зазвичай передбачають хаотичне зберігання, тобто комірки складу не закріплюють за певним видом виробів або тари. Здебільшого ємність складу ГВС механічного оброблення становить 100–150 палет (магазинів).

1.5.3 Транспортний модуль ГВС

Під транспортним модулем розуміють транспорт, функціонально пов'язаний з основним і допоміжним обладнанням ГВС. Він забезпечує переміщення заготовок, оброблених деталей, різального інструменту, змінних агрегатів та вузлів (наприклад, багатошпindelних головок) тощо. До складу транспортного модуля можуть входити пристрої для подавання ЗОР, збирання й видалення стружки (відходів виробництва). Структура транспортного модуля наведена на рисунку 1.19.

Основним завданням потоку матеріалів є транспортування частково або повністю оброблених заготовок і деталей. Варто зазначити, що від гнучкості транспортної системи значно залежить гнучкість усієї ГВС.

Загальне різноманіття транспортних систем, використовуваних у ГВС, можна класифікувати зазначеним далі чином (табл.1.1).

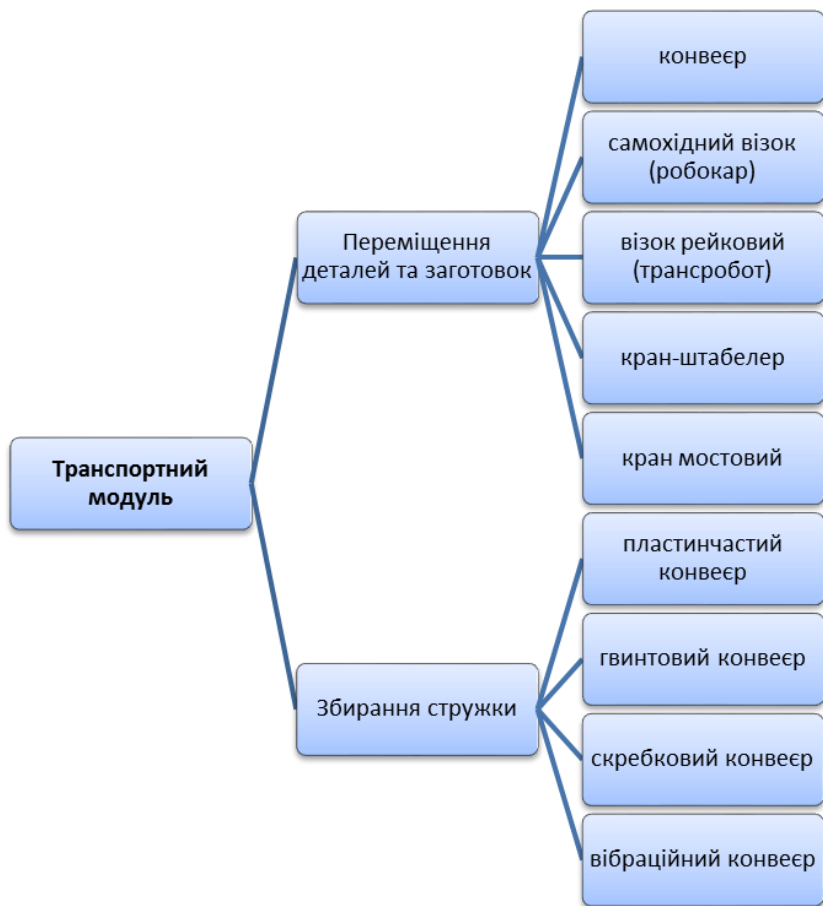


Рисунок 1.19 – Структура транспортного модуля ГВС

За лінійної структури транспортної системи, наприклад у потокових лініях, заготовки передаються від однієї робочої позиції до іншої за допомогою транспортера в суворій і незмінній послідовності. Для гнучких технологічних систем така форма транспортної системи малоефективна.

Замкнута структура транспортної системи передбачає суворо визначений замкнутий напрямок переміщення заготовок.

Така транспортна система функціонує здебільшого за допомогою роликівих транспортерів, втулично-роликівих ланцюгів тощо. Гнучкості системи в такому разі досягають тим, що за несприятливих умов завантаження окремих робочих позицій заготовки можуть неодноразово циркулювати в ній. Проте це призводить до збільшення часу транспортування.

Променева структура транспортної системи характеризується довільною послідовністю розміщення позицій оброблення й передбачає використання центрального складу. Можливості цієї структури транспортної системи досить високі.

Мережева структура транспортної системи забезпечує доставку заготовок на робочу позицію як через центральний склад, так і, минаючи його, безпосередньо з попередньої позиції. Остання обставина особливо важлива в разі оброблення великогабаритних та важких деталей.

Розглянута структура транспортних систем не виключає наявності проміжного накопичувача на кожній робочій позиції.

Ту або іншу структуру транспортної системи вибирають за характером оброблюваних деталей, складом обладнання, виробничими площами, необхідною гнучкістю ГВС та капітальними витратами. Найбільше можливостей для ГВС відкривають променева й, особливо, мережева структура транспортної системи.

Як транспортувальні пристрої використовують рейкові та самохідні візки, різні крани й конвеєри. Водночас конвеєри та рейкові візки обмежують гнучкість автоматизованої верстатної системи. На сьогодні більшість ГВС будують на базі самохідних візків (роботралерів, робокарів).

За призначенням робокари поділяють на такі види:

- робочий візок для транспортування вантажів;
- візок-тягач для переміщення вантажу в причіпних візках;
- візок-перекладник, який комплектують механізмами, що виконують завантажувально-розвантажувальні операції в автоматичному режимі.

Таблиця 1.1 – Структура транспортної системи ГВС

Структура організації транспортної системи		Послідовність позицій оброблення	Принцип переміщення	Накопичувальні властивості	Використання центрального складу	Принцип керування
Лінійна		Жорстка	Перервний	Малі	Не використовують	Незмінний пошуковий
Замкнена		Довільна	Безперервний, уривчастий	Великі	Часткове використання	Пошуковий, цільовий
Променева		Довільна	Уривчастий	Великі	Використовують	Цільовий
Мережева		Довільна	Перервний, безперервний	Великі	Використовують	Цільовий, пошуковий

Складові робокарів:

- платформа з приводом;
- система керування, що містить у собі ЕОМ;
- система стеження за рухом і пристрій контролю;
- система сигналізації та вбезпечення праці;
- допоміжне технологічне оснащення.

Маршрут переміщення робокарів залежить від системи наведення – індукційної або фотоелектричної. За індукційної системи наведення маршрут задає закладений у підлогу дротовий провідник, яким тече струм частоти 5–32 кГц, а за фотоелектричної – потік світла, відбитий від смуги фольги, наклеєної на підлогу. Точність позиціонування робокарів становить 1–4 мм.

1.5.4 Установлювальний модуль ГВС

Для автоматизації завантажувально-розвантажувальних робіт в установлювальному модулі ГВС передбачено обладнання (рис. 1.20).

Пристроями передавання в ГВС слугують стаціонарні зі штовхачами й поворотні столи, різні за конструкцією конвеєри тощо.

Автоматичний прийом заготовок і видача оброблених деталей здійснюються за допомогою спеціальних за конструкцією столів верстатів або пристроїв, установлюваних на столи звичайних верстатів.

1.5.5 Інструментальний модуль ГВС

Для ефективної роботи ГВС в ній повинно бути автоматизованим забезпечення верстатів різальним інструментом. Виконання цього завдання передбачає наявність у ГВС центрального складу інструментів, інструментальних

магазинів, транспортної системи доставки інструментів, а також дільниці підготовки інструментів до роботи й системи контролю його функціональної здатності на верстаті (рис. 1.21).

Вартість інструментального забезпечення ГВС становить близько 20 % усіх витрат. Для їх зменшення необхідно прагнути до скорочення номенклатури та кількості використовуваних у ГВС інструментів. Цього можна досягнути завдяки реалізації таких заходів:

- заміні декількох (функціонально однакових і різних) інструментів одним;
- заміні фасонних інструментів формоутворювальними інструментами;
- конструктивно-технологічній уніфікації геометричних елементів деталей.

Для потреб ГВС розроблені різні конструкції розточувальних оправок з автоматичним регулюванням вильоту різця з точністю до 0,005 мм, розгортки, що допускають накладення фасок під час зворотного ходу тощо.

Найбільш успішно питання інструментального забезпечення ГВС можна вирішити конструктивним компонуванням інструментів за агрегатно-модульним принципом. Зараз цей принцип реалізований як для свердлильно-фрезерно-розточувального, так і для токарного інструменту. Ці системи передбачають використання твердосплавних пластин із механічним кріпленням.

Варто зазначити, що наявність у ГВС центрального складу різальних інструментів має значні переваги. Найбільше це стосується оброблення широкої номенклатури корпусних деталей, особливо тоді, коли різального інструменту, встановленого в магазині верстата, може не вистачати для оброблення певної деталі.

Ємність центрального інструментального складу залежить від номенклатури оброблюваних деталей, частоти використання інструментів та їх стійкості.

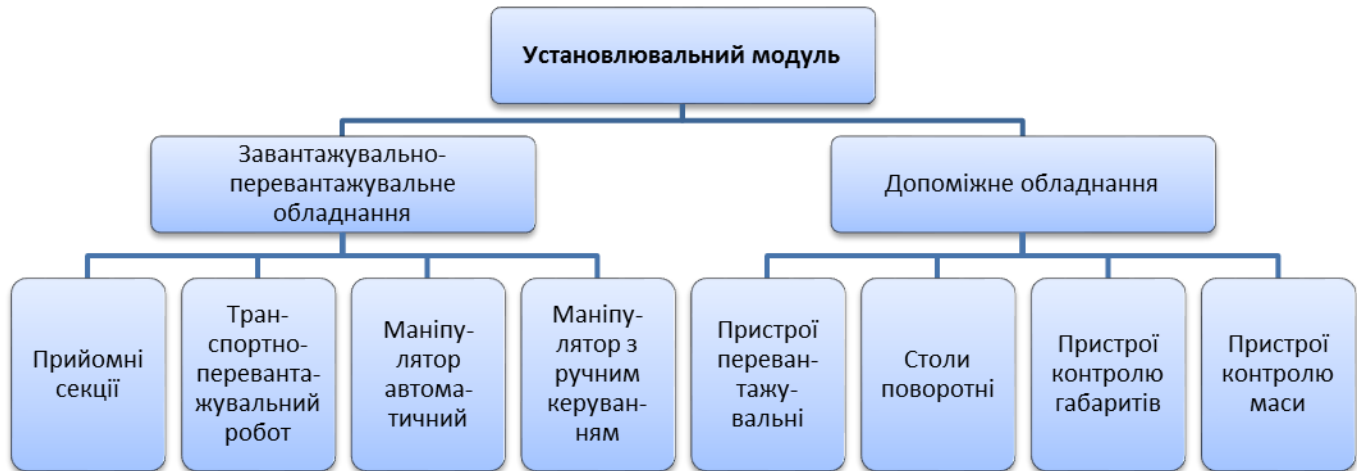


Рисунок 1.20 – Обладнання установлювального модуля

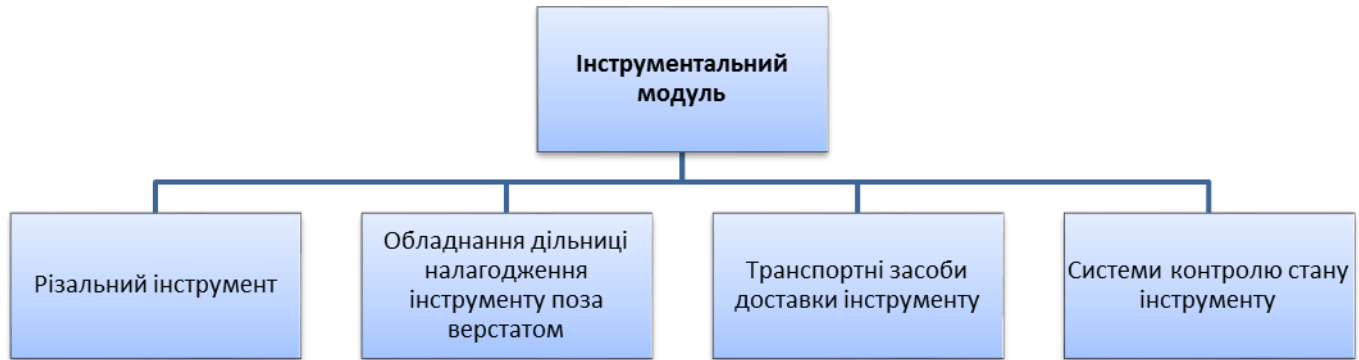


Рисунок 1.21 – Структура інструментального модуля

У центральному складі інструменти зберігають на спеціальних палетах. Оптимальна ємність приверстатних магазинів становить 40–45 інструментів. Доставка інструментів з центрального складу на верстат і їх заміна в приверстатних магазинах здійснюються за допомогою промислових роботів, робокарів тощо.

У разі роботи в автоматичному режимі особливого значення набуває визначення функціональної здатності різальних інструментів. Це складне питання вирішують за допомогою спеціальних пристроїв для контролю стану інструменту й поломок, робота яких базується на різних методах: контролі струму в ланцюзі головного привода, контактному обмацуванні, контролі різальної кромки лазерним та інфрачервоним випромінюванням тощо.

1.5.6 Модуль АСУ ГВС

У систему управління (СУ) ГВС входять апаратні й програмні засоби. Управління ГВС здійснюється на основі системи ЧПК. Система управління здебільшого має кілька рівнів (табл. 1.2). Її можна налаштувати на різні режими роботи: запуск, налагоджувальну, робочу, планову зупинки тощо.

Програмне забезпечення АСУ ГВС складається з головної керувальної програми (ГКП) та десяти підпрограм, кожна з яких виконує певні функції (табл. 1.3). Головна програма координує роботу підсистем.

Відповідно за функціональною відмінністю програмного забезпечення в АСУ ГВС виділяють дві великі підсистеми (рис. 1.22):

- технічного управління;
- організаційного управління.

Таблиця 1.2 – Рівні управління ГВС

Рівень управління	Керувальне обладнання	Масштаб управління
Верхній	Міні-ЕОМ із розширеною пам'яттю або середня ЕОМ	Управління системою, оптимізація роботи, диспетчеризація, зберігання масивів даних
Середній	Кілька міні-ЕОМ із меншою пам'яттю	Управління матеріальними потоками, взаємозв'язок роботи модулів ГВС
Нижній	Мікро-ЕОМ, мікропроцесори, ЧПК, командоапарати	Автономне керування модулями ГВС і технологічним обладнанням
Початковий	Датчики, кінцеві вимикачі	Стеження за станом роботи обладнання, параметрами технологічного процесу

Таблиця 1.3 – Підсистеми програмного забезпечення АСУ ГВС

№ пор.	Виконувані функції
1	2
1	Управління запуском обладнання ГВС
2	Коригування й відновлення інформаційних масивів
3	Управління технологічним обладнанням
4	Управління системою транспортування деталей
5	Управління системою транспортування інструменту
6	Управління налагоджувальними режимами
7	Управління плановою зупинкою
8	Формування інформаційних масивів та їх редагування
9	Підготовка й виведення інформації на аналогово-цифровий пристрій керування та дисплей
10	Уведення, зберігання й редагування КП оброблення

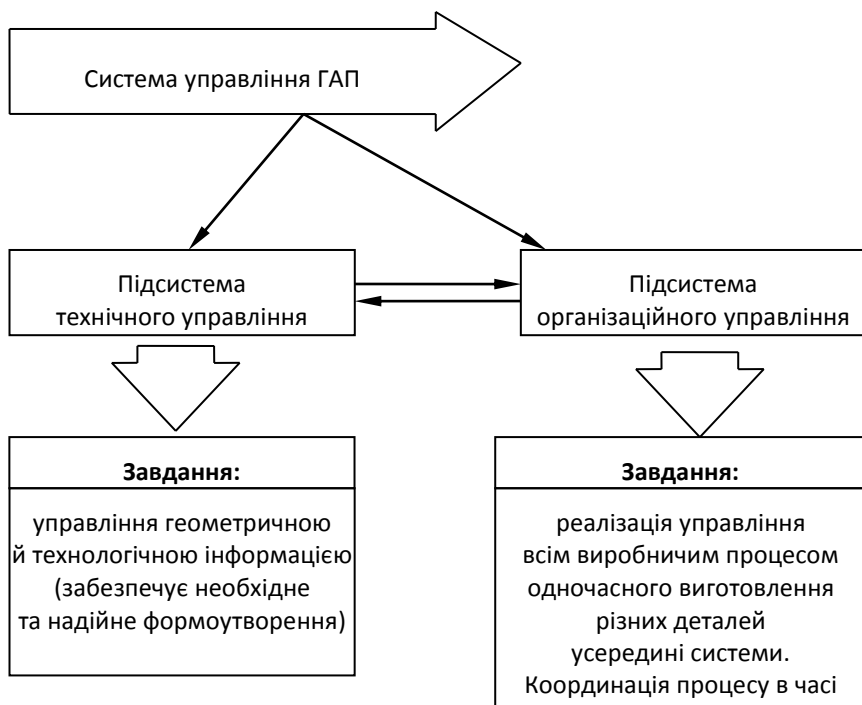


Рисунок 1.22 – Підсистеми управління ГВС

Технічна підсистема реалізує управління геометричною та технологічною інформацією. Вона керує процесами формоутворення й налаштування обладнання, здійснює адаптивне управління обробленням і технічне діагностування модулів ГВС.

Організаційна підсистема керує робочим процесом ГВС у часі загалом. Основними функціями цієї підсистеми є облік та контроль стану деталей і заготовок, оптимізація маршруту оброблення відповідно до актуальної ситуації, управління матеріальним потоком заготовок, інструментів та деталей (диспетчеризація), накопичення й редагування бібліотеки керувальних програм оброблення.

Система управління ГВС може бути інформаційно пов'язаною з АСТПП та АСУП. Сукупність ГВС, АСТПП та АСУП утворює концепцію інтегрованого виробництва, що за кордоном називають CAD-CAM.

1.5.7 Контрольно-випробувальний модуль ГВС

Контроль після оброблення в ГВС слугує насамперед для статистичного аналізу рівня якості продукції. Деталі надходять на контрольно-вимірювальний стенд, на якому розмір перевіряється електронним калібром, або координатно-вимірювальну машину (КВМ). Через систему зворотного зв'язку дані, одержані в результаті проведення вимірів, використовують для коригування параметрів процесу оброблення. Перед вимірюванням деталі проходять миття й сушіння, а впродовж нього підтримують постійний температурний режим. На КВМ оброблена деталь транспортується в автоматичному режимі.

Для підвищення гнучкості КВМ повинна бути обладнаною пристроєм для автоматичної зміни вимірювальних наконечників (шупів). Вимірювання починається з визначення просторового положення деталі на КВМ і відповідної трансформації координат. Потім відповідно до заданої програми виконуються самі вимірювання.

Керувальні програми для КВМ можуть складати одним із трьох способів: звичайним програмуванням переміщень за допомогою спеціалізованої мови; самонавчанням із контролю першої деталі; програмуванням на базі КП оброблення або програми, використовуваної в САПР.

1.6 Автоматичний контроль у ГВС

1.6.1 Система автоматичного контролю в ГВС

Система автоматичного контролю (САК) в ГВС є його найважливішою ланкою. Загалом саме від неї залежить можливість реалізації безлюдного виробничого процесу. Вона повинна забезпечувати, з одного боку, необхідний рівень якості продукції способом контролю параметрів заготовок, інструменту, пристроїв, режимів оброблення, вимірювання й випробування деталі, а з іншого – максимальну ефективність ГВС завдяки підтриманню її у функціонально здатному стані (контролю та діагностуванню технологічного обладнання, системи управління й програмного забезпечення). Типова структура САК ГВС охоплює три рівні: верхній, середній, нижній.

Об'єктом контролю верхнього рівня є сукупність модулів ГВС (транспортно-складського, контрольно-випробувального, виробничого тощо), а засобом контролю – керувальний обчислювальний комплекс на базі міні-ЕОМ.

Об'єктом контролю середнього рівня є окреме технологічне обладнання – верстат із ЧПК, робот тощо, а засобом контролю – керувальний обчислювальний комплекс на базі мікро-ЕОМ.

Об'єктом контролю нижнього рівня є складові частини технологічного обладнання – керований рухомий орган, передавальна ланка, об'єкт оброблення тощо. Засобами контролю на нижньому рівні можуть бути різні датчики: торкання, позиціонування, температури, вологості тощо.

Автоматичний контроль у ГВС проводиться безперервно на всіх стадіях виготовлення деталей: перед обробленням, під час нього й після його завершення (табл. 1.4).

Контроль перед обробленням спрямований передусім на забезпечення безперебійної роботи устаткування. Контроль під час оброблення необхідний не лише для цього, а й для запобігання різним дефектам і браку. Контроль після

оброблення передбачений переважно для статистичного аналізу якості виготовленої продукції.

У структурі системи автоматичного контролю в ГВС особливе значення мають система технічної діагностики (СТД) технологічного обладнання, підсистеми контролю якості оброблення на верстаті й контролю стану інструменту на верстаті.

1.6.2 Система технічної діагностики обладнання

Система технічної діагностики (СТД) містить у собі п'ять підсистем:

- контролю готовності верстата до роботи;
- оперативної циклової діагностики;
- оперативної вузлової діагностики;
- спеціальних методів діагностики;
- діагностики за результатами оброблення деталей.

Функції кожної підсистеми СТД та параметри контролю репрезентовані в таблиці 1.5.

Засобами контролю першої підсистеми можуть слугувати кінцеві вимикачі, безконтактні датчики, датчики тиску тощо. Вони забезпечують автоматичний контроль підготовки верстата до роботи, після чого видається дозвільний сигнал на ввімкнення верстата.

Оснovoю оперативної циклової діагностики становлять датчики положення й зворотного зв'язку, таймери ЕОМ системи керування верстатом. Ця підсистема здійснює оперативний пошук місця та причини відмови за циклом.

За допомогою датчиків контролю системи сервісу управління верстатом (сили й потужності, струму, тиску та ін.) проводиться оперативна вузлова діагностика. Її результатом є визначення причин несправності вузлів, оперативний профілактичний контроль їх стану, давання сигналу на проведення технічного обслуговування тощо.

Таблиця 1.4 – Автоматичний контроль у ГВС

	Перед обробленням	Під час оброблення	Між двома ТП	Після оброблення
1	2	3	4	5
Контроль заготовки (деталі)	<ul style="list-style-type: none"> - припуск (розподіл переходів); - твердість (розподіл проходів); - відповідність заготовки; - відповідність палети; - положення 	<ul style="list-style-type: none"> - правильність заготовки; - правильність палети; - форма (вихідна, проміжна, остаточна); - якість: - розмір, допуск; - шорсткість; - розміщення (трансформація); - коригування значень 	<ul style="list-style-type: none"> - форма; - якість: - розмір, - допуск; - шорсткість; - розміщення (поправки) 	<ul style="list-style-type: none"> - форма; - якість: - розмір, - допуск; - шорсткість; - розміщення (статистика, тренди)
Контроль інструменту	<ul style="list-style-type: none"> - розміри (поправки); - форма (поправки); - знос; - поломки; - правильність 	<ul style="list-style-type: none"> - знос (непередбачений, накопичувальний); - поломка інструмента (заміна); - правильність параметрів різання: режимів (коригування); вібрації (ліквідація), виду стружки 	<ul style="list-style-type: none"> - знос (непередбачений); - поломка (заміна інструмента, заміна виду заготовки); - стружка 	

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5
Контроль (загальний)	<ul style="list-style-type: none"> - контроль наявності заготовки, інструменту, даних про процес оброблення; - моделювання процесу оброблення 	<ul style="list-style-type: none"> - збирання даних про процес; - діагностика; - індикація збоїв; - корекція; - зупинка системи 	<ul style="list-style-type: none"> - загальна статистика даних; - статистика помилок (тренд, аналіз причин та їх усунення) 	

Таблиця 1.5 – Функції підсистем СТД і параметри контролю

Підсистема СТД	Функції	Параметри контролю
1	2	3
Контроль готовності верстата до роботи	Автоматичний контроль за підготовкою верстата до роботи. Видавання дозволу на пуск верстата	1. Наявність заготовки на верстаті, інструменту в магазині, тиску в гідросистемі, охолоджувального мастила й повітря в магістралях. 2. Контроль подавання мастила до вузлів верстата
Оперативна циклова діагностика	Оперативний пошук місця й причини відмови або збою в циклі. Сигнал про порушення циклу. Облік кількості та часу простоїв. Сигнал на зміну інструменту	1. Час виконання циклу та його елементів. 2. Ресурс різальних інструментів. 3. Час простоїв з організаційних причин: відсутність заготовок, інструментів, КП тощо
Оперативна вузлова діагностика	Визначення причин несправностей вузлів. Оперативний профілактичний контроль стану вузлів. Сигнал на проведення техобслуговування	1. Момент у приводі подач. 2. Тиск у гідросистемі. 3. Перегрів двигунів. 4. Зусилля затиску в пристосуванні. 5. Помилки в системі стеження за координатами

Продовження таблиці 1.5

1	2	3
Спеціальні методи діагностики	Виявлення процесів, що повільно змінюються. Визначення ресурсу функціональної здатності верстата	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зони нечутливості приводу, точності позиціонування, швидкодії. 2. Точність установки інструменту в шпинделі верстата. 3. Жорсткість стиків вузлів. 4. Відносне розміщення вузлів верстата
Діагностика за результатами оброблення деталей	Запобігання браку. Контроль геометричної точності верстата та її прогнозування на наступний період експлуатації	<ol style="list-style-type: none"> 1. Відносне положення оброблених поверхонь. 2. Точність розмірів. 3. Шорсткість поверхонь. 4. Похибка форми поверхонь

1.6.3 Контроль якості оброблення на верстаті

Для досягнення необхідної точності оброблення й профілактики браку в складі САК створюють систему метрологічного забезпечення.

Основною частиною цієї системи є автоматизований контроль розмірів оброблюваної деталі безпосередньо на верстаті, здійснюваний телеметричною (щуповою, лазерною) голівкою.

Голівка монтується на стандартній інструментальній оправці конічної форми та встановлюється в гніздо інструментального магазину верстата типу ОЦ. За командою вона переноситься в шпindelь верстата. Останній переводиться в режим вимірювання.

Перед вимірюванням голівкою визначається фактичний стан заготовки на столі верстата й подається команда на зсув (корекцію) початку відліку системи координат. Упродовж вимірювання голівкою визначається величина, що підлягає зніманню припуску для досягнення високої точності оброблення певної поверхні. Після завершення оброблення виконується обмір оброблених поверхонь і їх фактичні розміри виводяться у вигляді протоколу контролю.

На токарних верстатах вимірювальна голівка жорстко закріплюється в одному з гнізд револьверної головки.

1.6.4 Контроль стану інструменту на верстаті

Якість оброблення деталей у ГВС значно залежить від стану різального інструменту. Тому в структурі системи автоматичного контролю ГВС створюється підсистема контролю стану інструменту безпосередньо на верстаті.

Кожному інструменту, використовуваному в ГВС, призначають гарантований термін придатності (стійкості), а система управління ГВС визначає фактично оброблений ним

час. Після закінчення терміну придатності інструмент не допускають до подальшого використання й замінюють на дублер.

Така система контролю стану інструменту здебільшого забезпечує роботу якісним інструментом, але в неї є недолік – помилки під час призначення терміну придатності (стійкості), що може коливатися в широких межах залежно від якості виготовлення інструменту (матеріалу, термічного оброблення, заточування тощо), нестабільності властивостей оброблюваного матеріалу заготовки, змінності припуску, зміни умов охолодження тощо.

Аварійну ситуацію може спричинити також поломка інструмента. Це часто трапляється під час свердління отворів малих діаметрів, нарізування різьблення мітчиком і виконання інших операцій. Зважаючи на це, водночас із системою обліку часу роботи інструменту в ГВС застосовують різні методи прямого або непрямого контролю за станом інструменту.

Для виявлення поломки інструменту переважно використовують пневматичні та електричні детектори, що функціонують за принципом кінцевого вимикача (у разі відсутності інструменту в шпинделі в період атестації детектор вимикає верстат). Значно поширені датчики дотику, а також сенсорні (безконтактні) датчики, установлені на столі верстата. У разі їх використання інструмент, установлений у шпиндель, підводиться за програмою до датчика, що дає змогу визначити його фактичні розміри.

Для виявлення поломок свердл діаметром 5 мм та мітчиків М10 і більше використовують пристрій вимірювання виходу струму навантаження двигуна шпинделя за верхню або нижню межу. Верхня межа свідчить про затуплення інструмента, нижня – про поломку.

Для виявлення зносу й поломки інструменту необхідні тензометричні пристрої вимірювання сили на приводах подач і шпинделя.

1.7 Верстатна система ГВС та її структура

Основним елементом ГВС є технологічне обладнання, що утворює так звану верстатну систему (виробничий модуль). Склад технологічного обладнання ГВС обумовлений технологічним сімейством (групою) деталей, що підлягають обробленню.

Верстатна система являє собою сукупність верстатів і верстатних модулів. Залежно від типу ГВС її можуть формувати на базі верстатів загального використання, спеціалізованих і спеціальних верстатів. Класифікація верстатних систем ГВС наведена на рисунку 1.23, на якому:

- МЦС – універсальні багатоцільові верстати з ЧПК типу ОЦ і ТОЦ;
- С, Ф, Р, Т – одноцільові свердлильні, фрезерні, розточувальні й токарні верстати з ЧПК;
- ПАС – переналагоджувані агрегатні верстати з автоматичною зміною багатшпindelних головок (БШГ) – мультицентр;
- АС, СС – агрегатні та спеціальні верстати з ЧПК.

Однією з основних тенденцій сучасного машинобудування є все частіше використання для оброблення корпусних деталей МЦС із ЧПК типу обробний центр (ОЦ), а для оброблення деталей типу тіла обертання – типу токарний обробний центр (ТОЦ). У результаті оснащення спеціальними пристроями й системами, що забезпечують тривалу роботу в автоматичному режимі офлайн, вони перетворюються на ГВМ.

Для збільшення часу автономної роботи ГВМ їх оснащують багатомісними транспортно-накопичувальними пристроями (рис. 1.24). У найпростішому варіанті ГВМ може мати два робочих столи (рис. 1.24 а).

Більш досконалим є ГВМ із кроковим конвеєром-накопичувачем палет на 4, 6, 8 або 12 заготовок. Такий модуль може легко вбудовуватися в ГВС.

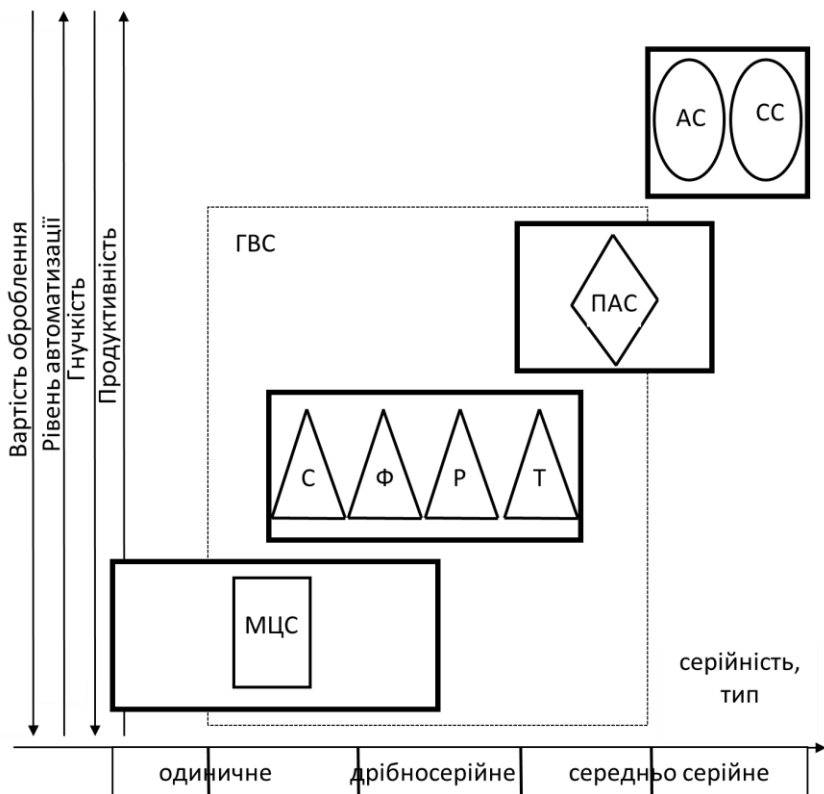


Рисунок 1.23 – Класифікація верстатних систем

У такому разі палети перевантажуються на кроковий конвеєр-накопичувач роботом або робокаром.

За невеликої кількості палет із заготовками використовують поворотні транспортно-накопичувальні пристрої кругового типу (рис. 1.24 б), а за великої – овального типу (рис. 1.24 в). Для економії виробничої площі накопичувальні приверстатні пристрої можуть мати вертикальне виконання.

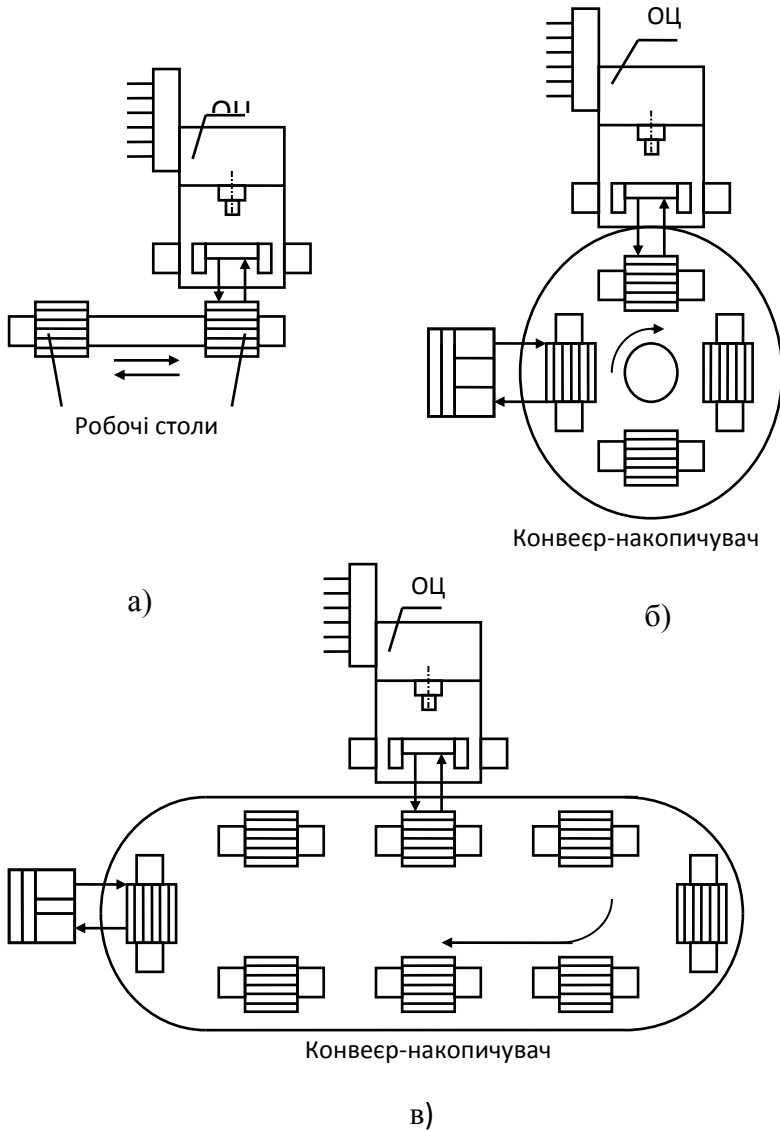


Рисунок 1.24 – Варіанти компоновки ГВМ:
 а) із двома робочими столами; б) із круговим накопичувачем;
 в) із накопичувачем овального типу

У разі використання ТОЦ актуальною є проблема автоматичного переналагодження патронів. Низка фірм використовує патрони зі збільшеним ходом кулачків від приводу, інші – пристрої для автоматичної зміни кулачків у патронах, що складаються з робота-маніпулятора й поворотного магазину-накопичувача для зберігання кулачків.

Для підвищення гнучкості великосерійного виробництва здебільшого використовують переналагоджувані агрегатні верстати з ЧПК (ПАС). Їх іноді називають мультицентром. Приклад компоновання ПАС наведено на рисунку 1.25.

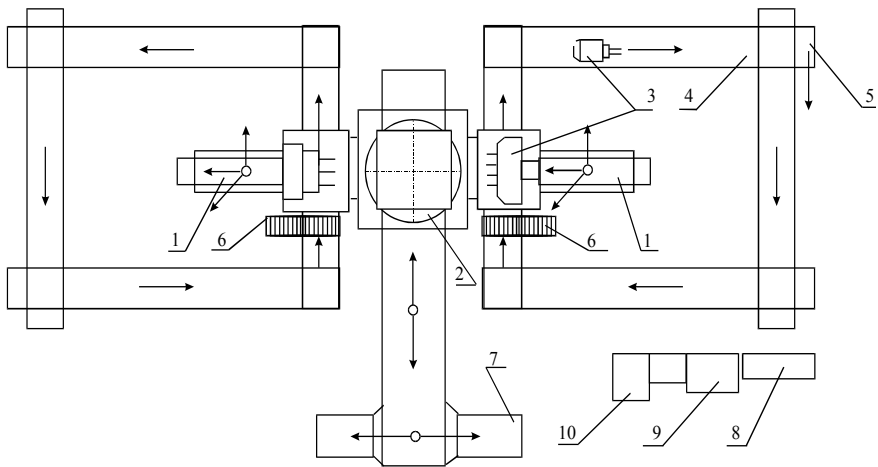


Рисунок 1.25 – Приклад компоновання двостороннього переналагоджуваного агрегатного верстата з ЧПК:

- 1 – силовий стіл із приводною головкою (хрестова рухома стійка);
- 2 – нерухомо-поворотний стіл із човниковим завантаженням;
- 3 – багатшпindelна головка (БШГ);
- 4 – накопичувач БШГ;
- 5 – позиція знімання БШГ із накопичувача;
- 6 – позиція завантаження БШГ на силовий стіл;
- 7 – позиція зміни заготовок на супутнику;
- 8 – монітор системи управління;
- 9 – пристрій ЧПК типу CNC;
- 10 – пульт управління системи ЧПК

У наведеному прикладі магазин-накопичувач багатошпиндельних головок переважно виконують у вигляді ланцюгового або роликового транспортера.

В умовах автоматизованого великосерійного й масового виробництв для підвищення гнучкості використовують агрегатні верстати з ЧПК (АС) та спеціальні верстати з ЧПК (СС). Для АС із ЧПК найбільш актуальним є завдання їх створення з агрегованих вузлів і конструкцій. Приклад компоновання переналагоджуваного агрегатного верстата з ЧПК (мультицентра), складеного з окремих агрегованих блоків, зображений на рисунку 1.26.

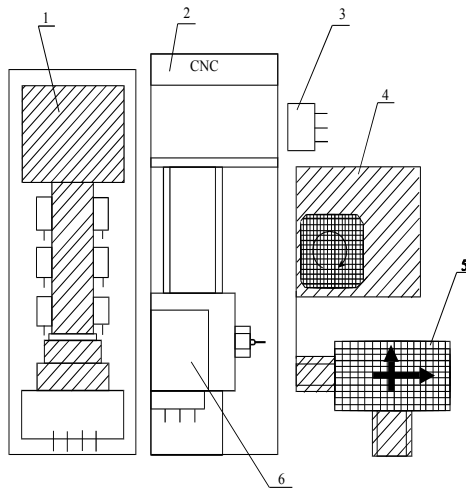


Рисунок 1.26 – Схема мультицентра

з агрегованих вузлів фірми «Ямазакі»:

- 1 – агрегат для зберігання інструментальних магазинів;
- 2 – агрегат управління (система ЧПК типу CNC);
- 3 – інструментальний магазин із БШГ;
- 4 – поворотний нерухомий стіл (НПС 1А);
- 5 – хрестовий рухомий стіл; 6 – хрестова рухома стійка

1.8 Гнучка виробнича система у виробництві

1.8.1 Вибір і компоновання верстатів у ГВС

Вартість верстатної системи становить від 60 % і більше вартості всієї ГВС, тому формування оптимального складу технологічного устаткування є важливим завданням.

Верстати для ГВС варто вибирати за принципом їх взаємодоповнення або взаємозамінності.

Перший принцип подібний до традиційного, тобто верстати на ділянці розміщують у технологічній послідовності. Наприклад, якщо на ділянці обробляються деталі типу тіла обертання, вона повинна бути такою: фрезерно-центрувальні, токарні, фрезерні, зуборізні, свердлильні тощо. У цьому разі кожний новий вид верстата розширює технологічні можливості ділянки.

Недоліком таких ГВС є їх низька надійність, тому що відмова одного з верстатів обмежує функціональну здатність системи й номенклатуру виготовлених деталей.

Другий принцип базується на використанні верстатів однієї моделі, що підвищує надійність системи загалом. Але технологічні можливості ГВС, побудованих відповідно до нього, невеликі. Цей недолік частково можна усунути завдяки використанню взаємозамінних багатоцільових верстатів. У такому разі розміщення взаємозамінного обладнання перестає відігравати важливу роль, а транспортний модуль проєктують так, щоб була можливість обслуговувати будь-які верстати ГВС в будь-якій послідовності незалежно від їх місця.

Пропонують різні варіанти компоновання обладнання ГВС, основними з яких є зазначені далі.

Варіант 1. Ураховують принципові особливості технології механічного оброблення різних типів деталей. Відповідно до них ГВС поділяють на три типи:

- для деталей типу тіла обертання;
- для корпусних деталей;

- для плоских і призматичних деталей.

Варіант 2. Орієнтуються на серійність виробництва. Відповідно до неї виділяють такі типи ГВС:

- спеціалізовані (для оброблення невеликої за номенклатурою групи технологічно однотипних деталей);
- широкономенклатурні (для оброблення деталей у середньосерійному виробництві);
- широкоуніверсальні (для оброблення деталей у дрібносерійному виробництві).

Варіант 3. Беруть до уваги розміщення устаткування в ГВС. Цей варіант передбачає чотири схеми компоновання верстатів:

- послідовну (потоківу);
- секційну;
- модульну;
- комбіновану.

На основі перших двох схем формують ГАЛ. За модульною й комбінованою схемами створюють ГАД.

1.8.2 Етапи створення ГВС у виробництві

Концепція гнучкого автоматизованого виробництва може бути реалізованою лише на базі ГВС, що відповідають таким принципам, як:

- 1) забезпечене групове оброблення деталей;
- 2) наявність багатоцільових верстатів типу ОЦ і ТОЦ;
- 3) програмне керування верстатами безпосередньо від ЕОМ;
- 4) передбачений зворотний потік інформації від верстатів до ЦЕВМ.

Створення ГВС у виробництві охоплює розглянуті далі етапи.

Етап 1. Упровадження групової технології, модернізація наявних ОЦ (ТОЦ) і верстатів із ЧПК для забезпечення можливості їх убудовування в ГВС. Придбання необхідного додаткового обладнання з ЧПК. Вибір схеми й планування ГВС з урахуванням систем транспортування, відведення стружки та інших відходів виробництва.

Етап 2. Переведення всіх верстатів із ЧПК на управління від ЕОМ. Підготовка й перепідготовка кадрів. Створення єдиної системи інструментального господарства.

Етап 3. Інтеграція ГВС з автоматизованою системою технічної підготовки виробництва та автоматизованою системою управління проектами. Єдине управління верстатами, складом і транспортом на базі ЦЕВМ.

Етап 4. Організація роботи ГВС у «безлюдному» режимі у вільну зміну.

Етап 5. Розроблення й упровадження різних пристроїв, що підвищують надійність, рівень автоматизації та ступінь гнучкості ГВС.

1.8.3 Основні показники використання ГВС

Накопичений досвід експлуатації ГВС дає змогу виявити їх основні переваги й недоліки. У результаті впровадження ГВС збільшуються мобільність і фондovіддача виробництва, зростає продуктивність праці, підвищується якість продукції (рис. 1.27).

Основні недоліки ГВС пов'язані насамперед із їх високою вартістю. Зокрема, якщо взяти за 100 % витрати безпосередньо на верстати з ЧПК, що входять до складу ГВС, то необхідні на іншу «гнучку автоматизацію» кошти можна репрезентувати як схему, наведену на рисунку 1.28.

Проблематичною для ГВС також є велика номенклатура різних документів, зокрема абсолютно нових.



Рисунок 1.27 – Основні переваги ГВС

Складність і недостатня надійність програмного керування й апаратного забезпечення призводять до значних простоїв, що можуть становити до 60 % сумарного часу простоїв системи.

Досить складним та дорогим є вирішення питань автоматичного відведення й прибирання стружки в умовах ГВС, а також низка інших.

Упровадження ГВС потребує серйозних організаційних змін, а також значно більшої уваги до планування та додержання виробничої дисципліни.

Якщо впровадити ГВС без відповідних організаційних заходів, їх потенційні можливості не будуть повністю реалізованими.

Розвиток гнучкого виробництва повинен бути орієнтованим не лише на технологію й можливості технічного прогресу, а й на людину, її межі та реальні здатності.

Тому ГВС потрібно впроваджувати насамперед на тих виробництвах, на яких переважає фізична, небезпечна для здоров'я й малокваліфікована праця, а також там, де потрібна велика кількість підсобної, допоміжної праці.

За вітчизняними та зарубіжними даними, основними показниками ефективності ГВС є:

- зменшення кількості обслуговчого персоналу (в 3–5 разів);
- скорочення періоду підготовки виробництва (в 10 і більше разів);
- скорочення виробничого циклу (в 1,5–4 рази);
- збільшення обсягу випуску продукції (удвічі);
- скорочення займаної виробничої площі (в 1,5–2 рази);
- термін окупності ГВС становить у середньому 2,5–3 роки.

1.9 Основи управління точністю оброблення в ГВС

1.9.1 Вимоги до деталей, оброблюваних у ГВС механічного оброблення

Загалом вимоги до конструкції й креслень деталей, оброблюваних у ГВС, аналогічні вимогам до проєктування оброблення деталей на верстатах із ЧПК. В основу цих вимог покладено два принципи:

- забезпечення нормальних умов механічного оброблення різанням в автоматичному циклі;
- зручність програмування процесу оброблення.

Для деталей, оброблюваних у ГВС, необхідно також забезпечити можливість автоматичного виконання завантаження, транспортування та інших допоміжних переходів. Крім того, є низка нових специфічних вимог.

Деталі, оброблювані в ГВС, повинні мати:

- подібні матеріали, конструктивно-геометричні параметри та технологічні операції;
- явно виражені бази й ознаки орієнтації.

Потрібно, що конструкція деталей забезпечувала можливість виконання якомога більшої кількості переходів за одне установлення. Для деталей без конструктивних отворів та елементів, що могли б служити базами, необхідно вводити технологічні отвори й жорстко приєднувати їх до конструктивних елементів.

Варто чітко відокремлювати оброблювані поверхні від необроблюваних, передбачаючи виступи.

Клас точності оброблення не повинен перевищувати точність, забезпечувану верстатами з ЧПК. Координати всіх елементів, зокрема отворів, необхідно задавати в прямокутній системі, а розміри, що обумовлюють взаємне розміщення оброблюваних поверхонь, – від базової поверхні.

Небажані різьбові отвори, менші за М6. Неприпустиме оброблення великих торців отворів зі зворотного боку стінок

деталі. Оброблювані поверхні доцільно сполучати з однаковими радіусами по всьому контуру, як внутрішньому, так і зовнішньому.

Твердість заготовок повинна коливатися в невеликих межах.

1.9.2 Обґрунтування необхідності управління процесом досягнення необхідної точності в ГВС

У ГВС використовують велику кількість різноманітного взаємозамінного допоміжного інструменту й взаємозамінного технологічного оснащення: супутників, затискних пристроїв, адаптерів. Незважаючи на високу точність виготовлення, велика кількість оснащення спричиняє утворення довгих та розгалужених розмірних зв'язків і, як наслідок, великих похибок оброблення. Сумарна величина цих похибок може досягати 0,08–0,1 мм, що в кілька разів перевищує похибку позиціонування робочих органів верстата, яка становить 0,01–0,03 мм, та встановлені на оброблення допуски лінійних і діаметральних розмірів (0,03–0,05 мм).

За цих умов необхідно підналагоджувати обладнання за результатами виконання перших проходів або оброблення перших деталей. Це призводить до втрати продуктивності й додаткових витрат праці висококваліфікованого налагоджувача-оператора. Крім того, втрачається сенс організації ГВС, оскільки в такому разі вона не дає змоги забезпечувати необхідну точність оброблення в автоматичному режимі.

Щоб уникнути постійних підналагоджень, можна висувати суворіші вимоги до точності використовуваного контрольно-вимірювального та технологічного оснащення, різального й допоміжного інструменту. Але це значно підвищує витрати на їх виготовлення та експлуатацію.

Отже, у ГВС необхідно автоматично керувати процесом досягнення необхідної точності за допомогою спеціальних систем. Реалізацію цього напрямку можна розглянути на

прикладі оброблення корпусної деталі на вертикальному багатоцільовому верстаті (МЦС) із ЧПК.

Система компенсації похибок верстата (СКПС) удвічі підвищує точність позиціювання. Узагальнено СКПС являє собою набір відповідних алгоритмів (їх кількість приблизно дорівнює кількості компенсованих похибок), чітко закладених у пам'ять пристрою ЧПК, що впливають на спеціально передбачений у конструкції верстата блок корекції приводу (БКП). Зазначена система корегує рух робочих органів верстата залежно від їх координат у робочій зоні, навантаження, температури, вібрації тощо.

1.10 Промислові роботи в ГВС

1.10.1 Загальні відомості про роботів

Роботи й робототехніка пройшли короткий, але стрімкий шлях розвитку. Сучасні роботи з'явилися в 1959 р., коли в США створили перші промислові маніпулятори з програмним керуванням. У 1962 р. фірмами «UniMachines» та «American Machine & Foundry» були розроблені перші американські промислові роботи «Unimate» і «Versatran» відповідно, призначені для обслуговування технологічних процесів: лиття під тиском, кування, механічного оброблення, точкового зварювання, нанесення покриттів.

Їх використання в автомобільній та металургійній промисловостях виявилось економічно вигідним: витрати на придбання зазначених роботів (25–35 тис. дол. за 1 одиницю) окупалися за 1,5–2,5 року. Про них писали так: «В американській металообробній промисловості з'явився новий тип виробничого робітника, який не належить до профспілки, не п'є кави в обідню перерву, працює 24 години на добу й не цікавиться соціальною або пенсійною допомогою. Він опановує нову роботу за декілька хвилин і завжди виконує її ідеально,

ніколи не скаржитися на спеку, пил, запахи та не зазнає каліцтв. Це промисловий робот».

Роботів можна класифікувати за найрізноманітнішими ознаками. Найбільш загальними й змістовними є класифікації за призначенням, класом виконуваних завдань та особливостями керування.

Оскільки з розвитком робототехніки є неминучим формування й упровадження в нові сфери виробництва вдосконалених поколінь роботів, класифікації за призначенням і класом виконуваних завдань неможливо завершити. Вони певною мірою характеризують шлях розвитку роботів, а тому можуть бути названими еволюційними.

За призначенням та класом виконуваних завдань роботів усіх поколінь можна поділити на дві великі групи: промислових і дослідницьких.

Промислові роботи (ПР) – це роботи, призначені для важкої, монотонної, шкідливої й небезпечної для здоров'я фізичної праці, а також виконання окремих видів трудомісткої, напруженої та виснажливої розумової роботи (проектування, інформаційного забезпечення, керування).

Відповідно до конкретних сфер використання виділяють низку різновидів промислових роботів.

Завдання найбільш функціонально досконалих на сьогодні промислових роботів – автоматизація основних і допоміжних операцій у різних галузях промисловості: машино- й приладобудуванні, гірничодобувній, нафтохімічній, металургійній, атомній та інших промисловостях.

За виробничо-технологічними ознаками промислових роботів поділяють на три групи:

- виробничі, або технологічні (ВПР, або ТПР), призначені для основних операцій технологічних процесів;
- підйомно-транспортні, або допоміжні (ПТПР, або ДПР), що виконують дії на зразок узяти / перенести / покласти;
- універсальні (УПР) для разових операцій (як основних, так і допоміжних).

За спеціалізацією бувають такі промислові роботи:

1) спеціальні, що виконують певні технологічні операції або обслуговують конкретні моделі технологічного обладнання;

2) спеціалізовані, або цільові, призначені для технологічних операцій одного виду (зварювання, складання, фарбування тощо) або обслуговування певної групи моделей технологічного устаткування, об'єднаних спільністю маніпуляційних дій;

3) універсальні, або багатоцільові, орієнтовані на виконання як основних, так і допоміжних технологічних операцій різних видів та з різними групами моделей технологічного обладнання.

Дослідницькі роботи (ДР) – це роботи, призначені для пошуку, збирання, оброблення й передавання інформації про досліджувані об'єкти. Такими об'єктами можуть бути складнодоступні або недоступні для людини сфери (космічний простір, океанські глибини, надра Землі, екстремальні лабораторні умови) або галузі, у яких потрібні виявлення, оброблення та аналіз великого обсягу інформації, наприклад інформаційний пошук і розвідка, мистецтво й література.

Прикладом сучасних дослідницьких робіт служать автоматичні апарати для дослідження космосу й планет. Упродовж багатьох років ми є свідками «штурму» космосу роботами. У жовтні 1959 р. за допомогою радянської автоматичної станції «Луна – 3» вперше вдалося сфотографувати зворотну сторону Місяця, а отже, започаткувати пряме вивчення місячної поверхні. Радянський космічний апарат автоматичної станції «Луна – 16» 24 вересня 1970 р. доставив на Землю зразки місячного ґрунту. Аналогічна операція була успішно виконаною в лютому 1972 р. автоматичною станцією «Луна – 20». Космічні роботи «Луноход – 1» (1970 р.) і «Луноход – 2» (1973 р.), доставлені на поверхню Місяця автоматичними станціями «Луна – 17» та «Луна – 21» і керовані людиною-оператором, збирали та

передавали на Землю цінну інформацію про його поверхню. Ці видатні експерименти, що мають не лише космічне, а й робототехнічне значення, показали, наскільки складним і, здавалося б, нездійсненним може бути завдання космічного робота.

1.10.2 Складові частини й конструкції промислових роботів

Промисловий робот складається з виконавчого пристрою (власне маніпулятора) та пристрою управління.

Маніпулятор ПР призначений для виконання всіх його рухових функцій. Він складається з опорних конструкцій, маніпуляційної системи, робочих органів, приводу й пристрою пересування.

Пристрій керування ПР необхідний для формування та видачі керувальних впливів маніпулятору відповідно до керувальної програми. Він складається із системи керування, інформаційно-виміральної системи з пристроями зворотного зв'язку й системи зв'язку.

Структурна схема промислового робота репрезентована на рисунку 1.29.

Опорні конструкції служать для розміщення всіх пристроїв та агрегатів ПР, а також забезпечення необхідної міцності й жорсткості маніпулятора. Опорні конструкції виконують у вигляді підставок, корпусів, стійок, рам візків, порталів тощо.

Маніпуляційна система призначена для перенесення та орієнтації робочого органа або об'єкта маніпулювання в заданій точці робочої зони і є багатоланковим просторовим механізмом із розімкнутим кінематичним ланцюгом.

Робочий орган маніпулятора ПР, необхідний для безпосереднього впливу на об'єкт маніпулювання під час виконання технологічних операцій або допоміжних переходів, являє собою захопний пристрій або робочий інструмент.

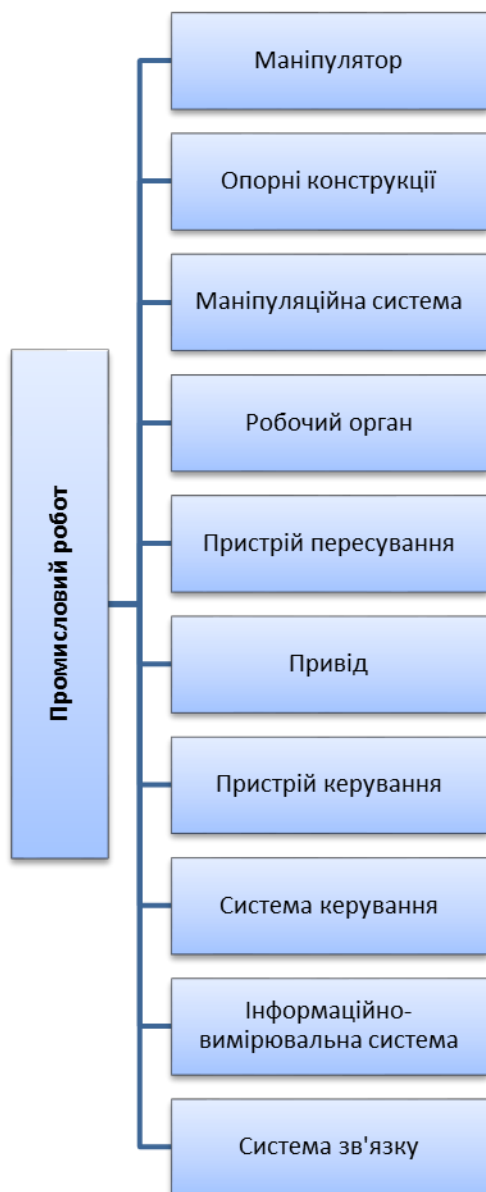


Рисунок 1.29 – Структурна схема промислового робота

Привід призначений для перетворення енергії, що підводиться, на механічний рух виконавчих ланок маніпулятора згідно з командними сигналами, які надходять від системи керування. Узагальнено він містить енергоустановку, двигуни та передавальні механізми.

Пристрій пересування служить для переміщення маніпулятора або ПР загалом у необхідне місце робочого простору. Він охоплює ходову частину й приводні пристрої.

Система керування необхідна для безпосереднього формування й видачі керувальних сигналів. Вона складається з пульта керування, запам'ятовувача, обчислювального пристрою, блоків керування приводами маніпулятора та технологічним обладнанням.

На рисунку 1.30 наведено типову конструкцію промислового робота.

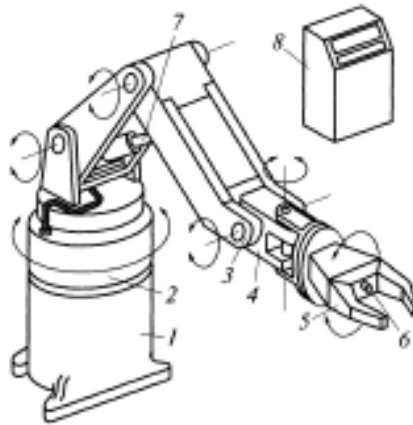


Рисунок 1.30 – Конструкція промислового робота:

- 1 – опорна конструкція (основа); 2 – колона;
- 3 – рука маніпулятора; 4 – кисть; 5 – робочий орган (захват);
- 6 – датчик зворотного зв'язку; 7 – привід руки;
- 8 – блок керувального пристрою з пультом

Інформаційно-вимірвальна система призначена для збирання й первинного оброблення інформації для системи керування про стан елементів і механізмів ПР та зовнішнього середовища. Вона входить до складу пристрою управління ПР і містить у собі пристрій зворотного зв'язку, пристрій порівняння сигналів та датчики зворотного зв'язку.

Систему зв'язку використовують для забезпечення обміну інформацією між ПР, оператором або іншими роботами й технологічними пристроями для постановки завдань, контролю функціонування систем ПР і технологічного обладнання, діагностики несправностей, регламентної перевірки тощо.

1.10.3 Загальні відомості про роботизовані технологічні комплекси

Для механічного оброблення деталей за допомогою ПР автоматизують:

- процес установаження заготовок у робочу зону верстата й контроль правильності їх базування;
- зняття готових деталей із верстата та їх розміщення в тарі (накопичувачі);
- передавання деталей від верстата до верстата;
- кантування деталей (заготовок) у процесі оброблення;
- контроль розмірів деталей;
- очищення базових поверхонь деталей і пристроїв;
- заміну інструментів.

Досвід експлуатації ПР показує, що найбільш доцільною формою роботизації в умовах серійного виробництва є створення роботизованих технологічних комплексів (РТК), на базі яких у перспективі можуть бути розробленими роботизовані дільниці, цехи й заводи.

Роботизований технологічний комплекс – це сукупність технологічних засобів виробництва, що автономно функціонує, забезпечуючи повністю автоматичний цикл роботи всередині комплексу та його зв'язок із вхідними й вихідними потоками

виробництва. Він містить у собі окрему одиницю чи групу технологічного напівавтоматичного обладнання (наприклад, металорізальні верстати), що взаємодіє з цим обладнанням ПР, допоміжне обладнання.

Найпоширеніші РТК таких компонувань:

- одноверстатні, що складаються з одного верстата, обслуговуваного підвісним (розміщеним над верстатом), підлоговим (який знаходиться поруч із верстатом) або вбудованим у верстат ПР;
- багатOVERстатні лінійного або лінійно-паралельного компонування, обслуговувані підвісними ПР;
- багатOVERстатні кругового компонування, обслуговувані підлоговими ПР.

БагатOVERстатні РТК лінійного й лінійно-паралельного компонувань, обслуговувані підвісними ПР, мають такі переваги:

- а) займають меншу (порівняно з РТК кругового компонування) виробничу площу;
- б) мають функції переналагодження та ремонту обладнання без зупинки роботи всього РТК;
- в) дають змогу візуального спостереження за роботою устаткування;
- г) забезпечують працю обслуговчого персоналу;
- г) забезпечують можливість обслуговування одним ПР трьох або більше верстатів.

Перевагою РТК кругового компонування, обслуговуваного підлоговим ПР, є те, що ПР цього типу характеризується низькою матеріаломісткістю й простотою обслуговування.

Основна перевага одноверстатного РТК з вбудованим у верстат промисловим роботом – мінімальна (порівняно з РТК інших компонувань) виробнича площа, необхідна для його розміщення.

1.10.4 Роботизовані технологічні комплекси для механічного оброблення деталей

Функції промислових роботів такі:

- установа заздалегідь орієнтованих заготовок у робочу зону верстата;
- зняття деталей із верстата та їх розміщення в тару або укладання в магазин (конвеєр);
- кантування деталей;
- давання технологічних команд для керування технологічним обладнанням;
- транспортування деталей між верстатами.

Основними вимоги до ПР, використовуваних для автоматизації металорізальних верстатів, є:

1) конструктивні й технологічні параметри ПР (вантажопідйомність, швидкість переміщення робочих органів, точність позиціонування, розміри робочої зони, тип програмного управління) повинні відповідати параметрам верстатів, для обслуговування яких вони призначені;

2) використання ПР повинне забезпечувати:

- підвищення продуктивності верстатів не менше ніж на 20 %;
- покращання якості оброблення деталей;
- збільшення коефіцієнта завантаження верстатів у 2–2,5 рази;
- зниження трудомісткості на одиницю продукції в 2–2,5 рази;

3) ПР повинен мати таку кількість ступенів рухливості, що забезпечує необхідний обсяг операцій під час обслуговування як верстата, так і допоміжного обладнання РТК;

4) достатній ступінь універсальності, що в разі переходу РТК на оброблення нового виробу потребує мінімального переналагодження ПР;

5) висока надійність, що забезпечує напрацювання ПР на відмову не менше ніж 1 000 год;

б) наявність зони безпеки, перебуваючи в якій обслуговчий персонал може безперешкодно спостерігати за процесом різання й у разі аварійної ситуації вживати відповідних заходів без ризику бути травмованим ПР.

РОЗДІЛ 2

Напрямки інтенсифікації процесів механічного оброблення складнопрофільних деталей

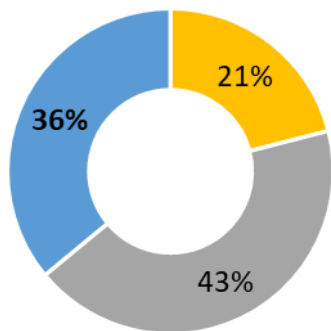
2.1 Загальні відомості про складнопрофільні деталі

Складнопрофільні деталі – це одна з груп деталей, що входять до конструкції автомобілів. Зважаючи на це, актуальними завданнями є аналіз їх номенклатури й розроблення відповідної класифікації за конструкторсько-технологічними ознаками.

До класу складнопрофільних належать такі типи деталей, як вилки, шатуни, важелі, кронштейни, кулісні, тягові та інші деталі класу 74 згідно з ЄСКД 1.79.100 ОК 012-93 [1]. Такі деталі характеризуються складною просторовою формою й наявністю великої кількості поверхонь, розміщених у різних площинах під кутом одна до іншої. Вони мають складну просторову геометричну форму, але є сукупністю простих елементарних поверхонь: площин, уступів, отворів циліндричної або конічної форми, що можуть мати шпонкові пази тощо [2].

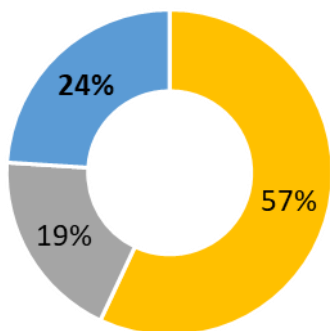
Деталі цього класу характеризуються складністю схем установаження та недостатньою інструментальною доступністю, що обумовлено складним просторовим розміщенням поверхонь. Унаслідок цього виникають труднощі під час багатокоординатного оброблення деталей. Тобто на сьогодні залишається актуальною потреба в розробленні ВП, функціонально здатних забезпечувати необхідну інструментальну доступність та якомога ефективніше реалізовувати багатокоординатне оброблення.

Складнопрофільні деталі здебільшого оброблюють на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах із ЧПК. Зокрема, відповідно до даних праці [2] з усієї номенклатури деталей, оброблюваних на зазначених верстатах, деталі складної форми становлять 36 % від загального обсягу (рис. 2.1 а), а трудомісткість їх виготовлення – 24 % (рис. 2.1 б).



- Корпусні деталі
- Плоскі деталі
- Складнопрофільні деталі

а)



- Корпусні деталі
- Плоскі деталі
- Складнопрофільні деталі

б)

Рисунок 2.1 – Розподіл деталей, оброблюваних у машинобудуванні:
а) за кількістю; б) за трудомісткістю

Найбільш поширеними й різноманітними типовими складнопрофільними деталями є вилки (рис. 2.2), шатуни (рис. 2.3), важелі (рис. 2.4).

Різноманіття конструкцій, наведених на рисунках 2.2–2.4, досить велике, тому їх види деталізовано в конструкторській класифікації ЄСКД 1.79.100 ОК 012-93. Проте зазначена класифікація складена лише за конструкторськими ознаками класифікатора та не відображає технологічних аспектів, особливо важливих під час проектування технологічних процесів механічного оброблення деталей машин.



Рисунок 2.2 – Типові конструкції деталей типу вилки



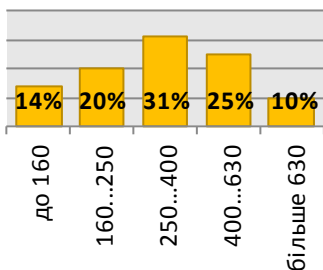
Рисунок 2.3 – Типові конструкції деталей типу шатуни



Рисунок 2.4 – Типові конструкції деталей типу важелі

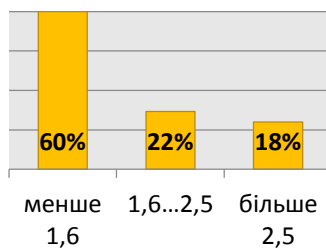
У машинобудуванні найчастіше використовують складнопрофільні деталі з найбільшим габаритним розміром у діапазоні 160–630 мм (рис. 2.5 а). Вони становлять 76 % від загальної кількості. Кількість деталей із відношенням довжини деталі до її ширини, меншим за 1,6, – 60 % (рис. 2.5 б). Близько 65 % деталей від загальної кількості оброблюють до досягнення шорсткості поверхонь 0,8 мкм за критерієм Ra (рис. 2.5 в) [2].

Зважаючи на достатню поширеність складнопрофільних деталей у машинобудуванні, кожний їх тип розглянуто більш детально й запропоновано нові класифікації з урахуванням конструкторських особливостей і технологічних аспектів їх виробництва. Зокрема, на основі результатів комплексного аналізу розглянутих деталей, виконаного на основі класифікатора деталей ЄСКД та основних технологічних ознак, розроблено конструкторсько-технологічні класифікації деталей типу вилки, шатуни та важелі, у яких взято до уваги всі можливі конструкції вищезазначених деталей, що можуть зустрічатися в машинобудуванні.



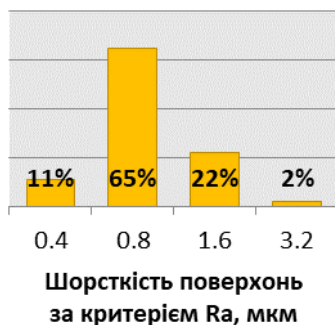
Найбільший габаритний розмір, мм

а)



Відношення довжини деталі L до ширини B

б)



в)

Рисунок 2.5 – Діаграми розподілу складнопрофільних деталей: а) за габаритами; б) за відношенням довжини деталі L до ширини B; в) за шорсткістю

2.2 Конструкторсько-технологічна класифікація деталей типу вилки

Деталі типу вилки призначені для з'єднання рухомих частин механізмів, передавання крутильних моментів і поступального або обертального руху між деталями. Вилки

часто використовують у коробках швидкостей для осьового переміщення шестерень, карданних механізмах тощо.

Вилками в машинобудуванні називають деталі, що мають два різних службових призначення, тому в подальшому їх поділяють на два види. До першого належать вилки перемикачів, що під час осьового переміщення перемикають зубчасті колеса, муфти та подібні до них кінематичні ланки машин. Вилки перемикають деталі переважно виконавчими плоскими поверхнями. Залежно від службового призначення вилки відрізняються зовні. Зважаючи на це, їх можна поділити на плоскі й продовгуваті, що мають більш розвинуті бобишки виду втулок. Основною базою є отвір, що реалізує подвійну напрямну базу. Другий вид охоплює деталі, що є проміжними елементами шарнірних з'єднань у машинах – шарнірні вилки. Для виконання службового призначення вони здебільшого мають вушки з двома співвісними гладкими отворами, що реалізують допоміжну подвійну напрямну базу деталі. Основною подвійною напрямною базою вилки є поверхня отвору у хвостовику або гладка циліндрична зовнішня поверхня хвостовика вилки.

У результаті комплексного аналізу деталей типу вилки на основі вищезазначеного класифікатора деталей та основних технологічних ознак запропоновано конструкторсько-технологічну класифікацію (рис. 2.6) за розглянутими далі ознаками.

Усі вилки поділяють за їх призначенням. Його варіантів два – переміщення, шарнірне з'єднання. Саме від нього залежить складність конструкції й сфера використання. За формою деталі можуть бути Н-типу, У-типу, V-типу або мати іншу форму з відношенням довжин плечей, меншим або більшим за 0,5, що істотно впливає на складність конструкції деталі та схему її базування.

Вилки можуть мати такі найбільш поширені функціональні елементи, як вилка, хомут або будь-який інший елемент (наприклад, елемент зубчастого зачеплення у вигляді сектора), або не мати їх у конструкції взагалі.

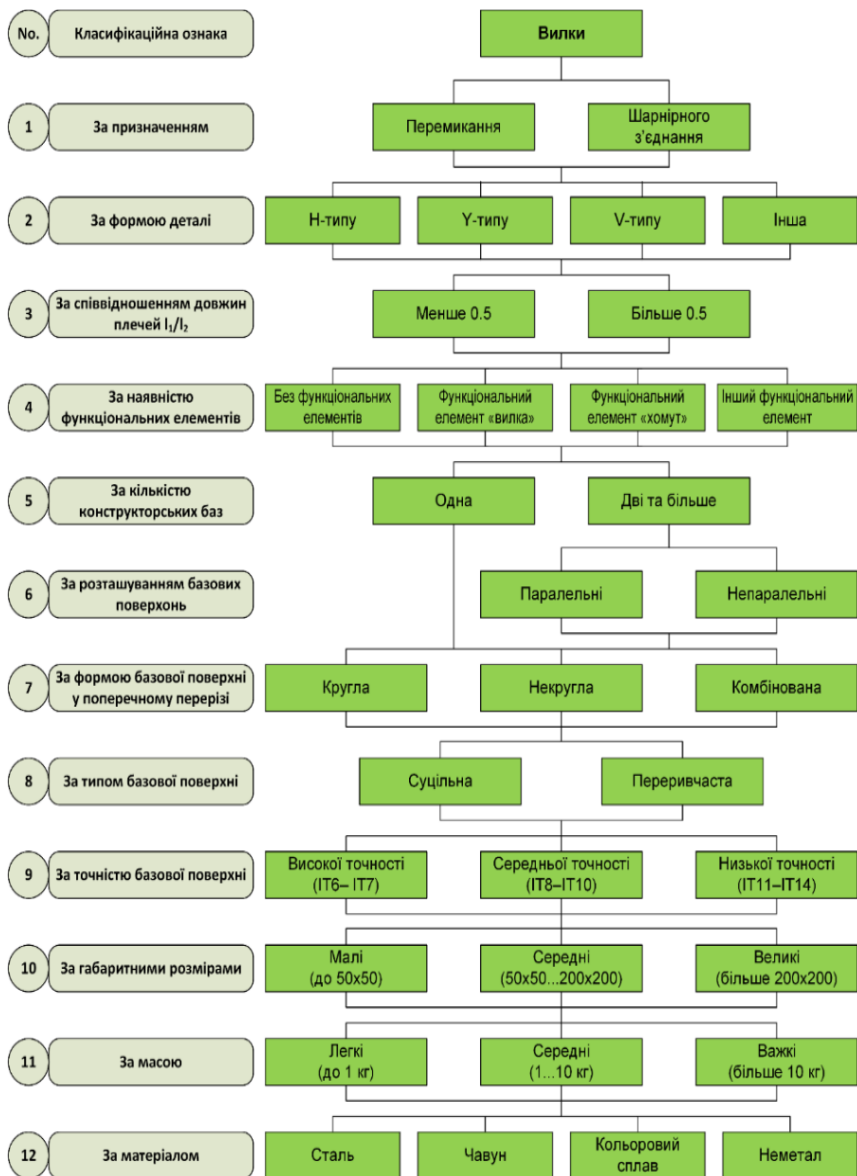


Рисунок 2.6 – Конструкторсько-технологічна класифікація деталей типу вилки

Здебільшого вилки мають одну або декілька конструкторських баз, що можуть бути паралельними або непаралельними одна до одної. Від цього принципово залежить схема базування під час механічного оброблення.

Базові поверхні в поперечному перерізі можуть бути круглими, некруглими або комбінованими, що обумовлює форму базових поверхонь установлювальних елементів. За типом базових поверхонь деталі класифікують на вилки із суцільною й вилки з переривчастою базовими поверхнями.

Залежно від службового призначення вилки поділяють за класами точності: з високою (ІТ 6 – ІТ 7), середньою (ІТ 8 – ІТ 10) та низькою (ІТ 11–ІТ 14) розмірною точністю базових поверхонь, якими здебільшого є отвори й торцеві поверхні. Виготовлення базових поверхонь із високою точністю за інших однакових умов гарантує більш надійну та довговічну роботу деталі й виробу загалом.

Відстані між осями отворів основних і допоміжних баз вилок повинні відповідати розрахунковим значенням, а відхилення залежать від заданої точності й перебувають у діапазоні від $\pm 0,01$ мм до $\pm 0,5$ мм. Похибка форми не повинна перевищувати 40–60 % поля допуску на відповідний розмір. Точність взаємного розміщення поверхонь деталей також відіграє важливу роль. Зокрема, паралельність осей отворів відповідає допустимому відхиленню $(0,05-0,3) / 100$ мм, а перпендикулярність отворів до плоских поверхонь вилок – $(0,1-0,3) / 100$ мм.

За габаритами вилки поділяють на малі (менші ніж 50 мм × 50 мм), середні (50 мм × 50 мм – 200 мм × 200 мм) і великі (більші за 200 мм × 200 мм). Він них залежать габарити ВП та необхідний робочий простір верстата.

За масою вилки можна класифікувати на легкі (вага яких менша за 1 кг), середні (1–10 кг) та важкі (вага яких перевищує 10 кг), що також певною мірою обумовлює технологічні характеристики верстатів, на яких буде виконуватися механічне оброблення.

Вилки виготовляють зі сталей марок 35, 40, 45, 40Г, 50Г, 40Х, 50Х тощо, чавунів марок СЧ20, СЧ 30, КЧ35-10 та ін., легких кольорових сплавів марок АС9, Д16Т, а також неметалевих матеріалів [3], що впливає на вибір різального інструменту й режимів різання під час механічного оброблення.

2.3 Конструкторсько-технологічна класифікація деталей типу шатуни

Деталі типу шатуни є передатними ланками шатунно-кривошипних механізмів різних машин, здебільшого поршневих двигунів внутрішнього згорання та компресорів. Поєднуючи поршень (або повзун) із колінчастим валом, у двигунах шатун призначений для перетворення зворотно-поступального руху поршня (або повзуна) на обертальний рух колінчастого вала та передавання зусилля поршня на шатунну шийку колінчастого вала. У компресорах, навпаки, його функціями є перетворення обертального руху колінчастого вала на поступальний рух поршня (або повзуна) і передавання зусилля з шатунної шийки колінчастого вала на поршень (або повзун) компресора.

Під час роботи машини на шатун діють знакозмінні сили й складові сил інерції. У швидкохідних машинах, наприклад синхронних машинах або турбогенераторах, дія сили набуває характеру ударів. Для опору зазначеним силам і зменшення впливу сил інерції шатун повинен мати достатню жорсткість та міцність.

Службове призначення обумовлює загальні риси конструкції шатунів, що характеризується наявністю кривошипної (великої) і поршневої (малої) головок, з'єднаних стрижнем. Проте конструкція цих основних частин шатунів є різноманітною.

Зазвичай кривошипні головки працюють на шийках колінчастих валів із тертям ковзання, тому їх виконують рознімними.

Кривошипні головки шатунів двигунів мотоциклів працюють із тертям кочення, зважаючи на що їх виконують нерознімними.

Кривошипні головки шатунів більших компресорів конструюють рознімними, водночас головки можна від'єднати від стрижнів шатунів. У шатунів автотракторних двигунів кривошипні головки більших розмірів часто виконують із косою площиною рознімання, що сприяє полегшенню процесу монтування шатуна на колінчастому валу.

Поверхні отворів кривошипних головок, що працюють із тертям ковзання, підготовлюють переважно під вкладки, внутрішня поверхня яких виготовлена з антифрикційного сплаву.

Стрижні малих шатунів зазвичай мають двотавровий переріз, а більших – двотавровий або круглий. У стрижні певних шатунів конструкцією передбачено довгий маслопровідний отвір, що поєднує поршневу та кривошипну головки.

У результаті комплексного аналізу деталей типу шатуни на основі вищезазначеного класифікатора деталей та основних технологічних ознак запропоновано конструкторсько-технологічну класифікацію (рис. 2.7) за розглянутими далі ознаками.

За типом шатуни класифікують на одиничні, спеціальні й сонячні.

Одиничний шатун – найтипівіша конструкція шатуна, використовувана майже в усіх кривошипних механізмах, що не потребують спеціальних умов та знімання додаткової енергії. Конструкція таких шатунів може бути досить різноманітною залежно від механізму й умов роботи.

Одиничні шатуни є найпростішими за конструкцією, а отже, характеризуються високою надійністю та ремонтопридатністю (рис. 2.8).

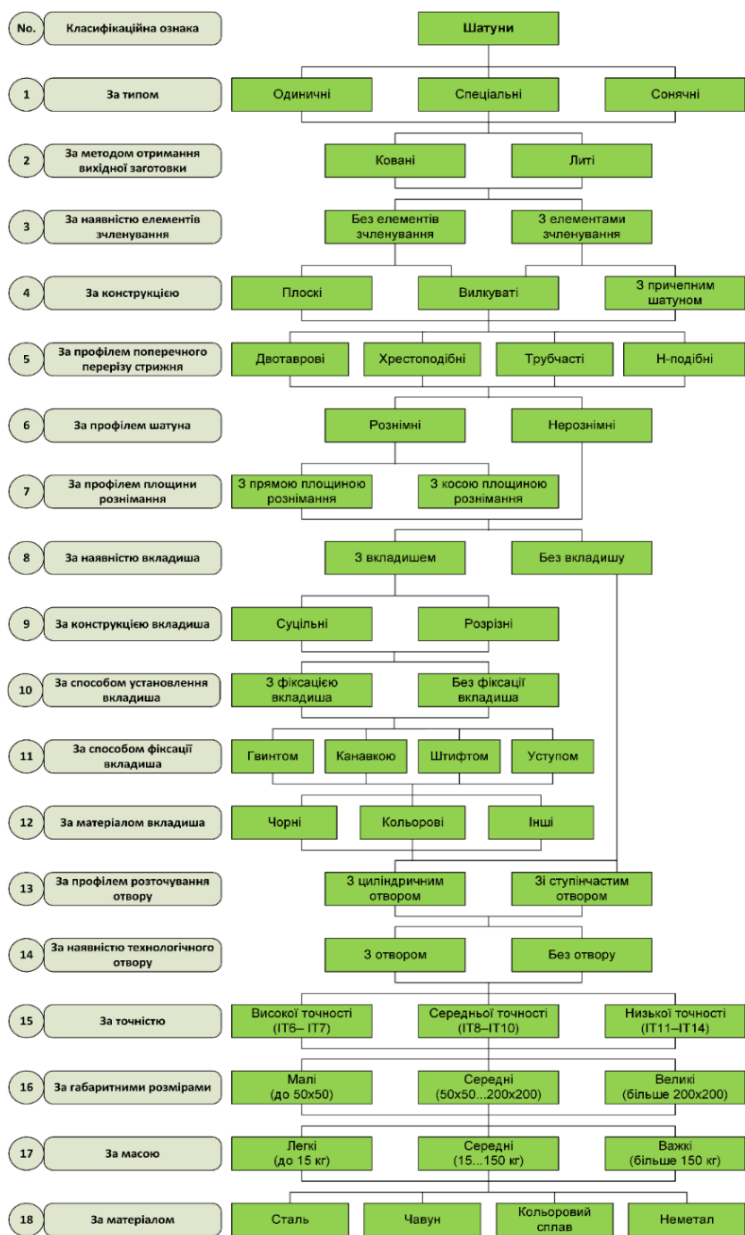


Рисунок 2.7 – Конструкторсько-технологічна класифікація деталей типу шатуни

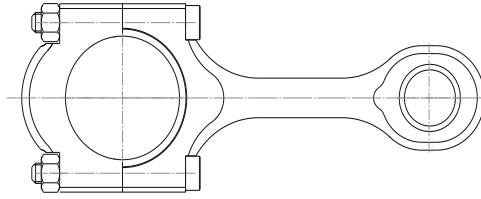


Рисунок 2.8 – Конструкція одиничного шатуну

Спеціальні шатуни необхідні лише тоді, коли таку конструкцію обґрунтовано (рис. 2.9). Відрізнятися може як більша, так і менша головка. Наприклад, для багаторядних компресорів типові шатуни зі сферичною головкою, що компенсує осьові зазори й дає змогу використати в одному ряді більше ніж 10 шатунів, забезпечуючи рівномірне навантаження на кожний із них.

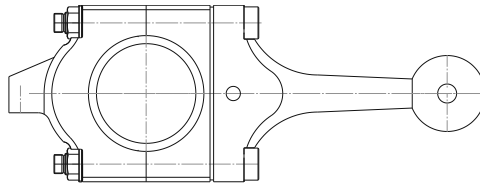


Рисунок 2.9 – Конструкція спеціального шатуну

Сонячні шатуни – досить вузька ланка спеціальних шатунів, тому їх класифікують окремо. Зазначені шатуни використовують здебільшого в спеціальних машинах (компресорах із V-подібним розміщенням поршневих головок). У них суцільна збірна конструкція, що містить у собі два спарені шатуни (рис. 2.10 а), або одиничний шатун має кріплення додаткового шатуну (рис. 2.10 б). Їх зазвичай використовують у багаторядних компресорах.

За методом одержання вихідної заготовки шатуни можуть бути кованими або литими, від чого залежить галузь їх використання та інші характеристики.

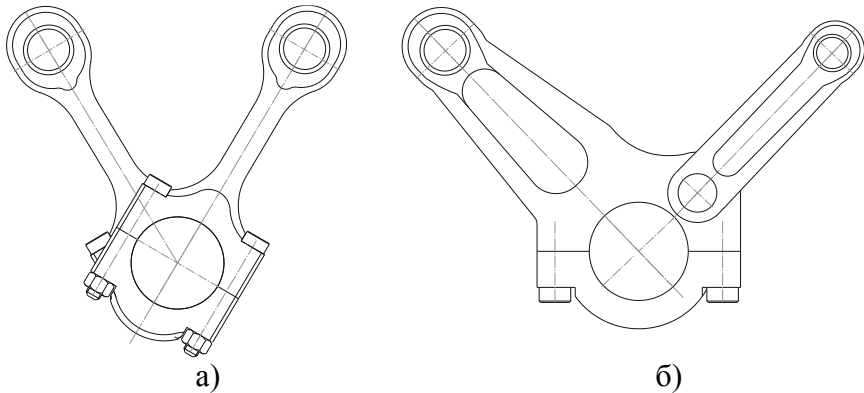


Рисунок 2.10 – Сонячні шатуни:
а) вилкуваті; б) з причепним шатуном

Конструктивно шатуни можуть бути з або без елементів зчленування, що так само поділяють на плоскі, вилкуваті та з причепним шатуном відповідно. Під елементами зчленування розуміють зчленовані шатунні вузли, що являють собою єдину конструкцію з двох спарених між собою шатунів, замкнених на одній кривошипній головці. Шатунами без елементів зчленування є простіші шатуни, такі як одиничні й спеціальні.

За профілем поперечної перетину стрижня шатуни можуть мати двотавровий, трубчастий, хресто- та Н-подібний профілі. Усі вищезазначені шатуни можуть бути рознімними або нерознімними. Рознімні шатуни так само можуть мати пряму або косу площину рознімання, що обумовлює конструкцію й істотно впливає на особливості базування та процесу механічного оброблення.

Шатуни можуть мати або не мати вкладки, що може бути суцільною або розрізною, для можливості регулювання зазора в парі тертя з валом. За способом установлення вкладки шатуни

можуть бути з фіксацією останнього й без неї, а за способом фіксацію вкладки в шатуні класифікують на фіксацію гвинтом, канавкою, штифтом та уступом. Вкладки можуть бути виготовленими з чорного, кольорового або іншого металу чи сплаву.

За профілем розточування отвору шатуни бувають із циліндричним або ступінчастим отвором, а також із наявністю та відсутністю технологічного отвору для підведення ЗОР.

Залежно від службового призначення шатуни поділяють за класами точності: з високою (ІТ 6 – ІТ 7), середньою (ІТ 8 – ІТ 10) та низькою (ІТ 11 – ІТ 14) розмірною точністю базових поверхонь, якими здебільшого є отвори й торцеві поверхні.

За габаритами виділяють такі шатуни: малі (менші ніж 50 мм × 50 мм), середні (50 мм × 50 мм – 200 мм × 200 мм) та великі (більші за 200 мм × 200 мм), що обумовлює габарити ВП й необхідний робочий простір верстата.

За масою шатуни можна класифікувати на легкі (вага яких менша ніж 15 кг), середні (15–150 кг) і важкі (вага яких перевищує 150 кг), від чого також певною мірою залежать технологічні характеристики верстатів, на яких буде виконуватися механічне оброблення.

Шатуни виготовляють із конструкційних якісних сталей, таких як 35, 45, 50, легованих сталей марок 40ХН, 50ХН, 38Х2МЮА, 36Х2Н2МФА, 40ХФА, легких кольорових сплавів марок АС9, Д16Т, магнієвих сплавів та неметалів [3], що впливає на вибір різального інструменту й режимів різання під час механічного оброблення.

Основні технічні вимоги до точності виготовлення нерознімних шатунів:

- отвори у втулках поршневих головок оброблюють за п'ятим квалітетом точності та шорсткістю поверхні $Ra = 0,32-0,08$ мкм;

- отвори в кривошипних головках оброблюють за п'ятим квалітетом точності й вищим, а шорсткість поверхні становить $Ra = 0,32-0,16$ мкм, овальність отвору менша за 0,003–0,005 мм;

- вісь отвору втулки, запресованої в поршневу головку, знаходиться в одній площині з віссю отвору кривошипної головки. Відхилення двох осей є не більшим ніж 0,04–0,05 мм на довжині 100 мм. Непаралельність осі отвору поршневої головки з віссю отвору кривошипної головки не перевищує 0,02–0,04 мм на довжині 100 мм;

- биття торців кривошипної головки щодо осі отвору, підготовленого під вкладання, повинне становити не більше ніж 0,1 мм на довжині 100 мм;

- отвори кривошипної головки, підготовлені під шатунні болти, оброблюють за восьмим або дев'ятим квалітетом точності;

- шатуни сортують на чотири групи за масами кривошипної й поршневої головок.

2.4 Конструкторсько-технологічна класифікація деталей типу важелі

До деталей типу важелі належать важелі, коромисла, собачки, ручки, прихвати. Вони є ланками систем машин, апаратів, приладів, пристроїв. Здійснюючи качальний або обертальний рух, важелі передають необхідні сили й рухи на спряжені деталі, змушуючи їх виконувати необхідні переміщення із заданою швидкістю, точністю та на відповідні відстані. За інших умов важелі залишаються нерухомими й фіксують відносне положення спряжених деталей.

Однією з основних баз важелів зазвичай є отвір. У більшості конструкцій він реалізує подвійну напрямну базу, якою важіль приєднують до деталі. У комплексі допоміжних баз у переважній кількості важелів є поверхні гладких отворів, паралельні основній базі, рідше – поверхні різьбових і гладких отворів, перпендикулярні їй. Певні важелі (коромисла клапанів) мають виконавчі поверхні криволінійного профілю, за допомогою яких вони виконують своє службове призначення.

На основі комплексного аналізу деталей типу важелі на основі класифікатора деталей ЄСКД та основних технологічних ознак запропоновано конструкторсько-технологічну класифікацію (рис. 2.11), у якій ураховано всі можливі конструкції важелів, що можуть зустрічатися в машинобудуванні.

Згідно з цією класифікацією за кількістю плечей важелі можуть бути одно-, дво-, трьохплечими, а також мати більше плечей, від чого залежить складність конструкції та сфера їх використання. Виділяють такі варіанти розміщення плечей важелів: паралельне, перпендикулярне та під деяким довільним кутом із відношенням довжин плечей, меншим або більшим за 0,5. Це значно впливає на складність конструкції деталі й схему базування.

Важелі можуть містити в собі такі найбільш поширені функціональні елементи, як вилка, хомут або будь-який інший елемент (наприклад, елемент зубчастого зачеплення у вигляді сектора), або не мати їх у конструкції взагалі.

Здебільшого у важелів одна або декілька конструкторських баз, що можуть бути паралельними або непаралельними одна до одної, від чого принципово залежить схема базування під час механічного оброблення. Базові поверхні в поперечному перерізі можуть бути круглими, некруглими або комбінованими, що обумовлює форму базових поверхонь установлювальних елементів. За довжиною базових поверхонь деталі класифікують на важелі з довгими ($l/d > 1$) і короткими ($l/d < 1$) базовими поверхнями, що принципово впливає на спосіб їх базування під час механічного оброблення й конструкцію ВП.

Залежно від службового призначення важелі поділяють на важелі з високою (ІТ 6 – ІТ 7), середньою (ІТ 8 – ІТ 10) та низькою (ІТ 11 – ІТ 14) розмірною точністю базових поверхонь, якими здебільшого є отвори й торцеві поверхні. Виготовлення базових поверхонь із високою точністю за інших однакових умов гарантує більш надійну та довговічну роботу деталі й виробу загалом. Відстані між осями отворів основних і допоміжних баз важелів повинні відповідати розрахунковим значенням, а відхилення залежать від заданої точності й

перебувають у діапазоні від $\pm 0,025$ мм до $\pm 0,1$ мм. Похибка форми не повинна перевищувати 40–60 % поля допуску на відповідний розмір.

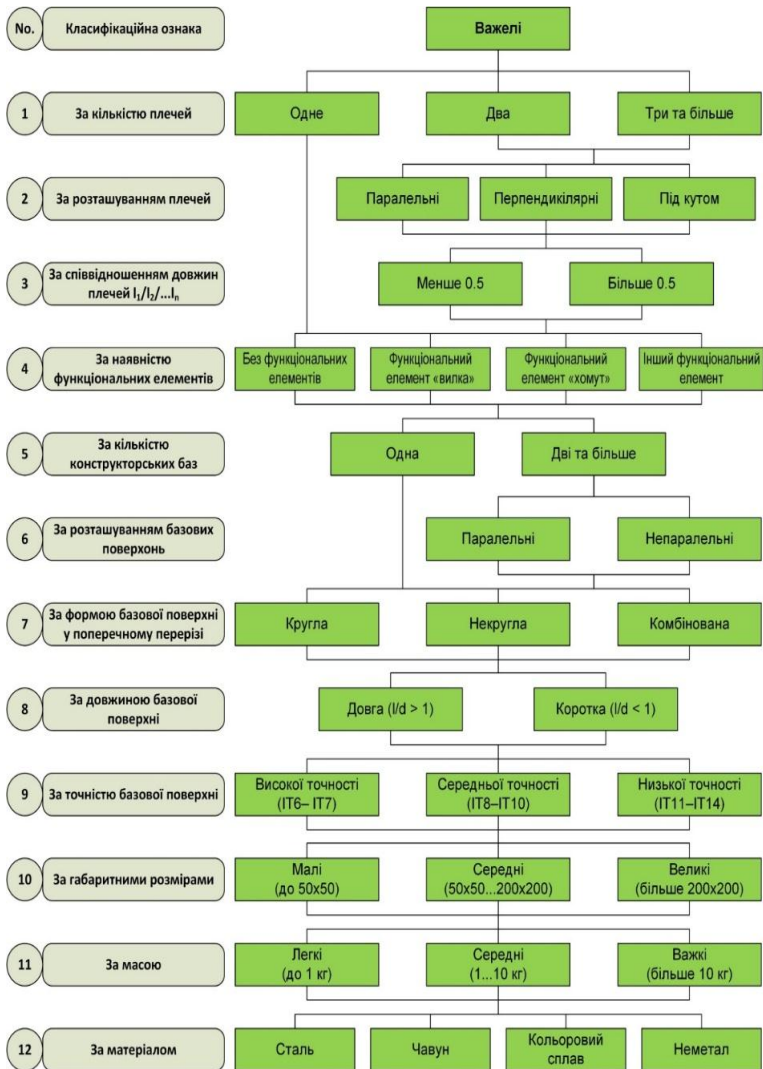


Рисунок 2.11 – Конструкторсько-технологічна класифікація деталей типу важелі

Точність взаємного розміщення поверхонь важелів також відіграє важливу роль. Зокрема, паралельність осей отворів відповідає допустимому відхиленню $(0,05-0,3) / 100$ мм, а перпендикулярність отворів до плоских поверхонь важелів – $(0,1-0,3) / 100$ мм.

За габаритами важелі поділяють на малі (менші ніж $50 \text{ мм} \times 50 \text{ мм}$), середні ($50 \text{ мм} \times 50 \text{ мм} - 200 \text{ мм} \times 200 \text{ мм}$) та великі (більші за $200 \text{ мм} \times 200 \text{ мм}$), від чого залежать габарити ВП й необхідний робочий простір верстата.

За масою важелі класифікують на легкі (вага яких менша ніж 1 кг), середні (1–10 кг) та важкі (вага яких перевищує 10 кг), що також певною мірою обумовлює технологічні характеристики верстатів, на яких буде виконуватися механічне оброблення.

Важелі виготовляють зі сталей марок 35, 40, 45, 40Г, 50Г, 40Х, 50Х тощо, чавунів марок СЧ20, СЧ30, КЧ35-10 та ін., легких кольорових сплавів марок АС9, Д16Т, а також неметалевих матеріалів [3], що впливає на вибір різального інструменту й режимів різання під час механічного оброблення.

РОЗДІЛ 3
ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА:
Кодування деталей машино- й приладобудування
за конструкторсько-технологічними ознаками

3.1 Аналіз конструкторсько-технологічної подібності деталей

Метою цього розділу є опанування методики макропроекування підрозділів гнучкої виробничої системи (ГВС).

Конструкторсько-технологічна класифікація деталей є базовою інформацією для аналізу й складання груп деталей за подібністю конструкцій і технологічних маршрутів оброблення. Конструкторсько-технологічна класифікація деталей наведена в класифікаторі ЄСКД [4] та технологічному класифікаторі. У класах 71, 72, 73, 74 і 75 класифікаційною ознакою є геометрична форма. У технологічному класифікаторі деталі класифікують за такими ознаками, як розмірна характеристика, група матеріалу, вид, технологічний метод виготовлення тощо.

Використання технологічного класифікатора деталей у промисловості під час підготовки виробництва в рамках упровадження єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ) показало його високу ефективність під час виконання виробничих завдань із застосуванням сучасних засобів обчислювальної техніки й новітніх техніко-математичних методів.

Технологічний класифікатор деталей використовують у системі підготовки виробництва та управління водночас із класифікаторами техніко-економічної інформації. Досвід його впровадження в галузях промисловості підтвердив, що він сприяє створенню передумов для ефективного виконання таких основних завдань:

- аналізу номенклатури деталей за їх конструкторсько-технологічними характеристиками;

- групування деталей за конструкторсько-технологічною подібністю для розроблення типових і групових технологічних процесів із використанням САПР;
- подетального спеціалізування виробничих підрозділів (дільниць, цехів, заводів);
- підвищення серійності й концентрування виробництва деталей;
- уніфікації та стандартизації деталей і технологічних процесів їх виготовлення;
- раціонального вибору типів технологічного обладнання;
- тематичного пошуку й запозичення раніше розроблених типових або групових технологічних процесів;
- автоматизації проектування деталей і технологічних процесів їх виготовлення.

Основною метою технологічного класифікатора деталей є зниження трудомісткості та скорочення термінів технологічної підготовки виробництва.

Технологічний класифікатор деталей машино- й приладобудування за незмінних базових принципів його побудови охоплює деталі всіх галузей промисловості основного та допоміжного виробництв. Він є логічним продовженням і доповненням класів деталей класифікатора ЄСКД (71, 72, 73, 74, 75, 76).

Класифікатор ЄСКД розроблений як інформаційна частина ГОСТ 2.201-80 «ЄСКД. Позначення виробів і конструкторських документів» єдиної класифікаційної знесобленої системи позначення виробів та конструкторських документів машино- й приладобудування. Класи деталей дають змогу:

- створення єдиної інформаційної мови для автоматизованих систем управління та тематичного пошуку деталей і їх конструкторських документів, щоб запобігти розробленню аналогічних;
- визначення об'єктів та напрямів уніфікації й стандартизації;

- забезпечення можливості використання різними підприємствами та організаціями конструкторської документації, розробленої іншими організаціями, без її переоформлення під час проєктування, виробництва, експлуатації, ремонту;

- широкого впровадження засобів обчислювальної техніки у сфери проєктування й управління;

- застосування кодів деталей за класами спільно з технологічними кодами для виконання завдань технологічної підготовки виробництва з використанням засобів обчислювальної техніки.

Ці класи охоплюють деталі всіх галузей промисловості основного та допоміжного виробництв. Зокрема, стандартні – складові частини специфікованих виробів (складальних одиниць, комплектів і комплексів), що не мають самостійного експлуатаційного призначення (шайба, корпус, фланець та ін.), а також ті, які мають самостійне експлуатаційне призначення, тобто одностальні вироби (ланцет, зубило, голка, калібр та ін.).

Метод побудови класів деталей ґрунтується на дедуктивному поділі класифікаційної множини на підмножини (від загального до окремого) за підпорядкованими (супідрядними) ознаками, тобто є ієрархічним методом класифікації. Таким способом досягають конкретизації ознак деталей на кожному наступному рівні класифікаційного поділу, що забезпечує створення чіткого розпізнавального образу для тематичного пошуку деталі.

Класи містять у собі таку номенклатуру:

- клас 71 – деталі – тіла обертання типу кільця, диски, шківни, блоки, стрижні, втулки, кухлі, колонки, вали, осі, штоки, шпинделі та ін.;

- клас 72 – деталі – тіла обертання з елементами зубчастого зачеплення; труби, шланги, розрізні сектори, сегменти; зігнуті з листів, смуг і стрічок; аерогідродинамічні; корпусні, опорні; підшипники;

- клас 73 – деталі, що не належать до тіл обертання (корпусні, опорні);
- клас 74 – деталі, які не належать до тіл обертання (площинні; важільні, вантажні, тягові; аерогідродинамічні; зігнуті з листів, смуг і стрічок; профільні; труби);
- клас 75 – деталі – тіла обертання та/чи не тіла обертання, кулачкові, карданні з елементами зачеплення, арматури, санітарно-технічні, розгалужені, пружинні, ручки, ущільнювачі, маркувальні, захисні, оптичні, кріпильні;
- клас 76 – деталі технологічної оснастки, інструменту.

3.2 Структура конструкторсько-технологічного коду деталей

3.2.1 Загальні відомості

В основу технологічної класифікації деталей покладений фасетний метод, за якого задану множину поділяють на групи незалежно від різних ознак класифікації.

Технологічну класифікацію поширюють на деталі машино- й приладобудування основного та допоміжного виробництв.

Як класифікаційні ознаки використовують істотні технологічні характеристики деталей, що в поєднанні з конструктивними ознаками обумовлюють їх технологічну подібність. Класифікаційні таблиці – фасети – складають для основних ознак технологічної класифікації та ознак, що характеризують вид деталі за технологічним методом її виготовлення.

Деталі кодують буквено-цифровим кодом. У структурі технологічного коду деталей за кожною ознакою закріплюють певний розряд (позицію) і кількість знаків. Система побудови кодових позначень забезпечує формування груп, що складаються з оптимальної кількості деталей, за допомогою засобів обчислювальної техніки.

Структура конструкторсько-технологічного коду забезпечує оброблення інформації на різних рівнях технологічної підготовки виробництва, у різних кодових комбінаціях, із використанням різних частин і поєднань частин коду залежно від характеру виконуваних завдань. Водночас допускається використання частини коду класифікаційних угруповань конструктивних ознак з необхідним ступенем деталізації, а також уведення в технологічний класифікатор деталей додаткових ознак і їх кодів (їх записують після встановленого класифікатором конструкторсько-технологічного коду деталі).

3.2.2 Структура конструкторського коду деталей

Основними ознаками конструкторського коду деталей є клас, підклас, група, підгрупа, вид. За конструкторськими ознаками деталі класифікують відповідно до [5] способом вибору прототипу деталі за текстовою та графічною інформацією.

3.2.3 Структура технологічного коду деталей

За розмірною характеристикою (поз. 6 коду) деталі кодують трьома знаками коду згідно з таблицею 3.2. Наведена таблиця призначена для кодування деталей, що є тілами обертання (крім зігнутих із листів, смуг і стрічок), зовнішня поверхня яких утворена обертанням навколо осі лінії (прямої, кривої), кожна точка якої має постійний радіус обертання. Зокрема, деталей із елементами, що не є тілами обертання, будь-якої довжини, які можна вписати в коло найбільшого діаметра деталі.

У цих деталей кодують такі параметри: найбільший зовнішній діаметр D , довжину L (розмір уздовж осі обертання деталі), діаметр центрального отвору d (рис. 3.2 а).

Таблиця 3.2 – Коды класифікаційних груп деталей за розмірною характеристикою

Код	Найбільший зовнішній діаметр, мм	Код	Довжина, мм	Код	Діаметр центрального отвору, мм
1	2	3	4	5	6
1	до 4	1	до 0,2	1	до 3
2	4–6	2	0,2–0,5	2	3–10
3	6–10	3	0,5–0,8	3	10–16
4	10–16	4	0,8–1,6	4	16–20
5	16–25	5	1,6–2,5	5	20–25
6	25–32	6	2,5–6	6	25–35
7	32–40	7	6–10	7	35–50
8	40–60	8	10–25	8	50–60
9	60–80	9	25–45	9	60–80
А	80–100	А	45–56	А	80–100
Б	100–120	Б	56–75	Б	100–125
В	120–150	В	75–95	В	125–160
Г	150–180	Г	95–120	Г	160–200
Д	180–200	Д	120–150	Д	200–250
Е	200–220	Е	150–200	Е	250–320
Ж	220–320	Ж	200–250	Ж	320–400
И	320–400	И	250–300	И	400–500
К	400–630	К	300–350	К	500–800
Л	630–800	Л	350–500	Л	більше ніж 800
М	800–1 000	М	500–710		
Н	1 000–1 250	Н	710–1 000		
П	1 250–1 600	П	1 000–1 400		
Р	1 600–2 000	Р	1 400–2 000		
С	2 000–2 500	С	2 000–2 800		

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
Т	2 500–3 150	Т	2 800–4 000		
У	3 150–4 000	У	4 000–6 000		
Ф	4 000–5 000	Ф	6 000–8 000		
Ц	5 000–6 300	Ц	8 000– 10 000		
Ш	6 300–8 000	Ш	більше ніж 10 000		
Щ	більше ніж 8 000				

Під час кодування центрального отвору потрібно враховувати діаметр лише круглих поверхонь (рис. 3.2 а та б) незалежно від наявності в них шпонкових пазів або шліців.

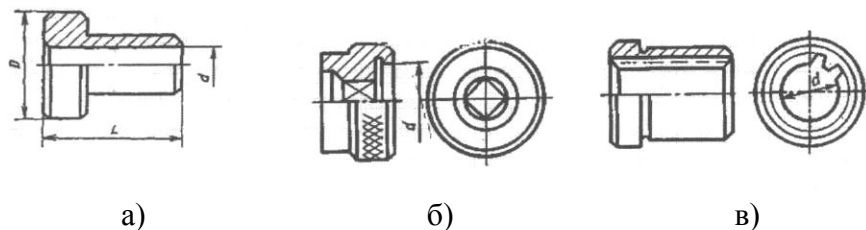


Рисунок 3.2 – Приклад кодування деталі за розмірною характеристикою

Необхідно враховувати, що в деталі зі ступінчастим центральним отвором кодують діаметр ступеня з найменшим квалітетом (вищої точності), а за однакової точності двох і більше ступенів – отвір більшого діаметра. За наявності конічного отвору кодують розмір меншого діаметра конуса, а за наявності нециліндричного будь-якої форми – діаметр вписаного кола.

Групу матеріалу деталі кодують двома знаками згідно із таблицею 3.3 (поз. 7 коду). У цій таблиці кодами 01, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 і 90 позначені групи матеріалів (виділені курсивом), а детальніша характеристика наведена всередині цих груп.

Таблиця 3.3 – Коди класифікаційних груп деталей за групою матеріалу

Код	Група матеріалу	
1	2	
01	<i>Сталі вуглецеві</i>	
02	Сталі вуглецеві конструкційні з граничним вмістом вуглецю, %	від 0,1 до 0,24
03		від 0,24 до 0,35
04		більше ніж 0,35
08	<i>Сталі інструментальні вуглецеві</i>	
10	<i>Сталі леговані (крім сталей з особливими фізичними властивостями)</i>	
11	Сталі конструкційні	низьколеговані
12	Сталі конструкційні	леговані
18	Сталі інструментальні	леговані
19		швидкорізальні
20	<i>Сталі та сплави леговані з особливими фізичними властивостями</i>	
21	Високолеговані сталі та сплави корозо- й жаростійкі, жароміцні, стійкі до кавітації, зносостійкі, високоміцні, надвисокоміцні, а також низько-, середньо- та високолеговані теплостійкі	
23	Сплави з високим електричним опором	
25	Прецизійні сплави із заданими властивостями пружності, заданим температурним коефіцієнтом лінійного розширення й надпровідні прецизійні сплави	
27	Сталі та сплави магніто-м'які (електротехнічні) та магніто-тверді	

Продовження таблиці 3.3

1	2	
30	<i>Чавуни</i>	
31	Чавуни	сірі
32		
33		модифіковані
34		ковкі
35		високоміцні
40	з особливими властивостями (крім тих, що відповідають кодам 31–34)	
40	<i>Кольорові метали та сплави</i>	
41	Мідь	
42	Сплави на основі міді	латунь
43		бронза
44		мідно-нікелеві
45	Алюміній	
46	Сплави на основі алюмінію	
48	Сплави на основі магнію	
50	<i>Титан, хром, тугоплавкі метали, цинк, свинець, олово та сплави на їх основі, благородні метали і їх сплави, біметали</i>	
51	Титан та сплави на його основі	
52	Хром і сплави на його основі	
53	Нікель та сплави на його основі	
54	Тугоплавкі метали і сплави на їх основі	
56	Цинк та сплави на його основі	
57	Свинець, олово і сплави на їх основі	
58	Благородні метали та їх сплави	
59	Біметали	
60	<i>Порошкові матеріали</i>	
61	Порошкові матеріали	конструкційні
62		інструментальні тверді сплави

Продовження таблиці 3.3

1	2		
70	<i>Пластмаси, полімери, синтетичні смоли</i>		
71	Синтетичні смоли. Пластмаси на основі синтетичних смол і целюлози	термопластичні	без наповнювача
72			з порошковим або волокнистим наповнювачем чи шаруваті
73			з газоподібним наповнювачем
74		терморективні	без наповнювача
75			з порошковим наповнювачем
76			з волокнистим наповнювачем
77			шаруваті
78			з газоподібним наповнювачем
80	<i>Гума, деревина й матеріали на її основі, паперові та текстильні матеріали, шкіра</i>		
81	Гума м'яка		
82	Гума	жорстка (ебонітова)	
83		пориста	
85	Деревина й матеріали на її основі		
86	Паперові матеріали		
87	Текстильні матеріали		
88	Шкіра		
90	<i>Азбест і матеріали на його основі, силікатні й керамічні матеріали, графіт та вуглеграфітові матеріали, алмази</i>		
91	Азбест і матеріали на його основі		
92	Силікатні матеріали (скло, ситал, кам'яне скло)		

Продовження таблиці 3.3

1	2
93	Керамічні матеріали
95	Графіт та вуглеграфітові матеріали
96	Алмази

Вид деталі за технологічним методом виготовлення позначають однією цифрою (поз. 8 коду), що відповідає найбільш поширеним технологічним методам виготовлення (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Коди класифікаційних груп деталей за видом деталі за технологічним методом виготовлення

Код	Вид деталі за технологічним методом виготовлення
1	що виготовляється литтям
2	що виготовляється ковким та об'ємним штампуванням
3	що виготовляється листовим штампуванням
4	оброблювана різанням
5	термічно оброблювана
6	що виготовляється формоутворенням із полімерних матеріалів, кераміки, скла й гуми
7	з покриттям
8	оброблювана електрофізикохімічно
9	що виготовляється порошковою металургією

За видом вихідної заготовки деталі кодують двома знаками згідно з таблицею 3.5 (поз. 9 коду). У ній кодами 10, 20, 30, 40, 50 і 60 позначені найбільш узагальнені групи видів заготовок (виділено курсивом), які так само поділено на підгрупи, що уточнюють метод отримання заготовки.

Таблиця 3.5 – Коди класифікаційних груп деталей за видом вихідної заготовки

Код	Вид заготовки		
1	2		
10	<i>Заготовка, отримана литтям</i>		
11	Лиття	у піщану форму	
12		у форму з рідких самозатверджуваних сумішей	
13		у піщану форму, виготовлену під високим питомим тиском	
14		у металеву форму	
15		отримане відцентровим методом	
16		в оболонкову форму	
17		за виплавлюваними моделями	
18		штампуванням рідкого металу	
19		під тиском	
20	<i>Заготовка, отримана обробленням деталі тиском</i>		
21	Кування	на молоті	
22		на пресі	
23		радіальним обтисканням	
24	Штампування	об'ємне	що не калібрується
25			що калібрується
28	Пресована штучна заготовка		
29	Заготовка, отримана спеціальними методами тиснення (вибухом, у вакуумі та ін.)		
30	<i>Пруток, дріт</i>		
31	Пруток	круглий	що не калібрується
32			що калібрується
33		шестигранний і квадратний	що не калібрується
34			що калібрується
35	Дріт	круглий	
36		фасонний	

Продовження таблиці 3.5

1	2			
40	<i>Лист, плита, смуга, стрічка</i>			
41	Лист, плита	гладкі		
42		хвилясті, карбовані, просічно-витяжні та ін.		
43	Смуга, стрічка	прямокутні		
44		фасонні		
50	<i>Труба</i>			
51	Труба	постійного перерізу	кругла	що не калібрується
52				що калібрується
53			прямокутна	
54			плавникова, ребриста	
55			крім круглої й прямокутної	
56			крім плавникової та ребристої	
57			змінного перерізу	
60	<i>Фасонний і спеціальний профілі</i>			
61	Фасонний профіль: кутовий, швелерний, тавровий, зетовий, рейковий			
65	Спеціальний профіль			
66	постійний	тимчасовий	круглого поперечного перерізу	
67			некруглого поперечного перерізу	

За квалітетом деталі кодують двома знаками згідно з таблицею 3.6 (поз. 10 коду). Першим позначають точність розмірів зовнішньої поверхні деталі, другим – точність розмірів внутрішньої. Кодування в такому разі виконують за квалітетом із найменшим полем допуску. Класифікаційні групи подано в порядку зростання точності (чим вищий код, тим точніші розміри деталі й нижчий номер квалітету).

Кодом 0 позначають деталі, поверхні яких: не піддають обробленню різанням; деталі, що не мають внутрішніх

поверхонь; деталі, у яких зовнішня або внутрішня поверхня є лише різьбовою.

Таблиця 3.6 – Коди класифікаційних груп деталей за квалітетом

Код	Квалітет
1	14–17
2	12–13
3	9–11
4	5–8
5	2–4
6	0,1–1

Деталі зі спеціальними полями допусків кодують після зіставлення допусків, заданих на кресленні, з основними відхиленнями та допусками за відповідним стандартом.

Під час визначення найменшого квалітету розмірів зовнішніх поверхонь у деталей типу тіла обертання не враховують квалітетів різьбових поверхонь, найменшого діаметра зубців і шліців, пазів та виступів, що не є поверхнями обертання.

Під час кодування найменшого квалітету розмірів внутрішніх поверхонь деталей типу тіла обертання беруть до уваги лише точність центрального отвору.

Аналіз номенклатури деталей показав ступінь важливості однієї чи іншої ознаки для виконання певних виробничих завдань. Тому в кожному конкретному випадку одні деталі можуть кодувати за ознакою «параметр шорсткості», а інші – за ознакою «відхилення форми й розміщення поверхонь».

За параметром шорсткості деталі кодують одним знаком згідно з таблицею 3.7 (поз. 11 коду).

Зовнішні поверхні кодують за найменшим значенням шорсткості. Внутрішніх поверхонь не кодують. За відсутності на кресленні вимог до параметру шорсткості проставляють код 0.

Таблиця 3.7 – Коди класифікаційних груп деталей за параметром шорсткості

Код	Ra, мкм	Rz, мкм
1	більше ніж 80	більше ніж 320
2	10–80	40–320
3	2,5–10	10–40
4	0,32–2,5	1,6–10
5	0,02–0,32	0,1–1,6
6	0,008–0,02	0,032–0,1

За відхиленням форми й розміщення поверхонь деталі кодують згідно з таблицею 3.8 (поз. 11 коду).

Відповідний код установлюють за наявності в кресленні деталі однієї або декількох вимог до відхилення форми й розміщення поверхонь. Якщо цих вимог не висунуто, проставляють код 0. Наявність вимоги в таблиці позначають знаком «+», а відсутність – знаком «-».

За ступенем точності деталі кодують згідно з таблицею 3.9 (поз. 12 коду). Таблиця складена в порядку зростання точності (чим більший код, тим менші допуск на форму та розміщення поверхонь і номер ступеня точності).

За наявності однієї або декількох вимог із різними ступенями точності (меншим допуском) кодують найменший із них. За відсутності вимог у кресленні за цією ознакою проставляють код 0.

За видом додаткового оброблення деталі кодують згідно з таблицею 3.10 (поз. 13 коду). Це роблять з урахуванням наявності або відсутності операцій термічного оброблення, почерговості операції термічного оброблення в маршруті виготовлення деталі, величини твердості, одержуваної в результаті термічного оброблення, металевих і неметалевих покриттів.

Таблиця 3.8 – Коди класифікаційних груп деталей за відхиленням форми й розміщення поверхонь

Технологічна класифікація деталей, оброблюваних різанням		Розділ		
		4		
Відхилення форми та розміщення поверхонь		Номер ознаки		
		3		
Код	Відхилення			
	<i>плоскості й прямокутності</i>	<i>циліндричності, круглості та профілю позовжнього перерізу</i>	<i>паралельності, перпендикулярності, нахилу, торцевого й повного торцевого биття</i>	<i>співвісності, симетричності та перетину осей, радіального й повного радіального биття</i>
0	–	–	–	
1	+			
2	–			
3	+	+		–
4	–			
5	+	+		
6	–			
7	+			
8	–	–		+
9	+			
А	–			
Б	+	+		
В	–			
Г	+	–		–
Д	–			
Е	+			

Таблиця 3.9 – Коды класифікаційних груп деталей за ступенем точності

Код	Ступінь точності на допуски форми й розміщення поверхонь
1	більший ніж 16
2	13–16
3	9–12
4	6–8
5	1–5
6	до 1

Таблиця 3.10 – Коды класифікаційних груп деталей за видом додаткового оброблення

Код	Термічне оброблення			Покриття
0	без термічного оброблення			без покриття
1	без термічного оброблення			з покриттям
2	термічне оброблення до або між операціями оброблення різанням	HRCe	до 40	без покриття
3				з покриттям
4			40–53,5	без покриття
5				з покриттям
6			більше ніж 53,5	без покриття
7	з покриттям			
8	термічне оброблення після оброблення різанням			без покриття
9	термічне оброблення після оброблення різанням			з покриттям

За характеристикою маси деталі кодують одним знаком згідно з таблицею 3.11 (поз. 14 коду). Класифікаційні групи наведено в порядку зростання маси деталі.

Таблиця 3.11 – Коды класифікаційних груп деталей за характеристикою маси

Код	Маса деталі, кг	Код	Маса деталі, кг
1	до 0,003	Ж	25–40
2	0,003–0,006	И	40–63
3	0,006–0,012	К	63–100
4	0,012–0,025	Л	100–160
5	0,025–0,05	М	160–250
6	0,05–0,1	Н	250–400
7	0,1–0,2	П	400–630
8	0,2–0,5	Р	630–1 000
9	0,5–1,0	С	1 000–1 600
А	1,0–1,6	Т	1 600–2 500
Б	1,6–2,5	У	2 500–5 000
В	2,5–4,0	Ф	5 000–10 000
Г	4,0–10,0	Ц	10 000–20 000
Д	10–16	Ш	більше ніж 20 000
Е	16–25		

3.3 Приклад виконання завдання

Відповідно до завдання (додаток А) кожний студент кодує дві деталі за конструкторсько-технологічними ознаками. У таблиці 3.11 наведено приклад кодування деталі «Сідло ТО ГАВ 001» (додаток Б).

Таблиця 3.11 – Кодування деталі «Сідло ГО ГАВ 001» за конструкторсько-технологічними ознаками

№ пор.	Код	Ознака	Пояснення	Джерело інформації
1	2	3	4	5
1	71	Клас	Деталь загального машинобудівного призначення – тіло обертання	[4]
2	1	Підклас	Зовнішня поверхня циліндрична	[4]
3	4	Група	Зовнішня поверхня ступінчаста, без закритих уступів, без зовнішньої різьби	[4]
4	4	Підгрупа	Деталь із центральним наскрізним отвором круглого перерізу, без різьби	[4]
5	1	Вид	Деталь без отворів поза віссю	[4]
6	9А6	Розмірна характеристика	Габарити деталі, мм: зовнішній діаметр – 65; довжина – 47; діаметр центрального отвору – 28	Таблиця 3.2

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4	5
7	02	Група матеріалу	Сталь 15 Л – сталь вуглецева конструкційна з граничним вмістом вуглецю 0,15 %	Таблиця 3.3
8	4	Вид деталі за технологічним методом виготовлення	Оброблення різанням	Таблиця 3.4
9	15	Вид вихідної заготовки	Лиття відцентровим методом	Таблиця 3.5
10	34	Квалітет	Найменший квалітет точності розмірів поверхонь: зовнішніх – 9; внутрішніх – 7	Таблиця 3.6
11	4	Параметр шорсткості або відхилення форми та розміщення поверхонь	Найнижче значення шорсткості зовнішніх поверхонь – Ra 1,6 мкм. На кресленні відсутні вимоги до відхилення форми й розміщення поверхонь	Таблиця 3.7
12	0	Ступінь точності	На кресленні немає вимог до деталі	Таблиця 3.9
13	0	Вид додаткового оброблення	Деталь не піддається термообробленню та не потребує нанесення покриттів	Таблиця 3.10
14	Г	Характеристика маси	Маса деталі – 4,8 кг	Таблиця 3.11

Отже, конструкторсько-технологічний код деталі «Сідло ТО ГАВ 001» такий:

711441 9A60241534400Г,

де *711441* – конструкторський код;

9A60241534400Г – технологічний код.

Аналогічно кодують усі деталі відповідно до завдання.

Запитання для самоперевірки

1. Для чого необхідне кодування деталей у машино- й приладобудуванні?

2. Як класифікують деталі? Наведіть типові приклади деталей відповідно до класів.

3. Які вихідні дані потрібні для складання конструкторського коду деталі?

4. Які вихідні дані є важливими під час складання технологічного коду деталі?

5. Які параметри точності відображені у структурі конструкторсько-технологічного коду?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Классификатор ЕСКД 1.79.100 ОК 012-93. Класс 74. Иллюстрированный определитель деталей – Москва : Изд-во стандартов. – 43 с.
2. Брон А. М. Обработка корпусных деталей на многоцелевых станках с ЧПУ : учебное пособие / А. М. Брон. – Москва : Машиностроение, 1986. – 41 с.
3. Иванов В. А. Конструктивные особенности деталей сложной формы в структуре автомобиля / В. А. Иванов, И. М. Дегтярев // Прогрессивные технологии и процессы : сборник научных статей Международной молодёжной научно-технической конференции (Курск, 25–26 сентября 2014 г.). – Курск : ЮЗГУ, 2014. – Т. 1. – С. 238–243.
4. Классификатор ЕСКД. Класс 71: Детали – тела вращения. – Москва : Изд-во стандартов, 1986. – 103 с.
5. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. – Москва : Изд-во стандартов, 1987. – 255 с.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)
Варіанти завдання

Таблиця А.1 – Номенклатура деталей

Варіант	Номенклатура деталей	
1-й	ТО ГАВ 01	ТО ГАВ 31
2-й	ТО ГАВ 02	ТО ГАВ 32
3-й	ТО ГАВ 03	ТО ГАВ 33
4-й	ТО ГАВ 04	ТО ГАВ 34
5-й	ТО ГАВ 05	ТО ГАВ 35
6-й	ТО ГАВ 06	ТО ГАВ 36
7-й	ТО ГАВ 07	ТО ГАВ 37
8-й	ТО ГАВ 08	ТО ГАВ 38
9-й	ТО ГАВ 09	ТО ГАВ 39
10-й	ТО ГАВ 10	ТО ГАВ 40
11-й	ТО ГАВ 11	ТО ГАВ 41
12-й	ТО ГАВ 12	ТО ГАВ 42
13-й	ТО ГАВ 13	ТО ГАВ 43
14-й	ТО ГАВ 14	ТО ГАВ 44
15-й	ТО ГАВ 15	ТО ГАВ 45
16-й	ТО ГАВ 16	ТО ГАВ 46
17-й	ТО ГАВ 17	ТО ГАВ 47
18-й	ТО ГАВ 18	ТО ГАВ 48
19-й	ТО ГАВ 19	ТО ГАВ 49
20-й	ТО ГАВ 20	ТО ГАВ 50
21-й	ТО ГАВ 21	ТО ГАВ 51
22-й	ТО ГАВ 22	ТО ГАВ 52
23-й	ТО ГАВ 23	ТО ГАВ53
24-й	ТО ГАВ 24	ТО ГАВ 54
25-й	ТО ГАВ 25	ТО ГАВ 55
26-й	ТО ГАВ 26	ТО ГАВ 56
27-й	ТО ГАВ 27	ТО ГАВ 57
28-й	ТО ГАВ 28	ТО ГАВ 58
29-й	ТО ГАВ 29	ТО ГАВ 59
30-й	ТО ГАВ 30	ТО ГАВ 60

ДОДАТОК В
(обов'язковий)
Дані до завдання за варіантами

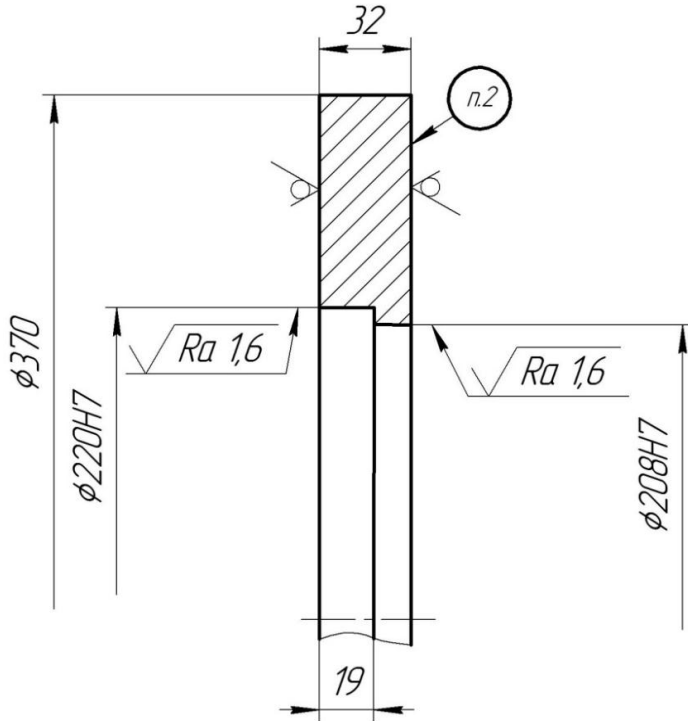


Рисунок В.1 – ТО ГАВ 01

Найменування деталі	Фланець
Шифр деталі	ТО ГАВ 01
Матеріал деталі	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	12,5
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Н14, h14 ± IT14/2. 2. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

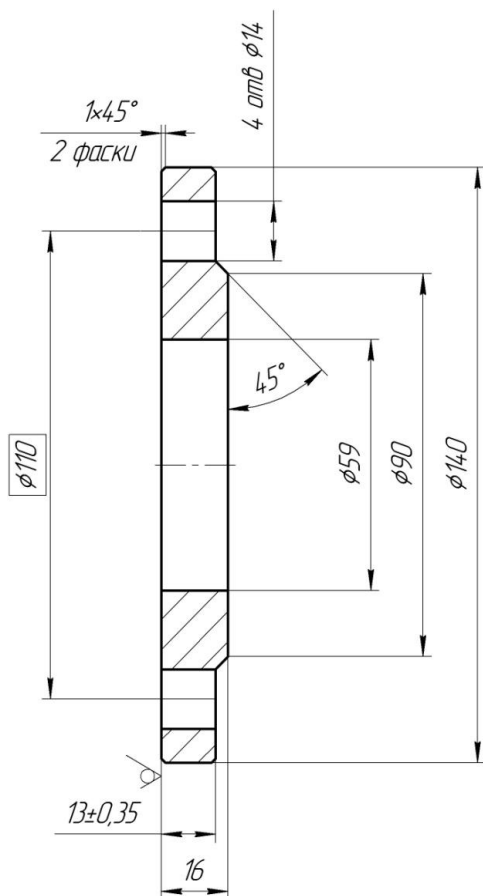


Рисунок В.2 – ТО ГАВ 02

Найменування деталі	Фланець
Шифр деталі	ТО ГАВ 02
Матеріал деталі	Сталь 20 ГОСТ 1050-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	12,5
Технічні вимоги	1. Гр. II ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2

Продовження додатка В

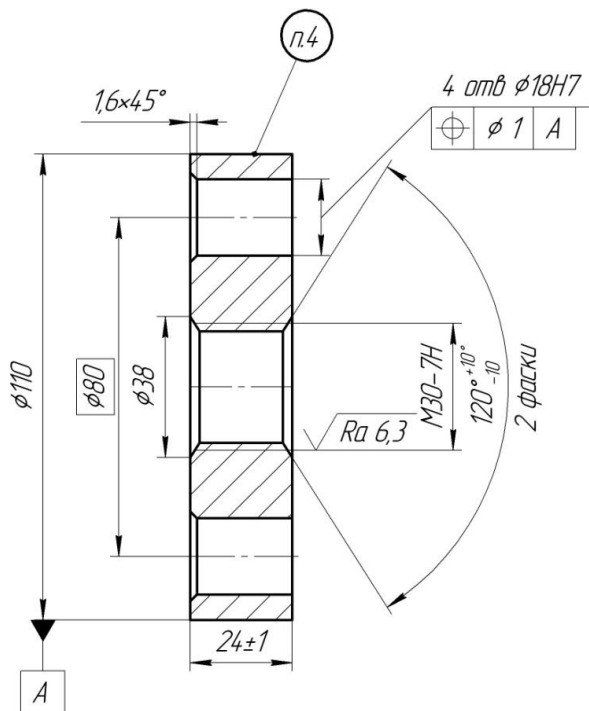


Рисунок В.3 – ТО ГАВ 03

Найменування деталі	Кільце
Шифр деталі	ТО ГАВ 03
Матеріал деталі	Сталь 12X18N10T ГОСТ 5632-88
Незначена шорсткість, Ra, мкм	12,5
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. IV ГОСТ 8479-70. 2. Допускається виготовлення з поковки Гр. III 121–179 НВ. 3. Н14, h14 ± IT14/2. 4. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

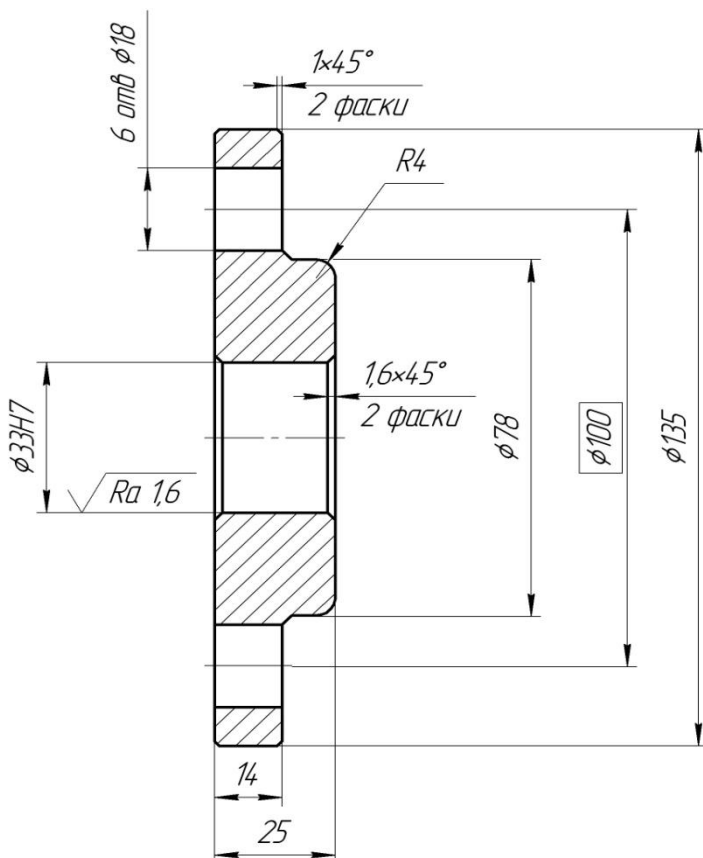


Рисунок В.4 – ТО ГАВ 04

Найменування деталі	Диск
Шифр деталі	ТО ГАВ 04
Матеріал деталі	Сталь 20Х13 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	12,5
Технічні вимоги	1. Гр. II ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2

Продовження додатка В

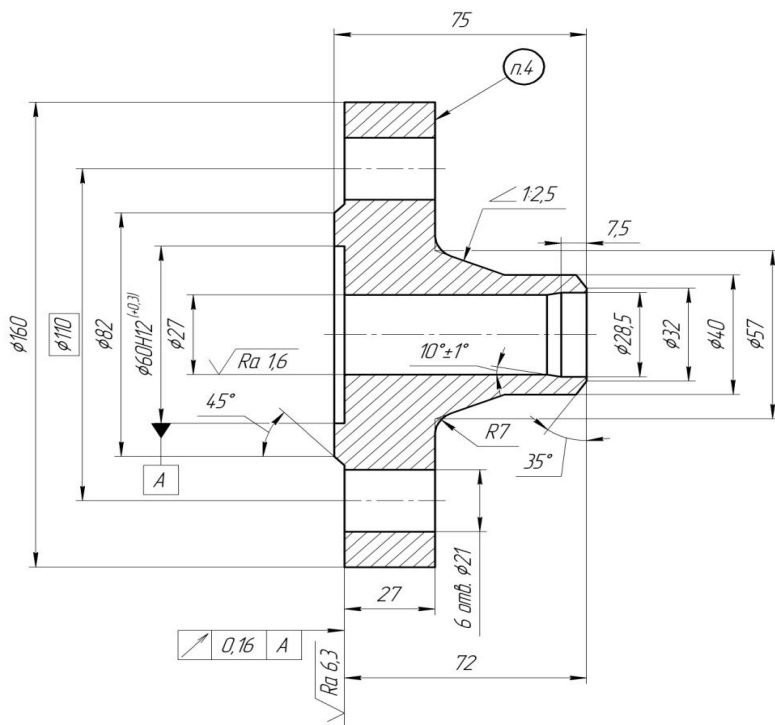


Рисунок В.5 – ТО ГАВ 05

Найменування деталі	Фланець
Шифр деталі	ТО ГАВ 05
Матеріал деталі	Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	12,5
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> Гр. IV ГОСТ 8479-70. Допускається виготовлення з поковки Гр. III 121–179 НВ. H14, h14 ± IT14/2. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

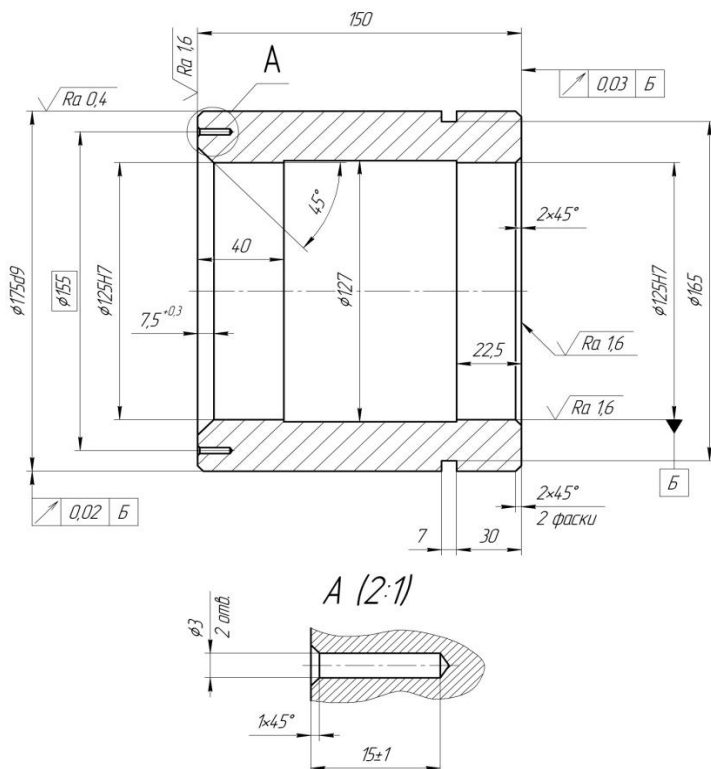


Рисунок В.6 – ТО ГАВ 06

Найменування деталі	Втулка
Шифр деталі	ТО ГАВ 06
Матеріал деталі	Сталь 38Х2МЮА ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. III ГОСТ 8479-70. 2. HRC 32–38. 3. H14, h14 ± IT14/2. 4. Розміри отворів Ø3 мм після термооброблення не контролювати. 5. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

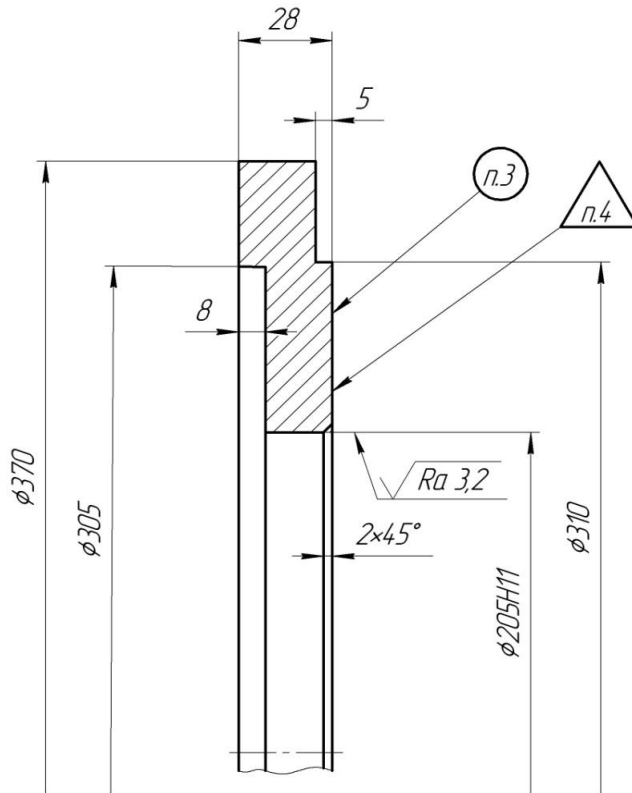


Рисунок В.8 – ТО ГАВ 08

Найменування деталі	Кільце
Шифр деталі	ТО ГАВ 08
Матеріал деталі	Сталь 20Х13 ГОСТ 5632-72
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. III ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62. 4. Витаврувати знак ВТК

Продовження додатка В

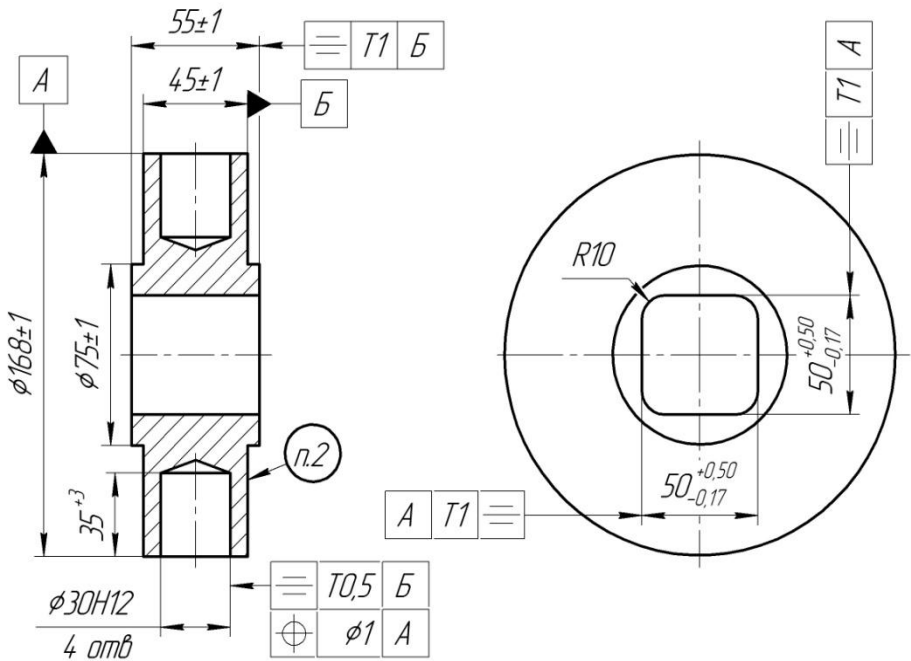


Рисунок В.9 – ТО ГАВ 09

Найменування деталі	Фланець кутовий
Шифр деталі	ТО ГАВ 09
Матеріал деталі	Сталь 50Г2 ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> Гр. III ГОСТ 8479-70. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

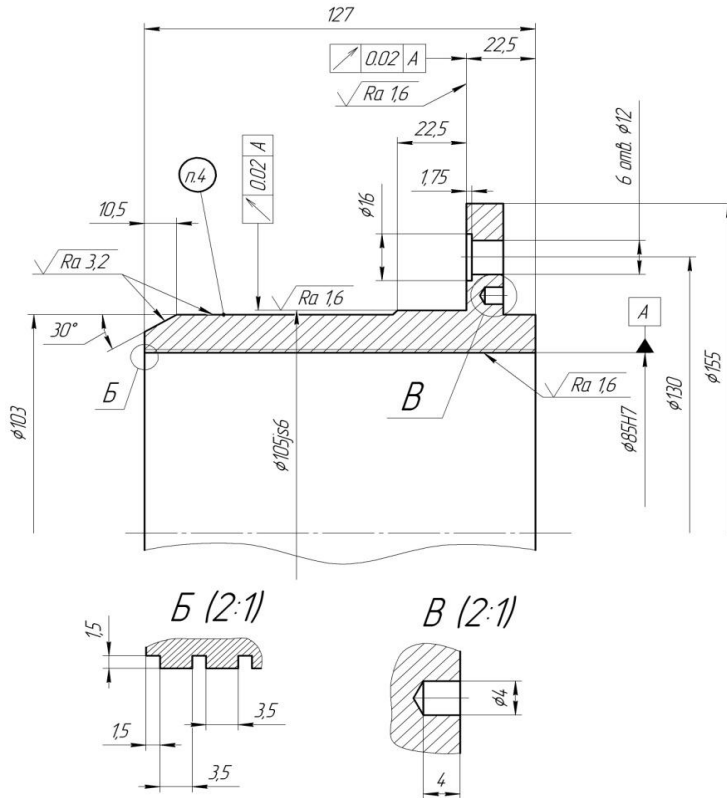


Рисунок В.10 – ТО ГАВ 10

Найменування деталі	Втулка
Шифр деталі	ТО ГАВ 10
Матеріал деталі	Сталь 09Г2С ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	12,5
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> Гр. III ГОСТ 8479-70. HRC 40–45. H14, h14 ± IT14/2. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

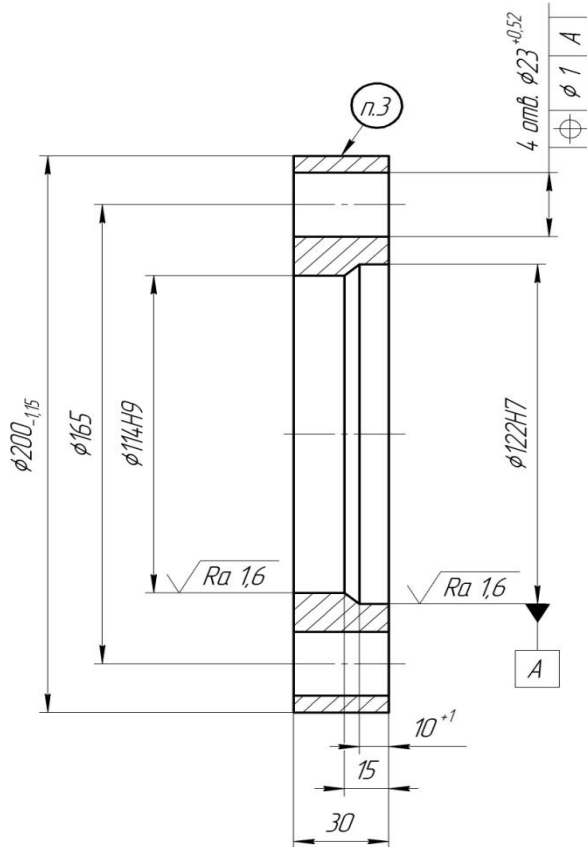


Рисунок В.11 – ТО ГАВ 11

Найменування деталі	Фланець
Шифр деталі	ТО ГАВ 11
Матеріал деталі	Сталь 10Г2 ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. III ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

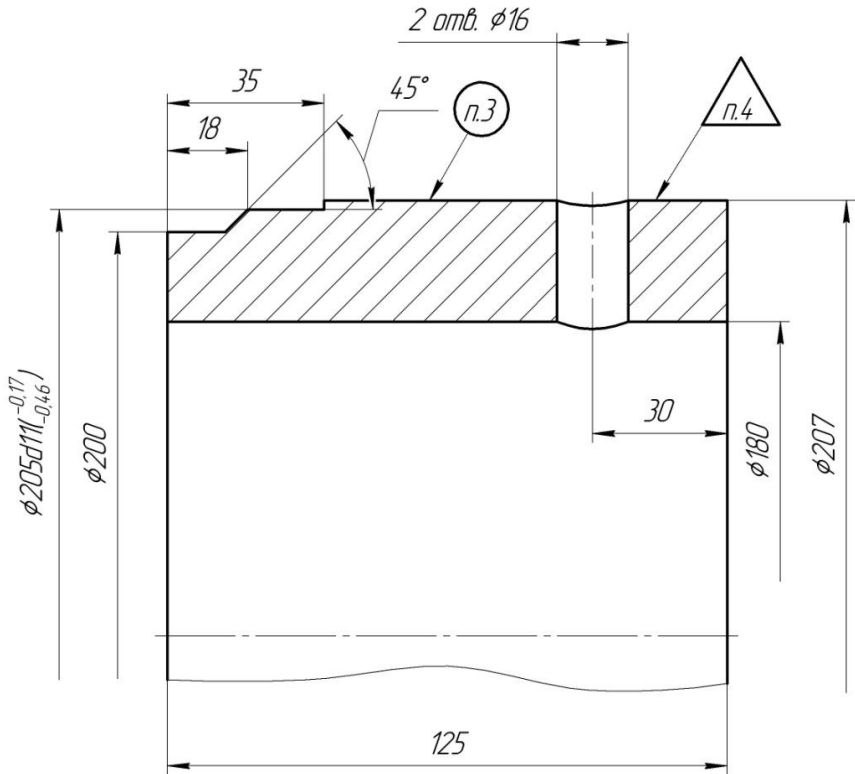


Рисунок В.12 – ТО ГАВ 12

Найменування деталі	Втулка
Шифр деталі	ТО ГАВ 12
Матеріал деталі	Сталь 10Г2 ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. III ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 \pm IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62. 4. Витаврувати знак ВТК

Продовження додатка В

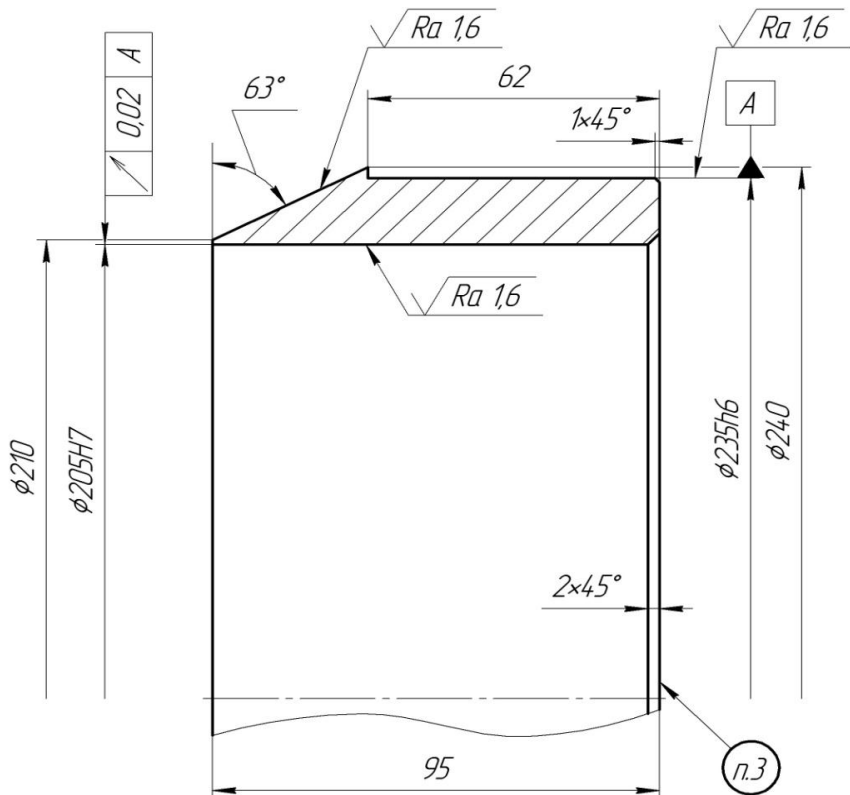


Рисунок В.13 – ТО ГАВ 13

Найменування деталі	Втулка
Шифр деталі	ТО ГАВ 13
Матеріал деталі	СЧ 20 ГОСТ 1412-79
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Клас точності вилівка III за ГОСТ 1855-85. 2. H14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

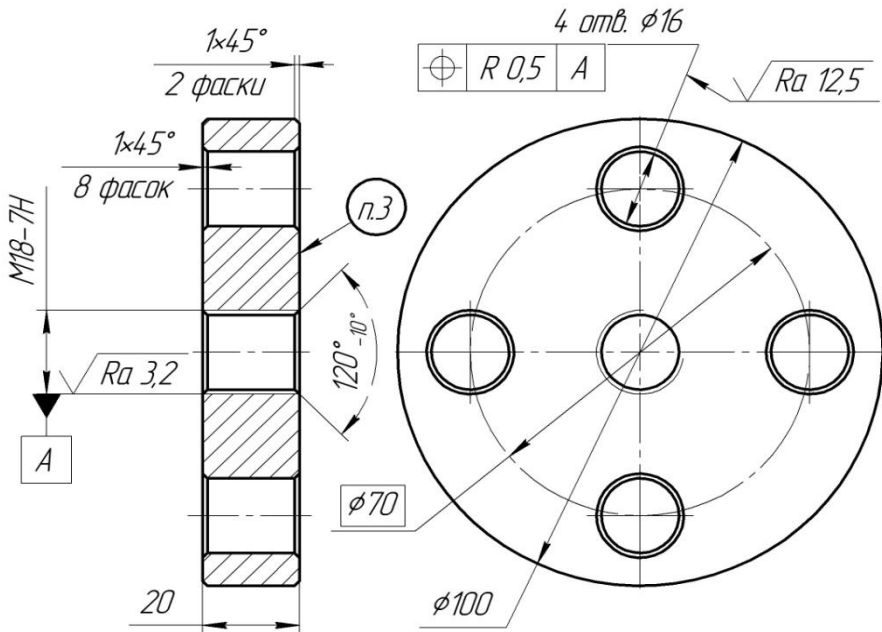


Рисунок В.14 – ТО ГАВ 14

Найменування деталі	Фланець
Шифр деталі	ТО ГАВ 14
Матеріал деталі	Сталь 38ХА ГОСТ 4543-71
Незначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	1. Гр. IV ГОСТ 8479-70. 2. Н14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

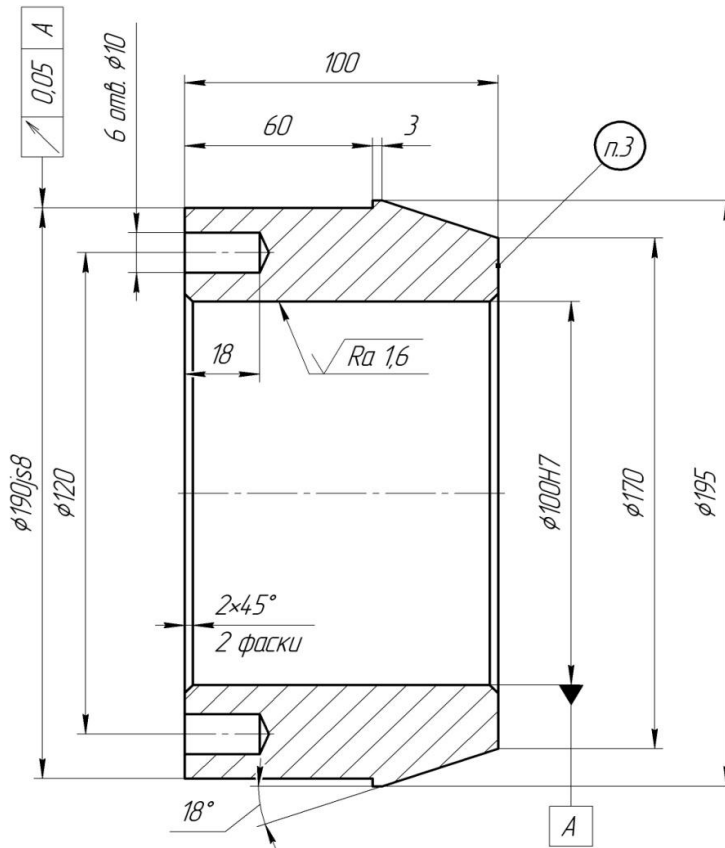


Рисунок В.15 – ТО ГАВ 15

Найменування деталі	Втулка
Шифр деталі	ТО ГАВ 15
Матеріал деталі	Сталь 65Г ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	3,2
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. II ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

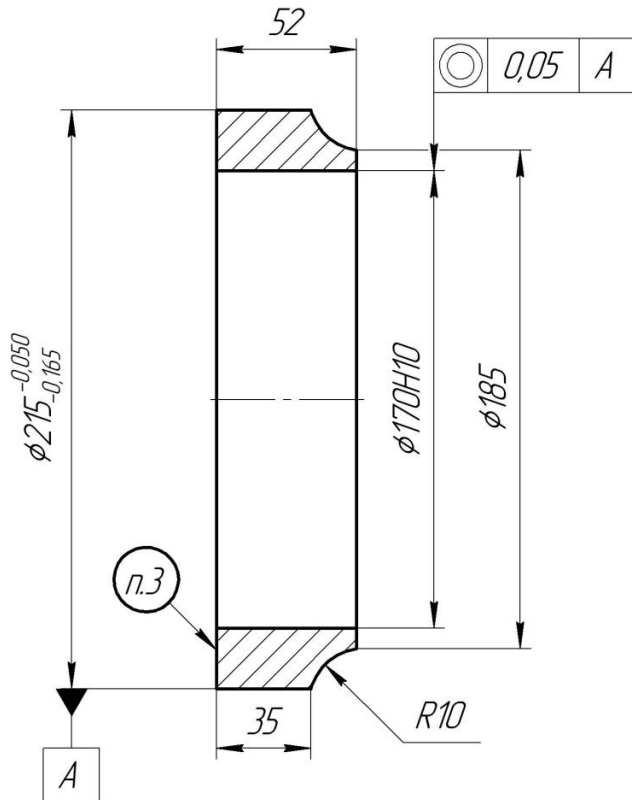


Рисунок В.16 – ТО ГАВ 16

Найменування деталі	Кільце
Шифр деталі	ТО ГАВ 16
Матеріал деталі	Сталь 08X18H10 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	1. Гр. I ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

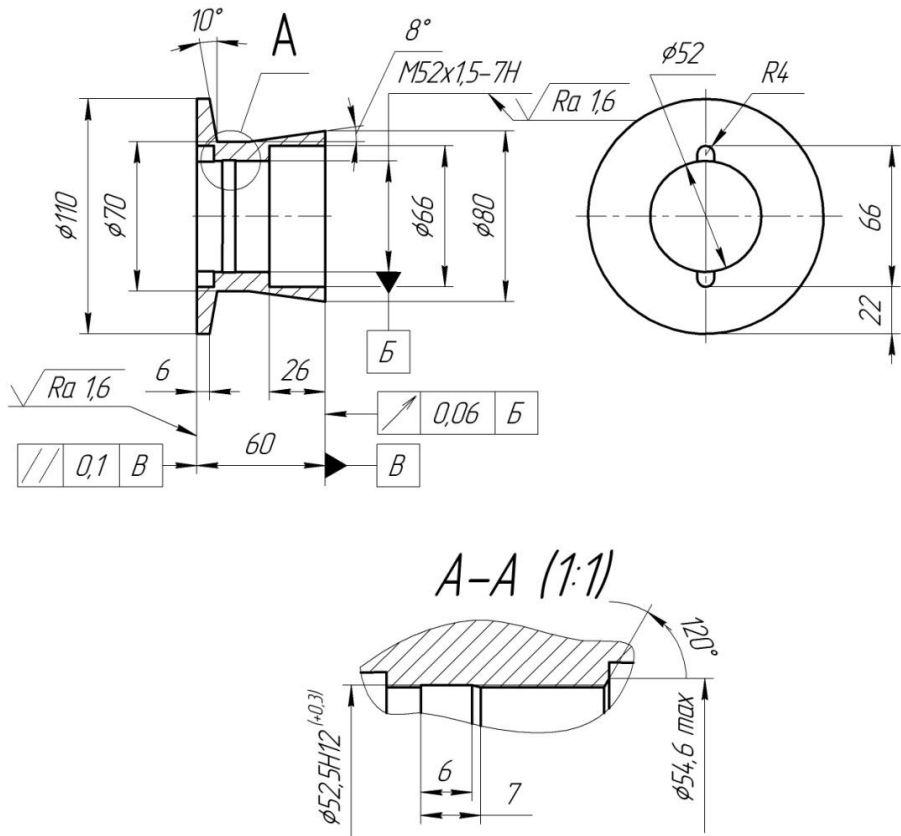


Рисунок В.17 – ТО ГАВ 17

Найменування деталі	Втулка
Шифр деталі	ТО ГАВ 17
Матеріал деталі	Сталь 40X13 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	3,2
Технічні вимоги	H14, h14 ± IT14/2

Продовження додатка В

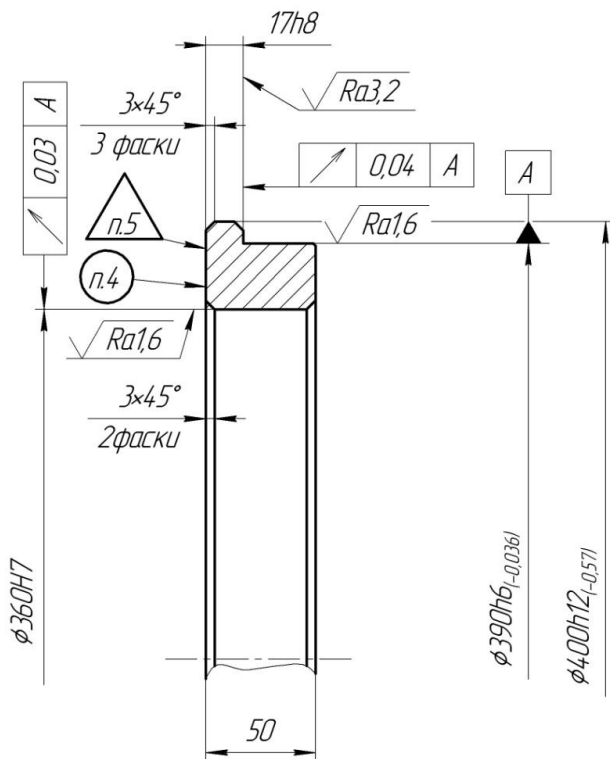


Рисунок В.20 – ТО ГАВ 20

Найменування деталі	Кільце
Шифр деталі	ТО ГАВ 20
Матеріал деталі	Сталь 30X13 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. I ГОСТ 8479-70. 2. НВ 375–430. 3. Н14, h14 ± IT14/2. 4. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62. 5. Витаврувати знак ВТК

Продовження додатка В

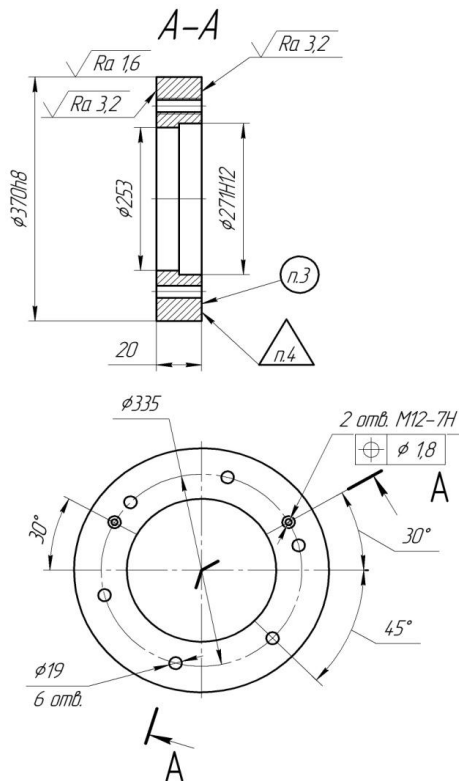


Рисунок В.21 – ТО ГАВ 21

Найменування деталі	Кільце
Шифр деталі	ТО ГАВ 21
Матеріал деталі	Сталь 20Х ГОСТ 4543-71
Незначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. I ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62. 4. Витаврувати знак ВТК

Продовження додатка В

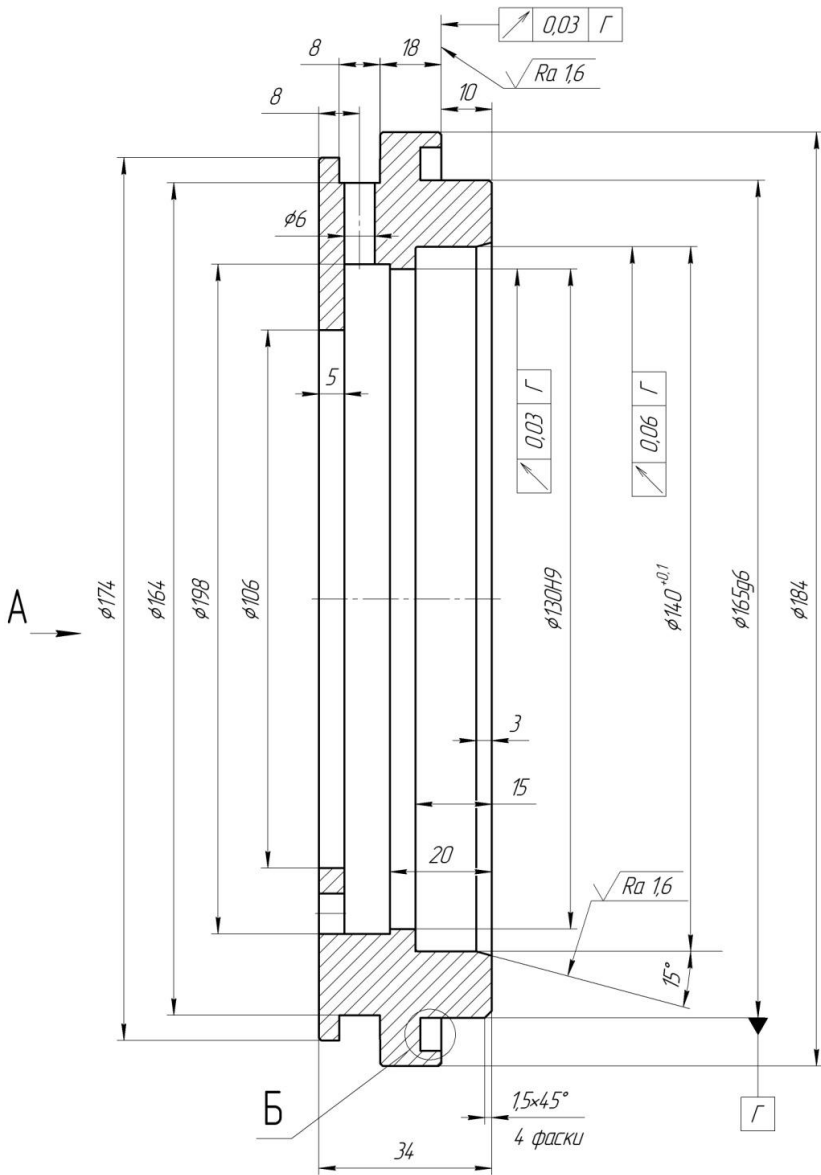


Рисунок В.24 – ТО ГАВ 24

Продовження додатка В

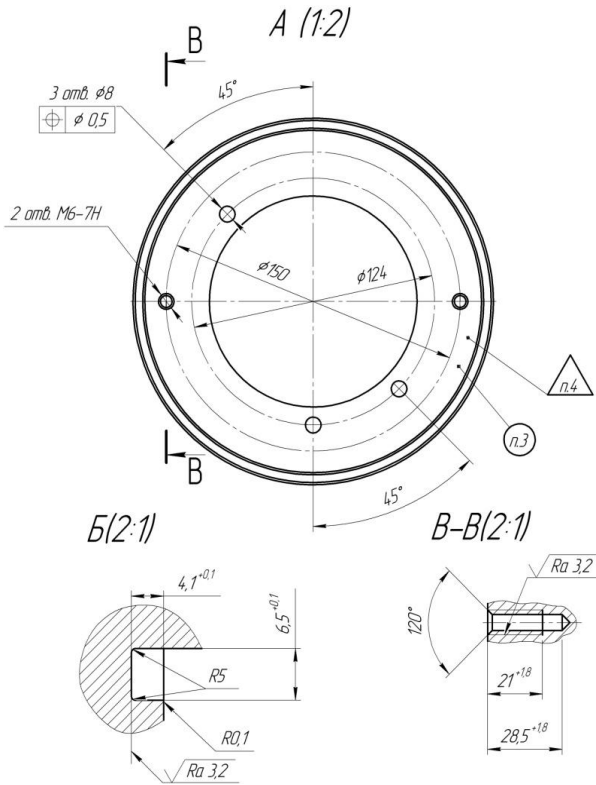


Рисунок В.24, аркуш 2

Найменування деталі	Корпус
Шифр деталі	ТО ГАВ 24
Матеріал деталі	Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. III ГОСТ 8479-70. 2. Н14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62. 4. Витаврувати знак ВТК

Продовження додатка В

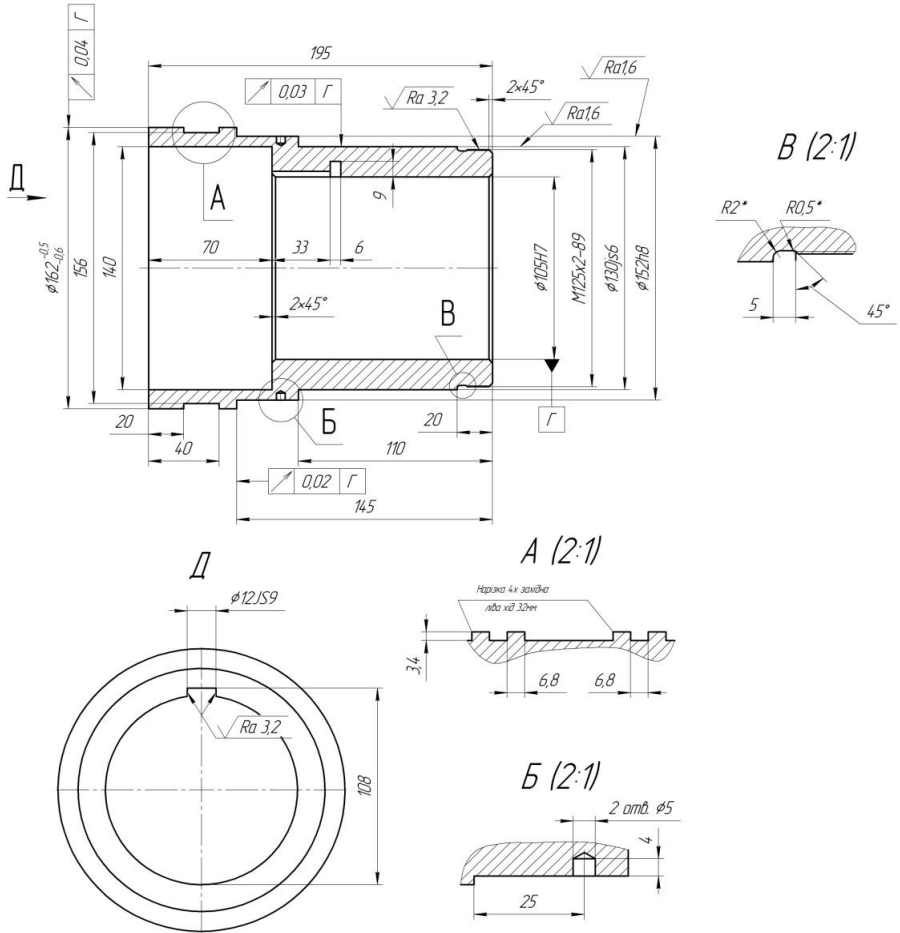


Рисунок В.25 – ТО ГАВ 25

Найменування деталі	Імпеллер
Шифр деталі	ТО ГАВ 25
Матеріал деталі	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	1. Гр. III ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2

Продовження додатка В

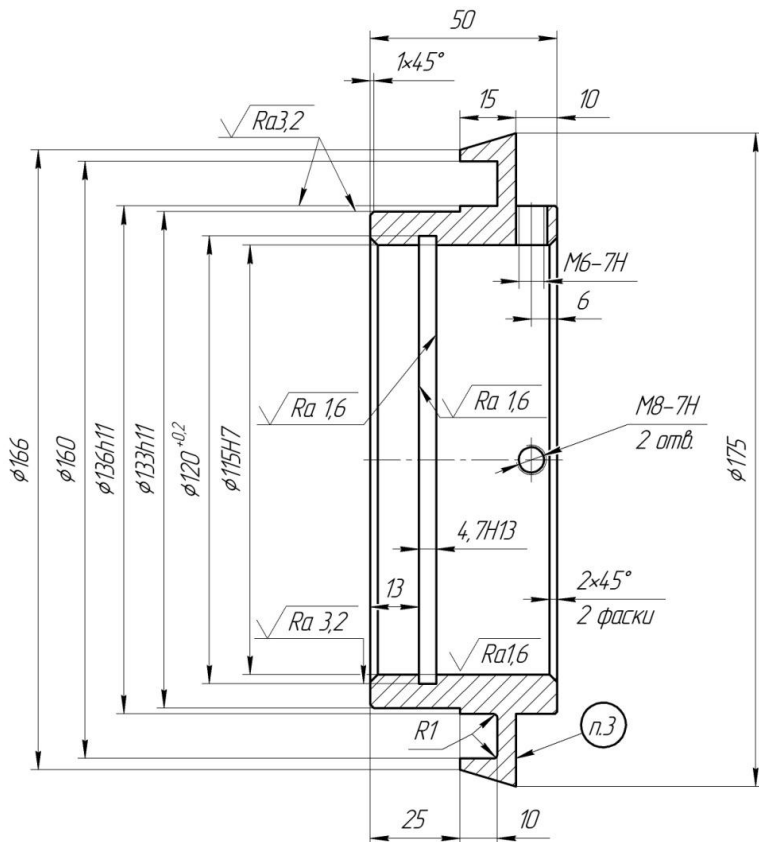


Рисунок В.26 – ТО ГАВ 26

Найменування деталі	Кільце масловідбійне
Шифр деталі	ТО ГАВ 26
Матеріал деталі	Сталь 40ХН3А ГОСТ 4543-71
Незначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. I ГОСТ 8479-70. 2. Н14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

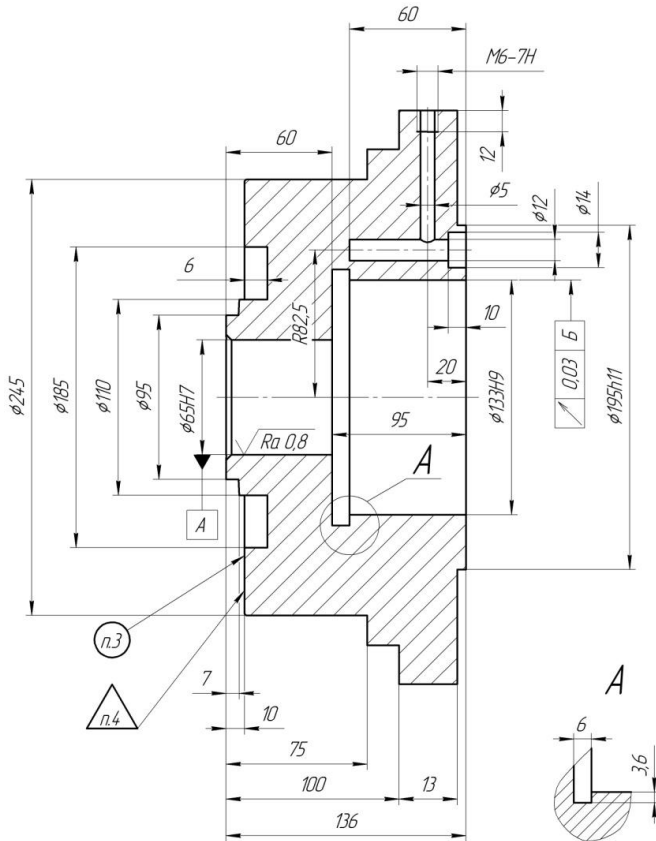
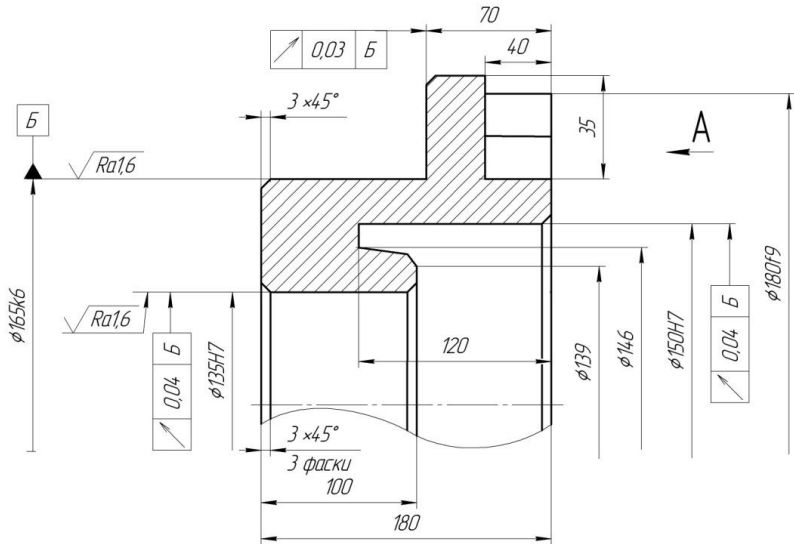


Рисунок В.28 – ТО ГАВ 28

Найменування деталі	Корпус
Шифр деталі	ТО ГАВ 28
Матеріал деталі	Сталь 09Г2С ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	12,5
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. І ГОСТ 8479-70. 2. Н14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62. 4. Витаврувати знак ВТК

Продовження додатка В



A (1:4)

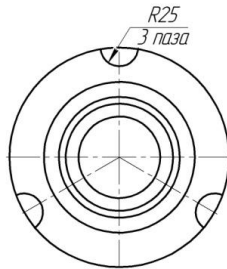


Рисунок В.29 – ГО ГАВ 29

Найменування деталі	Кільце ущільнювальне
Шифр деталі	ГО ГАВ 29
Матеріал деталі	Сталь 30X13 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	3,2
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. III ГОСТ 8479-70. 2. HRC 42–47. 3. H14, h14 ± IT14/2

Продовження додатка В

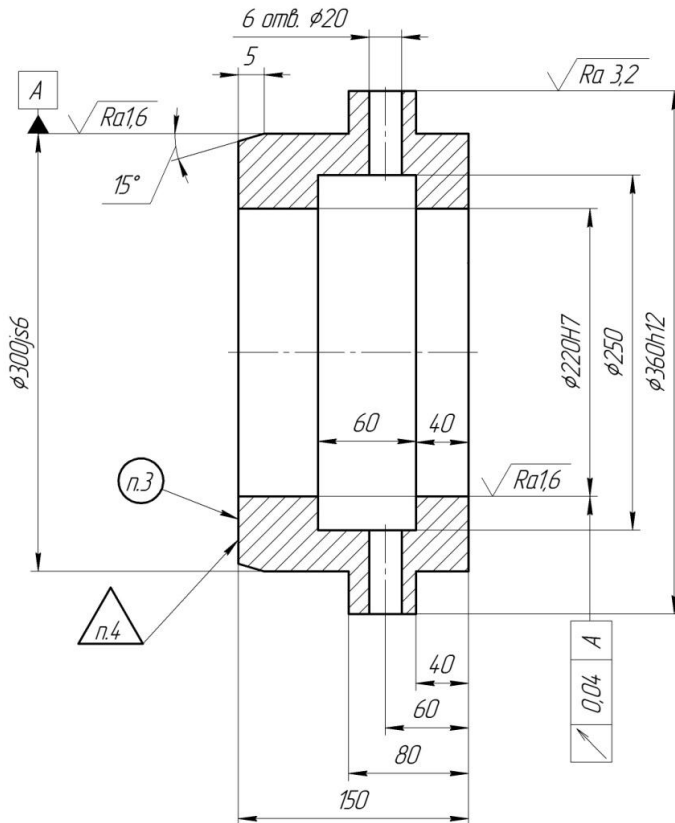


Рисунок В.31 – ТО ГАВ 31

Найменування деталі	Фланець
Шифр деталі	ТО ГАВ 31
Матеріал деталі	Сталь 45ХГСА ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. IV ГОСТ 8479-70. 2. Н14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62. 4. Витаврувати знак ВТК

Продовження додатка В

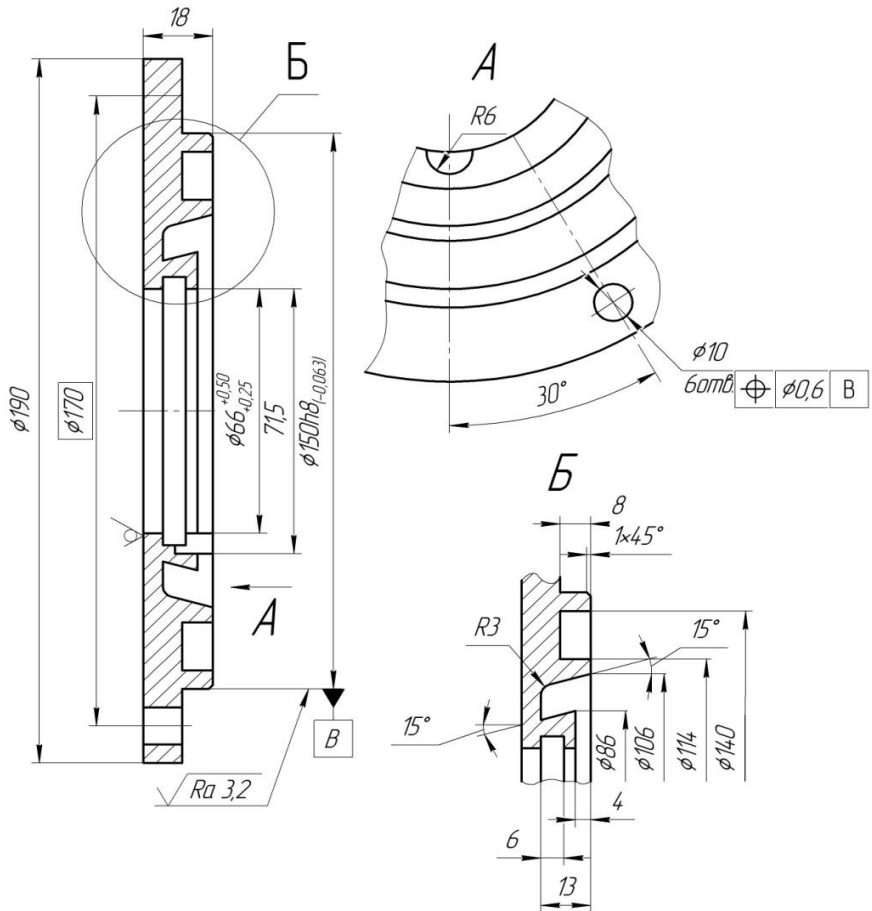


Рисунок В.32 – ТО ГАВ 32

Найменування деталі	Кришка
Шифр деталі	ТО ГАВ 32
Матеріал деталі	Сталь 45ХГСА ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	1. Матеріал-замінник – сталь 40ХН. 2. Н14, h14 ± IT14/2

Продовження додатка В

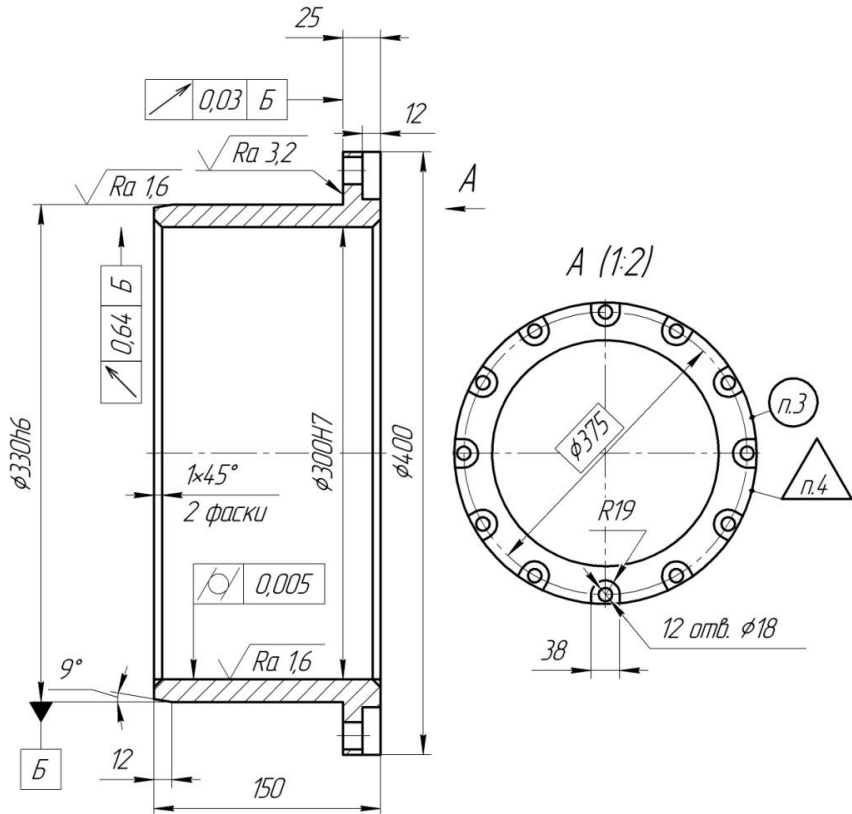


Рисунок В.33 – ТО ГАВ 33

Найменування деталі	Втулка
Шифр деталі	ТО ГАВ 33
Матеріал деталі	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. І ГОСТ 8479-70. 2. Н14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62. 4. Витаврувати знак ВТК

Продовження додатка В

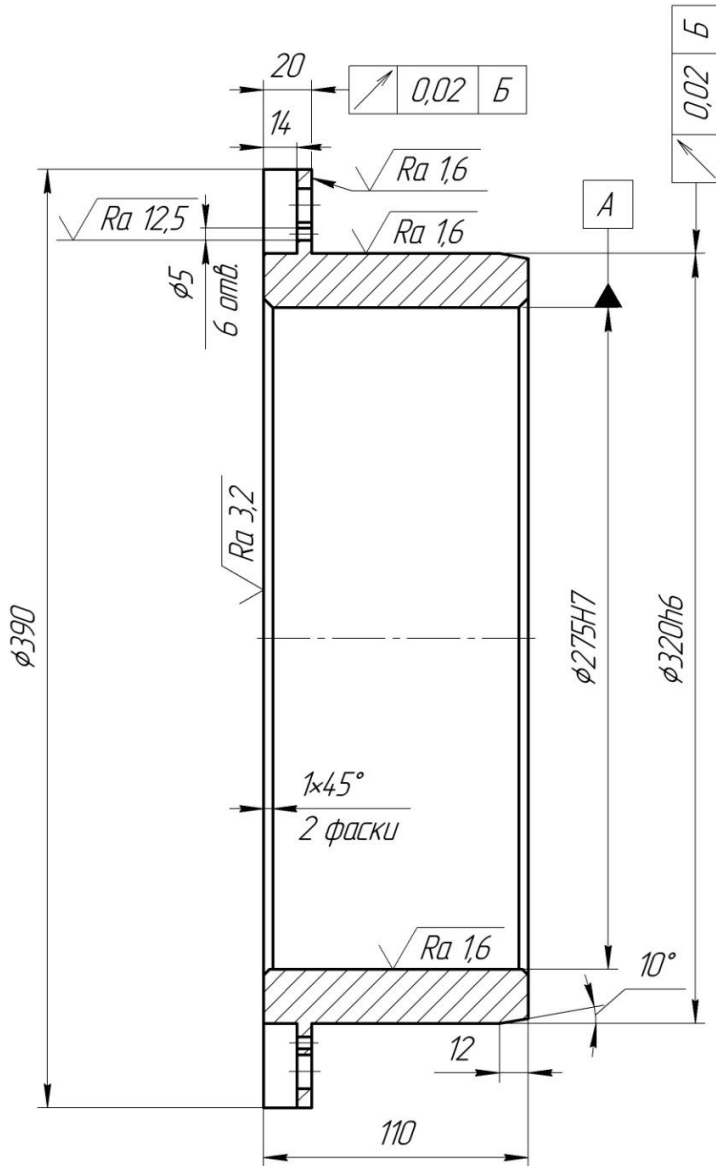
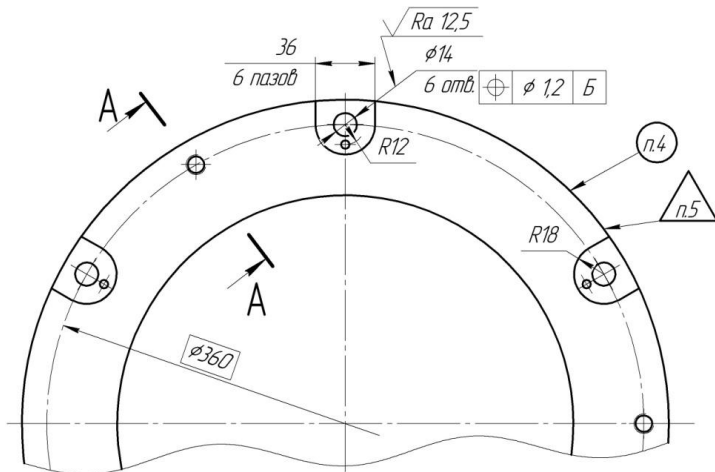


Рисунок В.34 – ТО ГАВ 34

Продовження додатка В



A-A (2:1)

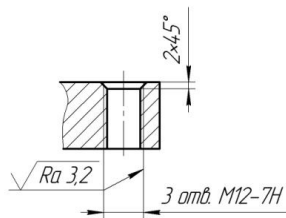


Рисунок В.34, аркуш 2

Найменування деталі	Кільце ущільнювальне
Шифр деталі	ТО ГАВ 34
Матеріал деталі	Сталь 40ХФА ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. І ГОСТ 8479-70. 2. Н14, h14 ± IT14/2. 3. НВ 375–400. 4. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62. 5. Витаврувати знак ВТК

Продовження додатка В

A (1:2)

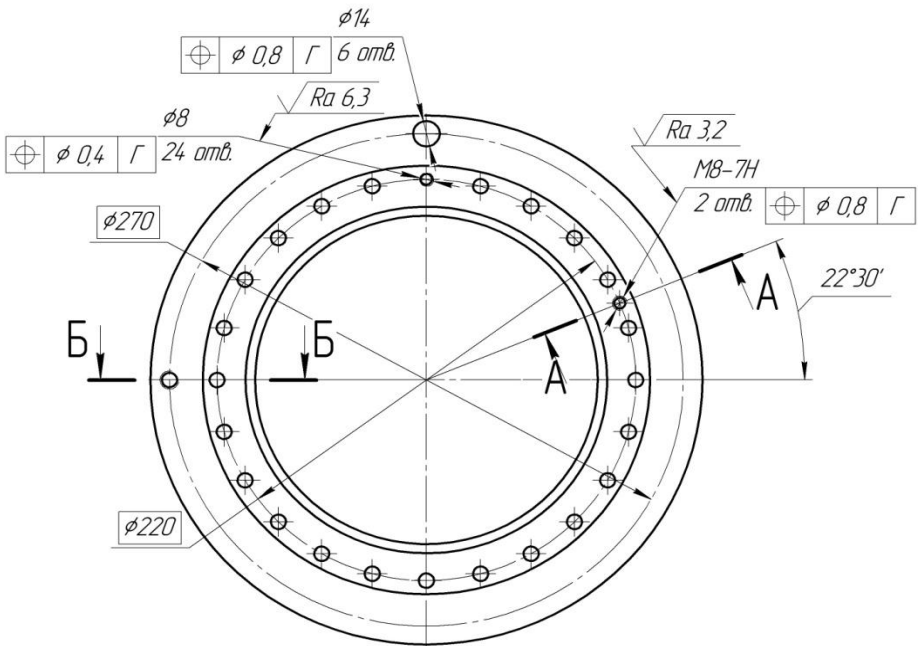


Рисунок В.35, аркуш 2

Найменування деталі	Кришка
Шифр деталі	ТО ГАВ 35
Матеріал деталі	Сталь 20Х13 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. II ГОСТ 8479-70. 2. Н14, h14 ± IT14/2. 3. HRC 50–55. 4. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

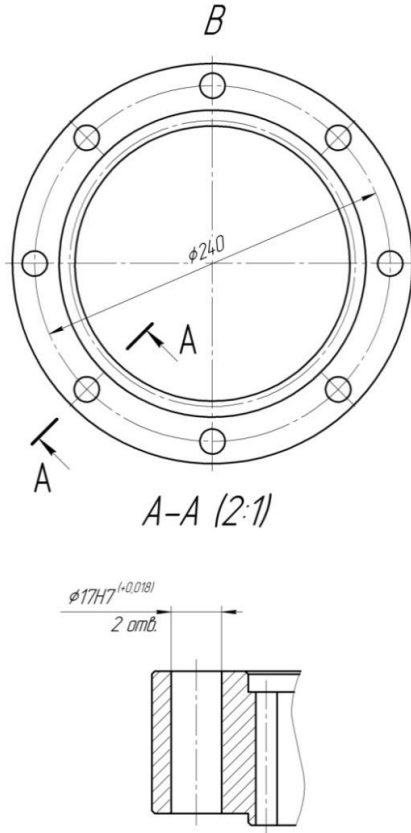


Рисунок В.36, аркуш 2

Найменування деталі	Обойма
Шифр деталі	ТО ГАВ 36
Матеріал деталі	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. IV ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2. 3. HRC 30–35. 4. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

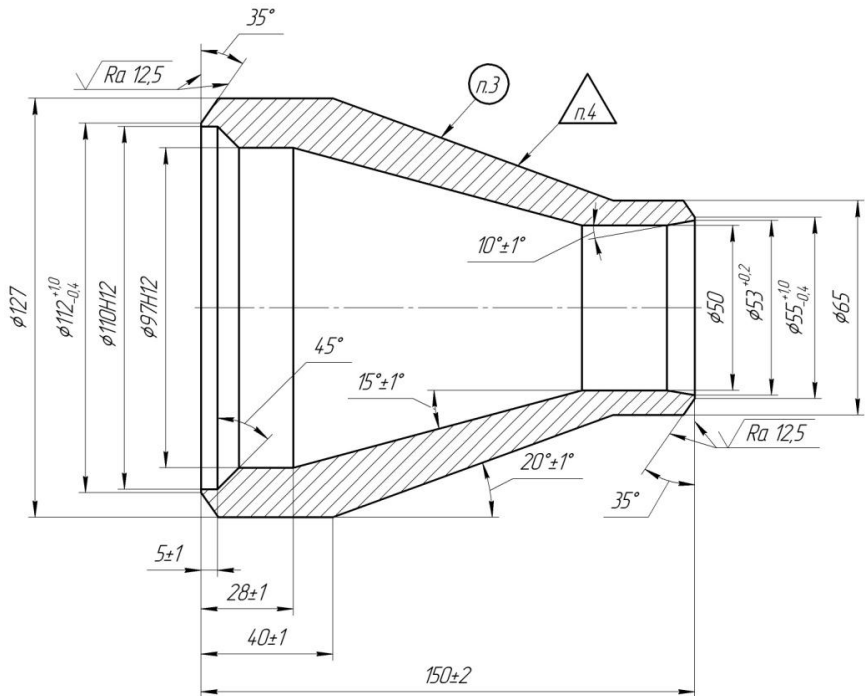


Рисунок В.37 – ТО ГАВ 37

Найменування деталі	Перехідник
Шифр деталі	ТО ГАВ 37
Матеріал деталі	Сталь 15 ГОСТ 1050-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. IV ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 \pm IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62. 4. Витаврувати знак ВТК

Продовження додатка В

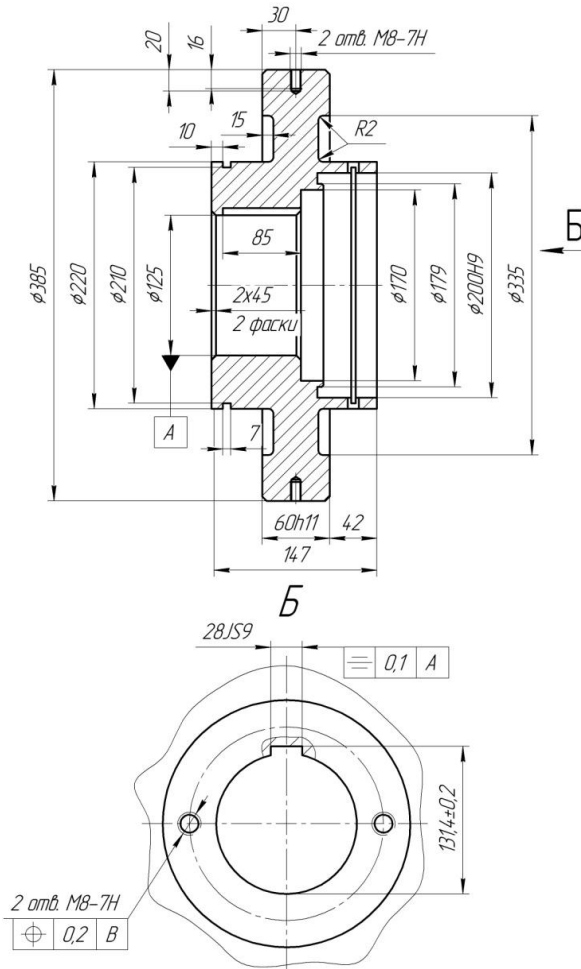


Рисунок В.38 – ГО ГАВ 38

Найменування деталі	Диск
Шифр деталі	ГО ГАВ 38
Матеріал деталі	Сталь 20Х ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	H14, h14 ± IT14/2

Продовження додатка В

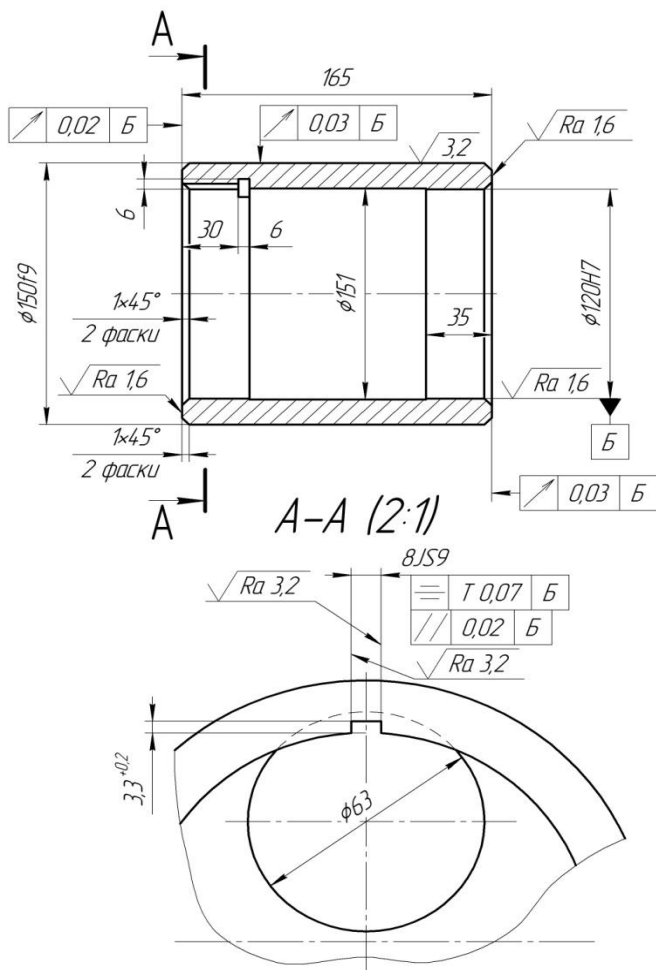


Рисунок В.39 – ТО ГАВ 39

Найменування деталі	Втулка
Шифр деталі	ТО ГАВ 39
Матеріал деталі	Сталь 20X13 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	1. Гр. IV ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 \pm IT14/2

Продовження додатка В

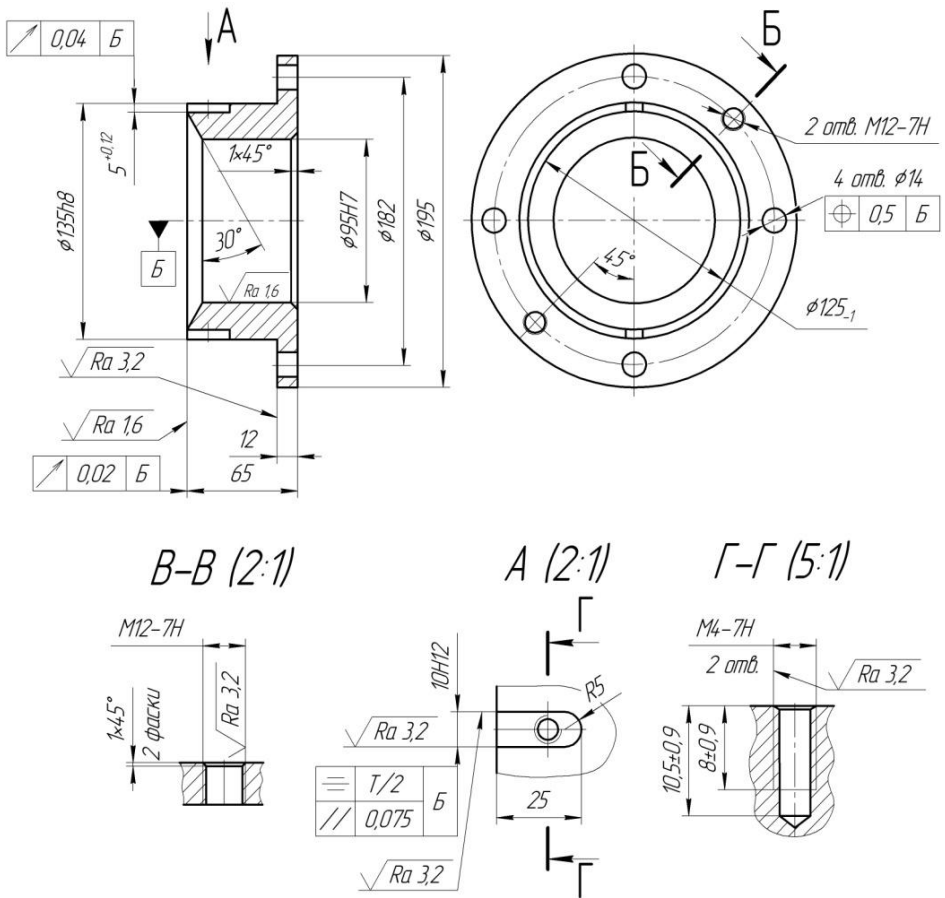


Рисунок В.40 – ТО ГАВ 40

Найменування деталі	Кришка
Шифр деталі	ТО ГАВ 40
Матеріал деталі	Сталь 20X13 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> Гр. I ГОСТ 8479-70. НВ 270–310. H14, h14 ± IT14/2

Продовження додатка В

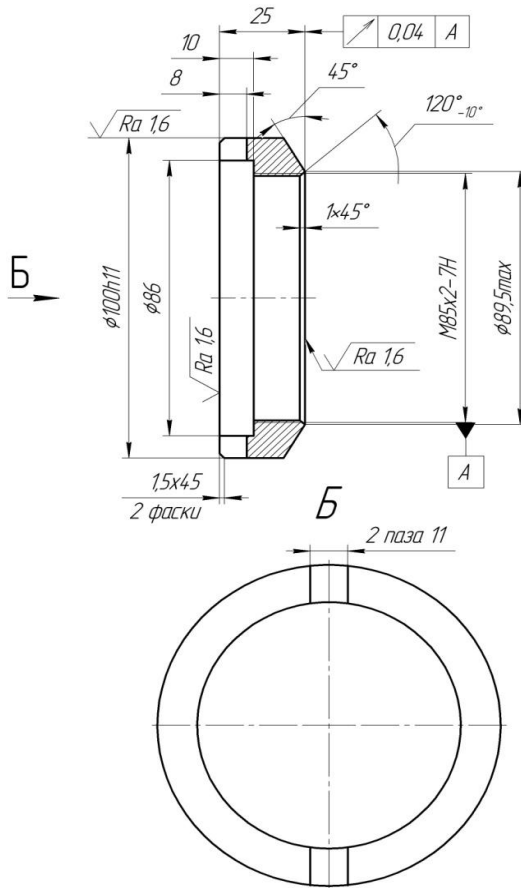


Рисунок В.41 – ТО ГАВ 41

Найменування деталі	Гайка
Шифр деталі	ТО ГАВ 41
Матеріал деталі	Сталь 20Х13 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. III ГОСТ 8479-70. 2. НВ 270–310. 3. Н14, h14 ± IT14/2

Продовження додатка В

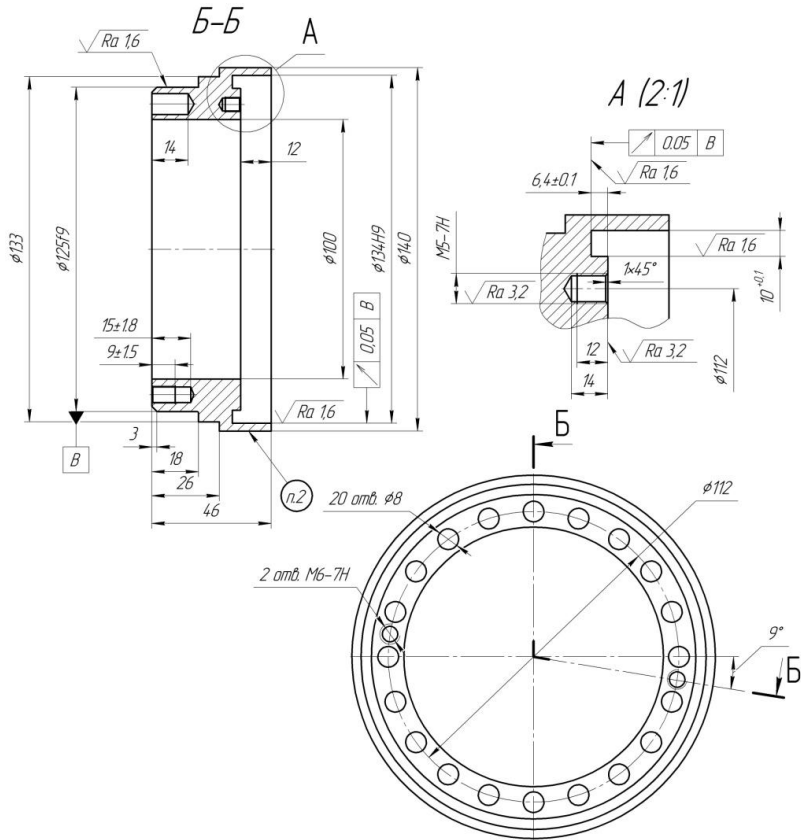


Рисунок В.42 – ТО ГАВ 42

Найменування деталі	Обойма
Шифр деталі	ТО ГАВ 42
Матеріал деталі	Сталь 14X17H2 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	1. Н14, h14 ± IT14/2. 2. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

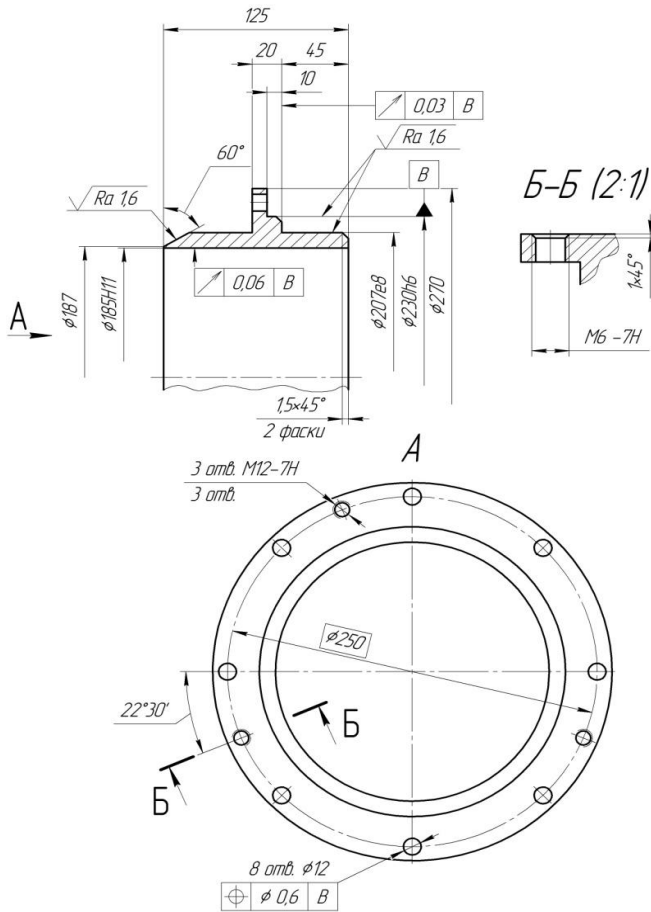


Рисунок В.43 – ГО ГАВ 43

Найменування деталі	Втулка
Шифр деталі	ГО ГАВ 43
Матеріал деталі	Сталь 40X13 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	1. Гр. I ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2

Продовження додатка В

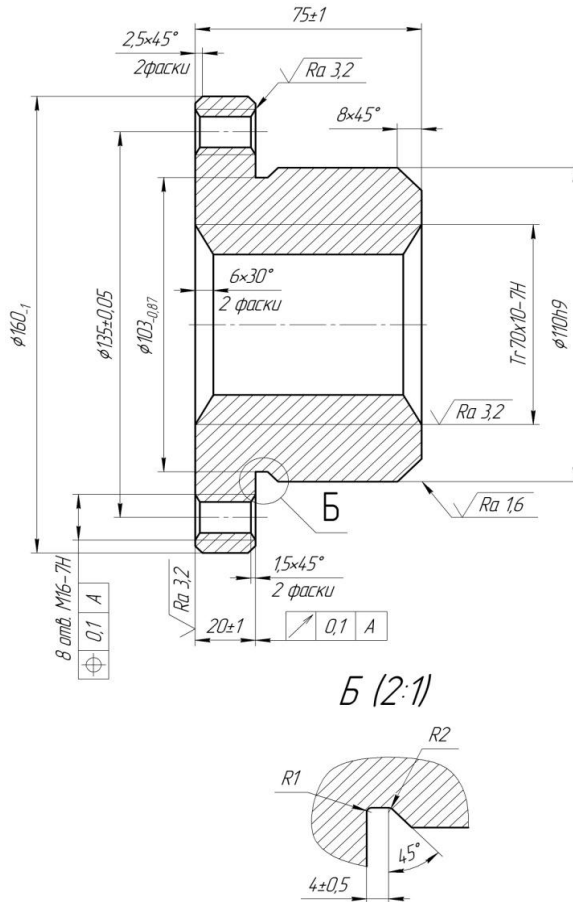


Рисунок В.44 – ТО ГАВ 44

Найменування деталі	Фланець
Шифр деталі	ТО ГАВ 44
Матеріал деталі	Сталь 40X13 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. I ГОСТ 8479-70. 2. НВ 280–320. 3. Н14, h14 ± IT14/2

Продовження додатка В

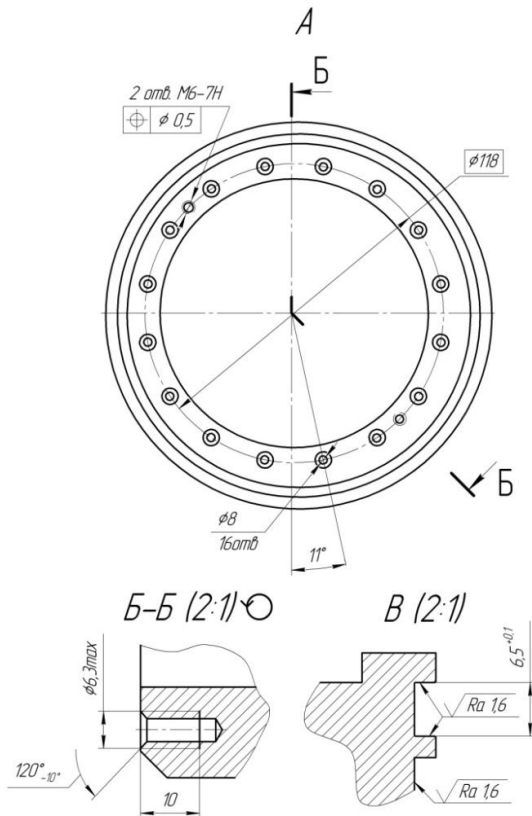


Рисунок В.45, аркуш 2

Найменування деталі	Обойма
Шифр деталі	ТО ГАВ 45
Матеріал деталі	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. IV ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2. 3. HRC 45–50. 4. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

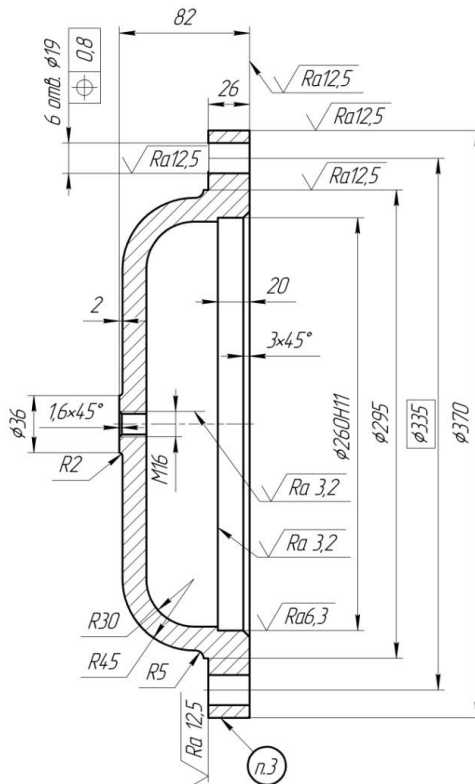


Рисунок В.46 – ТО ГАВ 46

Найменування деталі	Фланець
Шифр деталі	ТО ГАВ 46
Матеріал деталі	СЧ21-40 ГОСТ 1412-70
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	Без механічного оброблення
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Клас точності вилівка III за ГОСТ 1855-85. 2. H14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

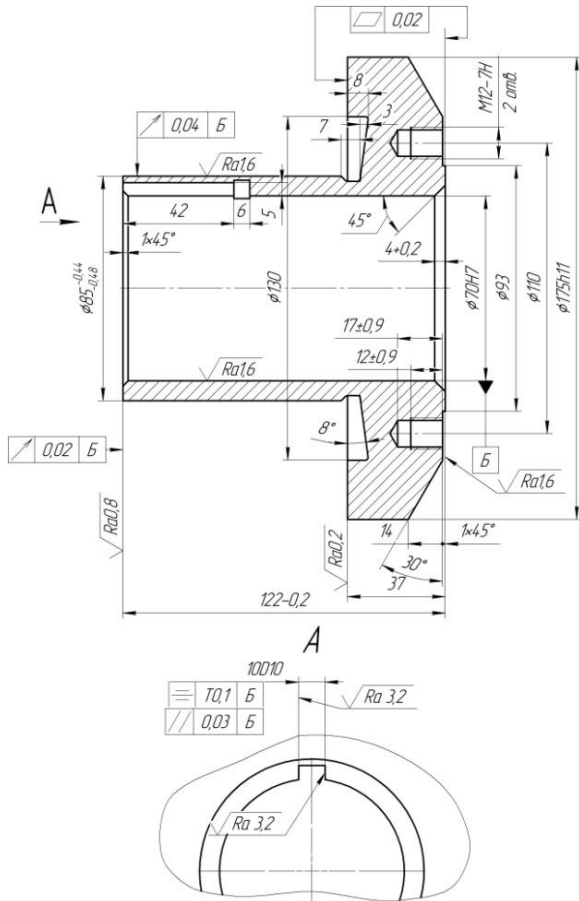


Рисунок В.47 – ТО ГАВ 47

Найменування деталі	Диск розвантажувальний
Шифр деталі	ТО ГАВ 47
Матеріал деталі	Сталь 40X13 ГОСТ 5632-88
Незначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	1. Гр. III ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2

Продовження додатка В

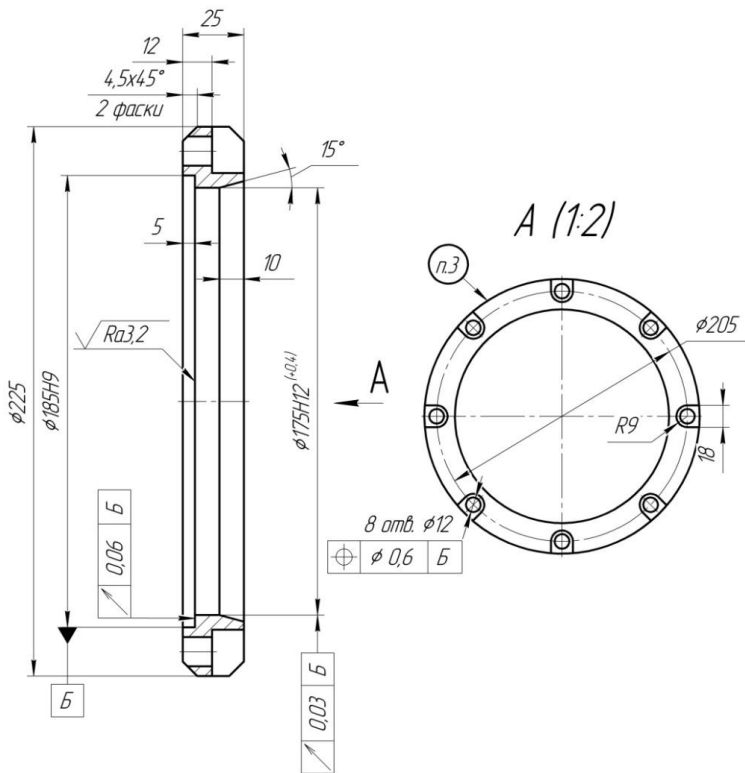


Рисунок В.48 – ТО ГАВ 48

Найменування деталі	Фланець натискний
Шифр деталі	ТО ГАВ 48
Матеріал деталі	Сталь 40X13 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> Гр. III ГОСТ 8479-70. HRC 45–50. H14, h14 \pm IT14/2. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

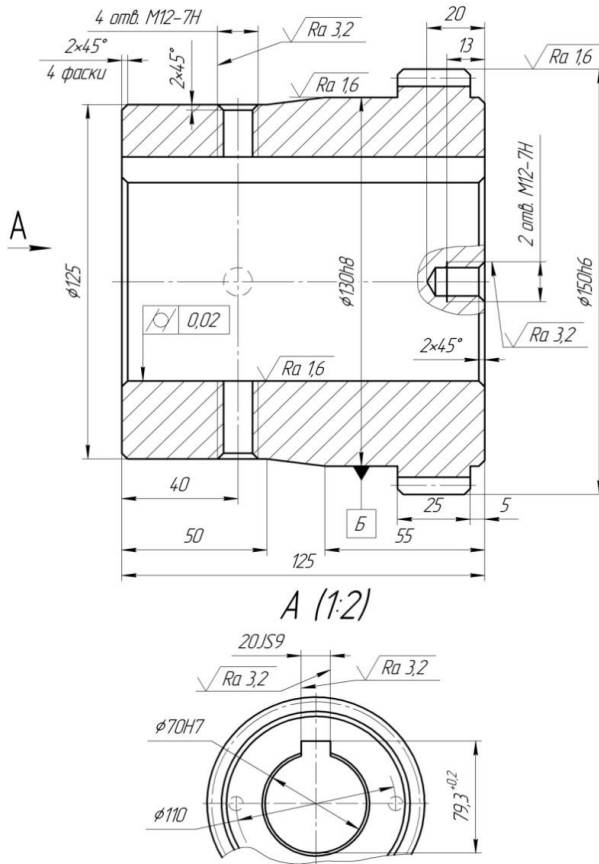


Рисунок В.49 – ТО ГАВ 49

Найменування деталі	Втулка
Шифр деталі	ТО ГАВ 49
Матеріал деталі	Сталь 38ХА ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	12,5
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. III ГОСТ 8479-70. 2. HRC 42–47. 3. H14, h14 ± IT14/2

Продовження додатка В

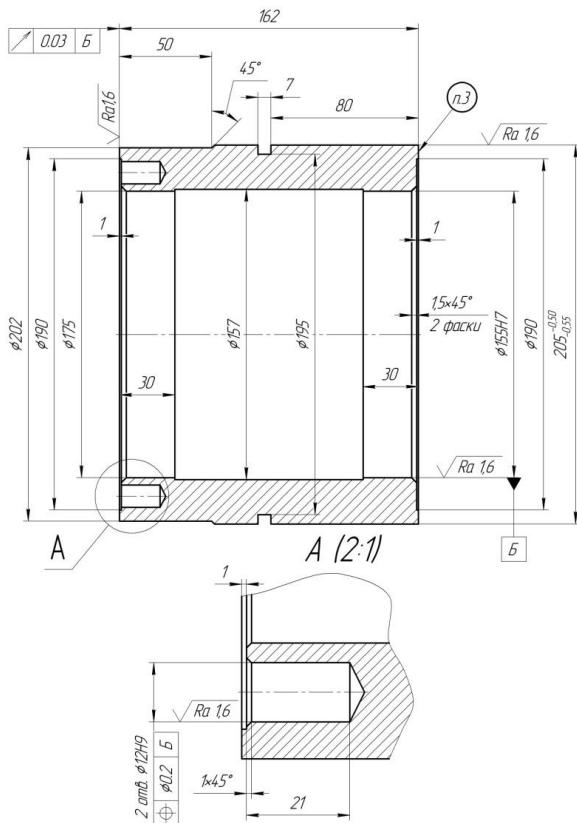


Рисунок В.50 – ТО ГАВ 50

Найменування деталі	Втулка
Шифр деталі	ТО ГАВ 50
Матеріал деталі	Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71
Незначена шорсткість, Ra, мкм	12,5
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> Гр. IV ГОСТ 8479-70. H14, h14, $\pm IT14/2$. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

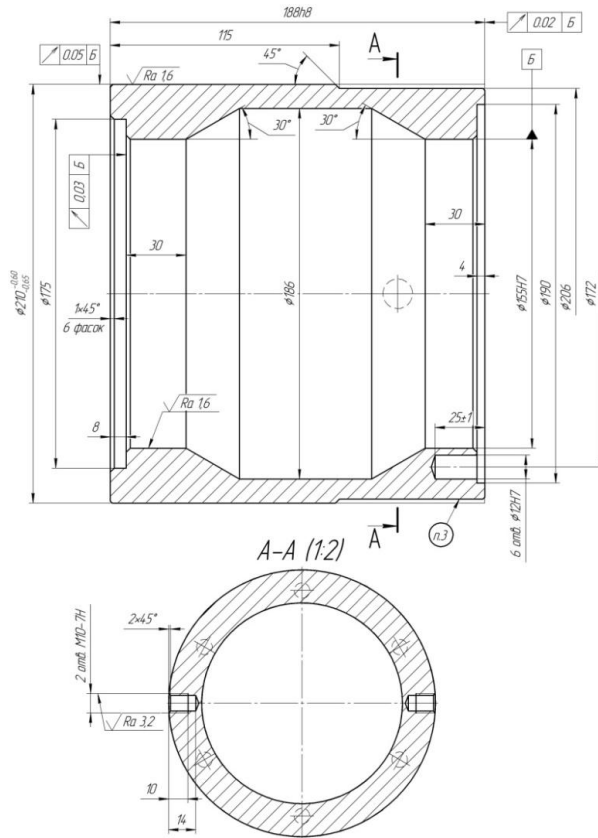


Рисунок В.51 – ТО ГАВ 51

Найменування деталі	Втулка
Шифр деталі	ТО ГАВ 51
Матеріал деталі	Сталь 30Х13 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. II ГОСТ 8479-70. 2. Н14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

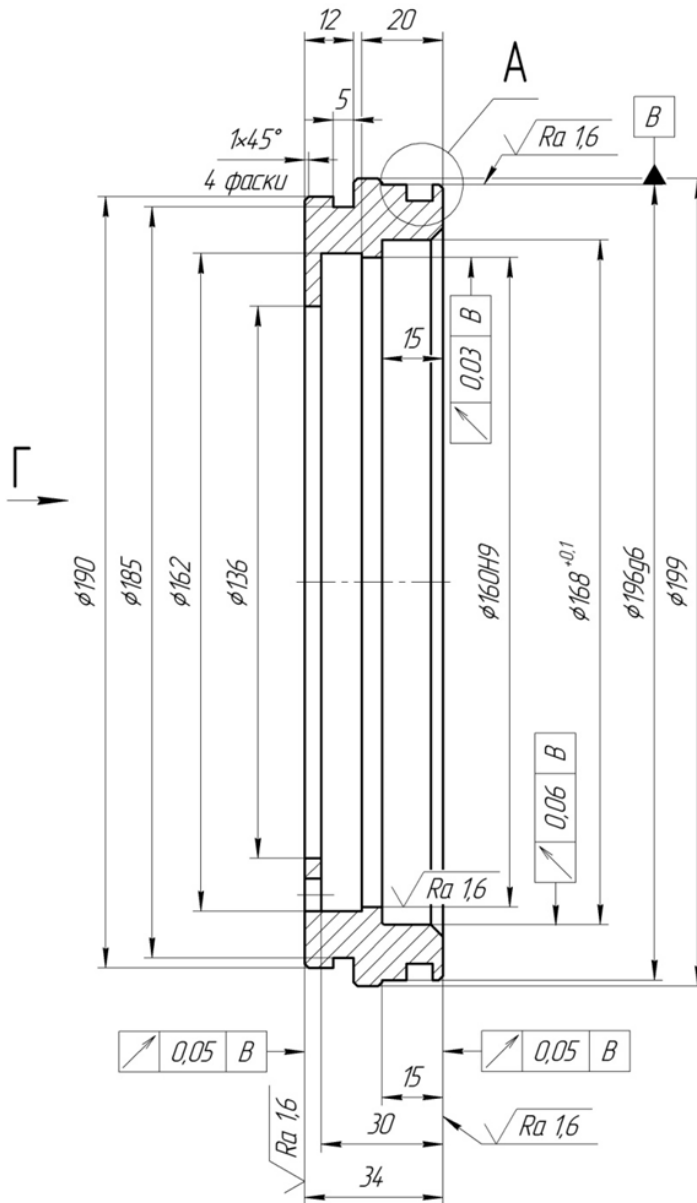


Рисунок В.52 – ТО ГАВ 52

Продовження додатка В

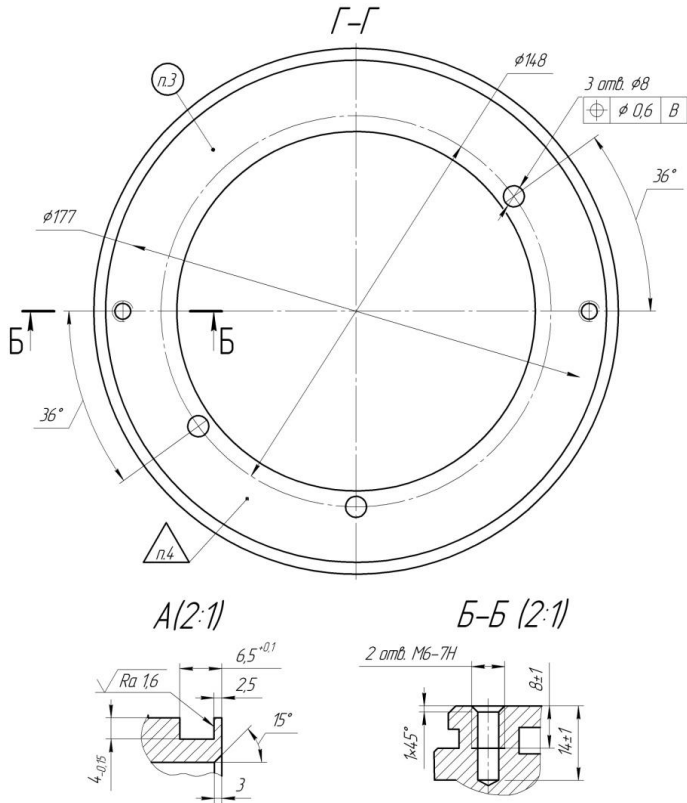
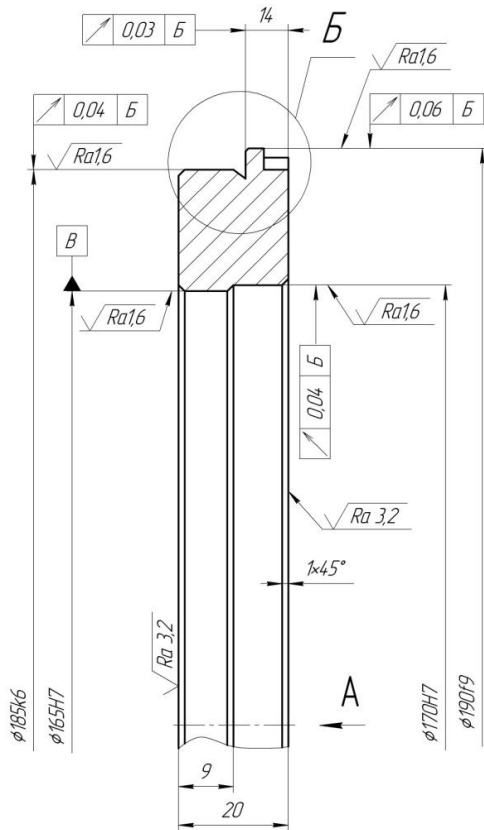


Рисунок В.52, аркуш 2

Найменування деталі	Корпус
Шифр деталі	ТО ГАВ 52
Матеріал деталі	Сталь 20Х13А ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. І ГОСТ 8479-70. 2. Н14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62. 4. Витаврувати знак ВТК

Продовження додатка В



Б (2,5:1)

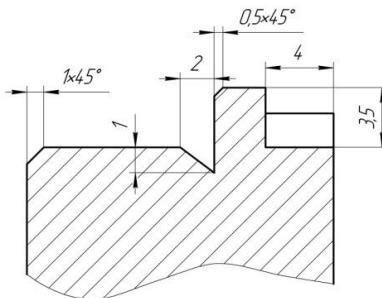


Рисунок В.53 – ТО ГАВ 53

Продовження додатка В

A (1:2)

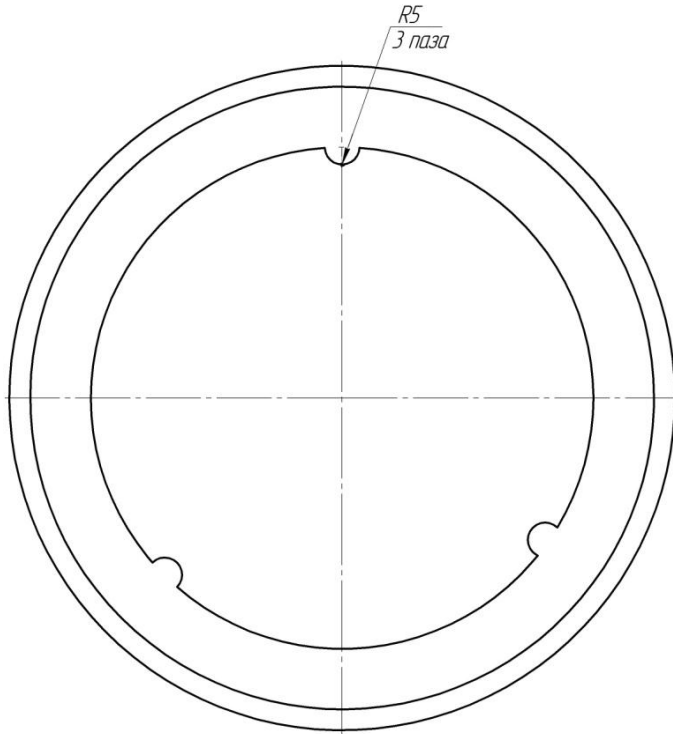


Рисунок В.53, аркуш 2

Найменування деталі	Кільце ущільнювальне
Шифр деталі	ТО ГАВ 53
Матеріал деталі	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. І ГОСТ 8479-70. 2. Н14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62. 4. Витаврувати знак ВТК

Продовження додатка В

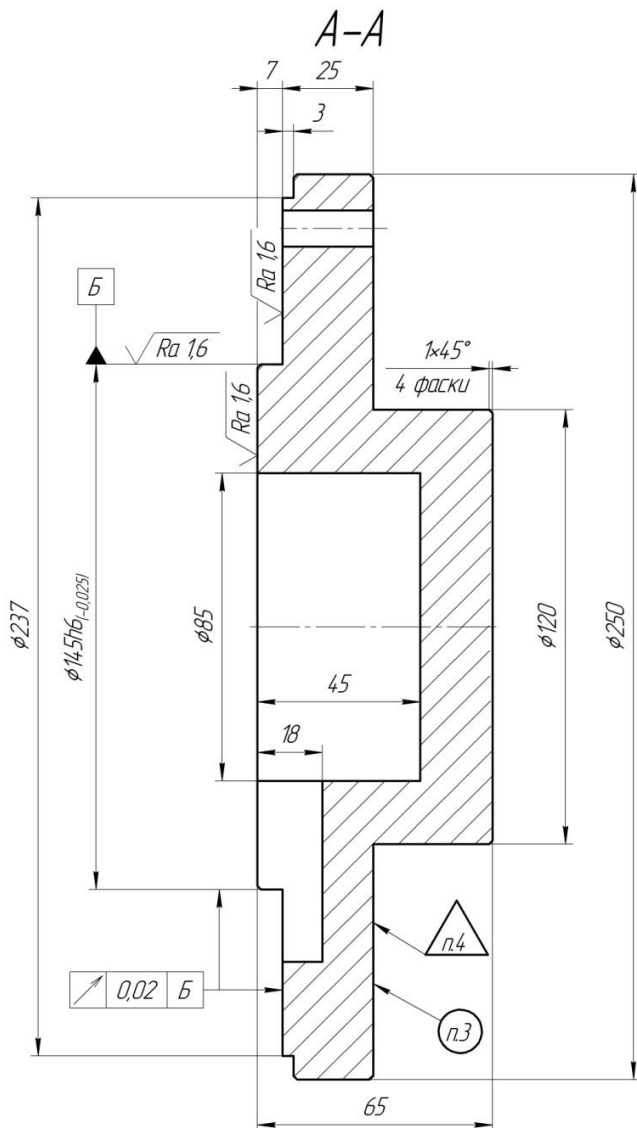


Рисунок В.54 – ТО ГАВ 54

Продовження додатка В

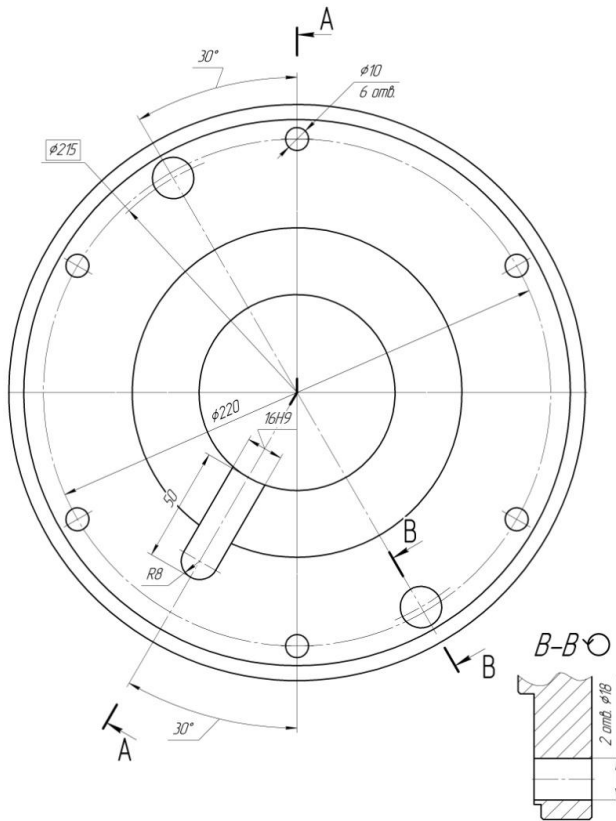


Рисунок В.54, аркуш 2

Найменування деталі	Кришка
Шифр деталі	ТО ГАВ 53
Матеріал деталі	Сталь 20 ГОСТ 1050-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. I ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62. 4. Витаврувати знак ВТК

Продовження додатка В

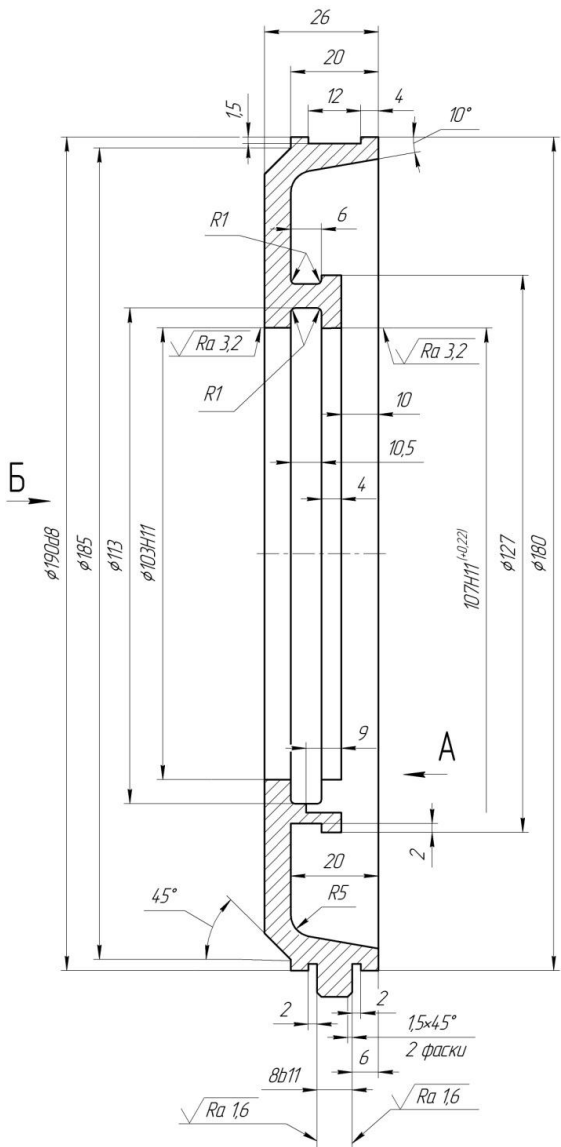


Рисунок В.55 – ТО ГАВ 55

Продовження додатка В

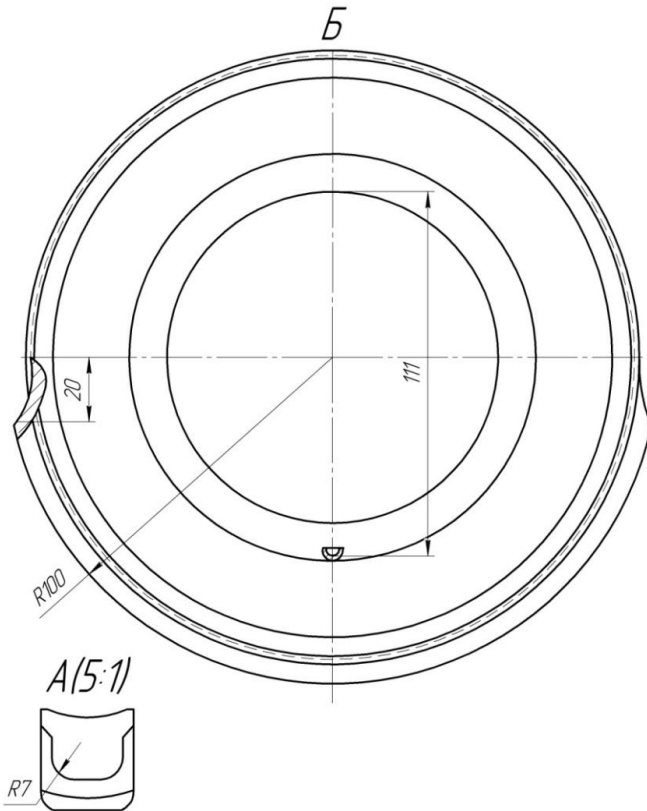


Рисунок В.55, аркуш 2

Найменування деталі	Кільце ущільнювальне
Шифр деталі	ТО ГАВ 54
Матеріал деталі	СЧ 20 ГОСТ 1412-79
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Клас точності виливка III за ГОСТ 1855-85. 2. H14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

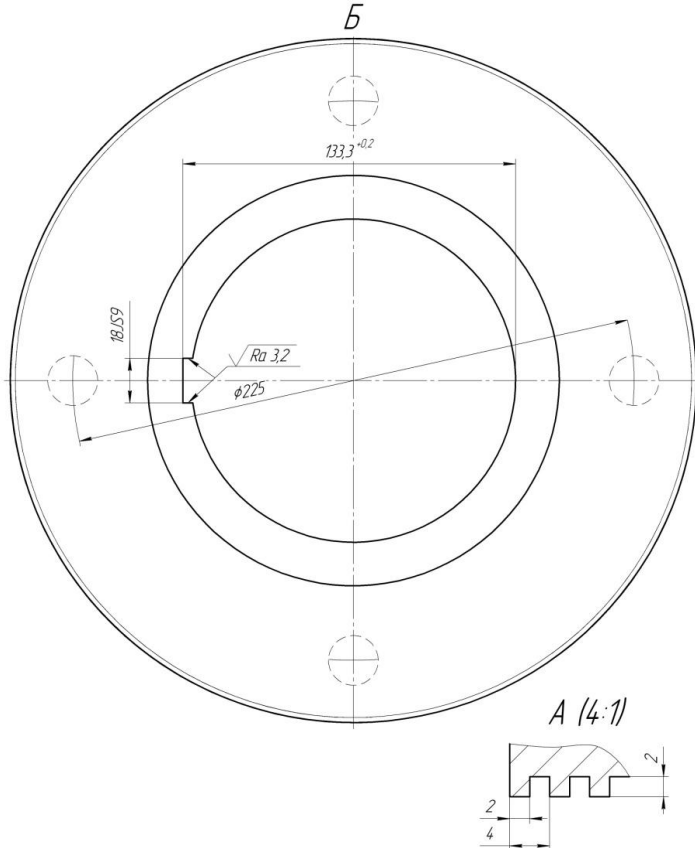


Рисунок В.56, аркуш 2

Найменування деталі	Барабан
Шифр деталі	ТО ГАВ 56
Матеріал деталі	Сталь 20Х13 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. III ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

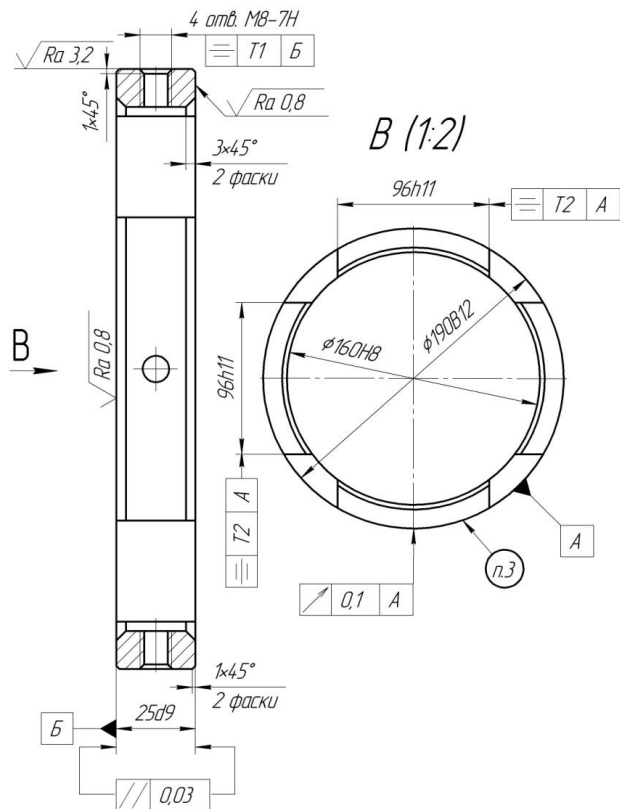


Рисунок В.57 – ТО ГАВ 57

Найменування деталі	Шпонка
Шифр деталі	ТО ГАВ 57
Матеріал деталі	Сталь 14Х17Н2 ГОСТ 5632-88
Незначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. I ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

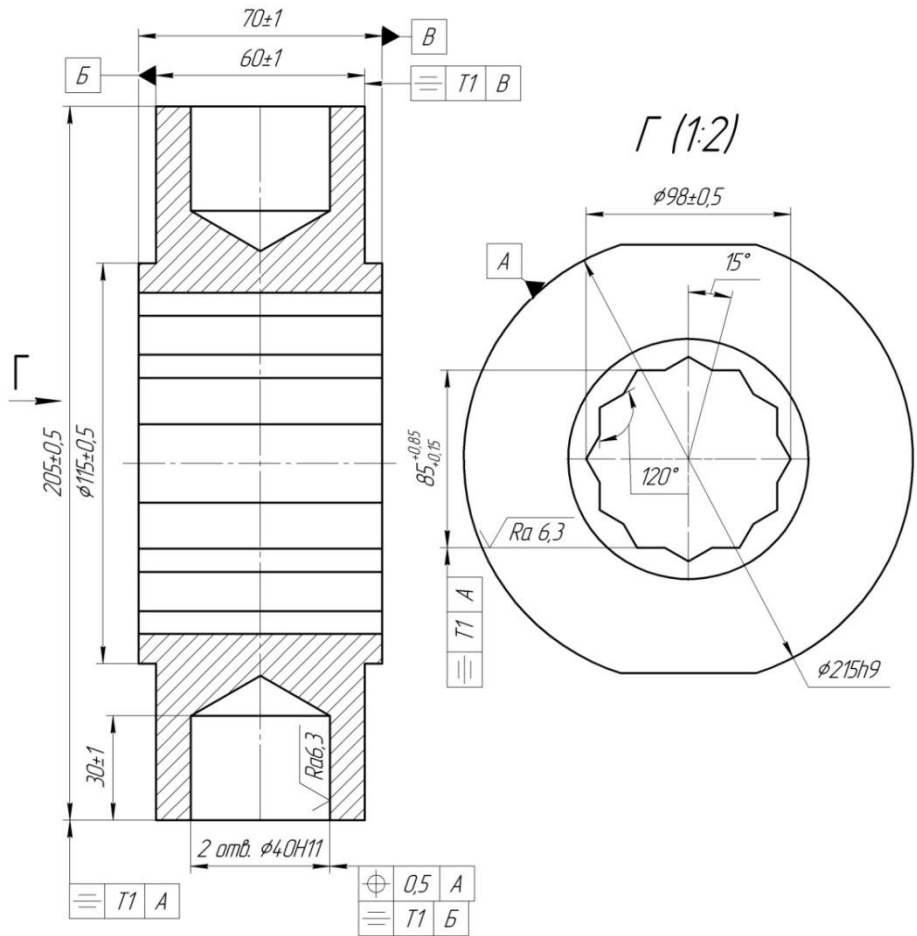


Рисунок В.58 – ГО ГАВ 58

Найменування деталі	Кільце
Шифр деталі	ГО ГАВ 58
Матеріал деталі	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	1. Гр. I ГОСТ 8479-70. 2. H14, h14 ± IT14/2

Продовження додатка В

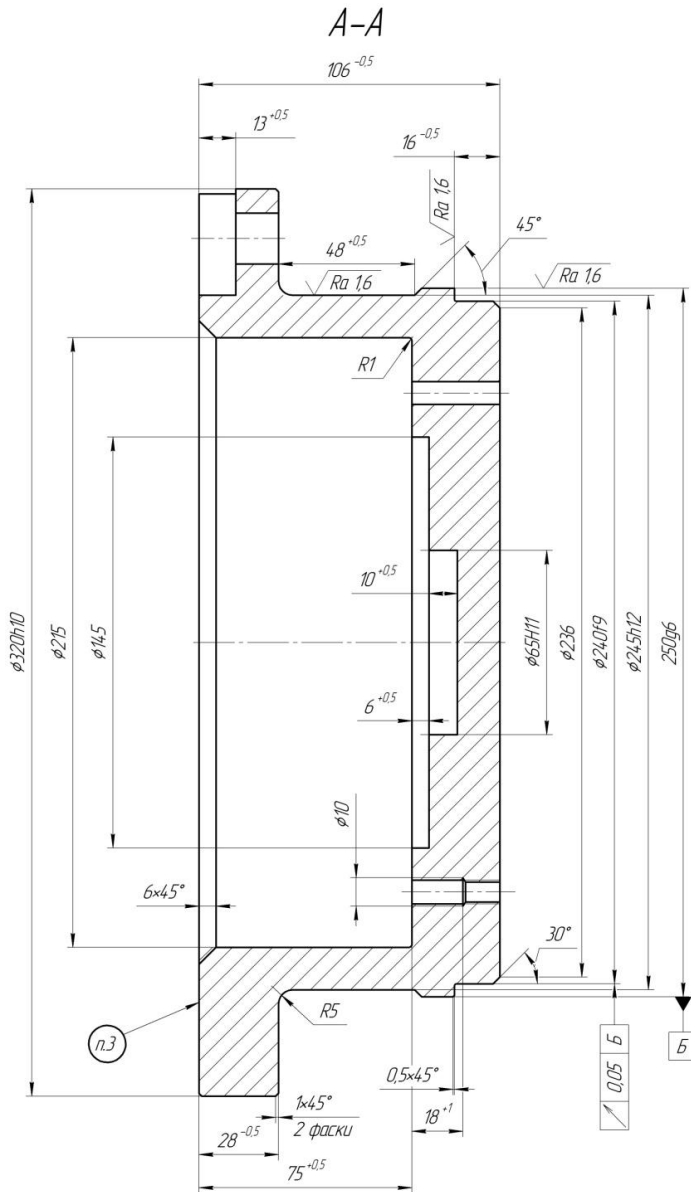


Рисунок В.59 – ТО ГАВ 59

Продовження додатка В

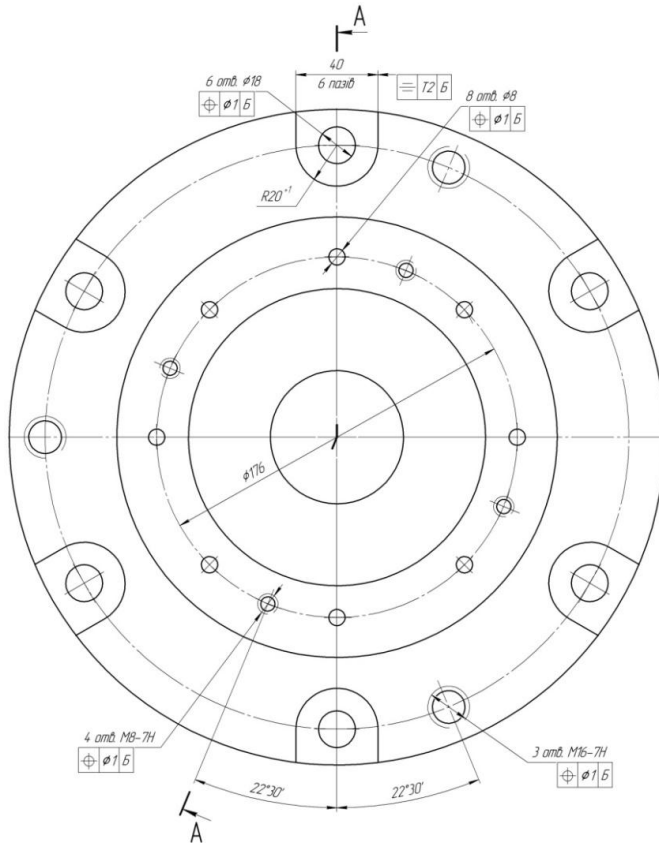


Рисунок В.59, аркуш 2

Найменування деталі	Кільце
Шифр деталі	ТО ГАВ 59
Матеріал деталі	Сталь 20Х13 ГОСТ 5632-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	1. Гр. III ГОСТ 8479-70. 2. Н14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Продовження додатка В

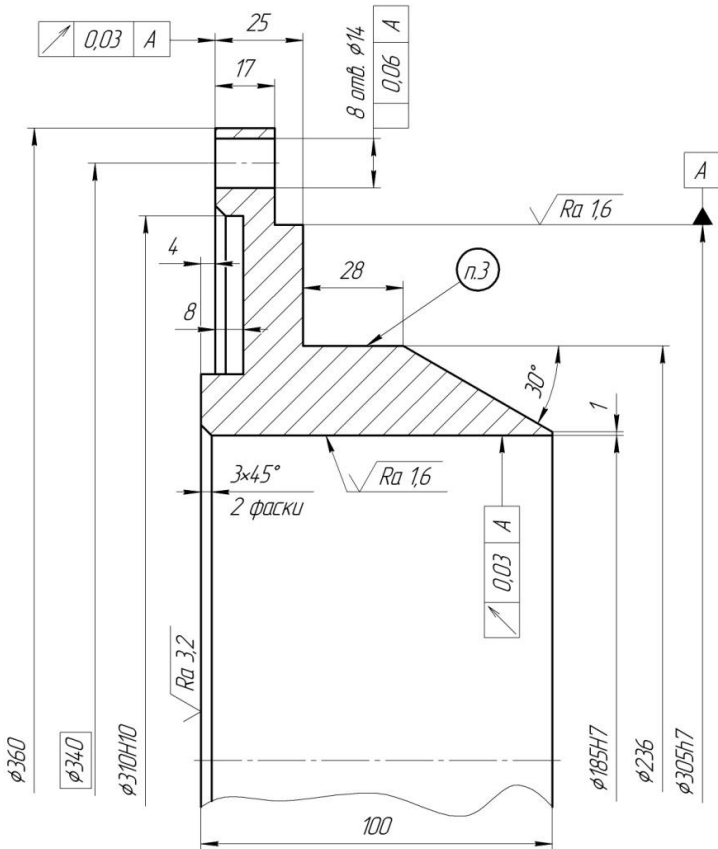


Рисунок В.60 – ТО ГАВ 60

Найменування деталі	Фланець
Шифр деталі	ТО ГАВ 60
Матеріал деталі	Сталь 15 ГОСТ 1050-88
Незазначена шорсткість, Ra, мкм	6,3
Технічні вимоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гр. II ГОСТ 8479-70. 2. Н14, h14 ± IT14/2. 3. Маркувати ударним способом: марку матеріалу, № плавки шрифтом 5Пр-5 ГОСТ 2930-62

Електронне навчальне видання

**Іванов Віталій Олександрович,
Дегтярьов Іван Михайлович**

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ГНУЧКИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЦТВ

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск В. О. Іванов
Редактор О. В. Федяй
Комп'ютерне верстання В. О. Іванова, І. М. Дегтярьова

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 12,03. Обл.-вид. арк. 11,55.

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.