

ISBN 978-966-981-491-3



9 789669 814913 >

ДНІПРО / ЛІРА

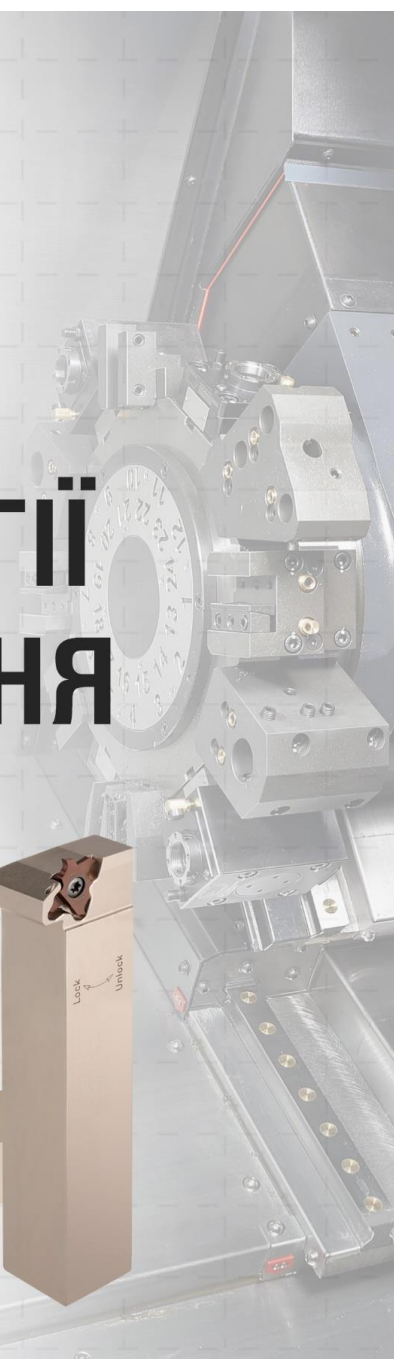
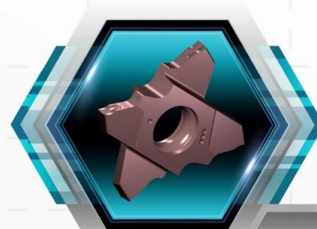
2021

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ СКЛАДАННЯ

Г. П. КРЕМНЄВ, Ф. В. НОВІКОВ,
В. О. ЖОВТОБРЮХ, В. В. СТРЕЛЬБИЦЬКИЙ

Г. П. КРЕМНЄВ
Ф. В. НОВІКОВ
В. О. ЖОВТОБРЮХ
В. В. СТРЕЛЬБИЦЬКИЙ

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ СКЛАДАННЯ



Г. П. Кремнєв
Ф. В. Новіков
В. О. Жовтобрюх
В. В. Стрельбіцький

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ СКЛАДАННЯ

Навчальний посібник
(Для студентів спеціальності 131 "Прикладна механіка")

Частина I

Дніпро, 2021

УДК 621.757 (65.011.56)

К 79

Рецензенти:

- О. О. Анділахай,** докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри "Технологія машинобудування" ДВНЗ "Приазовський державний технічний університет", м. Маріуполь;
- В. В. Коломієць,** докт. техн. наук, професор, професор кафедри "Мехатроніка і деталі машин" Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка;
- В. В. Нежебовський,** канд. техн. наук, заступник головного інженера ПАТ "Світло шахтаря", м. Харків

*Рекомендовано до друку технічною радою
Інженерно-технічного центру "ВаріУс" (м. Дніпро)
Протокол № 5 від 24 травня 2021 р.*

Кремнєв Г. П.

- К 79 Основи технології складання : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 "Прикладна механіка" / Г. П. Кремнєв, Ф. В. Новіков, В. О. Жовтобрюх, В. В. Стрельбіцький. Дніпро : ЛПА, 2021. Частина I. 159 с.
ISBN 978-966-981-491-3

Навчальний посібник призначений для використання в навчальному процесі студентів спеціальності 131 "Прикладна механіка", які навчаються за профілем бакалавра або магістра і тих, хто вивчає як самостійний курс зі складання, так і розділ курсу за технологією виготовлення машин, присвячений питанням складання. Посібник може бути також використано для самостійної практичної підготовки в системах дистанційного навчання.

У посібнику наведено основні положення, поняття та визначення, теоретичні підходи та практичні приклади з основ ручного і автоматичного складання типових складальних з'єднань і типових складальних одиниць в галузі машинобудування.

Посібник може бути корисним інженерно-технічним працівникам машинобудівних спеціальностей, які бажають підвищити свою кваліфікацію.

УДК 621.757 (65.011.56)

ISBN 978-966-981-491-3

© Кремнєв Г. П.,
Новіков Ф. В.,
Жовтобрюх В. О.
Стрельбіцький В. В., 2021
© ЛПА, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ОСНОВИ СКЛАДАННЯ	7
1.1. Класифікація видів складання.....	7
1.2. Організаційні форми складання.....	9
1.3. Точність складання і методи її забезпечення	16
1.3.1. Метод повної взаємозамінності	18
1.3.2. Метод неповної взаємозамінності	27
1.3.3. Метод групової взаємозамінності (селективне складання)	35
1.3.4. Методи підганяння і регулювання.....	38
1.3.5. Розмірний аналіз конструкції складальної одиниці і уточнення методів досягнення точності замикаючих ланок	39
2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ	49
2.1. Структура і зміст технологічного процесу складання.....	49
2.2. Аналіз вихідних даних для проектування та автоматизація виробництва	53
2.3. Розроблення послідовності та змісту операцій (маршрут складання)...	70
2.4. Розрахунок основних показників процесу складання	83
2.5. Вибір засобів механізації та автоматизації складальних процесів	85
2.6. Нормування технологічного процесу складання	86
2.7. Проектування типових і групових технологічних процесів складання.....	88
2.8. Особливості проектування технологічних процесів складання в автоматизованому виробництві	89
2.9. Розроблення технологічного процесу автоматичного складання	93
2.10. Оцінювання ефективності технологічного процесу складання.....	101
2.11. Організація і планування ділянки складання	103
2.12. Технічний контроль якості складання.....	106
3. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....	116
3.1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ СКЛАДАЛЬНОЇ ОДИНИЦІ.....	116
3.2. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ СКЛАДАННЯ.....	122
3.3. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ.....	139
3.4. ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ СКЛАДАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ	145
ЛІТЕРАТУРА.....	159

ВСТУП

Процес складання є заключним етапом виготовлення машини і, в значній мірі, визначає її основні експлуатаційні якості. Умови досягнення високих експлуатаційних якостей машини не обмежуються створенням її вдалої конструкції або застосуванням високоякісних матеріалів для виготовлення її деталей. Високоточне виготовлення деталей із забезпеченням оптимального стану поверхневих шарів їх спряжених або робочих поверхонь також не гарантує цих якостей. Процес виготовлення машини може гарантувати досягнення всіх необхідних її експлуатаційних показників, а також її надійності і довговічності в експлуатації лише за умови високоякісного проведення всіх етапів складання машини (тобто складання та регулювання окремих складальних одиниць-вузлів і загального складання і випробувань виготовленого виробу в цілому).

Це пов'язано з тим, що в процесі складання цілком доброякісних виробів з різних причин можуть виникати похибки взаємного розташування деталей, що суттєво знижують точність і службові якості виробу, який складають. Причинами виникнення таких похибок можуть бути:

1. Помилки, які припускають робітники при орієнтації і фіксації встановленого положення деталей, що складаються (утворенню зазорів між торцями втулок, що вмонтовуються на валах, і торцями відповідних фланців і буртиков валів в зв'язку з недостатньо щільним їх з'єднанням складальником або зсув втулки свердлом при засвердлюванні стопорного отвору на валу "за місцем" через отвір у втулці; потрапляння бруду і стружки між спряженими поверхнями; збіг ексцентриситетів зовнішньої і внутрішньої поверхонь втулок, посадкової шийки валу, на якій монтується втулка, і його опорних шийок; порушення правильної послідовності затягування гвинтових з'єднань і непостійність зусилля затягування та ін.).

2. Похибки установки калібрів і вимірювальних засобів, що застосовуються при складанні; похибки регулювання, підганяння і контролю точності положення деталі в машині, досягнутого при складанні, а також власні похибки вимірювальних засобів.

3. Відносний зсув деталей в проміжку часу між їх установкою в необхідні положення та їх фіксацією в цьому положенні.

4. Утворення задирів на спряжених поверхнях деталей.

5. Пружні деформації спряжених деталей при їх установці й фіксації та пластичні деформації поверхонь спряження, що порушують їх точність і щільність з'єднань.

Прикладом впливу якості складання на експлуатаційні властивості виробів можуть бути дані про зміну довговічності служби відповідального болтового з'єднання в залежності від зусилля його попереднього затягування, наведені в таблиці.

Таблиця – Вплив зусилля попереднього затягування болта на довговічність відповідального болтового з'єднання

Зусилля попереднього затягування болта, Н	Діапазон зміни робочого навантаження, Н	Середня довговічність терміну служби болта в циклах
6320	0 – 41000	5960
26300		35900
32100		214500
37500		5000000

Ці дані показують, що одні й ті ж деталі з'єднання при різних умовах складання можуть змінювати довговічність терміну служби в сотні і навіть тисячі разів.

Виконання складальних робіт пов'язано з чималою витратою часу, що становить значну частку загальної трудомісткості виготовлення машини. Залежно від типу виробництва витрати часу на складальні роботи становлять (у відсотках від загальної трудомісткості виготовлення машин):

- у масовому і великосерійному виробництвах 20 – 30 %;
- у серійному виробництві 25 – 35 %;
- у одиничному і дрібносерійного виробництва 35 – 40 %.

У різних галузях машинобудування частка складальних робіт різна і приблизно становить (у відсотках від загальної трудомісткості виготовлення машин і приладів):

- у важкому машинобудуванні 30 – 35 %;
- у верстатобудуванні 25 – 30 %;
- у автомобілебудуванні 18 – 20 %;
- у приладобудуванні 40 – 45 %.

Слід зазначити, що основною частиною (50 – 85 %) слюсарно-складальних робіт є ручні роботи, що вимагають значних витрат фізичної праці та високої кваліфікації робітників.

Значна трудомісткість слюсарно-складальних робіт не тільки суттєво збільшує загальну трудомісткість виготовлення машин, а й призводить до

значного погіршення економічних показників роботи підприємства, пов'язаного з великим скупченням на складанні дорогих готових деталей і вузлів, що збільшують вартість незавершеного виробництва підприємства і знижують оборотність оборотних коштів.

Вказані причини перетворюють проблему підвищення якості та продуктивності складання в одну з першочергових і найважливіших проблем технічного прогресу сучасного машинобудування.

У частині 2 посібника автори розглянуть технологічні процеси складання типових з'єднань, складальних одиниць і готових виробів.

Автори висловлюють подяку за допомогу в оформленні цього рукопису магістру Державного університету "Одеська політехніка" Шпак Л. В.

1 ОСНОВИ СКЛАДАННЯ

1.1 Класифікація видів складання

Складання – це процес утворення роз'ємних або нероз'ємних з'єднань складових частин заготовки або виробу. Складання можна здійснювати простим з'єднанням деталей, їх запресовуванням, скручуванням, зварюванням, пайкою, клепою та ін. За обсягом складання поділяють на загальне складання, об'єктом якого є виріб в цілому, і на вузлове складання, об'єктом якого є складова частина виробу, тобто складальна одиниця або вузол.

В умовах одиничного і дрібносерійного типів виробництв основну частину складальних робіт виконують на загальному складанні, і лише малу їх частину здійснюють над окремими складальними одиницями. Зі збільшенням серійності виробництва складальні роботи все більше роздроблюють за окремими складальними одиницями, і в умовах масового і великосерійного типів виробництв обсяг вузлового складання стає рівним або навіть перевершує обсяг загального складання (табл. 1.1). Це в значній мірі сприяє механізації та автоматизації складальних робіт і підвищує їх продуктивність.

Таблиця 1.1 – Структура слюсарно-складальних робіт в різних типах виробництва (у відсотках до загальної трудомісткості складання)

Вид складальних робіт	Тип виробництва				
	Одиничне	Серійне			Масове
		Дрібно-серійне	Середньо-серійне	Велико-серійне	
Слюсарні роботи	25 – 30	20 – 25	15 – 20	10 – 15	–
Вузлове складання	5 – 10	10 – 15	20 – 30	30 – 40	45 – 60
Загальна складання	60 – 70	60 – 70	50 – 65	45 – 60	40 – 55

За стадіями процесу складання поділяють на наступні види.

Попереднє складання, тобто складання заготовок, складових частин або виробу в цілому, які в подальшому підлягають розбиранню. Наприклад, попереднє складання вузла з метою визначення розміру нерухомого компенсатора.

Проміжне складання, тобто складання заготовок, що виконується для подальшої їх спільної обробки. Наприклад, попереднє складання корпусу редуктора з кришкою для подальшої спільної обробки отворів під підшипники;

попереднє складання шатуна з кришкою шатуна для обробки отвору під шатунні шийки колінчастого вала та ін.

Складання під зварювання, тобто складання заготовок для їх подальшого зварювання. Процес з'єднання деталей за допомогою зварювання в більшості випадків є складальним і може бути введений безпосередньо в потік вузлового або загального складання. Великий обсяг складальних робіт із застосуванням зварювання виконують при виготовленні, наприклад, кузовів і кабін різних транспортних машин.

Остаточне складання, тобто складання виробу або його складової частини, після якого не передбачено його подальше розбирання при виготовленні.

Після остаточного складання для деяких виробів може здійснюватися демонтаж, до складу якого входять роботи з часткового розбирання зібраного виробу з метою підготовки його до упакування і транспортування до споживачів (наприклад, складання великих парових і гідравлічних турбін та ін.).

За методом утворення з'єднань складання поділяють на:

слюсарне складання, тобто складання виробів або його складових частин за допомогою слюсарно-складальних операцій;

монтаж, тобто установка виробу або його складових частин на місці використання (наприклад, монтаж верстата із ЧПУ на підприємстві-споживачі; монтаж турбіни на місці її постійної роботи спільно з генератором на ГРЕС, ТЕЦ та ін.);

електромонтаж, тобто монтаж електровиробів або їх складових частин, що мають струмопровідні елементи;

зварювання, пайку, клепку і склеювання.

Необхідно зазначити, що значно вдосконалений за останні роки процес створення нероз'ємних з'єднань склеюванням забезпечує їх високу міцність.

Значення руйнівного навантаження при зсуві (в ньютонах) для різних видів клеєних з'єднань наведено нижче:

Пресова посадка втулки	1570
Пресова посадка тієї самої втулки з карбінольним клеєм	3310
Вклеювання втулки з ковзаючою посадкою карбінольним клеєм	4540

При склеюванні не відбуваються деформації і ослаблення стінок деталей, які склеюють, і не потрібно нагрівання вище 150 – 200 °С. З'єднання стійкі проти дії гасу, бензину, масла, води, кислот і лугів і застосовуються для створення таких відповідальних конструкцій, як крила літаків, гвинти вертольотів, корпуси ракет.

1.2. Організаційні форми складання

У різних типах і за різних умов виробництва організація складання набуває різні форми. За переміщенням виробу, що складається, складання поділяється на стаціонарне і рухливе, а за організацією виробництва – на непотокове, групове і потокове (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Організаційні форми складання

Непотокове стаціонарне складання характеризується тим, що в цілому процес складання виробу і його складальної одиниці (СО) виконують на одній складальній позиції, тобто все складання виконують однією бригадою робітників-складальників послідовно від початку до кінця. Усі деталі поступають на цю позицію. У цьому випадку застосовують концентрований технологічний процес складання, що складається з невеликого числа складних операцій.

Переваги:

- 1) збереження незмінного положення основної базової деталі, що сприяє досягненню високої точності виробу;
- 2) використання універсальних транспортних засобів, пристосувань і інструментів, що скорочує тривалість і вартість технологічної підготовки виробництва.

Недоліки:

- 1) тривалість загального циклу складання, який виконують послідовно;

2) потреба у висококваліфікованих робітниках, здатних виконувати будь-яку складальну операцію;

3) збільшення потреби у великих складальних стендах, оскільки кожна машина, що складається, тривалий час займає монтажний стенд. Це важливо при збільшенні виробничої програми випуску великих машин, коли їх випуск лімітується наявністю монтажних стендів і високих складальних цехів.

Сфера застосування – це одиничне і дрібносерійне виробництво важкого і енергетичного машинобудування, експериментальні і ремонтні цехи.

Непотокове стаціонарне складання із розчленуванням складальних робіт передбачає диференціацію процесу на вузлове і загальне складання. Складання кожної складальної одиниці й загальне складання виконують в один і той же час різними бригадами і багатьма складальниками. Встановлена машина залишається нерухомою на одному стенді. В результаті такої організації тривалість процесу складання значно скорочується.

Тривалість складального процесу $T_{ПР}$ визначається за формулою:

$$T_{ПР} = T_{скл\Sigma} \cdot \frac{N}{B}, \quad (1.1)$$

де $T_{скл\Sigma}$ – трудомісткість складання одного виробу в людино-годинах;

N – кількість виробів, що складаються;

B – кількість робітників в складальній бригаді.

Розрахункову кількість робочих позицій або стендів γ_0 для паралельного складання однакових об'єктів визначають за формулою:

$$\gamma_0 = \frac{(T_0 - T_c)}{T}, \quad (1.2)$$

де γ_0 – розрахункова трудомісткість всіх переходів складання одного об'єкта;

T_c – розрахункова трудомісткість переходів, виконання яких поєднано в часі з виконанням інших об'єктів;

T – розрахунковий такт складання;

T_0 – трудомісткість загального складання виробу.

Областю економічного використання даного виду складання є виробництво виробів, виготовлених одиницями або в невеликих кількостях.

Переваги:

1) значне скорочення тривалості загального циклу складання;

2) скорочення трудомісткості виконання окремих складальних операцій за рахунок:

- а) спеціалізації робочих місць і їх устаткування відповідними пристосуваннями і механізуючими пристроями;
- б) спеціалізації робітників-складачів;
- в) кращої організації праці;
- 3) зниження потреби в дефіцитній робочій силі складачів високої кваліфікації;
- 4) раціональніше використання приміщень і устаткування;
- 5) зменшення розмірів високих приміщень складальних ділянок, обладнаних потужними підйомного-транспортними пристроями;
- б) скорочення собівартості складання.

Сфера застосування – серійне виробництво середніх за розміром і великих машин:

$$T_{IP} = \frac{T_{ЛИМ}}{B_{ЛИМ}} + \frac{T_0 N}{B_0}, \quad \text{якщо} \quad \frac{T_0}{B_0} > \frac{T_{ЛИМ}}{B_{ЛИМ}}; \quad (1.3)$$

$$T_{IP} = \frac{T_{ЛИМ} N}{B_{ЛИМ}} + \frac{T_0}{B_0}, \quad \text{якщо} \quad \frac{T_0}{B_0} < \frac{T_{ЛИМ}}{B_{ЛИМ}}, \quad (1.4)$$

де $T_{ЛИМ}$ – трудомісткість складання лімітуючої складальної одиниці;

$B_{ЛИМ}$ – кількість робітників, зайнятих складанням складальної одиниці;

T_0 – трудомісткість загального складання виробу;

B_0 – кількість робітників, зайнятих загальним складанням.

Непотокове рухоме складання характеризується послідовним переміщенням складального виробу від однієї позиції до іншої. Переміщення може бути вільним або примусовим. Технологічний процес (ТП) складання при цьому розбивається на окремі операції.

Складання із вільним переміщенням об'єкту, що складається, полягає в тому, що робітник, закінчивши свою операцію, за допомогою засобів механізації або вручну переміщає складену СО на наступну робочу позицію, СО також можуть складатися на візках, рольгангах та ін.

Складання із примусовим переміщенням об'єкту, що складається, полягає в тому, що він пересувається за допомогою конвеєра або візків, замкнутих веденим ланцюгом.

Фактична тривалість виконання кожної операції коливається, для компенсації таких коливань створюють міжопераційний заділ.

Розрахункова кількість робочих позицій q_1 , які повинен послідовно пройти об'єкт, що складається, в процесі складання, визначається за формулою:

$$q_1 = \frac{T_0 - T_c}{(\tau_B - t_n) \cdot \gamma_1}, \quad (1.5)$$

де t_n – розрахунковий час, необхідний для переміщення одного об'єкту, що складається, з робочої позиції на наступну, хв;

τ_B – такт випуску, хв;

γ_1 – кількість паралельних потоків, необхідних для виконання виробничої програми паралельного складання однакових об'єктів.

Параметр γ_1 визначається за формулою:

$$\gamma_1 = \frac{(T_{on}^{max} + t_n)}{\tau_B}, \quad (1.6)$$

де T_{on}^{max} – тривалість найбільш тривалої складальної операції.

Сфера застосування – це перехід від складання одиничних виробів до їх серійного виготовлення.

Потокове складання характеризується тим, що при побудові технологічного процесу (ТП) складання окремі операції процесу виконуються за однаковий проміжок часу – такт – або за проміжок часу, кратний такту. При цьому на найбільш тривалих операціях паралельно працюють декілька робітників-складальників. Забезпечення однакової тривалості технологічних операцій, що називається синхронізацією операцій, досягається їх перебудовою.

Потокове складання може бути організоване з вільним або примусовим ритмом. Міжопераційне переміщення виробу, що складається, здійснюють вручну або за допомогою візків, похилого лотка або рольганга, за допомогою конвеєра із періодичним або безперервним переміщенням. При переміщенні виробу, що складається вручну, швидкість переміщення приймають рівною 10 – 15 м/хв; при переміщенні по лотку і рольгангу – до 20 м/хв; для розподільного конвеєра – 30 – 40 м/хв і для безперервно діючого конвеєра – 0,25 – 3,5 м/хв.

Потокове складання скорочує тривалість виробничого циклу і зменшує міжопераційні заділи деталей, підвищує спеціалізацію складальників і можливості механізації і автоматизації складальних операцій, що, зрештою, призводить до зниження трудомісткості складання на 35 – 50 %.

Загальна тривалість потокового складання визначається: $T_n = \tau_B \cdot n_n$, де n_n – кількість робочих місць на потоковій лінії, що залежить від кількості складальних і контрольних операцій.

Головною умовою потокового складання є забезпечення взаємозамінюваності складальних вузлів і деталей. У разі потреби використання підганяльних робіт їх необхідно здійснювати за межами потоку на операціях попереднього складання.

Головною умовою організації потокового складання є забезпечення взаємозамінності вузлів і окремих деталей, що входять в нього. У разі необхідності виконання операцій підганяння їх слід здійснювати за межами потоку на операціях попереднього складання. При цьому підганяльні деталі і вузли слід подавати на потокове складання в остаточно скомплектованому і проконтрольованому вигляді. Відповідальним і складним питанням організації потокового складання є проблема операційного контролю якості складання та забезпечення виправлення виявлених при контролі дефектів без порушення встановленого ритму складання.

Конструкція виробу, що складається на потоці, повинна бути добре відпрацьована на технологічність.

Поточне складання є рентабельним при достатньо великому обсязі випуску виробів, що складаються.

Потокове стаціонарне складання є однією із форм потокового складання, що вимагає найменших витрат на його реалізацію. Його застосовують при складанні великих і надвеликих виробів (наприклад, літака). При цьому виді складання усі об'єкти, що складають, залишають на робочих позиціях впродовж усього процесу складання. Робітники (чи бригади) за сигналом усі одночасно переходять від одних об'єктів, що складаються, до наступних через періоди часу, рівні такту. Кожен робітник (чи бригада) виконує закріплену за ним одну й ту саму операцію на кожному об'єкті складання.

Розрахункову кількість робітників (чи бригад) q_2 , необхідних для одного потоку, розраховують за формулою:

$$q_2 = \frac{T_0 - T_c}{(\tau_B - t_p) \cdot \gamma_2}, \quad (1.7)$$

де t_p – розрахунковий час для переходу робітників (бригад) від одного об'єкту, що складається, до іншого;

γ_2 – кількість паралельних потоків, необхідних для виконання виробничої програми паралельного складання однакових об'єктів.

Параметр γ_2 визначається за формулою:

$$\gamma_2 = \frac{(T_{on} + t_p)}{\tau_B}. \quad (1.8)$$

Переваги: робота зі встановленим тактом, рівномірний випуск продукції, короткий цикл складання, висока продуктивність праці, значний випуск продукції з 1 м² площі.

Сфера застосування – серійне виробництво машин, що характеризуються недостатньою жорсткістю базових деталей, великими габаритами і масою (верстатів, великих дизелів, літаків та ін.).

Потокове рухливе складання стає економічно доцільним в тих випадках, коли випуск машин і їх СО значно зростає. Цей вид складання можна здійснювати з безперервним або періодичним переміщенням об'єктів, що складаються.

Розрахункова кількість робочих позицій q_3 , які повинен пройти в процесі складання об'єкт, розраховується за формулами:

при складанні із безперервним рухом об'єкту, що складається:

$$q_3 = \frac{T_0 - T_c}{(\tau_B - t_p \cdot t'') \cdot \gamma_2}; \quad (1.9)$$

при складанні з періодичним рухом об'єкту, що складається:

$$q_4 = \frac{T_0 - T_c}{(\tau_B - t_n) \cdot \gamma_2}; \quad (1.10)$$

$$\gamma_3 = \frac{(T_{on}^{max} + t_n'')}{\tau_B}, \quad (1.11)$$

де γ_3 – кількість паралельних потоків, необхідних для виконання виробничої програми при паралельному потоковому рухливому складанні;

t_n'' – розрахунковий час, необхідний робітникові для повернення в початкове положення після виконання операції.

Довжина робочої частини конвеєра визначається за формулою:

$$L_{роб} = (L + l_1) \cdot (q_3 + 1), \quad (1.12)$$

де L – довжина об'єкту, що складається, вимірюваного у напрямі руху конвеєра, м;

l_1 – проміжок часу між об'єктами, що складають, необхідний для зручності складання, м.

Переваги: виконання роботи із необхідним тактом і можливість майже повного поєднання часу, що витрачається на транспортування об'єктів, з часом їх складання.

Безперечні переваги потокового методу складання розширили його застосування в серійному виробництві за рахунок використання складальних ліній з "гнучким" тактом (несинхронних ліній), що мають на транспортері між робочими позиціями міжопераційні накопичувачі, які забезпечують незалежну роботу позицій без жорсткої синхронізації.

На рис. 1.2 показано приклад несинхронної лінії із накопичувачами різної конструкції, вбудованими і винесеними позиціями. Несинхронні лінії мають ряд переваг: в результаті наявності міжопераційних заділів їх продуктивність на 10 – 30 % вища, ніж у ліній з "жорстким" тактом; вони зручні в експлуатації, оскільки кожна позиція має автономну систему управління, на одній лінії можна здійснювати складання виробів декількох модифікацій в довільному порядку; переналадка лінії здійснюється без її зупинки; у несинхронну лінію можна вбудовувати додаткові ручні позиції, що дозволяє у разі потреби дублювати автоматичні. Застосування несинхронних ліній покращує умови праці робітників, знижує монотонність виконання ручних операцій; вони недорогі у виготовленні (всього на 10 ... 15 % дорожчі за звичайні жорстко блоковані лінії).

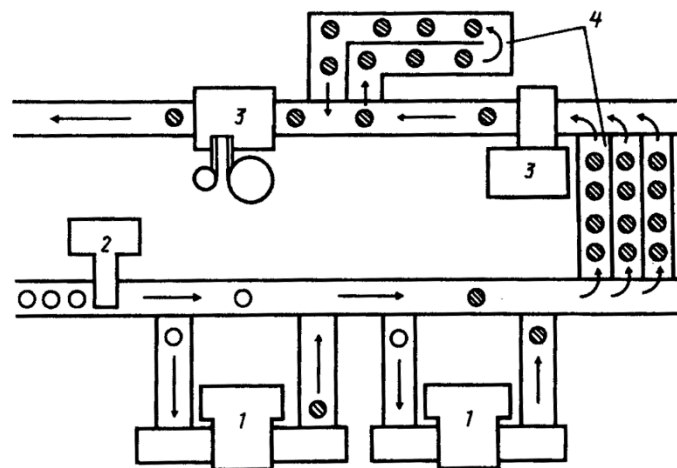


Рисунок 1.2 – Приклад ділянки несинхронної лінії: 1 – винесені позиції; 2 – система адресації; 3 – вбудовані позиції; 4 – накопичувачі

За такт роботи несинхронної лінії набувають найбільше значення $t_{i\max}$ автоматичної або ручної позиції.

Автоматизовані лінії з жорстким тактом доцільно застосовувати при річній програмі випуску виробів i -го найменування $N_i \geq 300$ тис., роторні – при

$N_i \geq 1$ млн. При річній програмі випуску виробів різних найменувань 60 тис. $< N_i < 300$ тис. автоматизована лінія має бути переналагоджуваною з гнучким тактом (несинхронною). При меншій програмі випуску складальних виробів доцільно застосовувати роботизовані складальні комплекси або ділянки з роботизованих складальних модулів.

1.3 Точність складання і методи її забезпечення

При з'єднанні деталей машин в процесі складання необхідно забезпечити їх взаємне розташування в межах заданої точності.

Під точністю складання слід розуміти властивість процесу складання виробу забезпечувати відповідність значень параметрів виробу заданим в конструкторській документації (ГОСТ 23887-89). В результаті складання необхідно забезпечити таке взаємне положення деталей і складальних одиниць, щоб їх виконавчі (функціональні) поверхні або поєднання цих поверхонь в своєму відносному русі, а також в стабільному стані не виходили за межі встановлених допусків не тільки в процесі складання, а й в процесі експлуатації машини. Одним із способів визначення раціональних допусків, що забезпечують найбільш економічну обробку деталей і складання машин, є розрахунок і аналіз розмірних ланцюгів.

При розрахунку розмірних ланцюгів можна використовувати різні методи, характеристики яких викладено в табл. 1.2.

Короткі технологічні складальні розмірні ланцюги із кількістю складових ланок не більше трьох розраховують за принципом повної взаємозамінності на максимум і мінімум.

Конструкторські та складальні розмірні ланцюги в багатьох випадках мають по чотири, п'ять і більше складових ланок, тому їх розрахунок необхідно проводити імовірнісним методом за принципом неповної взаємозамінності. При цьому методи необхідну точність забезпечують у заздалегідь обумовленій частині об'єктів за допомогою включення в розмірний ланцюг складових ланок без їх вибору, припасування або змін їх значень регулюванням. При такому розрахунку деяка частина деталей (зазвичай до 0,27 %) не буде складатися і може знадобитися заміна. Розрахунок імовірнісним методом в цьому випадку здійснюється із урахуванням фактичного розподілу справжніх розмірів усередині полів їх допусків і ймовірності їх різних поєднань при складанні та механічній обробці.

Таблиця 1.2 – Методи досягнення точності останньої ланки, що застосовують при складанні (ГОСТ 23887-89, ГОСТ 16319-89, ГОСТ 14.320-89)

Метод	Суть методу	Галузь застосування
Повної взаємозамінності	Метод, при якому необхідна точність замикаючої ланки розмірного ланцюга досягається у всіх об'єктів шляхом включення в неї складових ланок без вибору, підбору або зміни їх значень	Використання економічно доцільне в умовах досягнення високої точності при малій кількості ланок розмірного ланцюга і при досить великій кількості виробів, що підлягають складанню
Неповної взаємозамінності	Метод, при якому необхідна точність замикаючої ланки розмірного ланцюга досягається у заздалегідь обумовленої частини об'єктів шляхом включення в неї складових ланок без вибору, підбору або зміни їх значень	Використання доцільно для досягнення точності в багатоланкових розмірних ланцюгах; допуски на складові ланки при цьому більше, ніж в попередньому методі, що підвищує економічність отримання складальних одиниць; у частини виробів похибка замикаючої ланки може бути за межами допуску на складання, тобто можливий певний ризик нескладання
Групової взаємозамінності	Метод, при якому необхідна точність замикаючої ланки розмірного ланцюга досягається шляхом включення в розмірний ланцюг складових ланок, що належать до однієї з груп, на які їх попередньо розсортовано	Застосовується для досягнення найбільш високої точності замикаючої ланки малоланкових розмірних ланцюгів, потребує чіткої організації сортування деталей на розмірні групи, їх маркування, зберігання і транспортування в спеціальній тарі
Підганання	Метод, при якому необхідна точність замикаючої ланки розмірного ланцюга досягається зміною розміру компенсуючої ланки шляхом видалення з компенсатора певного шару матеріалу	Використовується при складанні виробів з великою кількістю ланок; деталі можуть бути виготовлені з економічними допусками, але потрібні додаткові витрати на підганання компенсатора; економічність значною мірою залежна від правильного вибору компенсуючої ланки, яка може належати кільком пов'язаним розмірним ланцюгам

Продовження таблиці 1.3

Регулювання	Метод, при якому необхідна точність замикаючої ланки розмірного ланцюга досягається зміною розміру або положення компенсуючої ланки без видалення матеріалу із компенсатора	Аналогічний методу підганяння, але має більшу перевагу в тому, що при складанні не потрібно виконувати додаткові роботи зі зняттям шару матеріалу; забезпечує високу точність і дає можливість періодично її відновлювати при експлуатації машини
Складання з компенсаційними матеріалами	Метод, при якому необхідна точність замикаючої ланки розмірного ланцюга досягається застосуванням компенсуючого матеріалу, що вводиться в зазор між поверхнями деталей, що складаються, після їх встановлення в необхідному положенні	Використання найбільш доцільно для з'єднань і вузлів, що базуються по площинах (базові поверхні станин, рам, корпусів, підшипників, траверс та ін.); в ремонтній практиці для відновлення працездатності складальних одиниць, для виготовлення оснащення

Крім зазначених методів досягнення точності в машинобудуванні використовують методи групової взаємозамінності, підганяння розмірів та їх регулювання.

1.3.1 Метод повної взаємозамінності

Метод повної взаємозамінності забезпечує досягнення необхідної точності останнього у ланки розмірного ланцюга шляхом включення в нього складових ланок без вибору, підбору або зміни їх значень. При цьому будь-яка деталь, виготовлена за принципом повної взаємозамінності, може бути використана при складанні без всякого припасування або підбору при збереженні необхідних експлуатаційних властивостей виробу.

При роботі за принципом повної взаємозамінності виконується розрахунок розмірних ланцюгів на максимум і мінімум, що враховує тільки граничні відхилення ланок та самі несприятливі їх поєднання.

Розрахунок на максимум і мінімум починається з побудови розмірного ланцюга, який визначає розмірні зв'язки розглянутого складального з'єднання або торцевих поверхонь деталі. За цим розрахунком можна розв'язати зворотну і пряму задачі.

РОЗРАХУНОК ПОЛЯ РОЗСІЯННЯ (ДОПУСКУ) ЗАМИКАЮЧОЇ ЛАНКИ (ЗВОРОТНА ЗАДАЧА)

При вирішенні оберненої задачі використовують рівняння розмірного ланцюга, що виражає залежність номінального розміру замикаючої ланки A_0 від номінальних розмірів складових ланок у вигляді (рис. 1.3, а):

$$A_0 = (A_2 + A_3) - (A_1 + A_4), \quad (1.14)$$

або в загальному вигляді для будь-якої кількості ланок лінійного розмірного ланцюга:

$$A_0 = (A_1 + A_2 + \dots + A_n) - (A_{n+1} + A_{n+2} + \dots + A_{m-1}), \quad (1.15)$$

де m – загальна кількість ланок у ланцюзі, включаючи замикаючу ланку;
 n – кількість збільшуваних ланок.

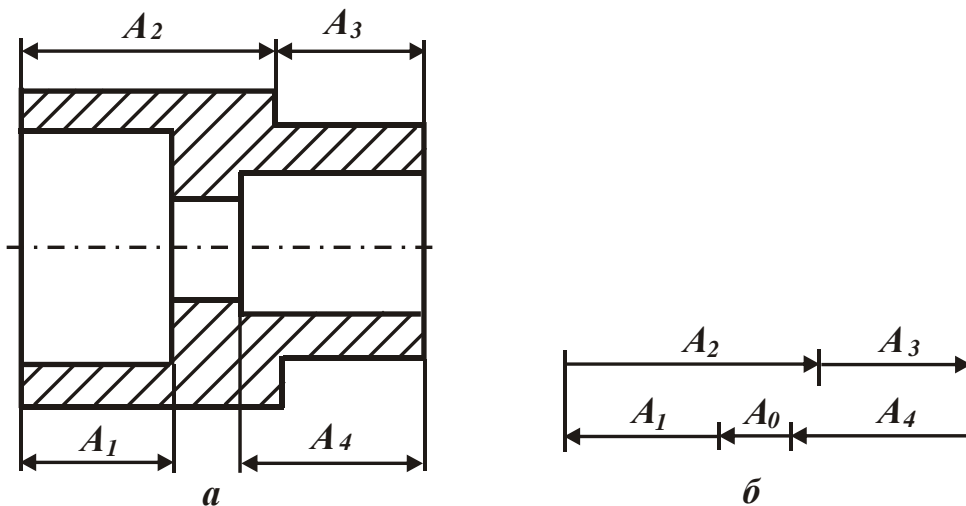


Рисунок 1.3 – Побудова розмірного ланцюга

Можна записати, що

$$A_0 = \sum_{i=1}^n \bar{A}_i - \sum_{n+1}^{m-1} \bar{A}_i, \quad (1.16)$$

де \bar{A}_i – розмір складової ланки, що збільшився;

\bar{A}_i – зменшує розмір складової ланки, що зменшився.

Найбільший граничний розмір замикаючої ланки лінійного розмірного ланцюга:

$$A_0^{max} = (A_1^{max} + A_2^{max} + \dots + A_n^{max}) - (A_{n+1}^{min} + A_{n+1}^{min} + \dots + A_{m-1}^{min}). \quad (1.17)$$

Найменший граничний розмір замикаючої ланки лінійного розмірного ланцюга:

$$A_0^{min} = (A_1^{min} + A_2^{min} + \dots + A_n^{min}) - (A_{n+1}^{max} + A_{n+1}^{max} + \dots + A_{m-1}^{max}). \quad (1.18)$$

Різниця найбільшого і найменшого граничних розмірів замикаючої ланки визначає величину її допуску TA_0 , який визначається:

$$TA_0 = A_0^{max} - A_0^{min} = (A_1^{max} - A_1^{min}) + (A_2^{max} - A_2^{min}) + \dots + (A_n^{max} - A_n^{min}) + (A_{n+1}^{max} - A_{n+1}^{min}) + (A_{n+2}^{max} - A_{n+2}^{min}) + \dots + (A_{m-1}^{max} - A_{m-1}^{min}) \quad (1.19)$$

Замінивши вирази у дужках відповідними допусками, отримаємо формулу для визначення допуску замикаючої ланки лінійного розмірного ланцюга:

$$TA_0 = TA_1 + TA_2 + \dots + TA_{m-1} \quad (1.20)$$

або

$$TA_0 = \sum_{i=1}^{m-1} TA_i. \quad (1.21)$$

Верхнє граничне відхилення замикаючої ланки ESA_0 і нижнє граничне відхилення EIA_0 лінійного розмірного ланцюга можна визначити за формулами, наведеними далі, які отримані після визначення номінального розміру замикаючої ланки A_0 з його найбільшого A_0^{max} і найменшого A_0^{min} граничних значень, тобто:

$$ESA_0 = \sum_{i=1}^n ESA_i - \sum_{n+1}^{m-1} EIA_i; \quad (1.22)$$

$$EIA_0 = \sum_{i=1}^n EIA_i - \sum_{n+1}^{m-1} ESA_i. \quad (1.23)$$

Таким чином, верхнє граничне відхилення замикаючої ланки ESA_0 дорівнює різниці суми верхніх відхилень збільшувальних ланок і суми нижніх відхилень зменшувальних ланок.

Нижнє граничне відхилення замикаючої ланки розмірного ланцюга EIA_0 дорівнює різниці суми нижніх відхилень збільшувальних ланок і суми верхніх відхилень зменшувальних ланок.

Граничні відхилення ESA_0 і EIA_0 розміру замикаючої ланки можна визначити також за значеннями координати середини поля допуску EsA_0 . Координатою середини поля допуску i -тої ланки EsA_i називається відстань середини поля допуску розміру цієї ланки до його номінального значення (рис. 1.4).

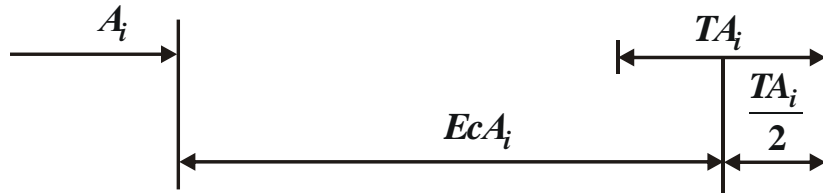


Рисунок 1.4 – Координата $E c A_i$ середини поля допуску $T A_i$

Оскільки

$$E c A_i = \frac{(E S A_i + E I A_i)}{2}, \quad (1.24)$$

то граничні відхилення визначаються залежностями:

$$E S A_i = E c A_i + \frac{T A_i}{2}; \quad (1.25)$$

$$E I A_i = E c A_i - \frac{T A_i}{2}. \quad (1.26)$$

Аналогічно:

$$E S A_0 = E c A_0 + \frac{T A_0}{2}; \quad (1.27)$$

$$E I A_0 = E c A_0 - \frac{T A_0}{2}. \quad (1.28)$$

Координата середини поля допуску $E c A_0$ або середина поля розсіювання $E c \omega_0$ розміру замикаючої ланки лінійного розмірного ланцюга визначається за формулою:

$$E c A_0 = E c \omega_0 = \sum_{i=1}^n E c \vec{A}_i - \sum_{n+1}^{m-1} E c \vec{A}_i. \quad (1.29)$$

Приклад 1.1. Для деталі, зображеної на рис 1.3, а, із розмірним ланцюгом (рис.1.3, б) методом розрахунку на максимум і мінімум визначити: номінальний розмір замикаючої ланки A_0 , величину його допуску $T A_0$, граничні відхилення $E S A_0$ і $E I A_0$, координату середини поля допуску $E c A_0$; значення складових ланок:

$$A_1 = 35^{+0,16} \text{ мм}; \quad A_2 = 60_{-0,3} \text{ мм}; \quad A_3 = 20^{+0,13} \text{ мм}; \quad A_4 = 40^{+0,16} \text{ мм}.$$

Розв'язок. Номінальний розмір замикаючої ланки визначають згідно формули (1.18) у вигляді: $A_0 = (60+20) - (35+40) = 5$ мм. Допуск замикаючої лан-

ки за формулою (1.21) складає $TA_0 = 0,16 + 0,3 + 0,13 = 0,16 = 0,75$ мм. За заданими умовами граничні відхилення складових розмірів наступні: $ES35 = +0,16$ мм; $ES60 = 0$; $ES20 = +0,13$ мм; $ES40 = +0,16$ мм; $EI35 = 0$; $EI60 = -0,3$ мм; $EI20 = 0$; $EI40 = 0$.

Із формул (1.22) і (1.23) отримано:

$$ESA_0 = (ES60 + ES20) - (EI35 + EI40) = (0 + 0,13) - (0 + 0) = +0,13 \text{ мм};$$

$$EIA_0 = (EI60 + EI20) - (ES35 + ES40) = (-0,3 + 0) - (0,16 + 0,16) = -0,62 \text{ мм}.$$

Замикаючий розмір $-A_0 = 5_{-0,3}^{+0,45}$. Координата середини поля допуску замикаючої ланки, відповідно формули (1.27), дорівнює:

$$EсA_0 = ESA_0 - \frac{TA_0}{2} = 0,13 - \frac{0,75}{2} = -0,245 \text{ мм}.$$

РОЗРАХУНОК ДОПУСКІВ РОЗМІРІВ СКЛАДОВИХ ЛАНОК ЗА ВЕЛИЧИНОЮ ДОПУСКУ (ПОЛЯ РОЗСІЯННЯ) РОЗМІРІВ ЗАМИКАЮЧОЇ (ВИХІДНОЇ) ЛАНКИ (ПРЯМА ЗАДАЧА)

У розрахунках технологічних розмірних ланцюгів це завдання дуже часто вирішується при використанні способу пробних розрахунків. При цьому на всі складові ланки розмірного ланцюга призначаються допуски, економічно досяжні при передбачуваних видах обробки розглянутих поверхонь, що відповідають стандартним допускам певних квалітетів точності ГОСТ. Після цього визначається величина очікуваного поля розсіювання розміру замикаючої ланки ω_0 і координата середини його поля розсіювання $Eс\omega_0$ за формулами (1.21) і (1.29), в яких приймають, що $TA_0 = \omega_0$.

Отримані значення ω_0 і $Eс\omega_0$ порівнюють із необхідними в проектуваному виробі допусками замикаючої ланки координатою середини поля його допуску. У випадку, коли характеристики очікуваного розсіювання перевищують допустимі значення коливань замикаючої (в даному випадку вихідної) ланки, то виконують посилення допусків одної або декількох складових ланок, після чого виконують перевірочний розрахунок розмірного ланцюга. Методом проб та послідовних наближень встановлюють шукані допуски.

Із метою прискорення розрахунків розмірних ланцюгів за цим способом економічно досяжні допуски і граничні відхилення часто призначають для всіх складових ланок крім одної, обраної в якості регулюючої. Допуск TA_p розраховують за формулою:

$$TA_p = TA_0 - \sum_{i=1}^{m-2} TA_i . \quad (1.30)$$

Координати середини поля допуску регулюючої ланки:

$$Ec\vec{A}_p = EcA_0 - \sum_{i=1}^{n-1} Ec\vec{A}_i + \sum_{n+1}^{m-1} Ec\vec{A}_i , \quad (1.31)$$

у випадку, коли регулююча ланка є збільшувальна, і

$$Ec\vec{A}_p = \sum_{i=1}^n Ec\vec{A}_i - \sum_{n+1}^{m-2} Ec\vec{A}_i - EcA_0 , \quad (1.32)$$

коли регулююча ланка є зменшувальна.

В якості регулюючої ланки може бути прийнята будь-яка ланка розмірного ланцюга. Проте в зв'язку з тим, що в більшості випадків доводиться проводити посилення допуску регулюючої ланки (у порівнянні з іншими ланками), як регулюючу зручно приймати ланку, точна обробка та вимірювання якої не викликає ускладнень, а розмір відносно великий.

Граничні відхилення для всіх ланок розмірного ланцюга, крім регулюючої, зазвичай призначаються, як для основних валів і отворів, за розмірами h і H або симетрично – в залежності від типу поверхонь, до яких відносяться визначувані допуски.

При розрахунку багатоланкових розмірних ланцюгів для полегшення початкового значення економічної досяжності допусків на розміри складових ланок на початку розрахунку визначають величину середнього допуску T_{cp} за формулою:

$$T_{cp} = \frac{TA_0}{(m-1)} . \quad (1.33)$$

Далі, враховуючи виробничі труднощі виконання окремих складових розмірів, а також їх величину, корегують значення середнього допуску в ту чи іншу сторону. Розташування полів допусків складових ланок щодо їх номінальних розмірів спочатку проводиться із технологічних міркувань за принципом "допуск в метал", тобто на охоплюючі розміри встановлюють допуски зі знаком плюс, а на зазначені вище – зі знаком мінус. Допуск розміру глибини розточування (або зовнішнього обточування) отримує знак плюс, якщо спочатку обробляється зовнішній торець, і від нього витримується розмір глибини розточування (або довжина зовнішнього обточування). При протилежній послідовності обробки на допуск глибини розточування встановлюють знак мінус. Дотримання правила «допуск в метал» полегшує робітнику виконання розмі-

рів за кресленням, оскільки порушення креслярських розмірів в цьому випадку компенсується полем допуску і невиправний брак виключається. Відступ від розмірів у протилежну сторону можна усунути додатковим зняттям металу.

Остаточна перевірка установлених допусків і граничних відхилень виконується за формулами (1.21) і (1.29).

Приклад 1.2. Встановити допуски і граничні відхилення лінійних розмірів деталі частини рознімного корпусу зубчастої передачі, зображеного на рис. 1.5, за умови забезпечення зазору A_0 в межах від 1,0 до 1,75 мм.

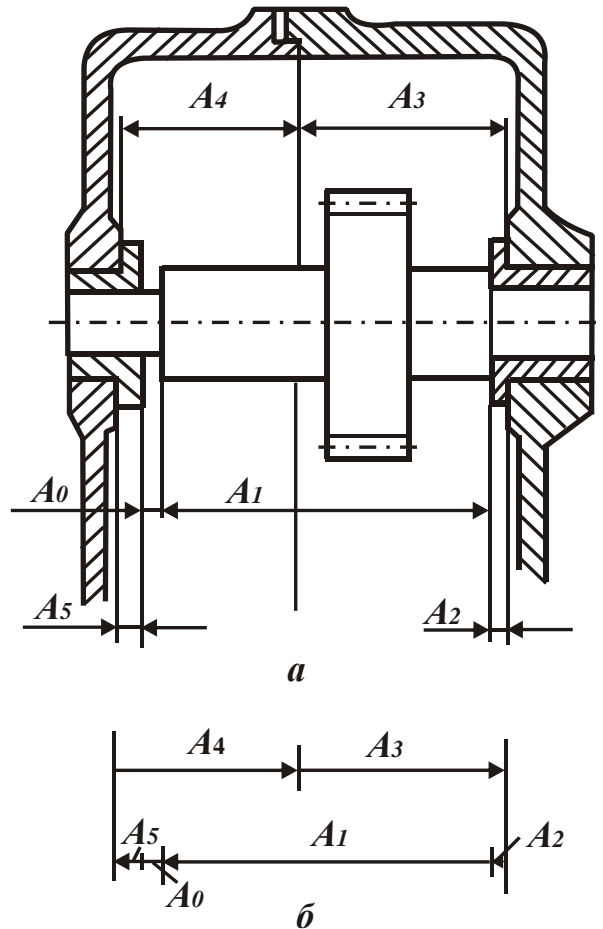


Рисунок 1.5 – Лінійні розміри роз'ємного корпусу зубчастої передачі

Лінійні розміри $A_1=140$ мм, $A_2=5$ мм, $A_3=101$ мм, $A_4=50$ мм, $A_5=5$ мм.

Розв'язок. Замикаючим розміром розмірного ланцюга, зображеного на рис. 1.5,б, є зазор: $A_0 = 1^{+0,75}$ мм; $TA_0=0,75$ мм; $EIA_0=0$; $ESA_0=0,75$ мм; $EsA_0=+0,375$ мм.

Величина середнього допуску визначається за формулою (1.33):

$T_{cp} = \frac{0,75}{(6-1)} = 0,15$ мм. Така величина середнього допуску для розмірів деталей

розглянутого механізму наближено відповідає допуску 11-го квалітету точності, виконання яких для вказаної конструкції не має труднощів у процесі їх виробництва. У зв'язку з цим на всі розміри ланок розмірного ланцюга призначаються допуски по $h11$ та $H11$, тобто: $A_1 = 140_{-0,25}$ мм, $A_2 = 5_{-0,075}$ мм, $A_3 = 101$ мм, $A_4 = 50^{+0,16}$ мм, $A_5 = 5_{-0,075}$.

Перевірка за формулою (1.21) показує, що в цьому випадку коливання ω_0 і подібного розміру A_0 перевищують величину встановленого допуску $TA_0 = 0,75$ мм, так як $\omega_0 = 0,25 + 0,075 + 0,22 + 0,16 + 0,075 = 0,78$ мм, і задану умову розрахунку не виконано. Це змушує вибрати регулюючу ланку, розмір якої повинен бути виготовлений точніше 11-го квалітету, прийнятого для всіх інших розмірів. Як регулюючий обирається розмір $A_1 = 140$ мм, виконання і вимір якого не викликає ускладнень, а абсолютна величина допуску, яка більше порівняно з іншими розмірами, може бути зменшена, також не викликаючи значних ускладнень.

Допуск регулюючої ланки A_1 визначається за формулою (1.30):

$$TA_1 = 0,75 - (0,075 + 0,22 + 0,16 + 0,075) = 0,22 \text{ мм,}$$

Ланка A_1 є зменшувальною, тому координата середини поля допуску визначається за формулою (1.32):

$$E\bar{cA}_1 = (0,11 + 0,08) - (-0,0375 - 0,0375) - 0,375 = -0,11 \text{ мм.}$$

Граничне відхилення регулюючої ланки A_1 :

$$ESA_1 = 0,11 + \frac{0,22}{2} = 0;$$

$$EIA_1 = -0,11 - \frac{0,22}{2} = -0,22 \text{ мм.}$$

Розмір регулюючої ланки $A_1 = 140_{-0,22}$ мм.

Перевірка. За формулою (1.30):

$$\begin{aligned} A_0^{max} &= (A_3^{max} + A_4^{max}) - (A_1^{min} + A_2^{min} + A_5^{min}) = \\ &= (101,22 + 50,16) - (139,78 + 4,925 + 4,925) = 1,75 \text{ мм;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_0^{min} &= (A_3^{min} + A_4^{min}) - (A_1^{max} + A_2^{max} + A_5^{max}) = \\ &= (101 + 50) - (140 + 5 + 5) = 1,0 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Розрахунок виконано вірно.

Основними перевагами методу розрахунку на максимум і мінімум, який забезпечує повну взаємозамінність деталей і складальних одиниць, є:

а) простота, висока продуктивність і економічність складання виробів, що зводяться в цьому випадку тільки до з'єднання і фіксації окремих деталей, не потребує високої кваліфікації робітників;

б) простота нормування складальних операцій, їх синхронізація за часом і організація потокового складання;

в) можливість спеціалізації і кооперування підприємства із випуску деталей і складальних одиниць;

г) скорочення простоїв машин при їх ремонті і спрощення ремонту в зв'язку з можливістю швидкої заміни зношених деталей новими без припасування і регулювання.

Основним недоліком методу розрахунку на максимум і мінімум є необхідність посилення допусків складових ланок пропорційно їх кількості (за формулою (1.33)). За великої кількості ланок допуски складових розмірів виходять надзвичайно жорсткими і у багатьох випадках економічно нездійсненними. В нашому випадку поєднання при складанні або при механічній обробці всіх збільшувальних розмірів із верхніми граничними відхиленнями зі зменшувальними розмірами, виготовленими із нижніми граничними відхиленнями і, навпаки, малоімовірно, а за значної кількості складових ланок – практично неможливо.

За розрахунками професора Н. А. Бородачова, за рівною ймовірністю отримання складових ланок із розмірами, що відповідають будь-яким точкам полів їх допусків, ймовірність найгірших поєднань розмірів у десятиланкового ланцюга становить $+0,0000000000002$. Це означає, що якщо підприємство щодня випускає по 1 млн. комплектів, то крайні поєднання розмірів, розрахованих за методом максимуму і мінімуму, будуть виготовлятися в середньому один раз в 10000 – 15000 років.

У зв'язку з цим розрахунок за максимумом і мінімумом необхідно застосовувати лише для коротких розмірних ланцюгів, що мають дві–три складові ланки. Технологічні розмірні ланцюги, пов'язані з розрахунком розмірів і допусків при зміні технологічних баз, при розрахунку припусків на обробку, складанні та ін. в більшості випадків обмежені двома-трьома складовими ланками і зазвичай розраховуються на максимум і мінімум.

За більш довгих розмірних ланцюгів цей розрахунок є доцільним лише для орієнтовних і наближених рішень, а також при виконанні додаткових контрольних розрахунків розмірних ланцюгів, що мають ланки із різко відмінними допусками за їх величиною.

1.3.2 Метод неповної взаємозамінності

При виконанні розрахунку розмірних ланцюгів із кількістю складових ланок більше трьох доцільно прийняти за основу досягнення точності методом неповної взаємозамінності із використанням імовірнісного розрахунку. При використанні методу неповної взаємозамінності необхідна точність забезпечується заздалегідь обумовленої частини об'єктів шляхом включення в розмірний ланцюг складових ланок без їх вибору або зміни їх значення.

Розрахунок імовірнісним методом, який виконують в цьому випадку, здійснюється із урахуванням фактичного розподілу справжніх розмірів усередині полів допусків ймовірності їх різних поєднань при складанні або механічній обробці.

РОЗРАХУНОК ПОЛЯ РОЗСІЯННЯ (ДОПУСКУ) ЗАМИКАЮЧОЇ ЛАНКИ ІМОВІРНОСНИМ МЕТОДОМ (ЗВОРОТНА ЗАДАЧА)

Відповідно до положень теорії ймовірностей підсумовування випадкових величин здійснюється квадратично, причому сума цих величин, в свою чергу, є випадковою величиною, що змінюється за певним законом розподілу. При цьому закон розподілу розмірів замикаючої ланки тим ближче до закону нормального розподілу, чим більше складових ланок має розмірний ланцюг.

Найменша кількість складових ланок ($m - 1$), за якою відбувається розподіл розмірів замикаючої ланки за законом нормального розподілу, становить при розподілі складових розмірів ланцюга за законами: рівної ймовірності ($m - 1$) = 4, рівнобедреного трикутника (закону Сімпсона) ($m - 1$) = 3, нормального розподілу ($m - 1$) = 2.

У практичних умовах (особливо при проектних розрахунках) закони розподілу складових ланок часто невідомі, тому застосування імовірнісного методу розрахунку вважають правильним при кількості складових ланок розмірного ланцюга ($m - 1$) \geq 4.

Із урахуванням наведеного раніше, поле розсіювання замикаючої ланки ω_0 чи її допуску TA_0 , аналогічно формулі (1.21), визначається за формулою:

$$\omega_0 = TA_0 = t \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \lambda_i^2 TA_i^2}, \quad (1.34)$$

де t – коефіцієнт ризику, що характеризує ймовірність виходу відхилень замикаючої ланки за межі допуску (нормований параметр розподілу).

У формулі (1.34) прийнято, що поля розсіювання розмірів складових ланок ω_i дорівнюють допускам на їх виготовлення TA_i .

Незважаючи на те, що гілки кривої нормального розподілу йдуть в нескінченність, при практичних розрахунках поле розсіювання обмежується деякими межами (рис. 1.6), які залежать від величини середнього квадратичного σ , рівного $\pm t\sigma$, тобто

$$\omega = (L_{cp} + t\sigma) - (L_{cp} - t\sigma) = 2t\sigma, \quad (1.35)$$

де L_{cp} – середнє арифметичне значення випадкової величини;

ω – поле розсіювання випадкової величини;

$t = \frac{L_i - L_{cp}}{\sigma}$ – нормований параметр розподілу, або коефіцієнт ризику.

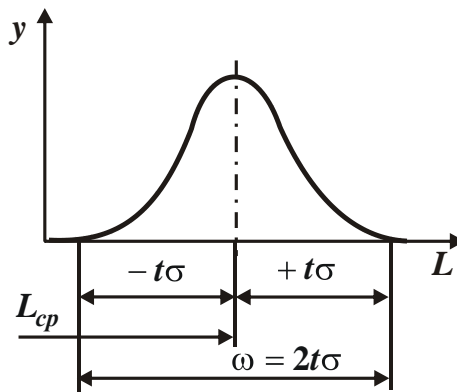


Рисунок 1.6 – Межі кривої розсіювання при практичних розрахунках

При розрахунках значення t вибирають в залежності від прийнятої ймовірності P (ризик) виходу значення L за межі поля допуску T .

Ймовірний розрахунок розмірних ланцюгів зазвичай здійснюється у випадках, коли кількість їх складових ланок $(m - 1) \geq 4$, тобто коли розподіл розмірів замикаючої ланки підпорядковується закону нормального розподілу незалежно від законів розподілу складових ланок. При цьому приймається $t = 3$, коли відсоток ризику виходу за межі допуску становить 0,27 %. Практично в цьому випадку кількість деталей або складальних з'єднань, що виходять за межі допуску, не перевищує 3 шт. на 1000 шт. виробів.

Відносне середньоквадратичне відхилення, що характеризує закон розсіювання розмірів складових ланок або їх відхилень, визначають за формулою:

$$\lambda_i = \frac{2\sigma_i}{\omega_i} = \frac{1}{t}. \quad (1.36)$$

Величина коефіцієнту λ_i^2 становить:

Для закону нормального1/9

Для закону розподілу Сімпсона1/6

Для закону розподілу рівної ймовірності1/3

При механічній обробці заготовок на налаштованих верстатах розподіл отриманих розмірів підпорядковується закону нормального розподілу допусків, що легко витримуються (9–10-го квалітетів і грубіше). При середній точності обробки (7–8-й квалітети) розподіл відповідає закону Сімпсона і за дуже жорстких допусків (5–6-й квалітети) – закону рівної ймовірності.

При розподілі розмірів складових ланок за законом нормального розподілу для лінійного розмірного ланцюга із $(m-1) \geq 4$ формула (1.34) набуває вигляду:

$$\omega_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} TA_i^2}. \quad (1.37)$$

Розрахунки за формулою (1.34) можна спростити при підстановці в неї коефіцієнта відносного розсіювання k_i , який характеризує ступінь відмінності розподілу похибок i -ї ланки від нормального розподілу, якому зазвичай підкоряються похибки замикаючої ланки, та може бути визначений із виразу

$$k_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_n} \text{ або } k_i = \frac{6\sigma_i}{\bar{\omega}_i}.$$

Значення k_i пов'язане із величинами t і λ відношенням $k_i = t\lambda_i$, тому (після відповідних перетворювань) формулу (1.34) для лінійних розмірних ланцюгів можна подати у вигляді:

$$TA_0 = \bar{\omega}_0 = \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} k_i^2 TA_i^2}. \quad (1.38)$$

При виконанні проектних розрахунків розмірних ланцюгів, якщо невідомі закони розподілу розмірів складових ланок, умовно приймають розподіл всіх ланок однаковим, що відповідає закону Сімпсона. Тоді значення λ_i^2 у формулі (1.34) приймають рівним 1/6, а значення $k_i=1,2$.

У вказаних випадках формула (1.38) набуде вигляду:

$$\bar{\omega}_0 = 1,2\sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} TA_i^2}. \quad (1.39)$$

При обчисленні граничних значень замикаючої ланки імовірнісним методом має значення симетричність розташування розмірів складових ланок

всередині їх полів розсіювання (або всередині полів їх допусків). За симетричного розташування розмірів складових ланок A_i координату середини поля розсіювання замикаючої ланки $Ec\bar{\omega}_0$ і координату середини поля допуску ESa_0 розраховують за формулою (1.29).

Потім розраховують значення граничних відхилень замикаючої ланки за формулами (1.27) і (1.28), які набувають вигляду:

$$ESA_0 = Ec\bar{\omega}_0 + \frac{\bar{\omega}_0}{2}; \quad (1.40)$$

$$EIA_0 = Ec\bar{\omega}_0 - \frac{\bar{\omega}_0}{2}, \quad (1.41)$$

або за формулами (1.22) і (1.23)

За несиметричного розташування розмірів складових ланок центри групування і середини полів допусків не збігаються один з одним.

Зсув центру групування відхилень складових ланок характеризується величиною коефіцієнта відносної асиметрії α_i , величина якого визначається формулою:

$$\alpha_i = \frac{Em \cdot A_i - Ec\bar{\omega}}{\frac{\bar{\omega}}{2}}.$$

Значення α_i знаходиться в межах від 0 до $\pm 0,5$ і визначається дослідним шляхом або його вибирають із відповідних таблиць. В проектних умовах, зазвичай, приймають $\alpha_i = 0$ для всіх складових ланок розмірного ланцюга (умовно приймаючи розподіл їх відхилення симетричним). Координата центру групування EmA_i (математичне очікування відхилень) відповідної ланки лінійного розмірного ланцюга розраховується за формулами:

$$EmA_i = Ec\bar{\omega}_0 + \frac{\alpha_i \bar{\omega}_i}{2} \quad (1.42)$$

або

$$EmA_i = EsA_i - \frac{\alpha_i TA_i}{2}. \quad (1.43)$$

Зсув центра групування відхилень складових ланок може відбуватися в різні боки і, будучи систематичними похибками, підсумовуються алгебраїчно, викликаючи зсув центра групування відхилення замикаючої ланки.

Координату центра групування відхилення замикаючої ланки (математичне очікування його відхилень) EmA_0 лінійного розмірного ланцюга розраховують за формулами:

$$EmA_0 = \sum_{i=1}^n \left(Ec\bar{\omega}_i + \alpha_i \frac{\bar{\omega}_i}{2} \right) - \sum_{n+1}^{m-1} \left(Ec\bar{\omega}_i + \alpha_i \frac{\bar{\omega}_i}{2} \right) \quad (1.44)$$

або

$$EmA_0 = \sum_{i=1}^n \left(Ec\bar{A}_i + \alpha_i \frac{T\bar{A}_i}{2} \right) - \sum_{n+1}^{m-1} \left(Ec\bar{A}_i + \alpha_i \frac{T\bar{A}_i}{2} \right). \quad (1.45)$$

Раніше було зазначено, що розсіювання відхилень замикаючої ланки багатоланкового розмірного ланцюга, який має кількість складових ланок $(m-1) \geq 4$, підкоряється закону нормального розподілу незалежно від законів і форми кривих розподілу складових ланок. Тому крива розсіювання замикаючої ланки є симетричною кривою Гауса, положення якої визначається координатою центра групування EmA_0 , однаковою в цьому випадку із координатою середини поля розсіювання $Ec\bar{\omega}_0$ (рис. 1.7).

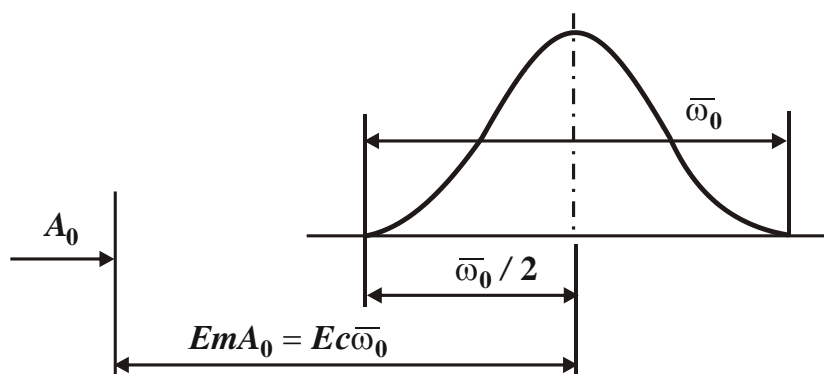


Рисунок 1.7 – Координата центра групування EmA_0 і координата середини поля розсіювання $Ec\bar{\omega}_0$ симетричної кривої Гауса

У зв'язку з цим граничні відхилення розміру замикаючої ланки можна визначити за формулами (1.27) і (1.28), які набувають вигляду:

$$ESA_0 = EmA_0 + \frac{\omega_0}{2}; \quad (1.46)$$

$$EIA_0 = EmA_0 + \frac{\omega_0}{2}. \quad (1.47)$$

Приклад 1.3. Вирішити приклад 1.1, застосовуючи імовірнісний метод розрахунку, коли закони розподілу розмірів складових ланок невідомі.

Розв'язок. Приймаємо $\alpha_i = 0$; $k_i = 1,2$. Номінальний розмір замикаючої ланки (згідно формули (1.20)) залишається незмінним, тобто $A_0 = 5$ мм.

Поле розсіювання замикаючої ланки (згідно формули (1.38)) запишемо у вигляді $\omega_0 = 1,2\sqrt{0,16^2 + 0,3^2 + 0,13^2 + 0,16^2} = 0,477$ мм. Координата середини поля розсіювання замикаючої ланки $Ec\bar{\omega}_0$ збігається із координатою середини поля допуску EcA_0 , розрахованою у прикладі 1.1, тобто $Ec\bar{\omega}_0 = EcA_0 = -0,245$ мм. Відповідно до формул (1.25) і (1.26), граничні відхилення набувають значень:

$$ESA_0 = Ec\bar{\omega}_0 + \frac{\omega_0}{2} = -0,245 + \frac{0,477}{2} = -0,007 \text{ мм};$$

$$EIA_0 = Ec\bar{\omega}_0 + \frac{\omega_0}{2} = -0,245 - \frac{0,477}{2} = -0,484 \text{ мм}.$$

Замикаючий розмір – $A = 5_{-0,484}^{-0,007}$ мм.

Порівняння результатів розрахунків прикладів 1.1 і 1.3 показує, що поле розсіювання (допуск) замикаючої ланки, яке визначено імовірнісним методом, в $0,75 / 0,477 = 1,57$ разів менше поля розсіювання (допуску), яке визначено за максимумом і мінімумом. Відповідно змінюються і граничні відхилення розмірів замикаючої ланки.

Приклад 1.4. Розв'язати завдання попереднього прикладу для випадку, коли $k_1 = 1,2$; $\alpha_1 = 0$; $\alpha_2 = +0,45$; $\alpha_3 = +0,35$; $\alpha_4 = -0,2$.

Розв'язок. Поле розсіювання зберігається однаковим із попереднім прикладом, тобто $\bar{\omega}_0 = 0,477$ мм. Координата центра групування (математичне очікування) відхилень замикаючої ланки (згідно формули (1.44)) дорівнює:

$$EmA_0 = \left(-0,15 + 0,45 \frac{0,3}{2} + 0,065 + 0,35 \frac{0,13}{2} \right) - \left(0,08 + 0 \frac{0,16}{2} + 0,08 - 2 \frac{0,16}{2} \right) = -0,139 \text{ мм}.$$

РОЗРАХУНОК ДОПУСКІВ СКЛАДОВИХ ЛАНОК

Допуски розмірів складових ланок при розрахунку розмірних ланцюгів імовірнісним методом визначають принципово також, як і при їх розрахунку на максимум і мінімум. Різниця зводиться в основному до заміни арифметичного підсумовування геометричним.

При використанні способу пробних розрахунків після призначення допусків на всі розміри складових ланок лінійного розмірного ланцюга порівнюють величини поля розсіювання замикаючого (вихідного) розміру із його заданим допуском. При цьому замість формули (1.21) використовують формули (1.37) або (1.38). Координату середини поля розсіювання (так само як і при розрахунку на максимум і мінімум) визначають за формулою (1.29).

Розрахунок починають із визначення величини середнього допуску складових ланок. При цьому замість формули (1.23), яку застосовують при розрахунку на максимум і мінімум, використовують формулу:

$$T_{cp} = \frac{TA_0}{(1,2\sqrt{m-1})}. \quad (1.48)$$

Якщо за результатами розрахунку середня точність розмірів складових ланок відповідає 11-му або 12-му квалітету, то метод неповної взаємозамінності вважають придатним для розв'язання розмірного ланцюга, а визначений в результаті розрахунку квалітет приймають за основу для встановлення допусків розмірів всіх складових ланок, крім регулюючої ланки.

Якщо за розрахунками необхідна середня точність розмірів складових ланок характеризується 7–9-м квалітетами, то досягнення необхідної точності замикаючої ланки методом неповної взаємозамінності є неможливим, що вимагає використання методу регулювання або припасування.

При встановленні розрахунком необхідності забезпечення точності розмірів складових ланок в межах 10-го квалітету питання про можливість її досягнення має вирішуватися шляхом додаткового аналізу технологічних особливостей виготовлення деталей, що входять в розмірний ланцюг.

Раніше було зазначено, що в якості регулюючої ланки рекомендують вибирати ланку із найбільшим номінальним розміром, виконання та вимірювання якого не викликає технологічних труднощів.

На всі розміри розрахункового ланцюга призначають допуски по h і H встановленого квалітету точності.

Правильність призначення допусків перевіряється за формулами (1.36) – (1.38). При необхідності після цього виконують вибір і розрахунок допуску регулюючої ланки за формулою:

$$TA_p = \frac{1}{k_p} \sqrt{TA_0^2 - \sum_{i=1}^{m-2} k_i^2 TA_i^2}, \quad (1.49)$$

де k_p – коефіцієнт відносного розсіювання розміру регулюючої ланки.

Координату середини поля допуску розміру регулюючої ланки EcA_p визначають у випадках, наведених нижче, за відповідними формулами. Якщо регулююча ланка є збільшувальна, то координату середини поля допуску розміру регулюючої ланки EcA_p визначають за формулою (1.50):

$$Ec\bar{A}_p = EcA_0 - \sum_{i=1}^{n-1} \left(Ec\bar{A}_i + \alpha_i \frac{T\bar{A}_i}{2} \right) + \sum_{n+1}^{m-1} \left(Ec\bar{A}_i + \alpha_i \frac{T\bar{A}_i}{2} \right) - \alpha_p \frac{T\bar{A}_p}{2}. \quad (1.50)$$

Якщо регулююча ланка є зменшувальною, то координату середини поля допуску розміру регулюючої ланки EcA_p визначають за формулою (1.49):

$$Ec\bar{A}_p = \sum_{i=1}^n \left(Ec\bar{A}_i + \alpha_i \frac{T\bar{A}_i}{2} \right) - \sum_{n+1}^{m-2} \left(Ec\bar{A}_i + \alpha_i \frac{T\bar{A}_i}{2} \right) - EcA_0. \quad (1.51)$$

Граничні відхилення розміру регулюючої ланки так само, як і при розрахунку на максимум і мінімум, виконують за перетвореними формулами (1.25) і (1.26).

Приклад 1.5. Для умов прикладу 1.2 встановити допуски і граничні відхилення лінійних розмірів, користуючись імовірнісним методом.

Рішення. Визначаємо середній допуск складових ланок за формулою (1.48):

$$T_{cp} = \frac{0,75}{(1,2\sqrt{6-1})} = 0,28 \text{ мм.}$$

Ця величина допуску для середнього розміру деталей даного прикладу наближено відповідає точності 12-го квалітету. У зв'язку з цим на всі розміри складових ланок розмірного ланцюга, що розраховується, встановлюють допуски по $h12$ і $H12$:

$$A_1=140_{0,4} \text{ мм; } A_2=5_{-0,12} \text{ мм; } A_3=101^{+0,35} \text{ мм;}$$

$$A_4=50^{+0,25} \text{ мм; } A_5=5_{-0,12} \text{ мм.}$$

Поле розсіювання розмірів ω_0 замикаючої (вихідної) ланки (згідно формули (1.47)) при цьому становить:

$$\omega_0 = 1,2\sqrt{0,4^2 + 0,12^2 + 0,35^2 + 0,25^2 + 0,12^2} = 0,734 \text{ мм,}$$

тобто менше встановленого допуску вихідного розміру $TA_0 = 0,75$ мм. У зв'язку із цим відпадає необхідність у посиленні допуску регулюючої ланки, проте зберігається необхідність у розрахунку фактичних відхилень розміру замикаючої ланки при прийнятих допусках на складові розміри.

Координату середини поля розсіювання $Ec\bar{\omega}_0$ замикаючої ланки, що визначається формулою (1.34), розраховують за формулою: $Ec\bar{\omega}_0 = 0,175 + 0,125 - (0,2 - 0,06 - 0,06) = 0,62$ мм, тоді як за заданими умовами вона повинна дорівнювати $EcA_0 = \frac{TA_0}{2} = \frac{0,75}{2} = +0,375$ мм. Відповідно, завищеними виявляться і фактичні значення ESA_0 і EIA_0 , тому вихідні умови задачі не виконуються.

Для зменшення величини координати середини поля розсіювання в даному випадку доцільно прийняти для розмірів A_2 і A_5 допуски по Н12, тобто $A_2 = A_5 = 5^{+0,12}$ мм. Тоді координата середини фактичного поля розсіювання замикаючого (вихідного) розміру $Ec\bar{\omega}_0$ визначається із виразу

$$Ec\bar{\omega}_0 = 0,175 + 0,125 - (-0,2 + 0,06 + 0,06) = 0,38 \text{ мм.}$$

$$\text{Відповідно, } ESA_0 = 0,38 + \frac{0,734}{2} = 0,747 \text{ мм; } EIA_0 = 0,38 - \frac{0,734}{2} = 0,13 \text{ мм,}$$

тобто фактичні розміри замикаючої ланки $A_0 = 1^{+0,747}_{+0,13}$ мм знаходяться в межах встановленого допуску $A_0 = 1^{+0,75}$ мм, і поставлену задачу розрахунку виконано.

Порівняння результатів розрахунків прикладів 1.2 і 1.5 показує, що застосування імовірнісного методу розрахунку дозволяє суттєво (в даному випадку в 1,6 – 1,8 разів) розширити допуски на обробку заготовок порівняно з допусками, встановленими розрахунком на максимум і мінімум.

1.3.3 Метод групової взаємозамінності (селективне складання)

При досягненні точності за методом групової взаємозамінності необхідну точність замикаючої ланки досягають шляхом включення в розмірний ланцюг складових ланок, що належать до загальної групи попередньо вимірянних і розсортованих деталей. У цьому випадку деталі виробу обробляються по розширеним, а також економічно досяжним виробничим допускам і сортуються відповідно до їх дійсних розмірів на групи із таким розрахунком, щоб при з'єднанні деталей, що входять в певні групи, було забезпечено досягнення встановленого конструктором допуску замикаючої ланки і гарантована необхідна точність складального з'єднання. Метод групової взаємозамінності застосовують, головним чином, для розмірних ланцюгів, що складаються із невеликої кількості ланок (зазвичай до трьох, іноді чотирьох), для складальних з'єднань особливо високої точності, які не можливо практично досягнути методом повної взаємозамінності (кулькові підшипники, плунжерні пари, поршневий палець і отвір поршня або верхньої головки шатуна та ін.)

Складання за методом групової взаємозамінності носить назву селективного складання (або складання за методом підбору). Селективне складання застосовують не тільки для сполучення циліндричних деталей, але використовують також для конічних, призматичних і різьбових з'єднань, а в деяких випадках і для з'єднання декількох деталей в багатоланкових розмірних ланцюгах. В останньому випадку сортуванню на групи в межах розширених допусків можуть підлягати не тільки дві будь-які деталі, які з'єднуються, із тих, що входять в даний розмірний ланцюг, а також послідовно декілька пар деталей.

Розрахунок групових допусків зводиться до визначення кількості груп n , на які необхідно розсортувати деталі, що з'єднуються, величини полів групових допусків і граничних відхилень групових розмірів. Допуск замикаючої ланки з'єднання, зображеного на рис. 1.8 (допуск зазору), при поставлених в кресленні широких економічно досяжних допусках складових ланок TA_1 і TA_2 визначають за формулою $T_0 = \Delta_{max} - \Delta_{min} = TA_1 + TA_2$, де Δ_{max} і Δ_{min} – найбільший і найменший зазори з'єднання.

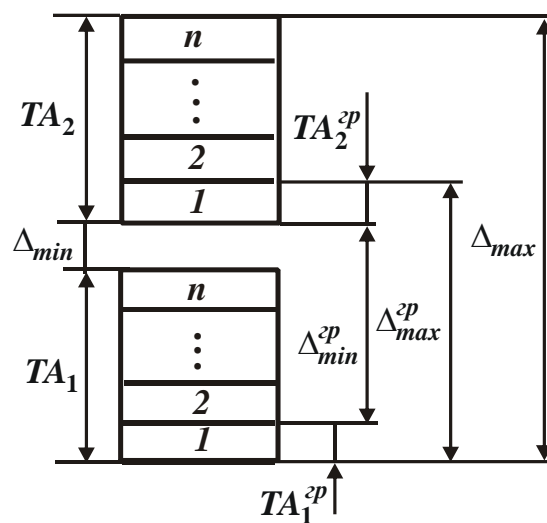


Рисунок. 1.8 – Схема визначення групових допусків

Для підвищення точності з'єднання без посилення економічно досяжних допусків на складові ланки TA_1 і TA_2 поля цих допусків розподіляють на n частин (груп), утворюючи групові допуски TA_1^{gp} і TA_2^{gp} . Відповідно до цього всі деталі, виготовлені з допусками TA_1 і TA_2 , сортують за групами в межах групових допусків і направляють на складання груповими комплектами (комплект валів і втулок першої групи, комплект другої групи та ін.). При цьому з'єднання валів і отворів загальної групи виконують без будь-якого додаткового підбору, тобто за принципом повної взаємозамінності.

Якщо за умовами експлуатації виробу найбільший зазор з'єднання Δ_{max} повинен бути зменшений до величини Δ_{max}^{ep} (рис. 1.8), то необхідну величину групового допуску TA_2^{ep} можна визначити за формулою:

$$TA_2^{ep} = \Delta_{max}^{ep} - \Delta_{min} - TA_1, \quad (1.52)$$

де Δ_{min} – найменший зазор з'єднання, що визначається експлуатаційними вимогами (забезпечення необхідного шару мастила та ін.), зазначений в кресленні виробу.

Кількість необхідних груп n визначається за формулою:

$$n = \frac{TA_2}{TA_2^{ep}}. \quad (1.53)$$

Для забезпечення рівномірності з'єднань в різних групах (сталість граничних зазорів у всіх групах) необхідно, щоб $TA_1 = TA_2$, тоді $TA_1^{ep} = TA_2^{ep}$.

Сортування деталей, виготовлених із широкими допусками розмірів, підвищує точність з'єднань, зменшуючи їх зазори пропорційно кількості прийнятих груп n . Однак при цьому значно зростає вплив шорсткості поверхонь, що з'єднуються, і похибок їх геометричної форми, які зазвичай обмежуються величинами, котрі пропорційні витримуваним допускам на розміри. При широких економічно досяжних допусках, за якими, зазвичай, оброблюють сортовані надалі деталі, похибки їх форми і шорсткість бувають достатньо значними і неприпустимими для високоточного селективного складання. У зв'язку з цим при застосуванні методу групової взаємозамінності, незважаючи на порівняно широкі допуски складових розмірів, необхідно посилити допуски і похибки геометричної форми і знизити шорсткість поверхонь, що з'єднуються.

Метод групової взаємозамінності дозволяє значно підвищити точність складання без суттєвого підвищення вимог до точності механічної обробки деталей або розширити допуски на механічну обробку без зниження точності складання. У ряді випадків складання високоточних з'єднань метод групової взаємозамінності є практично єдиною можливістю.

Для здійснення нормального і ритмічного складання необхідно його безперервне забезпечення достатньою кількістю деталей, що складаються, у кожній групі. У зв'язку з цим організацію селективного складання реально можна здійснити тільки в умовах великосерійного або масового виробництва. При цьому дуже важливо, щоб усередині кожної групи деталей, що складаються, на складанні було забезпечено однакову кількість валів і отворів. Це може бути

досягнуто тільки за умови однакових законів розподілу розмірів комплектуючих деталей із симетричним розподілом відхилень або з однаковим напрямом асиметрії, в іншому випадку – накопичується велика кількість деталей різних груп, які не комплектуються одна з одною.

1.3.4 Методи підганяння і регулювання

При розрахунку розмірних ланцюгів із урахуванням методу підганяння необхідну точність замикаючої ланки досягають зміною компенсуючої ланки шляхом видалення із компенсатора певного шару матеріалу (точінням, шліфуванням, шабруванням або припилюванням).

При розрахунку розмірних ланцюгів із урахуванням методу регулювання необхідну точність замикаючої ланки досягають зміною розміру або положення компенсуючої ланки без видалення із компенсатора матеріалу.

При використанні методів підганяння або регулювання в конструкцію виробу вводять спеціальну деталь – компенсатор, розміри якого можна змінювати при складанні в необхідних межах шляхом видалення певної частини матеріалу відповідним механічним підганянням і положення з'єднаних поверхонь якого можна також регулювати при складанні за рахунок його конструкції (гвинтова пара, клин, набір прокладок, зазор в сполученні типу вал – отвір) або переміщення (пересувні втулки та ін.).

При застосуванні обох методів складання деталі виготовляють із розширеними, економічно досяжними виробничими допусками, однак при складанні витрачається додатковий час на підганяння або регулювання розмірів замикаючої ланки для забезпечення необхідної точності виробу. При цьому в процесі підганяння доводиться часто виконувати попереднє складання, перевірку правильності положення деталей, що з'єднуються, і визначати ступінь необхідного підганяння компенсуючої ланки, а потім вже здійснювати підгонку компенсатора, і тільки після цього виконувати остаточне складання. Все зазначене приводить до суттєвого підвищення трудомісткості складання і ускладнює його перехід на потокові методи. Операцію підганяння виконують робітники дуже високої кваліфікації. Застосування підганяння характерно для одиничного і дрібносерійного виробництва, а також його часто використовують у великому машинобудуванні.

При проведенні регулювання необхідність повторного складання відпадає і трудомісткість складання знижується. При цьому створюються більш сприятливі умови для організації поточкового складання, однак створення спе-

ціальних деталей – компенсаторів – дещо ускладнює конструкцію виробу. Метод регулювання характерний для дрібносерійного і серійного типів виробництва.

Метод регулювання дає можливість максимального розширення допусків складових ланок. Розширення допусків при застосуванні методу підганяння, за рахунок збільшення Δ_k , приводить до збільшення припуску на підганяння, відповідно підвищуючи його трудомісткість. На противагу цьому при методі регулювання збільшення Δ_k не викликає додаткових труднощів і не підвищує трудомісткості операції. Значною перевагою методу регулювання є можливість підтримки точності замикаючої ланки у процесі експлуатації виробу шляхом компенсації зносу окремих складових ланок розмірних ланцюгів.

1.3.5 Розмірний аналіз конструкції складальної одиниці і уточнення методів досягнення точності замикаючих ланок

Питання про метод досягнення точності тої чи іншої замикаючої ланки вирішує конструктор в процесі розроблення складальних креслень машини. Технолог зобов'язаний розкрити закладені в конструкції машини методи забезпечення необхідної точності, оцінити їх за заданою програмою випуску і прийнятою організаційною формою складання, перевірити правильність проставлення розмірів і допусків в робочих кресленнях. Для успішного виконання цієї роботи необхідно вивчити конструкторські розмірні ланцюги або виявити їх (якщо схеми розмірних ланцюгів машини не додано до креслень). Аналіз прийнятих конструктором методів забезпечення необхідної точності замикаючих ланок необхідно виконувати, керуючись такими міркуваннями.

Конструктори використовують в межах однієї і тієї самої конструкції різні методи досягнення точності. Найбільшого поширення набули методи повної взаємозамінності і підганяння. Метод регулювання і, особливо, метод неповної взаємозамінності використовують меншою мірою. Практика показує, що зазначені методи мають ряд переваг, які заслуговують на широке використання для економічного досягнення точності машин і підвищення їх експлуатаційних якостей.

При виявленні методів досягнення точності замикаючої (вихідної) ланки часто доводиться виконувати розмірний аналіз конструкції. При цьому слід мати на увазі: а) від чіткості формулювання завдання багато в чому залежить правильність виявленого розмірного ланцюга; б) поставлене завдання можна

вирішити тільки єдиним правильно побудованим розмірним ланцюгом, оскільки розмірні зв'язки в машині об'єктивні; в) кожний розмірний ланцюг має розв'язок тільки однієї задачі. У загальному вигляді послідовність розмірного аналізу наступна:

1. *Виявлення параметрів.* Нормальне функціонування конструкції забезпечує ряд параметрів. Кожен з них, виражений в розмірних одиницях, є вихідною ланкою. Зазвичай вихідними ланками є відстані або повороти поверхонь, або осей деталей, відносно положення яких потрібно забезпечити при складанні.

2. *Виявлення розмірних ланцюгів.* Кожна замикаюча (вихідна) ланка має свій розмірний ланцюг. Складовими ланками її можуть бути відстань (відносні повороти) між поверхнями (їх осями) деталей, що утворюють вихідну ланку, і основними базами цих деталей або відстаней (відносні повороти) між поверхнями допоміжних і основних баз деталей. Керуючись цим положенням, для виявлення розмірного ланцюга слід рухатися від поверхонь (осей) деталей, що утворюють вихідну ланку, до основних баз (осей) цих деталей, від них – до основних баз (осей) деталей, які базують перші деталі, враховуючи, що між ними та окремими ланками можливі розбіжності основних і допоміжних баз (осей), і т.д. аж до допоміжних баз базуючої деталі складальної одиниці і утворення замкнутого контуру. Таким чином, навколо кожного параметра (початкової ланки) виникає розмірний ланцюг.

3. *Виявлення характеру взаємозв'язків між ланцюгами і встановлення послідовності їх розрахунку.* Згідно ГОСТ 16319-89 розмірні ланцюги можуть бути паралельно пов'язаними (мають одну або більше спільних ланок), послідовно пов'язаними (мають одну загальну базу) і комбіновано пов'язаними (мають спільні ланки і бази). При визначенні послідовно пов'язаних розмірних ланцюгів порядок їх розрахунку не впливає на остаточний результат. Що стосується паралельно пов'язаних розмірних ланцюгів, то їх можна розподілити на три групи:

1) розмірні ланцюги із одною загальною ланкою, яка в одному ланцюгу є вихідною, а в іншому – складовою (рис. 1.9, а);

2) розмірні ланцюги із кількома загальними ланками, які є складовими як для одного, так і для іншого розмірного ланцюга (рис. 1.9, б);

3) розмірні ланцюги із кількома загальними ланками, одна з яких в одному ланцюгу є вихідною, а в іншому – складовою (рис. 1.9, в).

У першому випадку спочатку розраховують розмірний ланцюг, для якого загальна ланка є вихідною. Прийняте відхилення цієї ланки автоматично переносять в інший розмірний ланцюг. У другому випадку, в першу чергу, роз-

раховують більш точний розмірний ланцюг, тобто той, у якого середнє значення допуску замикаючої ланки, що приходить на одну ланку, має менше числове значення. Отримані при розв'язку першого ланцюга відхилення загальних складових ланок автоматично переходить у другий (менш точний) розмірний ланцюг.

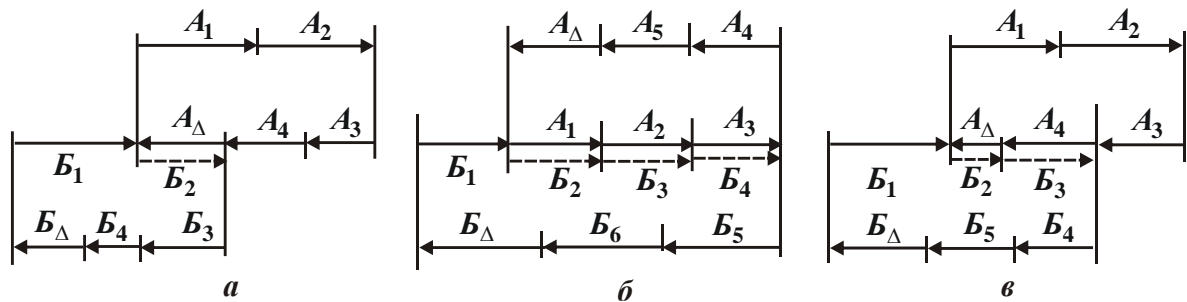


Рисунок 1.9 – Схема пов'язаних розмірних ланцюгів

Пов'язані розмірні ланцюги третьої групи розраховують у наступній послідовності. В першу чергу розраховують той ланцюг, у якого загальна ланка є замикаючою. При цьому при розрахунку другого ланцюга загальні ланки приймають із тими відхиленнями, які були отримані для них при розрахунку першого розмірного ланцюга. При встановленні послідовності розрахунку комбіновано пов'язаних розмірних ланцюгів в кожному конкретному випадку підходять творчо, керуючись тими самими міркуваннями, що і при розрахунку паралельно пов'язаних розмірних ланцюгів.

4. *Вибір методу досягнення точності вихідної ланки.* Згідно ГОСТ 16319-89 точність вихідної ланки можна забезпечити методами: повної взаємозамінності, неповної взаємозамінності, групової взаємозамінності, підганяння і регулювання. При виборі методу досягнення точності, насамперед, встановлюють застосовуваність методу повної взаємозамінності. Якщо призначений конструктором допуск на замикаючу ланку даного розмірного ланцюга дорівнює або більше суми допусків на всі її складові ланки, то застосування методу повної взаємозамінності можливо.

Для багатоланкового ланцюга і вузькому допуску на замикаючу ланку метод повної взаємозамінності непридатний, тому що допуски на складові ланки доводиться приймати дуже жорсткими, що не рентабельно. В цьому випадку можна спробувати здійснити складання методом неповної (часткової) взаємозамінності, передбачаючи певний відсоток браку при складанні через недотримання допуску на замикаючу ланку розмірного ланцюга. Розрахунки показують, що при порівняно малому ризику браку – 0,27 % та при кількості

ланок $m \geq 6$ допуски на складові ланки ланцюга часто можна розширити у 1,5 – 2,5 разів. В цьому випадку економія від значного зниження точності обробки може перевершувати витрати виробництва на розроблення і комплектування порівняно невеликої кількості некондиційних виробів.

При високій точності замикаючої ланки і малоланковому ланцюгу ($m = 3$) можна застосувати метод групової взаємозамінності. Всі дані за цим методом складання (допуски на виготовлення з'єднувальних деталей і кількість розмірних груп, на які розбивають деталі) повинні бути повно і чітко викладені в складальних кресленнях і технічних умовах. Якщо методи повної, часткової та групової взаємозамінності неприйнятні, можна використовувати метод підганяння або метод регулювання. Таке рішення завжди знаходить відображення у конструкції виробу. У першому випадку на кресленнях виробу необхідно вказати застереження, які поверхні підганяють і який припуск на них повинен бути залишений. У другому випадку в конструкції передбачають жорсткий або регульований компенсатор. При розмірному аналізі технолог може внести зміни до прийнятого конструктором методу досягнення точності замикаючої ланки. Звичайно, таку зміну узгоджують із конструктором.

5. Розрахунок розмірних ланцюгів. Відповідно до обраного методу досягнення точності розраховують розмірні ланцюги, використовуючи при цьому ту чи іншу методику розрахунку. Розмірний аналіз і остаточне встановлення методів досягнення точності замикаючих ланок зумовлюють вид складання: а) за принципом індивідуального підганяння (одиничне і дрібносерійне виробництва); б) за принципом повної взаємозамінності (багатосерійне і масове виробництва); в) за принципом неповної взаємозамінності індивідуальним (одиничне і дрібносерійне виробництва) або груповим (великосерійне і масове виробництва) підбором.

Послідовність розрахунку розмірних ланцюгів наступна.

При розробленні технологічного процесу складання виявляють розмірні зв'язки деталей і складальних одиниць у виробі, а також аналізують прийняті конструктором рішення в частині методів досягнення точності замикаючих ланок і можливості їх раціонального застосування у відповідних виробничих умовах. Перш за все аналізують технічні вимоги, що пред'являють до складальної одиниці. Визначають, якими можуть бути точність відстані між поверхнями, лініями або точками, паралельність або перпендикулярність осей і площин, а також поєднання цих вимог. Виявлені за кресленням складальної одиниці технічні вимоги є замикаючими ланками розмірних ланцюгів. Далі виявляють параметри точності деталей (лінійні розміри, відхилення від співві-

ності, перпендикулярності та ін.), які безпосередньо впливають на точність замикаючих ланок. Вони є складовими ланками і послідовно прибудовуються до замикаючої, утворюючи в кінцевому підсумку замкнутий контур. Таким чином виявляють і створюють розмірні ланцюги.

Точність замикаючої ланки при складанні, як було зазначено раніше, можна досягти одним із таких методів: повної, неповної і групової взаємозамінності, підганянням і регулюванням. Найбільш простим і надійним є метод повної взаємозамінності, оскільки складання в цьому випадку зводиться до простого з'єднання деталей. При цьому сума допусків складових ланок, заданих за робочими кресленнями, не повинна перевищувати допуск замикаючої ланки, тобто має задовольнятися основне рівняння методу розрахунку розмірних ланцюгів на максимум – мінімум. Якщо зазначена умова не виконується, повна взаємозамінність за заданими допусками неможлива.

Тоді слід проаналізувати кожен складову ланку розмірного ланцюга, розглянувши при цьому, якій деталі складальної одиниці вона належить і на яких технологічних операціях при обробці деталі забезпечується задана точність ланки. Якщо використані методи обробки мають резерв точності або є можливість витримати більш високу точність без суттєвого ускладнення і подорожчання технологічного процесу, потрібно встановити більш жорсткі технологічні допуски на складові ланки і спочатку розрахувати розмірний ланцюг із метою забезпечення повної взаємозамінності при складанні. Розрахунок виконується аналогічно розрахунку технологічних розмірних ланцюгів за методом максимуму – мінімуму.

У багатоланкових розмірних ланцюгах за високих вимог до точності замикаючої ланки метод повної взаємозамінності може виявитися нерентабельним внаслідок занадто жорстких допусків на складові ланки і труднощами, а іноді й неможливістю їх забезпечення при обробці. У цьому випадку може бути застосований метод неповної взаємозамінності. При перевірці можливості здійснення складання цим методом передбачається деякий економічно допустимий відсоток ризику отримання браку.

Складання за методом групової взаємозамінності застосовується, як правило, при наявності у складальній одиниці розмірного ланцюга типу "отвір–вал–зазор", якщо повна взаємозамінність неможлива із технічних і економічних причин. За цим методом складаються підшипники кочення, плунжерні пари та ін. Замикаючою ланкою в таких випадках є зазор, регламентований на основі експлуатаційних вимог. При використанні методу спочатку розраховують середню величину допуску складових ланок розмірного ланцюга за ме-

тодом максимуму – мінімуму. Далі, виходячи із можливого економічно доцільного досягнення точності, встановлюють середню величину виробничого допуску шляхом збільшення розрахункового допуску в n разів. Орієнтуючись на це значення і в разі необхідності змінюючи його в ту чи іншу сторону, встановлюють виробничі допуски складових ланок, які складаються із n , зазвичай, рівних за величиною групових полів. При складанні з'єднань деталі сортують за розмірами складових ланок на таку ж кількість груп, деталі однойменних груп поєднують. Таким чином, в межах кожної групи повинна здійснюватися повна взаємозамінність.

При аналізі заданого конструктором методу досягнення точності замикаючої ланки слід перевірити можливість і економічну доцільність обробки деталей із прийнятими розширеними допусками у відповідних виробничих умовах, а також чи здійснюється умова повної взаємозамінності в межах кожної групи. Цю умову перевіряють шляхом розв'язання оберненої задачі для розмірного ланцюга кожної групи деталей за методом максимуму – мінімуму.

При досягненні точності замикаючої ланки методом підганяння на кресленні складальної одиниці або виробу вказують, по яких поверхнях проводиться підганяння. На всі складові ланки розмірного ланцюга встановлюють економічно досяжні в даних виробничих умовах допуски. При виконанні технологічного аналізу цю умову необхідно перевірити. Далі за методом максимуму – мінімуму розраховують можливий допуск замикаючої ланки при економічно досяжних допусках складових ланок. Найбільш можливу компенсацію і величину поправки до значення координати середини поля допуску компенсуючої ланки визначають розрахунком. Після цього розраховують граничні відхилення компенсуючої ланки.

При досягненні точності замикаючої ланки методом регулювання в конструкції складальної одиниці або виробу необхідно використовувати нерухомий або рухомий компенсатор (рис. 1.10). В обох випадках встановлюють допуски складових ланок розмірного ланцюга, які економічно досяжні в даних виробничих умовах. Потім аналогічно за методом максимуму – мінімуму розраховують можливий допуск замикаючої ланки і максимальну за цих умов компенсацію. На підставі отриманих даних визначають число ступенів нерухомого компенсатора.

При розрахунку граничних відхилень ступенів компенсатора рекомендується сумістити одну із меж розширеного поля допуску замикаючої ланки із відповідною межею заданого допуску цієї самої ланки. У координату середини поля допуску однієї зі складових ланок (наприклад, компенсуючої) необхідно

внести поправку Δ_k . Координата середини поля допуску компенсуючої ланки не повинна приймати участь у цьому розрахунку, тобто її умовно приймають рівною нулю. Якщо корегуючою є збільшувальна ланка, поправку до координати середини її допуску вносять зі своїм знаком, якщо зменшувальна ланка – із протилежним знаком. Після цього визначають координати середин полів допусків і граничні відхилення ступенів компенсатора.

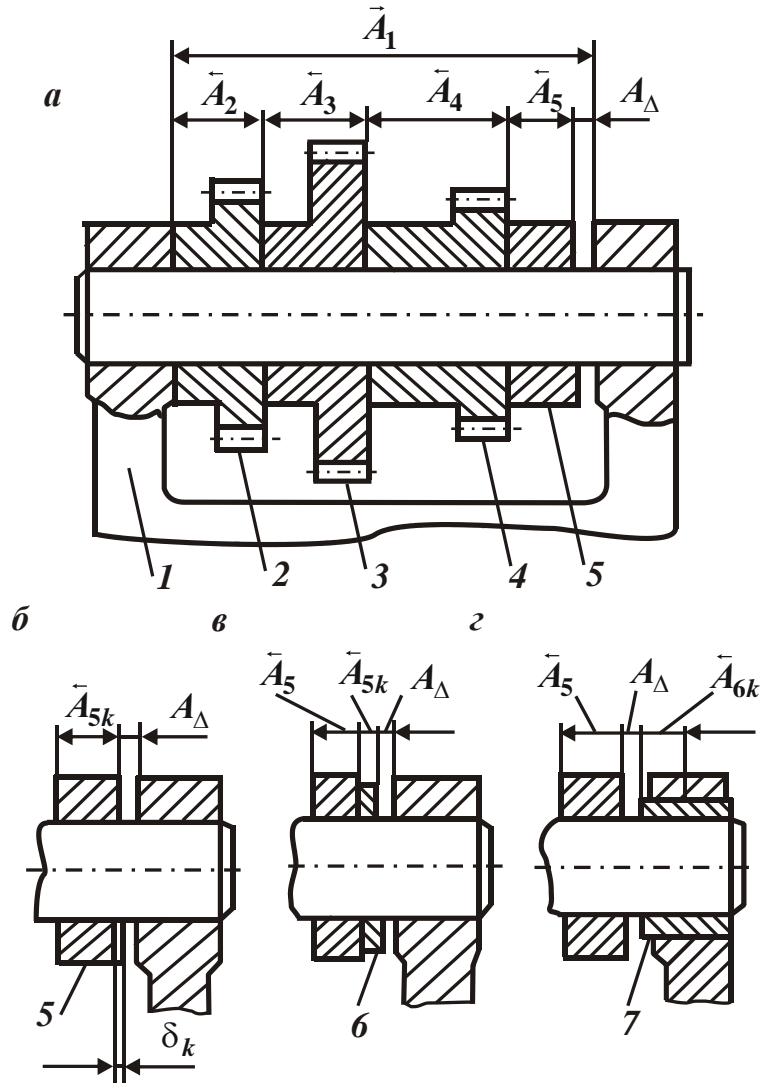


Рисунок 1.10 – Аналіз розмірних ланцюгів при складанні

Розрахунки, що виконують за різними методами досягнення точності замикаючої ланки при складанні, пояснимо на прикладах.

Приклад 1.5. На основі розмірного аналізу установити метод складання механізму (рис. 1.10), якщо величина осьового зазору, що обумовлена службовим призначенням, повинна бути в межах $0 \dots 0,2$ мм.

Відповідно до загальної методики розрахунку слід побудувати схему розмірного ланцюга. Замикаючою є ланка $A_\Delta = 0^{+0,2}$ із допуском $\delta = 0,2$ мм і

координатою $\Delta_{0_A} = +0,1$ мм. Позначимо стрілками, спрямованими вправо, збільшувальні ланки і стрілками, спрямованими вліво – зменшувальні ланки. Номінальні значення і допуски складових ланок знаходимо із робочих креслень деталей складальної одиниці:

$$A_1 = 430^{+0,16} \text{ мм}; \quad A_2 = 80_{-0,06} \text{ мм}; \quad A_3 = 100_{-0,08} \text{ мм};$$

$$A_4 = 190_{-0,1} \text{ мм}; \quad A_5 = 60^{+0,13}_{+0,07} \text{ мм}.$$

Запишемо допуски і координати середини полів допусків складових ланок:

$$\begin{array}{ll} \delta_1 = 0,16 \text{ мм}, & \Delta_{0_1} = +0,08 \text{ мм}; \\ \delta_2 = 0,06 \text{ мм}, & \Delta_{0_2} = -0,03 \text{ мм}; \\ \delta_3 = 0,08 \text{ мм}, & \Delta_{0_3} = -0,04 \text{ мм}; \\ \delta_4 = 0,1 \text{ мм}, & \Delta_{0_4} = -0,05 \text{ мм}; \\ \delta_5 = 0,06 \text{ мм}, & \Delta_{0_5} = +0,1 \text{ мм}. \end{array}$$

Рівняння розмірного ланцюга в даному випадку набуде вигляду:

$$A_A = A_1 - A_2 - A_3 - A_4 - A_5.$$

Перевіряємо можливість забезпечення точності замикаючої ланки методом повної взаємозамінності:

$$\delta_A = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| \delta_i = 0,16 + 0,06 + 0,08 + 0,1 + 0,06 = 0,46 \text{ мм}.$$

Оскільки $0,46 > 0,2$, то повна взаємозамінність при заданих допусках складових ланок не забезпечується. Щоб застосувати метод повної взаємозамінності, потрібно зменшити суму допусків складових ланок більш ніж в 2 рази. Це потребує виконання додаткових операцій обробки деталей.

Наприклад, якщо торці деталей 2 – 5 (рис. 1.10, а) остаточно обробляти методом шліфування, витримуючи допуски 7-го квалітета ($\delta_2 = \delta_2 = 0,02$ мм, $\delta_3 = 0,027$ мм, $\delta_4 = 0,03$ мм) і залишаючи попередній допуск на розмір A_1 , допуск замикаючої ланки складе $\delta_A = 0,16 + 0,02 + 0,027 + 0,03 + 0,02 = 0,257$ мм, що також не забезпечує повної взаємозамінності й призводить до подорожчення механічної обробки.

Перевіримо можливість забезпечення точності замикаючої ланки за методом неповної взаємозамінності. Приймаємо ризик отримання браку $P = 1\%$, тоді коефіцієнт $t = 2,57$. Вважаємо, що деталі обробляють на налаштованих верстатах і розподіл розмірів підпорядковується закону Гауса, приймаємо $\bar{\lambda}_i = 1/9$. Тоді допуск замикаючої ланки:

$$\delta_{\Delta} = t \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \bar{\lambda}_i \delta_i^2} = 2,57 \sqrt{\frac{1}{9} (0,16^2 + 0,06^2 + 0,08^2 + 0,1^2 + 0,06^2)} = 0,19 \text{ мм},$$

що менше заданого за кресленням.

Перевіряємо розташування допуску замикаючої ланки відносно номіналу:

$$A_{0\Delta} = 0,08 + 0,03 + 0,04 + 0,05 - 0,1 = +0,1 \text{ мм}.$$

Таким чином, при ризику отримання браку в обсязі 1 % складання може бути здійснено методом неповної взаємозамінності. Якщо механізм виготовляється в дрібносерійному або одиничному виробництві, складання може бути здійснено методом підганяння. Компенсуючою обирають ланку $A_{5к}$ (рис. 1.10,б). Досягають необхідної точності замикаючої ланки в цьому випадку за рахунок підганяння деталі 5 за місцем, наприклад, шляхом шліфування її по торцю. Найбільша величина компенсації в цьому випадку дорівнює:

$$\delta_k = \bar{\delta}_{\Delta} - \delta_{\Delta} = 0,46 - 0,2 = 0,26 \text{ мм}.$$

Поправка до значення координати середини поля допуску компенсуючої ланки визначається за залежністю:

$$A_k = \frac{\delta_k}{2} + \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i A_{0i} - A_{0\Delta} = \frac{0,26}{2} + (0,08 + 0,03 + 0,04 + 0,05 - 0,1) - 0,1 = 0,13 \text{ мм}.$$

Тоді координата середини поля допуску компенсуючої ланки із урахуванням поправки прийме значення:

$$\bar{A}_{05} = A_{05} + A_k = 0,1 + 0,13 = 0,23 \text{ мм}.$$

Граничні відхилення компенсуючої ланки дорівнюють:

$$\bar{A}_{B5} = \bar{A}_{05} + \frac{\delta_5}{2} = 0,23 + \frac{0,06}{2} = 0,26 \text{ мм};$$

$$\bar{A}_{H5} = \bar{A}_{05} - \frac{\delta_5}{2} = 0,23 - \frac{0,06}{2} = 0,20 \text{ мм}.$$

Остаточоно отримано: $A_5 = 60_{+0,2}^{+0,26}$ мм.

Приклад 1.6. Досягнення точності осевого розташування деталей 2 – 5 (див. рис. 1.10, а) в складальній одиниці передбачається методом регулювання зазору A_{Δ} в межах 0 – 0,2 мм за наступних значень складових ланок:

$$A_1 = 430_{+0,25}^{+0,25} \text{ мм}, \quad A_2 = 80_{-0,12} \text{ мм}, \quad A_3 = 100_{-0,16} \text{ мм},$$

$$A_4 = 190_{-0,18} \text{ мм}, \quad A_5 = 58_{-0,12} \text{ мм}.$$

У конструкції передбачено використання нерухомого конденсатора б із розміром $A_{6к}=2$ мм і допуском $\delta_{6к}=0,05$ мм (см. рис. 1.10, а, в). Потрібно визначити число ступенів компенсатора і граничні відхилення розміру кожної ступені. Запишемо допуски і координати середини полів допусків ланок різного ланцюга:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= 0,25 \text{ мм}, & \Delta_{0_1} &= +0,125 \text{ мм}; \\ \delta_2 &= 0,12 \text{ мм}, & \Delta_{0_2} &= -0,06 \text{ мм}; \\ \delta_3 &= 0,16 \text{ мм}, & \Delta_{0_3} &= -0,08 \text{ мм}; \\ \delta_4 &= 0,18 \text{ мм}, & \Delta_{0_4} &= -0,09 \text{ мм}; \\ \delta_5 &= 0,12 \text{ мм}, & \Delta_{0_5} &= -0,06 \text{ мм}; \\ \delta_{6к} &= 0,05 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Схему розмірного ланцюга будемо аналогічно попереднім побудовам. Рівняння розмірного ланцюга в даному випадку набуде вигляду:

$$A_{\Delta} = A_1 - A_2 - A_3 - A_4 - A_5 - A_{6к}.$$

При заданих допусках складових ланок допуск замикаючої ланки за методом максимуму – мінімуму приймає значення:

$$\vec{\delta}_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| \vec{\delta}_i = 0,25 + 0,12 + 0,16 + 0,18 + 0,12 + 0,05 = 0,88 \text{ мм}.$$

Найбільша величина можливої компенсації:

$$\delta_{\kappa} = \vec{\delta}_{\Delta} - \delta_{\Delta} = 0,88 - 0,2 = 0,68 \text{ мм}.$$

Визначаємо число ступенів компенсатора. Результат заокруглюємо в більшу сторону до цілого числа:

$$\vec{N} = \frac{\delta_{\kappa}}{\delta_{\Delta} - \delta_{\text{комп}}} + 1 = \frac{0,68}{0,2 - 0,05} + 1 = 5,53 \approx 6.$$

За умовою прикладу координата середини заданого поля допуску замикаючої ланки дорівнює $\Delta_{0_{\Delta}} = +0,1$ мм. Визначаємо координату середини розширеного поля допуску замикаючої ланки, умовно приймаючи $\Delta_{0_{\kappa}} = 0$:

$$\vec{\Delta}_{0_{\Delta}} = \sum_{i=1}^{m-1} \xi_i \Delta_{0_i} = 0,125 + 0,06 + 0,08 + 0,09 + 0,06 + 0 = +0,415 \text{ мм}.$$

Поправка до координати середини поля допуску компенсуючої ланки:

$$\vec{\Delta}_{\kappa} = \frac{\delta_{\kappa}}{2} - \vec{\Delta}_{0_{\Delta}} + \Delta_{0_{\Delta}} = \frac{0,68}{2} - 0,415 + 0,1 = 0,025 \text{ мм}.$$

Оскільки компенсуюча ланка є зменшувальною, поправку враховуємо зі зворотним знаком. Тому координата середини поля допуску першої ступені компенсуючої ланки визначається:

$$\vec{\Delta}_{0_k}^I = 0 - 0,025 = -0,025 \text{ мм.}$$

Координати середин полів допусків кожної наступної ступені будуть відрізнятися від координат середини полів допусків попередніх ступенів на величину ступеня компенсації. Тоді

$$\vec{\Delta}_{0_k}^{II} = \vec{\Delta}_{0_k}^I + C = -0,025 + 0,15 = +0,125 \text{ мм;}$$

$$\vec{\Delta}_{0_k}^{III} = \vec{\Delta}_{0_k}^I + 2C = -0,025 + 2 \cdot 0,15 = +0,275 \text{ мм.}$$

Аналогічно отримано:

$$\vec{\Delta}_{0_k}^{IV} = 0,425 \text{ мм; } \vec{\Delta}_{0_k}^V = 0,575 \text{ мм; } \vec{\Delta}_{0_k}^{VI} = 0,725 \text{ мм.}$$

Остаточного отримано граничні відхилення ступенів компенсатора:

$$I \text{ ступень} - 2_{-0,05}; II - 2_{+0,1}^{+0,15}; III - 2_{+0,25}^{+0,30}; IV - 2_{+0,40}^{+0,45}; V - 2_{+0,55}^{+0,60}; VI - 2_{+0,7}^{+0,75}.$$

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ

2.1 Структура і зміст технологічного процесу складання

Технологічна підготовка складального виробництва складається із розроблення технологічних процесів, проектування і виготовлення спеціального оснащення, нестандартного обладнання, виконання необхідних розрахунків, планувань та інших робіт. Основною і найбільш важливою частиною технологічної підготовки складального виробництва є проектування технологічного процесу складання.

Технологічний процес складання є частиною виробничого процесу, безпосередньо пов'язаним із послідовним з'єднанням, взаємним орієнтуванням і фіксацією деталей і вузлів, для отримання готового виробу, який задовольняє встановленим вимогам.

До складу технологічного процесу складання в якості технологічних операцій або переходів включають різноманітні складальні роботи, наприклад: з'єднання деталей, що з'єднуються, за допомогою приведення в зіткнення їх

складальних баз; перевірку точності взаємного розташування деталей, що складають, та вузлів і внесення, за необхідності, відповідних виправлень шляхом регулювання, припасування або підбору; фіксацію положення деталей та вузлів, що забезпечує правильність виконання ними цільового призначення при роботі машини.

До технологічного процесу складання відносять також операції, пов'язані з перевіркою правильності дій окремих механізмів та вузлів і машин в цілому (точність, плавність рухів, безшумність, надійність функціонування мастильної системи та ін.). Сюди також відносять всі необхідні за змістом роботи операції з очищення, промивання, фарбування і оздоблення виробу або його складових складальних з'єднань і деталей. У табл. 2.1 наведено дані про співвідношення трудомісткості різних видів складальних робіт.

Таблиця 2.1 – Види робіт, що входять в процес складання

Вид робіт	Коротка характеристика	Питома вага в загальній трудомісткості складання, %	
		в дрібно-серійному виробництві	в масовому виробництві
1	2	3	4
Підготовчі	Роботи щодо приведення деталей, а також покупних виробів в стан, необхідний за умовами складання: деконсервування, мийка, сортування на розмірні групи, укладання в тару та ін.	5 – 7	8 – 10
Підганяльні	Роботи, пов'язані із забезпеченням складання з'єднань і технічних вимог до них: обпилювання і зачистка, притирання, полірування, шабрування, свердління, розвертання, правка	20 – 25	–
Власне складальні	Роботи зі з'єднання двох або більшого числа деталей із метою отримання складальних одиниць і виробів основного виробництва: згвинчуванням, запресовуванням, клепаанням та ін.	44 – 47	70 – 75
Регулювальні	Роботи, що здійснюються в процесі складання або після його закінчення із метою досягнення необхідної точності у взаємному розташуванні деталей в складальних одиницях і výroбах	7 – 9	6 – 7

Продовження табл. 2.1

Контрольні	Роботи, що здійснюються в процесі складання і після його закінчення із метою перевірки відповідності складальних одиниць і виробів параметрам, встановленим кресленням і технічними умовами на складання	10 – 12	8 – 10
Демонтажні	Роботи із часткового розбирання виробу, який збирається із метою підготовки його до пакування і транспортування до споживача	6 – 8	3 – 4

Технологічна операція складання є закінченою частиною цього процесу, що виконується безперервно над одною складальною одиницею або над сукупністю одиниць (вузлів, деталей), що одночасно складаються, одним або групою (бригадою) робочих на одному робочому місці. Складальна операція – це технологічна операція установки і утворення з'єднань складових частин заготовки або виробу.

Так само, як і при механічній обробці, складальна операція є важливою одиницею виробничого планування, однак слід мати на увазі, що при деяких організаційних формах складання (зокрема, при стаціонарному однобригадному складанні) складальний процес може в явній формі на операції і не розчленовуватися.

Перехід складального процесу – це закінчена частина операцій складання, яка виконуються над певною ділянкою складального з'єднання (вузла) незмінним методом виконання роботи і при використанні одних і тих же інструментів і пристосувань.

Прийомом (елементом) складального процесу називається окрема закінчена дія робочого в процесі складання або підготовки до складання виробу або вузла.

Приклад побудови складальної операції з окремих переходів. Операція: встановити задню бабку токарного верстата. Переходи:

- 1) встановити бабку на станину і закріпити;
- 2) перевірити правильність положення бабки в двох взаємно перпендикулярних площинах (по каліброваній контрольній оправці, закріпленої в центрах за допомогою двох індикаторів, які закріплені в супорті);
- 3) підігнати бабку по висоті (пришабруванням містка);
- 4) відрегулювати положення бабки в горизонтальній площині шляхом її переміщення в поперечному напрямку (рухливий компенсатор).

Зміст операцій і переходів технологічного процесу складання визначається конструкцією виробу, досконалістю технології механічної обробки деталей, організаційно-технічними умовами складального виробництва і розмірами програмного завдання. Однією з важливих задач розробки технологічного процесу складання є вибір ступеня його диференціації.

Концентрований процес складання характерний для дослідного, одиничного і частково дрібносерійного виробництва. В цьому випадку всі операції вузлового і загального складання виконуються на небагатьох або навіть на одному робочому місці (кількома складальниками або одним). Якщо виріб включає типові складальні елементи, то вузлове складання диференціюється, а загальне складання виконується концентровано.

Недоліками концентрованого складання є тривалість календарного циклу внаслідок послідовного виконання операцій; неможливість відокремлення окремих робіт, які не потребують залучення до їх виконання висококваліфікованих складальників-універсалів, і труднощі механізації, і тим більше автоматизації нерозчленованих операцій.

Диференціація технологічних процесів складання характерна для сталого дрібносерійного, а також для серійного і масового виробництва. Диференціація процесу складання дає можливість розчленувати його на операції, тривалість виконання яких дорівнює або кратна встановленому такту складання, забезпечує в ряді випадків однорідні за кваліфікацією і за розрядом роботи в межах операції і створює передумови для механізації і автоматизації ручних процесів і організації потокового і автоматичного складання.

Диференціація процесу складання в певних межах, зазвичай, буває доцільною. Тільки завдяки розчленуванню процесу на операції і раціональному розподілу їх за робочими місцями можна скоротити трудомісткість складання на 15 – 20 %. Ступінь диференціації залежить не тільки від обсягу виробництва, а й від конструкції виробу, його габаритних розмірів, кількості деталей. При складанні в одному цеху досить великої номенклатури виробів у порівняно невеликих кількостях, при вдалому комбінуванні операцій вузлового і загального складання можлива організація багатопредметних і безперервно-потокових ліній.

Проте слід зазначити, що зайва ступінь диференціації процесу складання приведе до зниження продуктивності процесу унаслідок невиправданих втрат часу на установку і зняття зібраного елемента (зросте частка допоміжного часу у загальній трудомісткості складання), а також внаслідок підвищеної стомлюваності робітників при виконанні дрібних одноманітних операцій. За високого рівня механізації на окремих ділянках часто може бути вигідна також і кон-

центрація операцій, оскільки в певних умовах при цьому можливе скорочення циклу складання, зменшення протяжності складальних ліній, зниження потреби у виробничих площах і поліпшення інших техніко-економічних показників складального процесу. У зв'язку із цим в кожному випадку при проектуванні технологічного процесу необхідно знайти найвигіднішу ступінь диференціації складання.

Технологічний процес складання, зазвичай, розробляють у послідовності, етапи якої наведені нижче.

1. В залежності від програмного завдання встановлюють доцільну організаційну форму складання, визначають її такт і ритм.

2. Проводиться технологічний аналіз складальних креслень і робочих креслень деталей із позицій відпрацювання технологічності конструкції.

3. Проводиться розмірний аналіз конструкцій виробів, із виконанням відповідних розмірних розрахунків, встановлюють раціональні методи забезпечення необхідної точності складання. Визначають можливу кількість деталей і вузлів, непридатних для взаємозамінного складання (при складанні за методом неповної взаємозамінності), розміри регулювання і припасування.

4. Визначається доцільна за заданих умов виробництва ступінь диференціації проектованого процесу складання.

5. Встановлюють послідовність з'єднання всіх складальних одиниць і деталей виробу та складаються схеми загального складання і вузлів виробу.

6. Визначають найбільш продуктивні, економічні і технічно доцільні способи з'єднання, перевірки положень і фіксації всіх складових виробів складальних одиниць і деталей. Складають зміст технологічних операцій складання і задають методи контролю та остаточних випробувань виробів.

7. Розробляють необхідне для виконання технологічного процесу технологічне оснащення (пристосування, ріжучий, монтажний, контрольно-вимірювальний інструмент та обладнання).

8. Виконують технічне нормування складальних робіт і розраховують економічні показники процесу складання.

9. Оформлюють відповідну технічну документацію на процес складання.

2.2 Аналіз вихідних даних для проектування та автоматизації виробництва

Вихідними даними для розробки технологічного процесу складання є:

1) програма випуску виробів і умови здійснення технологічного процесу;

- 2) складальні креслення виробів, вузлів; каталоги і специфікації деталей, що входять у виріб;
- 3) технічні умови на складання та випробування виробу;
- 4) робочі креслення деталей, що входять у виріб;
- 5) об'єм кооперування;
- 6) каталоги і довідники зі складального обладнання та технологічної оснастки;
- 7) зразок виробу, що складається (в серійному і масовому виробництвах);
- 8) дані складального виробництва, де передбачається виготовляти вироби (для діючого підприємства).

Вивчення службового призначення машини, аналіз технічних умов та технологічний контроль робочих креслень

Технічно грамотна побудова технологічного процесу складання машини неможлива без ретельного вивчення її службового призначення і технічних вимог, що пред'являються до її виготовлення. Однією із обов'язкових характеристик службового призначення є галузь раціонального використання машини. Службове призначення, зазвичай, визначається рядом параметрів, деталізація яких залежить від ступеня спеціалізації виготовлюваної машини. Для універсальних машин обмежуються набором найзагальніших параметрів, які складають її службове призначення. Для спеціальних машин ці параметри конкретизуються більш глибоко і всебічно. Так, наприклад, характер стружки, утвореної при обробці деталей на універсальних верстатах, не є чинником, що визначає їх конструктивне виконання. Для спеціального токарного верстата, вбудованого в автоматичну лінію, характер стружки може виявитися визначальним і викликати створення конструкції верстата із нахилом або навіть вертикальним розташуванням напрямних станини (зручність видалення стружки).

Першим стикається зі службовим призначенням машини конструктор, а потім технолог. Це дозволяє останньому глибше оцінити технологічність окремих складальних одиниць, більш кваліфіковано провести розмірний аналіз, виявити обґрунтованість технічних вимог, що зазначені конструктором до машини, і знайти оптимальні рішення форм і методів організації складального процесу. Все сказане стосується не тільки до складання машини, але і до будь-якої складальної одиниці.

Знайомлячись із технічними умовами на машину або складальну одиницю, технолог повинен бути впевнений, що вони розроблені правильно і обумовлені службовим призначенням машини. Одним із важливих показників яко-

сті машини є точність. Розробка технічних умов і норм точності на машини, що створюються, є справою досить складною. Наука про встановлення норм точності машин, особливо норм точності на взаємне розташування в просторі різних поверхонь, осей, точок тільки розвивається. Призначені конструктором норми точності машин не завжди науково обґрунтовані, вимагають проведення експериментів на дослідних зразках і навіть на експериментальних примірниках машин. Тому роль технолога при доопрацюванні технічних умов на стадії освоєння нових машин виключно велика. Занижені норми точності викликають невідповідність службовому призначенню машини або знижують терміни її служби. Завищені норми точності призводять до подорожчання машини.

Завдання оптимізації параметрів точності у багатьох випадках вирішується розрахунком розмірних ланцюгів. Проте не всі завдання даного класу можна вирішити відомими методами. Часто аналізу технічних умов велику допомогу надають вивчення досвіду експлуатації машин аналогічного типу, теоретичні та експериментальні дослідження з фізичної сутності явищ, судження технолога, підкріплені досвідом роботи. Тому проектування технологічних процесів складання потрібно доручати найбільш досвідченим і теоретично підготовленим технологам.

Паралельно із аналізом технічних умов виконують технологічний контроль робочих креслень. На кресленнях складальних і загальних видів необхідно вказати допуски на лінійні та кутові розміри, а також особливі вимоги до складання машин. На кресленнях повинні бути всі проекції і розрізи, необхідні для повного розуміння і чіткого уявлення конструкцій складальних одиниць, що збираються, і машини в цілому.

Технічні умови повинні містити дані про точність складання, необхідну якість з'єднань, їх герметичність, щільність та жорсткість стиків, необхідну точність балансування обертових вузлів та інші відомості залежно від призначення виробу. У технічних умовах допускаються окремі вказівки технологічного характеру щодо методів виконання з'єднань, бажаної послідовності складання, методів проміжного і остаточного контролю виробів.

Помічені технологом у складальних кресленнях і технічних умовах недоліки, неясності та помилки виправляє конструктор. Одночасно із аналізом конструкції виробу складаються можливі припущення щодо його конструктивних змін, що спрощує складання. Ці зміни не повинні порушувати конструкцію виробу в цілому і впливати на його службове призначення. Технологічний контроль креслень і технічних умов виконують по кожній складальній одиниці.

Технологія та автоматизація виробництва проводиться із урахуванням основних правил, викладених в ГОСТ 14.307-89, і включає комплекс взаємопов'язаних робіт, що здійснюються в наведеному нижче порядку.

1. Визначення серійності й організаційної форми складання.

Вивчаючи службове призначення машини, її складальні і робочі креслення, а також програму випуску, вибирають тип і організаційну форму технологічного процесу складання (табл. 2.2). При цьому вирішальним фактором є кількість виробів, що виготовляють по незмінним кресленнями. До вибору типу та організаційної форми технологічного процесу складання слід підходити із точки зору економічної ефективності, яка, зазвичай, виражається трудомісткістю процесу. Орієнтовно трудомісткість складання машини можна визначити методом порівняння із трудомісткістю складання аналогічних машин.

При масовому випуску виробів з'ясовують економічність використання поточного виду складання. Якщо у конструкції виробу відсутня достатня твердість базової деталі й вона відрізняється порівняно невеликою масою, доцільно вибрати потокове складання із безперервним переміщенням виробів, що складаються; в іншому випадку слід зупинитися на рухомому складанні з переривчастим переміщенням виробу.

Потокові форми організації складального процесу характеризуються тактом випуску, який можна визначити за формулою:

$$t_D = \frac{(t_{зм} - t_{обсл} - t_{перер})}{N_{зм}}, \quad (2.1)$$

де t_D – дійсний такт випуску, хв;

$t_{зм}$ – тривалість робочої зміни, хв;

$t_{обсл}$ – втрати часу на обслуговування робочих місць, хв;

$t_{перер}$ – втрати часу на регламентовані перерви, хв;

$N_{зм}$ – заданий випуск за зміну, шт.

Для складання виробів великої маси при відносно невеликій програмі випуску застосовують нерухоме потокове складання, за якого бригада робітників періодично переміщується із одного робочого місця до іншого. При невеликому випуску виробів, коли використання поточних методів складання економічно недоцільно, слід застосовувати стаціонарне складання.

Після встановлення форми організації виробництва і вибору методу досягнення точності замикаючої ланки (розмірний аналіз) переходять до розроблення маршруту складання.

Таблиця 2.2 – Визначення серійності й організаційної форми складання

Одиничне		Дрібносерійне		Серійне		Великосерійне		Масове	
1. Об'єм випуску виробів	Середньомісячний випуск виробів, шт.	1. Об'єм випуску виробів	Середньомісячний випуск виробів, шт.	1. Об'єм випуску виробів	Середньомісячний випуск виробів, шт.	1. Об'єм випуску виробів	Середньомісячний випуск виробів, шт.	1. Об'єм випуску виробів	Середньомісячний випуск виробів, шт.
>2500	≤1	>2500	2-4	>2500	≥5	>2500	-	>2500	-
250...2500	≤3	250...2500	3-8	250...2500	9...60	250...2500	>60	250...2500	-
25...250	≤5	25...250	8-30	25...250	31...350	25...250	351...1500	25...250	>1500
2,5...25	≤8	2,5...25	9-50	2,5...25	51...600	2,5...25	601...3000	2,5...25	>3000
0,25...2,5	-	0,25...2,5	≤80	0,25...2,5	81...800	0,25...2,5	801...4500	0,25...2,5	>4500
<0,25	-	<0,25	-	<0,25	-	<0,25	1000...6000	<0,25	>6000
2. Номенклатура		2. Номенклатура		2. Номенклатура		2. Номенклатура		2. Номенклатура	
Різна		Вироби які виготовлюють невеликими партіями або серіями, які не повторюються систематично		Вироби які виготовлюють партіями або серіями, які повторюються через певні проміжки часу		Вироби які випускаються великими партіями або серіями, які систематично повторюються		Постійна	
3. Організаційна форма		3. Організаційна форма		3. Організаційна форма		3. Організаційна форма		3. Організаційна форма	
Стационарне целогодське складання без розчленування процесу		Стационарне непотокове складання без розчленування робіт або з розчленуванням		Стационарне і поточкове складання з розчленуванням та регламентованим тактом їх виконання за великого оперативного часу		Рухоме поточкове складання з розчленуванням процесу на операції та переміщенням об'єкту що складається від однієї позиції до іншої за допомогою механічних транспортюючих засобів з жорстко регламентованим тактом		Рухоме поточкове складання з розчленуванням процесу на операції та переміщенням об'єкту що складається від однієї позиції до іншої за допомогою механічних транспортюючих засобів з жорстко регламентованим тактом	

2. Технологічний аналіз складальних креслень. Складальні креслення повинні містити всі відомості, необхідні для складання, зокрема:

– всі необхідні проекції і розрізи; номери і специфікації всіх деталей і вузлів;

– розміри, що витримуються при складанні (інші розміри в складальних кресленнях не вказують);

– зазори в з'єднаннях, які повинно забезпечити при складанні;

– масу виробу;

– технічні умови складання окремих вузлів і всього виробу в цілому.

На даному етапі аналізуються конструкції складальних одиниць із точки зору їх технологічності. Під технологічністю конструкції виробу розуміють сукупність властивостей конструкції виробу, які проявляються у можливості оптимальних витрат праці, коштів, матеріалів і часу на технічну підготовку виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті у порівнянні з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того самого призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості та прийнятих умовах виготовлення, експлуатації та ремонту.

До умов виготовлення або ремонту виробу відносяться: тип, спеціалізація і організація виробництва, річна програма і повторюваність випуску, а також застосовувані технологічні процеси.

Особливу увагу на стадії технологічної підготовки виробництва слід приділити виробничій технологічності конструкції, тобто технологічності конструкції виробу, яка визначається відносно його виготовлення.

Правила забезпечення технологічності конструкції складальних одиниць встановлені ГОСТ 14.203-89 і передбачають нижченаведені вимоги до оформлення конструкції: можливість складання машин із відокремлених складальних одиниць без повторного розбирання, максимальне застосування стандартних і уніфікованих складальних одиниць і деталей, скорочення обсягу припасувальних робіт, можливість зниження трудомісткості та скорочення тривалості циклу вузлового і загального складання і зниження їх собівартості.

Крім того, у конструкції необхідно передбачати місця для зручного і надійного захоплення складальних з'єднань і важких деталей вантажопідйомними пристроями, а також можливість зручного підведення механізованого складального інструменту.

У табл. 2.3 наведено приклади вимог до виробничої технологічності виробу і складальної одиниці щодо верстатобудівної промисловості з урахуванням обсягу випуску виробів.

Таблиця 2.3 – Вимоги до виробничої технологічності виробу і СО

Зміст вимог	Програма випуску верстатів в рік, шт.					Примітка
	< 10	> 10 до 100	> 100 до 1000	> 1000 до 10000	> 10000	
Маса і габаритні розміри виробу і його складових частин повинні відповідати можливостям заводу-виготовлювача з вантажопідйомності кранів, транспортних засобів, виробничих площ	+	+	+	(+)х	(+)х	(+)х – вимога знімається при організації нових виробництв
Виріб повинен виконати з урахуванням можливості його розміщення на складальних площах без заглиблення у підлозі для окремих агрегатів або деталей	+	+	+	–	–	–
Виріб повинен виконати за раціональною схемою з мінімальним числом вузлів та деталей (при повному забезпеченні заданих функцій)	+	+	+	+	+	–
Компонування виробу повинно виконати з урахуванням максимального скорочення циклу робіт при загальному монтажі (у виробника і замовника)	–	–	–	+	+	–
Виріб повинен розчленити на окремі складальні одиниці з однаковою або кратною трудомісткістю складальних робіт (для організації паралельних складальних потоків)	–	–	–	(+)	+	–
Кожну складальну одиницю повинно розчленити на раціональне число складових частин з урахуванням принципу агрегування	–	–	+	+	+	–
Компонування складальної одиниці повинно забезпечити загальне складання без проміжного розбирання і повторного збирання складових частин	–	–	+	+	+	–
Компонування складових частин складальної одиниці повинно забезпечувати зручний доступ до місць збирання, регулювання, контролю	+	+	+	+	+	–
Об'єм ручних робіт по складанню, пов'язаних з вивірянням, припасовуванням, засвердлюванням, повинен бути зведений до мінімуму	–	–	+	+	+	–
Складання виробу і його складових повинно виконувати без застосування складного технологічного оснащення	+	+	+	–	–	–

Зміст вимог	Програма випуску верстатів в рік, шт.					Примітка
	< 10	> 10 до 100	> 100 до 1000	> 1000 до 10000	> 10000	
Кількість поверхонь з'єднань сполучених деталей повинна бути мінімальною (за винятком з'єднань типу напрямних, від яких залежить якість виробу)	+	+	+	+	+	–
Місця з'єднань складових частин повинні бути доступні для фінішної механічної обробки і механізації складальних (припасувальних) робіт	(+)х	(+)х	(+)х	–	–	(+)х – вимога виключається при відсутності відповідних обладнання або оснащення
Конструкції з'єднань складових частин не повинні вимагати додаткової механічної обробки при складанні	–	+	+	+	+	–
Вибір типу з'єднань повинен виключати можливість пошкодження деталей у процесі складання і демонтажу	+	+	+	+	+	–
Точність розташування складових частин повинна бути обгрунтована і взаємопов'язана з точністю виготовлення всього виробу	(+)	(+)	+	+	+	–
В конструкції повинно передбачити пристрої, що забезпечують задану точність розташування складових частин (центрування, компенсатори, регулятори та ін.)	+	+	+	+	(+)х	(+)х – з обмеженням в частині використання пристроїв, що компенсують
Компенсуючі пристрої повинні мати просту конструкцію і вільний доступ контрольного інструменту	+	+	+	(+)х	(+)х	(+) х – допускається застосування спеціального оснащення при утрудненому доступі

Аналіз технологічності конструкції виробу

Технологічністю називають сукупність властивостей виробу, що визначають пристосованість його конструкції до досягнення оптимальних витрат ресурсів при виробництві, експлуатації, ремонту та утилізації для заданих показників якості, продуктивності, обсягу випуску і умов виконання робіт.

Технологічність визначає поняття: зручно або незручно дану конструкцію виготовляти, експлуатувати, ремонтувати.

Для оцінювання технологічності можна користуватися спрощеною методикою, за якою слід відповісти на наступні питання (як приклад обрано СО – гідроциліндр (ГЦ) масою 12 кг і габаритами $\text{Ø}60 \times 600$ мм):

1) оцінити розміри, масу СО та їх співвідношення із точки зору застосування вантажопідйомних засобів і жорсткості виробу, що складається. Наприклад, для гідроциліндра формулюємо: маса виробу 12 кг допускає ручне переміщення. Співвідношення маси і габаритів $12 \text{ кг} / 600 \text{ мм} = 0,02 \text{ кг/мм} = 20 \text{ кг/м}$ забезпечує високу жорсткість виробу;

2) визначити, чи є в СО досить зручна базова деталь (хребет виробу). При відсутності чітко вираженої базової деталі (корпусу, рами та ін.) виникає необхідність стапельного складання (стапель – це зовнішній пристрій, який виконує при складанні роль базової деталі).

Для гідроциліндра формулюємо: є чітко виражена базова деталь – корпус – із якісними базовими поверхнями: зовнішня циліндрична поверхня, а також площа і отвори вушка;

3) оцінити блочність конструкції або блоковий принцип конструювання – розбивку на окремі вузли (функціональні, конструкторські та технологічні), що допускають їх незалежне складання. Особливо це важливо при використанні автоматизованого і роботизованого складання. У конструкції розглянутого ГЦ застосовують вузлове складання (шток із кришкою і поршнем);

4) оцінити уніфікацію (загальна або локальна всередині СО) елементів конструкції. Для ГЦ загальну уніфікацію розглянути неможливо, а локальна уніфікація полягає в застосуванні однакових кілець ущільнювачів (поз. 10 і 11, див. рис. 2.1). Всі шість болтів поз. 8 застосовують одного найменування;

5) оцінити необхідність і трудомісткість часткового розбирання СО в процесі складання. Така необхідність виникає при використанні методу регулювання із нерухомим компенсатором і тим більше при використанні методу підганяння.

Необхідність розбирання визначається використанням цих методів, трудомісткість – глибиною розташування ланки компенсатора.

Загальне правило: ланку компенсатора слід розташовувати за межами корпусу і для її підганяння або заміни передбачати знімання мінімуму інших деталей.

Для ГЦ необхідність розбирання відсутня взагалі, що ефективно із точки зору технологічності;

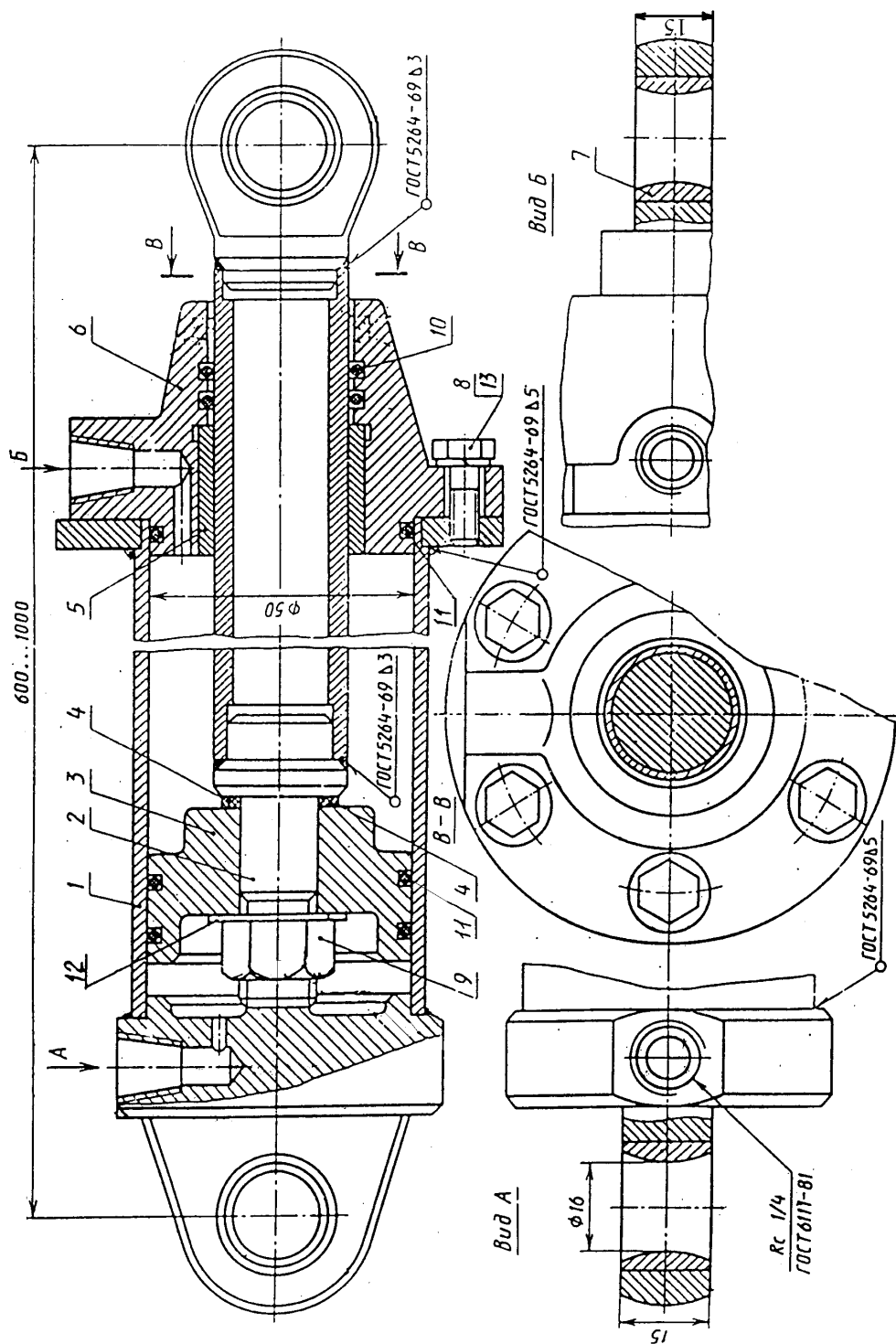


Рисунок 2.1 – Гідроциліндр грейдера (поз. 1 – 13 див. на рис. 2.2)

Формат	Зона	Поз.	ПОЗНАЧЕННЯ	НАЙМЕНУВАННЯ	Кіл.	Примітка				
A3			12.000.000.000СК	<u>Складальне креслення</u>						
				<u>Складальні одиниці</u>						
		1	12.000.000.100СК	Корпус	1					
		2	12.000.000.200СК	Шток	1					
				<u>Деталі</u>						
		3	12.000.000.003	Поршень	1	Ст5				
		4	12.000.000.004	Кільце ущільнення	1	Гума				
		5	12.000.000.005	Втулка	1	Бронза				
		6	12.000.000.006	Кришка	1	Ст3				
		7	12.000.000.007	Вкладник	2	Сталь 45				
				<u>Стандартні вироби</u>						
		8		Болт М10х15 ГОСТ 2528-73	6					
		9		Гайка М14 ГОСТ 2528-73	1					
		10		Кільце 034-040-36	2					
		11		Кільце 042-050-46	3					
		12		Шайба 14.06.05 ГОСТ 6958-68	1					
		13		Шайба 1065Г ГОСТ 6402-70	6					
			12.000.000.000СК							
Зм	Літ	№ докум.	Підпис	Дата	Гідроциліндр грейдера					
Розроб							Літ	Аркуш	Аркушів	
Перевір.							У		1	4
Н. контр.										
Т. контр.										
Затв.										

Рисунок 2.2 – Специфікація до складальної одиниці гідроциліндра

б) оцінити необхідність і трудомісткість механічної обробки при складанні. Останнє характерно для використання методу підганання.

Для гідроциліндра механічна обробка не потрібна взагалі;

7) визначити наявність важкодоступних місць для складання, регулювання та вимірювання.

Для ГЦ важкодоступні місця відсутні, однак якщо регламентувати зазор між поршнем і днищем циліндра, то з'явиться розмір, утруднений для вимірювання і неможливий для регулювання для данної конструкції;

8) оцінити необхідність застосування спеціальних пристосувань при складанні і регулюванні. Така необхідність визначається наступними факторами:

а) необхідністю одночасного базування двох і більше елементів конструкції;

б) необхідністю стиснення пружних елементів (пружин, прокладок та ін.) кількістю більше одного;

в) якщо становище приєднувального елемента визначається точним розміром.

Для гідроциліндра спеціальних пристосувань не потрібно;

9) оцінити наявність і обґрунтованість спеціальних вимог до СО (за масою, рівню вібрації, шуму, зусиллю холостого ходу, герметичністю, нерадіоактивністю та ін.).

Для гідроциліндра пред'являються вимоги: герметичність, плавність ходу, зусилля холостого ходу;

10) оцінити необхідність і обґрунтованість призначення випробувань. Особливо це відноситься до тривалих випробувань (більше 10 хв).

Для гідроциліндра (ГЦ) необхідні випробування на герметичність;

11) оцінити необхідність додаткових операцій з балансування, фарбування, консервації та ін.

Для ГЦ ці операції не потрібні;

12) оцінити необхідність передпродажної підготовки: упакування, регулювання, реклами.

Розглянемо способи визначення технологічності конструкції виробу. Відповідно до ГОСТ 14.201-83 оцінка технологічності конструкції виробу буває двох видів: якісна і кількісна.

Якісна оцінка – це опис словами технологічності конструкції виробу, заснований на особистому досвіді технолога у визначеннях: добре, погано, зручно, незручно, раціонально, нераціонально. Якісна оцінка є першим етапом аналізу технологічності.

В окремих випадках можливе використання ранжирування ознак технологічності, тобто оцінка прояви цих ознак в балах, тоді якісна наблизиться до кількісної.

Кількісна оцінка технологічності конструкції виробу – це оцінка, виконана за допомогою системи показників. Показники можуть бути: відносні (в частках у відсотках, тобто безрозмірні); абсолютні (розмірні, в штуках, кг, годинах та ін.).

Якісні показники оцінюють виробничу, експлуатаційну та ремонтну технологічність.

Експлуатаційну та ремонтну технологічність визначають за допомогою наступних властивостей виробів:

- 1) доступність;
- 2) легкознімність;
- 3) технологічна простота;
- 4) технологічна спадковість;
- 5) контролепридатність;
- 6) відновлюваність.

Доступність СО та її елементів – це якість, що визначається вільним доступом до СО та її елементів як під час роботи, так і під час ремонту. Добра доступність – це коли для цього нічого не потрібно знімати. Задовільна доступність забезпечується після зняття деяких елементів. Низька доступність забезпечується після повного розбирання виробу.

Для ГЦ грейдера оцінимо доступність. В цілому доступність добра.

Для заміни ущільнення 11 на поршні необхідно витягти поршень із корпусу – доступність задовільна.

Для заміни ущільнюючих кілець 10 необхідно провести повне розбирання – це низька доступність.

Легкознімність – це якість виробу, що визначає необхідність використання спеціального пристосування, інструментів і можливість пошкодження деталей при розбиранні.

Технологічна простота – це коли забезпечено зручність і простоту в експлуатації, а саме: перехід із транспортного положення в робоче, управління виконанням робочої функції, заправку робочими середовищами, пальним та ін., переналадження на виконання іншої операції, очищення робочих органів.

Технологічна спадковість у сфері експлуатації означає мінімальну трудомісткість навчання обслуговуючого персоналу для роботи на даному виробі.

Контролепридатність припускає наявність датчиків, індикаторів та інших пристроїв, які свідчать про несправність виробу (це система діагностики).

Відновлюваність забезпечує можливість відновлення виробу при зносі, її досягають застосуванням високостійких і високоміцних матеріалів і введенням в конструкцію змінних елементів на швидкозношуваних поверхнях.

У гідроциліндра (ГЦ) передбачено вкладиші 7 і змінну направляючу втулку 5.

Кількісні показники поділяють на 7 груп:

1) Показники технологічної раціональності конструкцій: коефіцієнт блоковості конструкції (відносний):

$$k_{\text{блок}} = \frac{m_{\text{дет.вузл.}}}{m_{\text{дет.заг}}} \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

де m – кількість деталей, що входять у вузли;

$m_{\text{дет.заг.}}$ – загальна кількість деталей.

У гідроциліндра (ГЦ) 13 деталей, із яких 9 входять у вузли,

$$k_{\text{блок}} = \frac{9}{13} \cdot 100 \%. \quad (2.3)$$

Абсолютний показник трудомісткість складання – коефіцієнт складності визначається за формулою:

$$k_{\text{скл}} = \frac{m_{\text{дет.виріб}}}{m_{\text{дет.аналог}}} \cdot 100\%; \quad (2.4)$$

2) показник спадкоємності конструкції визначається за формулою:

$$k_{\text{спадк}} = \frac{m_{\text{запозич.дет.}}}{m_{\text{дет.заг.}}} \cdot 100 \% \quad (2.5)$$

коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$k_{\text{уніф}} = \frac{m_{\text{уніф.СЕ дет.}}}{m_{\text{дет.заг.}}} \cdot 100 \%; \quad (2.6)$$

3) показники ресурсоемності виробу. Показники всі абсолютні. Це матеріаломісткість, трудомісткість, енергоємність і собівартість;

4) показники виробничої технологічності конструкції виробу;

5) показники експлуатаційні;

6) показники ремонтні;

7) загальні показники технологічності конструкції виробу.

Наведемо приклад визначення окремих додаткових показників кількісної оцінки технологічності конструкції виробу для умов автоматичного складання, прийнятих в автотракторній промисловості (табл. 2.5). За значенням коефіцієнта автоматизації можна судити про рівень автоматизації складання виробу і його складових частин. Значення $0 < K_{\text{авт}} < 0,45$ відповідають низькому; $0,45 \leq K_{\text{авт}} \leq 0,6$ – середньому; $K_{\text{авт}} > 0,6$ – високому ступеням автоматизації [4].

Формулювання службового призначення складальної одиниці

Формулювання службового призначення СО складається із трьох основних частин:

1. Коротке і ємне визначення службового призначення даної СО.
2. Технічні характеристики СО.
3. Умова роботи СО.

У формулюванні службового призначення машини насамперед необхідно відобразити загальну задачу, для вирішення якої створюється машина. Далі слід розшифрувати завдання, що конкретизує призначення машини, умови експлуатації та включає вимоги, які обумовлюють її відповідність в технічному, економічному, ергономічному і естетичному сенсі сучасному рівню.

Службове призначення машини описують не тільки словесно, а й установлюють систему кількісних показників із обмеженнями допусків можливих відхилень від їх номінальних значень. Найбільшу складність у формулюванні службового призначення машини становить конкретизація її функцій і умов роботи, правильне визначення значень показників і допусків, що обмежують їх відхилення. Глибина аналізу питання і обґрунтованість прийнятих рішень багато в чому визначає можливість створення якісної та економічної машини [5].

При уточненні службового призначення машини можна використати наступні джерела:

- 1) докладні дані про властивості продукції (вид, матеріал, розміри, маса, вимоги до якості та ін.), для випуску якої створюють машину;
- 2) дані про кількісний випуск продукції в одиницю часу і за незмінними кресленнями;
- 3) вимоги до вартості продукції;
- 4) дані про вихід продукції (вид, якість, кількість та ін.);
- 5) відомості про ТП виготовлення продукції. Наприклад, якщо створювана машина – верстат, то слід вказати необхідне положення заготовки в робочому просторі верстата, схему її базування, розміри оброблюваних поверхонь, спосіб і режими обробки, застосовуваний різальний інструмент, витрату часу на виконання операції та ін.;

Таблиця 2.5 – Додаткові показники технологічності конструкції виробу для умов автоматичного складання

Чинник, що характеризується показником	Розрахункова формула K_i	Коефіцієнт економічної еквівалентності K_{ie}	Примітка
Кількість деталей	$K_{\text{кільк.дет.}} K_{\text{ч.д.}}^*$	0,97	
Складальність конструкції	$K_{\text{скл}} = E / (E + D)$	0,73	E – кількість складальних одиниць; D – кількість деталей, що не увійшли до складальних одиниць
Рівень автоматизації	$K_{\text{авт}} = N_{\text{авт}} / N$	1	$N_{\text{авт}}$ – кількість з'єднань, що виконуються автоматично; N – загальна кількість з'єднань
Повторюваність деталей та вузлів	$K_{\text{пов}} = 1 - Q_{\text{авт}} / N_{\text{авт}}$	0,8	$Q_{\text{авт}}$ – кількість найменшуваних з'єднань, що виконуються автоматично
Рівень уніфікації	$K_{\text{ун}} = N_{\text{ун.авт}} / N_{\text{авт}}$	0,82	$N_{\text{ун.авт}}$ – кількість з'єднань, що виконуються на типовому автоматичному складальному устаткуванні
Кількість напрямів складальних рухів	$K_V = 1 / \sum_{i=1}^n V_i$	0,75	$\sum_{i=1}^n V_i$ – кількість напрямів складальних рухів
Кількість установчих баз	$K_{\text{уб}} = 1 / mn_{\text{б}}$	0,8	m – коефіцієнт, рівний 1 – при однакових установчих базах; 1,15 – при подібних установчих базах; 2,5 – при різних установчих базах; $n_{\text{б}}$ – кількість установчих баз
Взаємозамінюваність	$K_{\text{вз}} = 1 - N_{\text{гр.авт}} / N_{\text{авт}}$	0,73	$N_{\text{гр.авт}}$ – кількість з'єднань, що виконуються автоматично методом групової взаємозамінюваності
* Встановлюють залежно від числа складальних позицій			

- 6) вимоги до продуктивності машини;
- 7) умови, в яких повинен здійснюватися ТП (температура, вологість, запиленість навколишнього середовища, наявність активних хімічних речовин та ін.);
- 8) вимоги до надійності машини;
- 9) вимоги до довговічності машини;
- 10) необхідний рівень механізації та автоматизації;
- 11) умови, що гарантують зручність управління машиною, безпеку роботи і обслуговування;
- 12) вимоги до зовнішнього вигляду;
- 13) вид, якість і джерело споживаної енергії та ін.

Перелічені напрями конкретизації службового призначення машини не слід вважати повними. Світ машин настільки широкий і настільки різноманітний їх функції, що формулювання службового призначення кожної машини суто індивідуальне, специфічне і має власну систему показників.

Формулювання службового призначення повинно містити чітко сформульоване службове призначення СО та описання її роботи, наприклад, для "гідроциліндра грейдера" описання службового призначення має наступний вигляд.

Гідроциліндр (ГЦ) грейдера призначений для приводу руху навісної системи дорожньої машини грейдера.

ГЦ працює таким чином: мастило, що подається в праву порожнину, змушує шток переміщуватися всередину циліндра. Для висунення штока тиск масла подається в ліву порожнину, а з правої порожнини масло витісняється в резервну ємність гідросистеми. ГЦ перетворює подачу мастила в зворотно-поступальний рух штока.

1. Технічні характеристики даної СО.

У число технічних характеристик входять наступні показники:

- потужність, що передається або що розвивається;
- крутний момент, що передається або що розвивається;
- швидкісні характеристики (кількість обертів на вході і виході, при змінних швидкостях – межі кількостей обертів);
- електрична напруга, тиск робочого середовища, межі коливань цих характеристик, точність, із якою виконуються елементи службового призначення (наприклад, редуктор лебідки і редуктор зуборізного верстата мають різні вимоги до плавності роботи). Точність задається у величинах відхилення від номінального значення. Наприклад, для ГЦ грейдера це може виглядати таким чином:

- а) зусилля, що розвивається, – 1,2 т;
- б) швидкість переміщення штока – 5 м/с – max; робочий хід – 400 мм – max;
- в) робочий тиск масла – 250 атм. або 2500 МПа;
– зусилля холостого ходу – не більше 300 Н.

2. Умови роботи СО.

Режим роботи за частотою включення може бути безперервний, періодично постійний, періодично випадковий, із регульовальним включенням; реверсивний і нереверсивний (у вентилятора нереверсивний привід); статичний і динамічний (статичний – це постійний рух із невеликими коливаннями статичних навантажень, динамічний – це різкі коливання величини і напрямку робочих навантажень). Наприклад, для розглянутого ГЦ режим роботи буде періодично постійний, динамічний, реверсивний.

Умови роботи містять характеристики: стаціонарний або рухомий характер роботи, кліматичні умови, стан навколишнього середовища (запиленість, забрудненість, вплив активних реагентів); силові зовнішні дії – схильність до струсів, до одиночних або численних ударів, можливість аварійних ситуацій.

Умови роботи для ГЦ: схильність до коливань та вібрації, усі атмосферні дії, кліматичні дії, окремі ударні дії; запыленість і забрудненість – надзвичайно сильні із корозійною дією.

Аналіз технічних умов вибору методів досягнення необхідної точності детально викладено в навчальному посібнику [7].

2.3 Розроблення послідовності та змісту операцій (маршрут складання)

Після вивчення конструкції машини, виявлення в ній взаємозв'язків складальних одиниць і деталей, встановлення методів досягнення необхідної точності й коригування розмірів і допусків в кресленнях розробляють послідовність складання. Послідовність загального складання машини визначається її конструктивними особливостями і закладеними в конструкції методами досягнення точності замикаючих ланок. Меншою мірою на послідовність складання впливає організація складального процесу.

Розробляючи послідовність складання машини, необхідно враховувати, що весь складальний процес містить наступні стадії: ручну слюсарну обробку і підганяння деталей (застосовується в одиничному і дрібносерійному виробництвах); попереднє складання (з'єднання деталей в окремі складальні оди-

ниці); загальне або остаточне складання (складання всієї машини); регулювання (вивірку правильності взаємного розташування і взаємодії всіх елементів машини); випробування машини.

На загальне складання повинна подаватися якомога більша кількість попередньо скомплектованих складальних одиниць і, за можливістю, менша кількість окремих деталей. Загальне складання повинно бути максимально звільнено від виконання дрібних складальних з'єднань і різних допоміжних робіт. Рекомендації до послідовності складання полягають у наступному:

1) за кресленнями машини та доданих до них специфікацій необхідно виявити всі складальні одиниці, із яких складається машина, і окремо деталі, що входять до неї; відокремлення того або іншого з'єднання в складальну одиницю повинно бути можливим і доцільним як конструктивно, так і в технологічному відношенні;

2) загальне складання машини і складання будь-якої складальної одиниці слід починати із установки на складальному стенді або конвеєрі основної базової деталі; в ряді випадків роль базової деталі може виконувати менш складна складальна одиниця, що входить до складу машини, і яка раніше попередньо зібрана;

3) в першу чергу необхідно складати складальні одиниці і деталі, які виконують найбільш відповідальні функції в роботі машини; вони не повинні заважати встановленню наступних деталей і складальних одиниць;

4) за наявності в машині паралельно пов'язаних складальних розмірних ланцюгів слід починати із установки тих складальних одиниць деталей, розміри або відносні повороти поверхонь яких є загальними ланками і належать кільком розмірним ланцюгам.

Якщо при складанні необхідно частково демонтувати раніше встановлені деталі або складальні одиниці, то це необхідно відобразити на схемі складання. Розробляючи послідовність та зміст складальних операцій, необхідно враховувати наступне: чи є можливість поєднати цю операцію із іншою або декількома іншими; чи можливо виконати більш раціональну послідовність операцій; чи не можна цю технологічну операцію поєднати із контрольною; чи не можна спростити складну операцію, виділивши частини її в самостійну операцію; чи слід дану операцію, що вимагає підганяння, виконувати в складальному цеху або краще перенести в обробний цех і цим скоротити витрати на складання.

При складанні виникає необхідність систематично перевіряти якість складеної машини і складальних одиниць. Це необхідно робити щоразу, коли

необхідну точність в тих чи інших розмірних і кінематичних ланцюгах досягають регулюванням і особливо підгананням.

Необхідність перевірки відповідності зібраних складальних одиниць їх службовому призначенню часто виникає і у випадках, коли для досягнення необхідної їх якості використовуються методи взаємозамінності, оскільки при складанні виникає ряд похибок, пов'язаних із виявленням пружних деформацій, зміною бази та ін. Розробленню послідовності складання значно полегшує наявність зразка виробу. В цьому випадку можна розібрати виріб, складаючи детальний план розібрання, і прийняти зворотну послідовність виконання операцій.

Прийняту послідовність складання, зазвичай, виконують у вигляді технологічної схеми (рис. 2.3), що є основою для проектування технологічного процесу. Схему складають в декількох варіантах, які відрізняються структурою і послідовністю виконання операцій. Кількість варіантів тим більше, чим складніше виріб, що складається.

При виборі оптимального варіанту слід прагнути до зменшення кількості робітників, трудомісткості і собівартості складальних процесів. Цю задачу при різних обмежуючих умовах можна вирішити лише на комп'ютері із використанням математичних або евристичних алгоритмів. Її розв'язок пов'язаний із встановленням змісту складальних операцій, які поділяться на підготовчі, складальні й допоміжні.

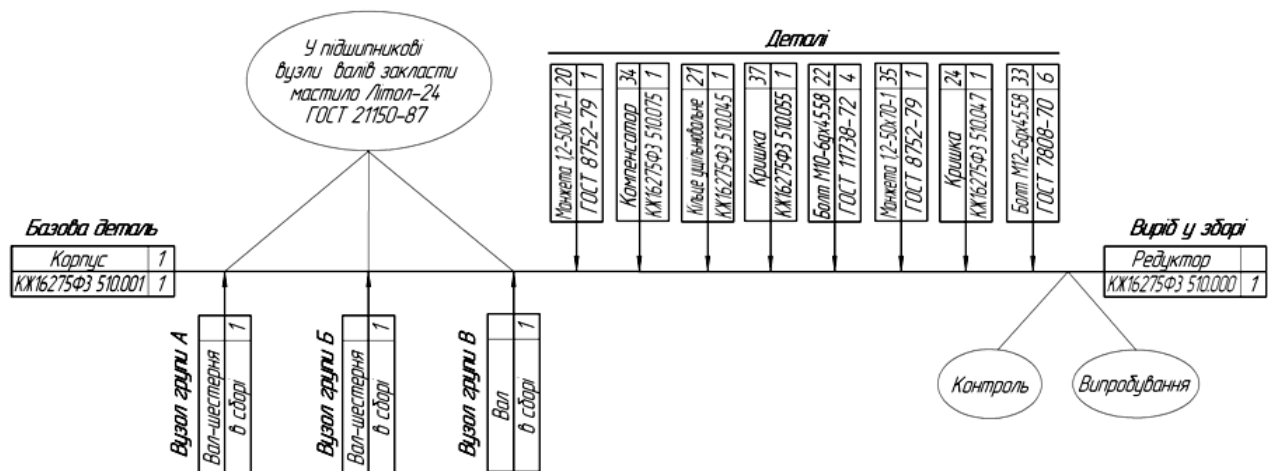


Рисунок. 2.3 – Технологічна схема складання редуктора

Найбільш типовими підготовчими складальними операціями є: обпилювання і зачистка; притирання; полірування; шабрування; свердління; розвертання; торцювання; шарошування; вигинання; мийка та ін.

До складальних операцій належать: паяння; склепування; запресування; кріплення деталей; складання деталей нерухомих з'єднань; складання деталей, що рухаються; складання деталей, що обертаються; складання деталей, що передають рух, та ін.

До допоміжних операцій відносяться: балансування; зважування та ін.

Нерозривним елементом при формуванні складальних операцій є нормування. При потоковому складанні для забезпечення ритмічності та найбільш повного використання робочого часу на всіх робочих місцях необхідно досягти синхронності всіх операцій, тобто, щоб час, який витрачається на кожну з них, був наближено однаковим або кратним такту. Досягають це відповідним підбором робіт або додатковим поділом операцій; суміщенням операцій; прискоренням виконання операцій за рахунок застосування високопродуктивного оснащення, а також іншими методами раціоналізації. Таким чином, паралельно зі встановленням нових норм часу і уточненням структури та змісту кожної операції встановлюють спосіб їх виконання, вибирають обладнання, пристосування та інструмент.

Розроблення технологічної схеми складання (на прикладі гідроциліндра грейдера)

Підготовка поля технологічної схеми складання (ТСС)

За загальними правилами розробка ТСС починається із підготовки поля ТСС.

1. На аркуші довільної довжини проводять горизонтальні лінії, що позначають рівні СО, якщо невідомо СО якого рівня може зустрітися при проектуванні, слід взяти їх з запасом, наприклад, СЕ0 – СЕ3 + загальне складання (5 рівнів) або СЕ0 – СЕ5 + загальне складання (7 рівнів). Цілком допускаються незаповнені рівні вищих порядків.

2. Проводять аналіз виробу, що складається. При цьому:

а) встановлюють базову деталь всього виробу (зазвичай корпус, рама, станина, основа). Базова деталь призначається із міркування, що на ній розташовані всі інші комплектуючі елементи виробу.

Можливо використовувати інший підхід: в якості базової призначити ту деталь (або СО), яка має поверхні, які є основною конструкторською базою всього виробу;

б) здійснюють попереднє розбиття виробу на складові СО. Бажане фарбування робочого креслення в різні кольори для різних СО. Деталі, зображені

в розрізі, заповнюються суцільним штрихуванням, на нерозрізані деталі наноситься фарба поблизу контуру, що імітує опуклість деталі.

СО, які входять у виріб, можуть бути:

- функціональними (двигун, карбюратор, колеса);
- конструкторськими;
- технологічними, куди відносяться: обов'язкові (тобто без складання яких неможливо складання виробу) і довільні (призначені за бажанням технолога);

в) в кожній наміченій СО призначається базова деталь (за тими ж принципами, що і у всьому виробі).

3. Проектування ТСС починається із того, що зображується базова деталь всього виробу, яка відправляється на загальне складання (рис. 2.4). У нашому випадку це корпус 1.

4. До базової деталі на рівні загального складання приєднують інші елементи в послідовності, що виходить із простоти з'єднання, тобто будь-яку деталь бажано приєднувати, поки на складені СО не встановлено інші елементи.

Із цих міркувань запресовують вкладиш 7.

5. Очевидно, що інші елементи можливо приєднувати тільки після попереднього вузлового складання.

Аналіз виробу показує, що внутрішня конструкція гідроциліндра (ГЦ) утворює СО із базовою деталлю – шток (поз. 2). Оскільки невідомий порядок складання СО, припускаємо, що складається СЕ1 (пунктирна або тонка лінія). Перехід СО, що складається, в більш високий порядок визначається необхідністю розпочати складання СО того ж порядку (кришка).

Встановлення переліку переходів вузлового і загального складання

Після проектування технологічної схеми складання технологічний процес складання розробляється автоматично, при цьому необхідно дотримуватися певних правил:

1. Перелік переходів починається із перерахування переходів загального складання. Оскільки в подальшому необхідно розробити циклограму складання, то має сенс перерахування переходів здійснювати в кресленні циклограми (рис. 2.5).

2. Перелік переходів вузлового складання полягає в перерахуванні переходів складання (вузлового) в послідовності установки СО відповідного порядку на загальному складанні з їх розкриттям до СО першого порядку (рис. 2.6).

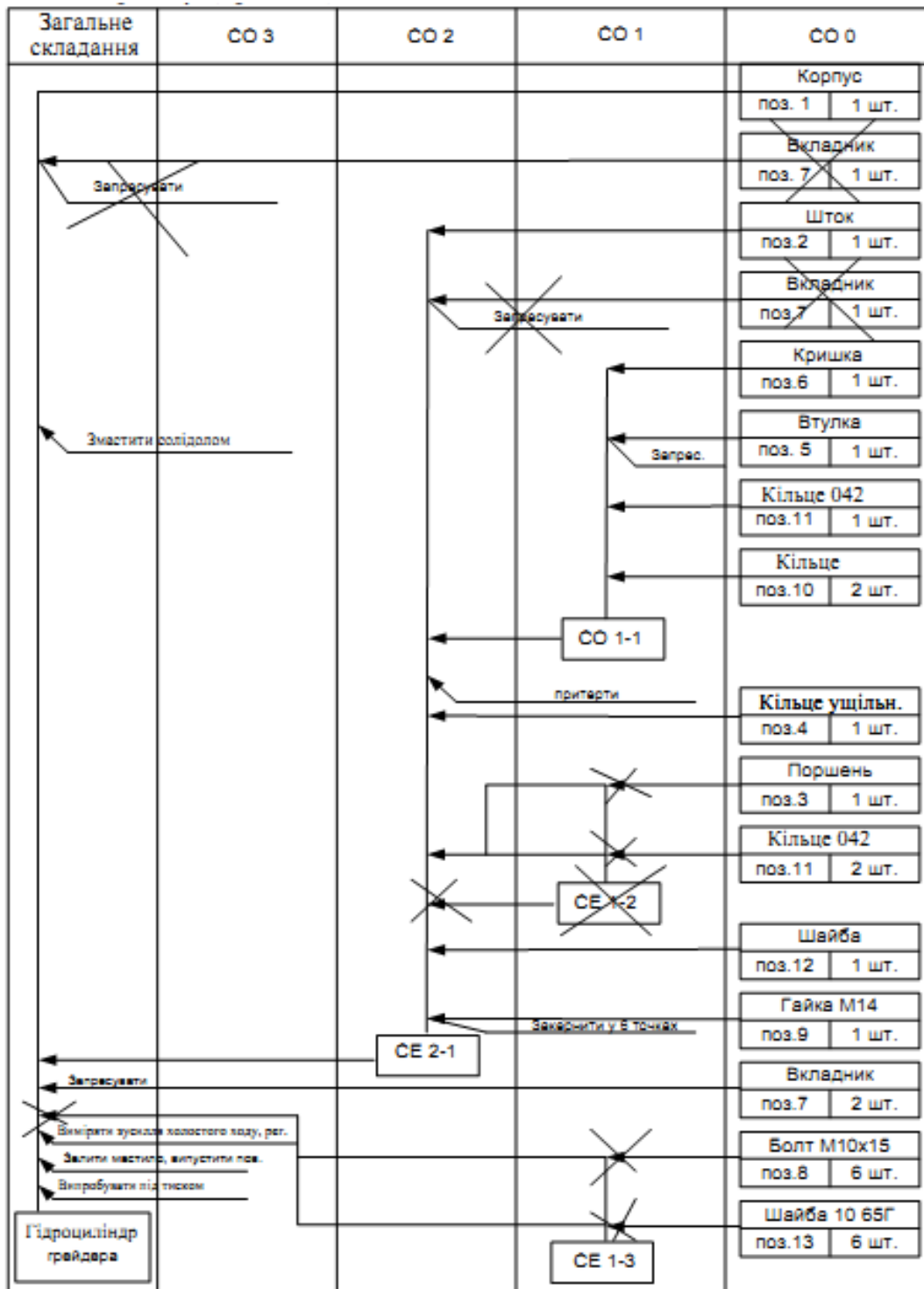


Рисунок 2.4 – Технологічна схема складання гідроциліндра

№ опер	№ пер	Зміст переходу	Тпер, хв	Уточн Тпер	Поточний час, хв									
					0	1	2	3	4	5	...	10		
Загальне складання														
020	1	Встановити корпус 1 у прист.	0,100	0,100										
	2	Запресувати вкладник 1	0,742	-										
	3 2	Змастити солідолом	0,630	0,630										
	4 3	Встановити шток в ск. СО 2-1	0,640	0,640										
025	4	Запресувати вкладник 7 (2 шт)	-	0,840										
030	5	Зібрати пр.. СО 1-3 (6 шт.)	0,900	1,002										
	6	Виміряти зусилля хол. ходу. рег.	0,860	0,860										
035	7	Запити мастилю, випустити пов.	0,910	0,910										
040	8	Випробувати під тиском	5,200	5,200										
Вулове складання														
<u>Складання СО 2-1</u>														
010	1	Встановити шток 2 в пристар.	0,100	0,100										
	2	Запресувати вкладник 7	0,742	-										
	3 2	Встановити кришку у ск. СО 1-1	0,491	0,492										
	4 3	Виміряти зусилля х.х., притерти	1,100	1,100										
015	5 4	Встановити кільце ущільн. 4	0,086	0,086										
	6 5	Зібрати, встановити поршень	0,200	0,200										
	7 6	Встановити шайбу 12	0,060	0,060										
	8 7	Встановити гайку 9, закріпити	0,700	0,700										
<u>Складання СО 1-1</u>														
005	1	Встановити кришку 6 в прист.	0,100	0,100										
	2	Запресувати втулку 5	0,742	0,742										
	3	Встановити кільце 11	0,084	0,084										
	4	Встановити кільце 10 (2 шт.)	0,320	0,320										
<u>Складання СО 1-2</u>														
1	1	Встановити поршень 3 в прист.	0,100	-	Включити у операцію 015, перехід 6									
2	2	Встановити кільце 11 (2 шт.)	0,168	-										
<u>Складання СО 1-3</u>														
1	1	Взяти болт 8 (6 шт.)	0,018	-	Включити у операцію 025, перехід 5									
2	2	Надіти шайбу 13 (6 шт.)	0,084	-										

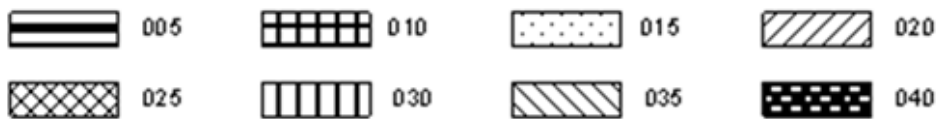


Рисунок 2.5 – Циклограма складання

Номер операції	Номер переходу	Зміст переходу	$T_{пер}$, хв	Уточнення $T_{пер}$, хв	Поточний час, хв
		Загальне складання			
	1	Встановити корпус 1 в пристосування	0,100		
	2	Змастити солідолом	0,630		
	3	Встановити шток в складанні СО 2-1	0,640		
	4	Встановити СО 1-3 (6 шт)	0,900		
	5	Виміряти зусилля х.х. та регулювати	0,860		
	6	Залити олію, видалити повітря	0,910		
	7	Випробувати під тиском	5,200		
		Вузлове складання			
		Складання СО- 2-1			
	1	Встановити шток 2 в пристосування	0,100		
	2	Встановити кришку в складанні СО1-1	0,492		
	3	Виміряти зусилля х.х., протерти	1,100		
	4	Встановити кільце 4	0,086		
	5	Скласти, встановити поршень у складеному вигляді	0,200		
	6	Встановити шайбу 12	0,060		
	7	Встановити гайку 9, закерувати	0,700		
		Складання СО 1-1			
	1	Встановити кришку в пристосування	0,100		
	2	Запресувати втулку 5	0,712		
	3	Встановити кільце 11 (2 шт)	0,084		
	4	Встановити кільце 10 (1 шт)	0,320		
		Складання СО 1-2			
	1	Встановити поршень в пристосування	0,100		
	2	Встановити кільце 11 (2 шт)	0,168		
		Складання СО 1-3			
	1	Узяти болт 8 (6 шт)	0,018		
	2	Надіти шайбу 13 (6 шт)	0,084		

Рисунок 2.6 – Перелік переходів вузлового та загального складання
(на кресленні циклограми)

Циклограма складання

Циклограма – допоміжний технологічний документ, в якому відображено перебіг процесу складання із часом.

Циклограму призначено:

- 1) для візуального подання витрат часу на ТП складання в цілому;
- 2) для аналізу ТП складання і можливого коректування ТСС;
- 3) для синхронізації основного часу складального процесу за принципом "just in time" (точно під час).

Розроблення циклограми розглянемо на прикладі ТП складання ГЦ грейдера (див. рис. 2.5).

На основі ТСС складання заповнюються графи (стовпчики):

номер переходу;

зміст переходу;

після нормування заповнюється графа $T_{пер.}$;

після заповнення графи "час переходів" проводиться первинний аналіз ТП, що розробляється.

Припустимо найважчий випадок – розроблення ТП для масового виробництва із жорстким тактом випуску. Приймаємо програму випуску $N = 150000$ шт./рік, тоді такт випуску:

$$\tau_B = \frac{F_{\partial} \cdot m \cdot 60}{N} = \frac{2000 \cdot 2 \cdot 60}{150000} = 1,6 \text{ хв.} \quad (2.7)$$

При виконанні аналізу в першу чергу необхідно звертати увагу на переходи, пов'язані із застосуванням спеціального обладнання. У нашому випадку це переходи, пов'язані із запресуванням (обладнання – прес), перехід, пов'язаний із заливанням масла (обладнання – маслозаправна станція), а також переходи, пов'язані із вимірюванням зусилля холостого ходу і випробуванням (потрібен випробувальний стенд).

Первинний аналіз показує:

У переході 2 загального складання і в переході 2 вузлового складання використано прес (фактично два преси), кожен із яких завантажений лише на 46 %:

$$\eta_3 = \frac{T_{пер}}{\tau_B} = \frac{0,742}{1,6} = 0,46. \quad (2.8)$$

У той самий час можна запресувати два вкладиші одночасно після установки штока в корпус, що дозволяє зекономити час запресування, змен-

шити обладнання – до одного преса. Крім того, це дозволяє у циклограмі прибрати другий перехід, натомість ввести додатковий перехід і запресувати два вкладиші одночасно.

В результаті вводимо коригування:

1) після переходу 3 необхідно ввести перехід одночасного запресовування двох вкладишів за нормативами $T_{пер} = 0,840$ хв.;

2) в технологічну схему складання необхідно внести коригування;

3) аналіз витрат часу на складання СО 1-2 і СО 1-3 показує, що організація вузлового складання цих СО нераціональна:

$$T_{скл} (СО 1-2)=0,268 \text{ хв}, \quad T_{скл} (СО 1-3)=0,102 \text{ хв}.$$

Приймаємо рішення: трудомісткість складання СО 1–2 і СО 1–3 перенести до відповідних операції загального і вузлового складання. Їх не будемо на циклограмі, натомість напишемо: "Включити в перехід 6 і включити в перехід 5". У переході 5 і 6 з'являється слово "Скласти";

1) за результатами аналізу заповнюється графа "Уточнене $T_{пер}$ ".

Відповідно час переходів, в які входить складання СО, не виділених у окрему операцію, збільшиться на трудомісткість анульованого вузлового складання. Наприклад, перехід загального складання $T_{пер}=1,002$ хв. замість 0,900 хв. і час переходу 5 вузлового складання $T_{пер} = 0,468$ хв. замість 0,200 хв.

Формування операцій складання

Формування операцій проводиться за двома принципами: 1) для поточного виробництва – за тактом випуску; 2) для непотокового виробництва – за спеціалізацією робочих місць і за вхідними складальними одиницями (вузлами). Наприклад, програма випуску гідроциліндра $N=150000$ шт./рік, такт випуску $\tau_B=1,6$ хв;

$$\left. \begin{array}{l} \tau_B \ll T_{заг.скл.} = 10,182; \\ \tau_B < T_{вузл.скл.} = 4,252, \end{array} \right\} \text{ хв.},$$

де $T_{заг.скл.}$ – трудомісткість загального складання;

$T_{вузл.скл.}$ – трудомісткість вузлового складання.

Якщо трудомісткість складання перевищує τ_B , то ТП складання розбивають на ряд операцій, які виконують паралельно, штучний час яких дорівнює або кратний τ_B (тобто застосовують потокове складання, а складальна лінія стає спеціалізованою, орієнтованою тільки на випуск даного виробу).

Формування операцій в цьому випадку відбувається шляхом об'єднання переходів, сумарна трудомісткість яких дорівнює $\sum T_{nep} = (0,7...0,9) \cdot \tau_B$:

$$T_{nep} = t_{on};$$

$$t_{um.} = t_{on} + t_{обсл} + t_{відн},$$

$$(t_{обсл} + t_{відн}) \approx 10\% \cdot t_{on}$$

Переходи, об'єднані в одну операцію, на циклограмі (рис. 2.6) зафарбовують відповідним кольором або штрихують. При формуванні операцій таким способом *можуть з'явитися такі ускладнення*.

Формування операції 020 загального складання пройшло без ускладнень:

$$T_{020} = T_1 + T_2 + T_3 = 0,1 + 0,63 + 0,64 = 1,37' = 0,86 \tau_B.$$

1. Трудомісткість переходів значно менше, а довантажити операцію не можна із огляду на її спеціалізованість (↙ 1 на циклограмі):

$$T_{035} = 0,910 = 0,57 \tau_B.$$

Спеціалізовані операції навіть в поточному виробництві допускається залишати недовантаженими в силу необхідності.

2. На стику операцій зустрічається перехід великої трудомісткості, який не може бути цілком включений ні в попередню, ні в наступну операції (↙ 2).

Якщо *перехід подільний*, тобто такий, що не вимагає безперервного процесу, то його поділяють між суміжними операціями. Наприклад, при установці чималої кількості болтів половина може бути поставлена на n -ій операції, а інша – на $(n + 1)$ операції. Або на одній операції болти наживлюють, а на наступній – затягують.

У нашому випадку:

$$T_5 = 1,002 = 0,5 + 0,502;$$

$$T_{025} = 0,840 + 0,5 = 1,34 = 0,83 \tau_B;$$

$$T_{030} = 0,860 + 0,502 = 1,362 = 0,85 \tau_B.$$

3. Трудомісткість переходу значно перевершує τ_B , при цьому перехід неподільний. У нашому прикладі це перехід 8 і 3.

В такому випадку, зазвичай, організують ряд паралельних робочих місць, які виконують одну й ту ж операцію.

Організували чотири робочих місця із завантаженням кожного:

$$\eta_3 = \frac{T_8}{4 \cdot \tau_B} = \frac{5,2}{4 \cdot 1,6} = 0,81.$$

4. Сумарна трудомісткість об'єднаних переходів незначно перевищує такт випуску, проте виключення будь-якого переходу приводить до значного недовантаження операції (на циклограмі \swarrow 4).

Із метою синхронізації технологічного процесу в цьому випадку застосовують різні організаційні, технологічні та конструкторські заходи для скорочення лімітуючого переходу. Наприклад, удосконалюють організацію робочого місця, скорочують або усувають шлях ходіння робітника за комплектуючими, вдосконалюють технологічну тару, механізують ручні переходи, застосовують багатомісний багатошпindelний інструмент, поворотні стенди, кантувателі. Якщо ці заходи не допомагають, то змінюють конструкцію виробу:

$$T_3 = 1,1 \text{ (скоротимо)} = 0,86.$$

$$\text{В результаті } \times T_{010} = 0,1 + 0,492 + 0,860 = 1,452.$$

Розглянемо випадок, коли $\tau_B > T_{обсл}$.

$$\text{Наприклад, } N=10000 \text{ шт./рік, } \tau_B = 24 \text{ хв} \left(\frac{2000 \cdot 60 \cdot 2}{10000} \right).$$

Такт випуску перевищує трудомісткість загального складання у $\frac{\tau_B}{\tau_{скл}} = \frac{24}{10,182} = 2,36$ разів, а повного складання – у $\frac{24}{14,34} = 1,67$ разів.

В цьому випадку τ_B (24 хв) є не реальною, а розрахунковою величиною.

Якщо на лінії збирається кілька найменувань виробів, то лінія перестає бути спеціалізованою і стає багатономенклатурною.

За такою організацією фонд робочого часу, що припадає на випуск n -го виробу, становить вже не 4000 годин, а стає значно меншим, в залежності від трудомісткості складання виробів інших найменувань.

Можна назвати його окремим річним фондом робочого часу:

$$F_{\partialч} = F_{\partial} = \frac{T_{скл.n} N_n}{\sum_{i=1}^n T_{скл.i} N_i}.$$

Відповідно окремий такт випуску:

$$\tau_B = \frac{60 \cdot F_{\partialч}}{N_n}.$$

Припустимо, на лінії випускають 15 найменувань виробів. Тоді

$$F_{\text{дч}} = 4000 = \frac{T_{\text{скл.н}} N_n}{T_{\text{скл.н}} N_n} = 267 \text{ год/рік}, \quad (2.9)$$

окремих такт визначається за формулою

$$\tau_B = \frac{60 \cdot 267}{10000} = 1,6 \text{ хв.} \quad (2.10)$$

У випадку, якщо окремих τ_B менше трудомісткості складання, формування операцій здійснюється за принципом, викладеним вище, проте якщо окремих τ_B n -го виробу перевершує трудомісткість загального або навіть повного складання, існує теоретична можливість представити все складання однією операцією. Практично це можливо тільки тоді, коли ТП не вимагає окремого складання вузлів і складається із однорідних складальних переходів (запресовування, регулювання, заправки мастилом, випробування) при відсутності спеціалізованих переходів, які потребують спеціального обладнання.

У цьому випадку операції формують за наступними правилами:

1) складання кожної СО, що входить у виріб, необхідно оформляти окремою операцією. У нашому випадку: операція 005 – складання СО-1-1, $T_{005} = 1,246$. Операція 010 – складання СО-2-1, $T_{010} = 3,006$;

2) в окремі самостійні операції слід виділяти переходи або групи переходів, виконання яких пов'язане із використанням певного складального обладнання (прес, піч, контрольно-вимірювальне обладнання). У нашому випадку операція 015 включає переходи 1, 2, 3, 4, 5 загального складання. Операція 015 – складання $T_{015} = 2,21$;

3) в окремі операції виділяють також переходи, виконання яких вимагає високої кваліфікації робітника або особливої спеціалізації.

Операція 020 – загальне складання (перехід 6), $T_{020} = 1,862'$;

Операція 025 – загальне складання (перехід 7), $T_{025} = 0,91'$;

Операція 030 – загальне складання (перехід 8), $T_{030} = 5,2'$.

Операції не синхронізовані.

3-й випадок $N=1$ шт – складання одиничного виробництва.

До цієї ситуації відносять складання пристосувань, штампів, засобів автоматизації та механізації для модернізації обладнання. В цьому випадку складання одиничного виробу доручається досвідченому складальнику високої кваліфікації або бригаді складальників при складанні великих виробів і виконується в одну операцію. Складання циклограми не потрібно.

2.4 Розрахунок основних показників процесу складання

Розрахунок основних показників і техніко-економічних характеристик складального процесу здійснюється за формулами, які наводяться нижче.

Такт випуску – це інтервал часу, за який періодично проводиться випуск виробів.

Номинальний такт (хв./шт.) визначається залежністю:

$$T_n = \frac{60 \cdot \Phi}{N_{\text{рік}}}, \quad (2.11)$$

де Φ – річний фонд робочого часу, год.;

$N_{\text{рік}}$ – річна виробнича програма, шт.

Річний фонд робочого часу визначається залежністю:

$$\Phi = D \cdot C \cdot T_{\text{зм}} \cdot \eta_p,$$

де D – кількість робочих днів у році;

C – кількість робочих змін за день;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість робочої зміни, год.;

η_p – коефіцієнт, що враховує втрати часу на ремонт обладнання.

При двозмінній роботі $\Phi = 4140$ год., при однозмінній – $\Phi = 2070$ год.

Дійсний такт (хв./шт.) розраховують за залежністю:

$$T_{\text{д}} = \frac{60 \cdot D \cdot C \cdot (T_{\text{зм}} \cdot \eta_p - T_{\text{обсл}} - T_{\text{відп}})}{N_{\text{рік}}}, \quad (2.12)$$

де $T_{\text{обсл}}$ – втрати часу протягом зміни на обслуговування робочих місць, год.;

$T_{\text{відп}}$ – втрати часу на перерви в роботі для відпочинку та природних потреб робітників протягом зміни, год.

Ритм випуску – це кількість виробів певного найменування, що випускають за одиницю часу:

номинальний ритм (шт./хв):

$$R_n = \frac{1}{T_n}; \quad (2.13)$$

дійсний ритм (шт./хв)

$$R_{\text{д}} = \frac{1}{T_{\text{д}}}. \quad (2.14)$$

Продуктивність складального робочого місця (шт./хв) – це кількість об'єктів (вузлів або виробів), що складаються на робочому місці за одиницю часу:

$$Q = \frac{t \cdot B_n}{T_{ум}}, \quad (2.15)$$

де t – робочий час, до якого віднесено продуктивність, хв;

B_n – кількість робітників, що виконують операцію на певному робочому місці;

$T_{ум}$ – штучний час виконання складальної операції, хв.

Коефіцієнт завантаження – це ступінь завантаженості продуктивною роботою:

робочого місця (посту):

$$K_{\Pi i} = \frac{T_{ум}}{T_{\partial} \cdot B_n}; \quad (2.16)$$

потокової лінії складання:

$$K_{\Pi} = \frac{1}{n_{\Pi}} \sum_{i=1}^{n_{\Pi}} K_{\Pi i}. \quad (2.17)$$

Коефіцієнт якості складального процесу:

$$K_{як.скл} = \frac{T_c + T_p + T_{ум}}{T_{скл}}, \quad (2.18)$$

де T_c – трудомісткість складальних операцій, що вимагають простого зчленування деталей;

T_p – трудомісткість операцій із регулювання складання, яке виконують переміщенням чи поворотом деталей з подальшим їх закріпленням;

$T_{ум}$ – трудомісткість операцій подібно попереднім, однак із подальшим штіфтуванням без розбирання;

$T_{скл}$ – загальна трудомісткість складання.

Чим більше коефіцієнт якості, тим вище рівень технологічного процесу.

Коефіцієнт розчленування складального процесу:

$$K_{розчл} = \frac{T_{скл.од}}{T_{скл}}, \quad (2.19)$$

де $T_{скл.од}$ – сумарна трудомісткість складання складальних одиниць.

Чим більше $K_{розчл}$, тим вище якість складального процесу.

Коефіцієнт значущості підганяльних робіт:

$$K_{np} = \frac{T_{np}}{T_{в.скл}}, \quad (2.20)$$

де T_{np} – трудомісткість підганяльних робіт;

$T_{в.скл}$ – трудомісткість власне складальних операцій.

Чим менше K_{np} , тим вище якість складального процесу.

Коефіцієнт трудомісткості слюсарно-складальних робіт визначається відношенням:

$$K_{тр} = \frac{T_{сл-скл}}{T_{мех-скл}}, \quad (2.21)$$

де $T_{сл-скл}$ – трудомісткість слюсарно-складальних робіт;

$T_{мех-скл}$ – загальна трудомісткість механоскладальних робіт для цього виробу.

2.5 Вибір засобів механізації та автоматизації складальних процесів

При складанні виробів і їх складальних одиниць для полегшення умов праці та збільшення продуктивності застосовують різні засоби механізації та автоматизації складальних робіт. Вибір цих засобів (приспосовувань і устаткування) залежить від кількості складених виробів, їх габаритів, необхідної точності розмірних і кінематичних ланцюгів і прийнятих методів досягнення точності.

Найбільшій продуктивності та точності з'єднання деталей при складанні досягають за допомогою різних механізованих інструментів, приспосовувань і складальних автоматизованих верстатів.

Механізований інструмент із електричним, пневматичним і гідравлічним приводами відрізняється універсальністю і порівняно невеликими габаритами. За принципом роботи такий інструмент розподіляють на наступні групи:

- 1) ударної дії – клепальні і рубально-карбувальні молотки, шабери, кернери, вібратори і трамбовки;
- 2) обертальної дії – свердлильні дрилі, шліфувальні машини, гайковерти, викрутки;
- 3) тиснучої дії – ножиці, пристрої для вигинання різних профілів і труб;
- 4) пістолети для фарбування, металізатори, дробометні барабани, віброшліфувальне устаткування та ін.

Пристосування, що застосовують при складанні, за призначенням розподіляють на такі види: для установки і з'єднання деталей; для кріплення базових деталей складальних одиниць; для зняття і підйому деталей; для зміни положення виробу, що складається; для виконання суто специфічних операцій, наприклад, для регулювання клапанів двигуна; контрольні пристосування; пристосування-кондуктори, що дозволяють поєднати складання із контролем взаємного положення деталей, що складаються; пристосування для випробувань та ін.

В якості підйомно-транспортного обладнання використовують мостові крани, електричні та гідравлічні підйомники із різною вантажопідйомністю і висотою підйому. Для транспортування деталей і вузлів застосовують спеціальні візки, електрокари і рольганги. Для рухомого складання застосовують конвеєри. Вони бувають стрічкові, візкові, карусельні та підвісні. Підвісні конвеєри, зазвичай, використовують при транспортуванні деталей і складальних одиниць до місця складання.

Механізація і автоматизація, які пов'язані з координуванням і закріпленням складених деталей і складальних одиниць, викликають найбільші труднощі через необхідність досягнення високої точності. Найменша похибка координування, що виходить за межі допусків, може призвести до браку або неможливості з'єднання деталей. Зазвичай, такі операції або виконують вручну, або для них проектують спеціальні пристосування. Ступінь механізації та автоматизації таких пристосувань визначається економічними міркуваннями.

Конструкції різних інструментів, пристосувань або пристроїв детально описано в різних довідково-інформаційних посібниках [6 – 9].

2.6 Нормування технологічного процесу складання

Залежно від типу виробництва нормативи часу, які застосовують для нормування складальних робіт, відрізняються за ступенем диференціації і масштабами застосування (загальномашинобудівні, галузеві й заводські).

Чим детальніше розроблений технологічний процес, тим більш точно можна здійснити його нормування.

Структура штучного часу має вигляд:

$$t_{шт} = t_o + t_{дон} + t_{обсл} + t_{відп}, \quad (2.22)$$

де t_o – основний (технологічний) час, хв;

$t_{дон}$ – допоміжний час, хв;

$t_{обсл}$ – час на обслуговування робочого місця, хв;

$t_{відп}$ – час на перерви в роботі для відпочинку та природних потреб робітників протягом зміни, хв.

Оперативний час $t_{он}$ на виконання однієї складальної операції дорівнює сумі основного часу t_o і допоміжного часу $t_{дон}$:

$$t_{он} = t_o + t_{дон}. \quad (2.23)$$

Час на обслуговування робочого місця приймається у відсотках: 2 – 5 % від оперативного часу. Перерви для відпочинку і на фізіологічні потреби приймають 2 – 3 % від оперативного часу. Із огляду на вищесказане, норму штучного часу визначають за формулою:

$$t_{ум} = t_{он} \cdot \left(1 + \frac{\beta + \gamma}{100} \right), \quad (2.24)$$

де β – відсоток від оперативного часу, відповідний часу на обслуговування робочого місця;

γ – відсоток від оперативного часу, відповідний часу на фізіологічні потреби і відпочинок.

Загальний час на складання всього виробу:

$$T_{ум} = \sum_1^m t_{ум}, \quad (2.25)$$

де m – кількість складальних операцій.

Час на складання серії (партії) виробів:

$$T_{II} = T_{ум} \cdot n + T_{н.з}. \quad (2.26)$$

Штучно-калькуляційний час на один виріб:

$$T_{ум-к} = T_{ум} + \frac{T_{н.з}}{n}, \quad (2.27)$$

де n – кількість виробів в серії (партії);

$T_{н.з}$ – підготовчо-заклучний час на всю партію виробів, хв.

При проектуванні технологічних процесів (особливо одиничного і дрібносерійного виробництва) нормування складальних робіт зазвичай виконують безпосередньо з практичних даних передових заводів, що випускають аналогічні вироби, причому ці дані коригують з урахуванням застосування більш досконалих технологічних методів і поліпшення організаційних форм виробництва. В умовах великосерійного і масового виробництва при нормуванні широко використовують хронометраж і фотографії робочого дня.

У технологічному процесі складної машини може бути чимала кількість операцій. Наприклад, процес складання гусеничного трактора складається з 600 операцій. Розрахунок технічно обґрунтованих норм часу при підготовці виробництва таких виробів звичайними методами вимагає значних витрат часу. Тому у ряді виробництв з цією метою застосовують спеціальні комп'ютерні програми.

2.7 Проектування типових і групових технологічних процесів складання

Розроблення технології нових виробів, що підлягають освоєнню, можна значно спростити шляхом використання відповідних типових технологічних процесів. Відомо, що зміст технології для багатьох однотипних з'єднань і СО за суттю однаковий. До однотипних можна віднести операції: запресування підшипників кочення на вали; установка підшипників в корпус; запресування в охоплювальну деталь втулок, пальців, вісей; установка і закріплення на валах зубчастих коліс, шківів, маховиків; установка валів в підшипники, складання різних типів різьбових і клепаных з'єднань та ін. Дослідження показують, що більшість складальних операцій, які виконують, відносяться до типових. Тільки 6 % в масовому і приблизно 20 % складальних операцій в серійному виробництві є спеціальні, які не повторюються. Узагальнення типових процесів, відокремлення з їх великої групи найбільш прогресивних технологічних рішень щодо тої чи іншої групи з'єднань є типізацію технологічних процесів.

Розроблення типових технологічних процесів для різних класифікаційних груп з'єднань і складальних одиниць, в основі яких є узагальнення передового досвіду в масштабі цілої галузі машинобудування, дозволяє створити більш раціональну технологію. Використання цієї типової технології на заводах при розробленні конкретних процесів на нові вироби дозволить не тільки скоротити цикл підготовки виробництва та знизити витрати, а й створити високоякісний і економічний процес.

Основою спеціалізації є раціональна класифікація з'єднань і складальних одиниць на основі спільності їх конструктивних і технологічних ознак. Типові технологічні процеси складання включають класифікацію складальних виробів, складальних одиниць і з'єднань із урахуванням їх конструктивних особливостей в умовах певної галузі машинобудування.

Із кожного типу складальних одиниць, а також виду складальних робіт (клепання, пайка, різьбові з'єднання), застосовуваних матеріалів, габаритних розмірів та інших конструктивних факторів виділяють найбільш розвинений

типовий представник (один або кілька), для якого і розробляють типові технологічні процеси із зазначенням застосовуваного обладнання та оснащення, а також норм часу на виконання складальних операцій в різних умовах. Чималий економічний ефект може бути досягнутий при використанні на складанні у дрібносерійному виробництві раціональних методів великосерійного виробництва шляхом впровадження групових технологічних процесів.

Основною особливістю групової технології складання є її універсальність і придатність для складання не одного, а декількох виробів, які мають спільні конструктивні та технологічні елементи. Така технологія є розвитком для умов складання методу групових технологічних процесів обробки деталей, запропонованого професором С.П. Мітрофановим. Застосування групового методу складання дозволяє значно скоротити об'єм технологічної підготовки виробництва, особливо при великій номенклатурі виробів, які складаються; створює сприятливі умови для широкого впровадження механізації, скорочення трудомісткості та вартості складальних робіт.

Основні етапи розробки групових технологічних процесів такі:

- 1) розподіл усіх виробів, що випускаються підприємством, на групи за ознаками їх конструктивної і технологічної одноманітності;
- 2) виділення у кожній групі комплексного виробу найбільш складного в складанні, що має максимальну кількість конструктивно-складальних одиниць;
- 3) розчленування комплексного виробу на складальні одиниці;
- 4) розроблення комплексної технологічної схеми складання;
- 5) розроблення групових технологічних карт на складання цих складальних одиниць;
- 6) розроблення групового технологічного процесу загального складання виробу.

Операції групової обробки можуть бути у ряді випадків механізовані й, навіть, автоматизовані шляхом застосування пристроїв, оснащених револьверними головками і швидкозмінними налагодженнями.

2.8 Особливості проектування технологічних процесів складання в автоматизованому виробництві

Автоматизація складання підвищує якість виробів, оскільки вплив суб'єктивного фактора частково або повністю усувається; збільшує продуктивність праці (іноді в десятки разів); зменшує собівартість складальних робіт; вивільняє робітників; полегшує і оздоровлює умови праці; зменшує виробничі

площі (особливо при складанні малогабаритних виробів); знижує травматизм. На автоматах можна збирати вироби, складання яких вручну неможливо (наприклад, складання у вакуумі виробів електронної промисловості; в умовах токсичного, вибухонебезпечного середовища або високої температури, складання мініатюрних виробів).

Перешкодою у розвитку автоматизації складальних робіт є технологічне невідпрацювання конструкцій виробів, що складаються, недостатня уніфікація деталей і складальних одиниць, недолік або відсутність типового автоматичного складального спеціалізованого або переналагоджуваного обладнання, недостатньо висока якість деталей виробів, які складаються, незабезпеченість технологів і конструкторів необхідними нормативами, розрахунковими та довідковими матеріалами, а також обмежена кількість добре перевічених на виробництві типових рішень.

Розглянемо деякі особливості проектування автоматичного складання. Перш за все вони стосуються ретельного відпрацювання конструкцій об'єктів складання на технологічність. Конструкція виробу повинна бути такою, щоб експлуатаційні якості машини, які залежать від складання, були досяжні застосуванням найбільш економічного технологічного процесу складання.

Технологічний процес автоматичного складання суттєво відрізняється від технологічного процесу ручного і механізованого складання. Якщо при ручному складанні невеликих виробів часто потрібні тільки найпростіші інструменти, то при автоматичному складанні тих самих виробів необхідний комплекс автоматичних пристроїв, які надійно виконують всі переходи складання. Так, для виконання складання виробу на автоматичному складальному пристрої необхідно мати:

- 1) бункерно-орієнтовані пристрої для деталей;
- 2) касети, що завантажуються складними деталями в попередньо орієнтованому вигляді;
- 3) накопичувачі, що створюють запас деталей в орієнтованому вигляді й вирівнюють продуктивність бункерно-орієнтованих пристроїв;
- 4) живильники, що забезпечують передачу деталей із накопичувача до відсікача;
- 5) відсікачі, що забезпечують поштучну видачу деталей на складальну позицію автомата;
- 6) пристрої для скріплення деталей, що з'єднуються, запресуванням, розвальцюванням, склеюванням, загвинчуванням та іншими методами;
- 7) пристрої, що виконують спеціальні функції (обдування, змащення та ін.);

8) пристрої, що контролюють правильність виконуваних з'єднань;

9) механізми для видалення складеного виробу з автомата в тару або на транспортер для передачі на наступний автомат без втрати або зі зміною орієнтації.

Складні базові деталі виробу, що збирається, встановлюють на складальній позиції вручну або автооператором з магазину (з транспортера) з подальшим її закріпленням (якщо необхідно) і відкріплення в кінці складання. Перерахований перелік необхідних пристроїв і механізмів, які в переважній більшості приймаються в конструкції будь-якого складального автомата, свідчить про необхідність ретельного розроблення технологічних операцій за всіма переходами. Практично структуру кожної технологічної операції відпрацьовують і коригують у процесі проектування автомата. При цьому не виключено можливість, що в процесі проектування автомата виникне необхідність додаткової технологічної доробки конструкцій як деталей, що збираються, так і всієї складальної одиниці. Проектування автомата супроводжується цілою низкою розрахунків: часових, точнісних, міцнісних і розрахунків на надійність.

Автоматичне складання обумовлює необхідність точного і якісного виготовлення деталей, які складають, його виконують за принципом повної і, рідше, часткової взаємозамінності. Воно виключає підганяння і підбір деталей. Неточно виготовлені й неякісно очищені деталі зупиняють складальний автомат. Якщо кількість деталей у виробі велике, то ймовірність відмови автомата через низьку якість деталей зростає, що суттєво знижує продуктивність автоматичного складання. Практика показує, що близько 80 % відмов у роботі складальних автоматів пов'язані з неякісним виготовленням деталей. Відмови самого обладнання з причин його розрегулювання, зносу і конструктивної недосконалості достатньо рідкісні.

За умов автоматичного складання особливого значення набуває такт процесу складання на потоці, в якій повинна вкладатися тривалість виконання автоматичної складальної позиції.

Тривалість складальної позиції:

$$t_{\text{скл.поз}} = t_{\text{П}} + t_{\text{ор}} + t_{\text{скл}} + t_{\text{П.с}}, \quad (2.28)$$

де $t_{\text{П}}$ – час переміщення деталей, що складаються, до складальної позиції, хв;

$t_{\text{ор}}$ – час орієнтації деталей, хв;

$t_{\text{скл}}$ – час складання деталей, хв;

$t_{\text{П.с}}$ – час переміщення складених деталей на наступну складальну позицію, хв.

Складова t_{II} визначається відношенням:

$$t_{II} = \frac{l}{V_{дет}}, \quad (2.29)$$

де l – довжина ділянки від лотка магазина до складальної позиції, м;

$V_{дет}$ – швидкість переміщення деталей, що складаються, або швидкість переміщення механізму, що подає деталі, м/хв.

Аналогічно визначається складова $t_{II.c}$.

Час $t_{оп}$ на орієнтацію знаходять за формулою:

$$t_{оп} = \frac{l_M}{V_M}, \quad (2.30)$$

де l_M – довжина робочого ходу орієнтуючих механізмів, м;

V_M – швидкість руху механізмів, м/хв.

Час $t_{скл}$, необхідний для виконання з'єднання в складальному об'єкті, визначається характером з'єднання. При з'єднанні деталей, що входять одна в другу вільно (із зазором) під дією власної ваги,

$$t_{скл} = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad (2.31)$$

де h – висота падіння деталі, м;

g – прискорення сили тяжіння (в технічних розрахунках приймають $9,81 \text{ м/с}^2$).

Якщо з'єднання здійснюється із натягом під пресом, то

$$t_c = \frac{1}{n_{нд.х}}, \quad (2.32)$$

де $n_{нд.х}$ – число подвійних ходів преса за хвилину.

Час, необхідний на створення пари гвинтового з'єднання:

$$t_c = \frac{l_p}{n \cdot s}, \quad (2.33)$$

де l_p – довжина нарізного з'єднання (загвинчування), мм;

n – частота обертання деталі, яку загвинчують, об./хв;

s – крок різьблення, мм.

Таким чином, тривалість автоматичної складальної позиції визначається швидкостями переміщення різних механізмів, які використовують у автоматичному складальному процесі.

Завершує проектування операції автоматизованого складання розрахунків і складання циклограми операції. При розробці циклограми в швидкості переміщення механізмів нелімітуючих позицій можна вносити корективи в бажаному для проектувальника напрямі, оскільки продуктивність автомата в цілому залежить тільки від тривалості циклу лімітуючої позиції. Якщо автоматична лінія з'єднання складається з декількох послідовно працюючих складальних автоматів, то розробляють циклограму роботи усієї лінії. Продуктивність такої лінії визначають продуктивністю лімітуючого за часом автомата, який повинен забезпечити необхідний такт випуску виробів. У цьому випадку продуктивність нелімітуючих автоматів може бути відкоригована в бажаному напрямі з метою підвищення надійності роботи всієї лінії.

Розроблений технологічний процес автоматичного складання і встановлені розрахункові умови виконання складальних операцій дозволяють сформулювати технічне завдання на конструювання спеціального складального обладнання. Технічне завдання повинно також розроблятися на конструювання складальних пристосувань та інструментів, оскільки в умовах автоматизованого виробництва вони в більшості випадків є пристроями спеціального типу і призначення. Це, однак, не означає, що за автоматизованого складання не можуть застосовуватися стандартні й нормалізовані інструменти і пристосування.

2.9 Розроблення технологічного процесу автоматичного складання

Розроблення технологічного процесу автоматичного складання виконується в такій послідовності:

- вивчення відомостей про якість виробів, діючі технології виготовлення деталей та їх контроль;
- виявлення операцій, які найбільше впливають на якість виробів, що складаються;
- вивчення видів з'єднань і режимів складання, конструкторських баз, умов орієнтації і подачі елементів на позицію складання;
- економічне оцінювання;
- прийняття попереднього рішення про можливість автоматичного складання виробів;
- виявлення оптимального ступеня розчленування виробу та визначення можливих заходів підвищення технологічності його конструкції для умов автоматичного складання;
- вибір методу автоматичного складання з'єднань;

– розробка технологічних варіантів схем складання, які містять відомості про доцільність і можливість концентрації та диференціювання операції, а також варіантів схем базування деталей та їх закріплення;

– вибір завантажувальних і орієнтувальних пристроїв, механізмів контролю, складальних головок, транспортуючих пристроїв та ін.

На основі техніко-економічного аналізу можливих варіантів здійснюють вибір найбільш раціонального варіанту технологічного процесу складання.

Типовий процес автоматичного складання виробу складається з переходів:

– завантаження деталей в бункерні завантажувальні або транспортуючі пристрої з їх попередньою орієнтацією при видачі на складальні позиції через лотки і відсікачі;

– орієнтація у просторі з необхідною точністю положення поверхонь деталей на складальній позиції: з'єднання і фіксація з'єднаних деталей або складальної одиниці;

– контроль необхідної точності відносного положення з'єднаних деталей або складальної одиниці; розвантаження і транспортування готової складальної одиниці.

При проектуванні технологічного процесу автоматичного складання передбачають необхідність автоматизації всіх переходів технологічної операції, забезпечення найменшої кількості змін положення деталей у процесі складання, побудови технологічного процесу за поточним принципом і чергування складальних операцій і переходів з контрольними.

Технологічний процес починається з подачі деталей на складальну позицію в заданому положенні; для цього використовують відповідні орієнтуючі пристрої пасивної і активної орієнтації. У першому випадку неправильно орієнтовані деталі скидаються з лотка вібраційного бункера. При активному орієнтуванні спеціальні пристрої в механізмах живлення примусово встановлюють деталі в правильне положення, що вимагає витрат деякого часу, протягом якого перед пристроєм орієнтації утворюється черга деталей, які подаються.

Установка базових деталей на складальній позиції здійснюється відповідно до правила шести точок із суворим врахуванням необхідності забезпечення стабільності з'єднувальних поверхонь при коливанні розмірів деталей в межах встановлених допусків. У ряді випадків установка здійснюється в два етапи: попередня установка та орієнтація і остаточна фіксація.

Розроблення технологічного процесу автоматичного складання повинне бути детальним з побудовою відповідної схеми складання. Кожна операція процесу, зображена на технологічній схемі складання, визначає вид робочої

позиції обладнання. Технологічна схема з відповідними характеристиками окремих операцій і переходів є основою для проектування автоматичного складального обладнання. На схемі складання (рис. 2.7) з'єднувальні деталі і складальні одиниці зображені прямокутниками, а операції – колами з послідовною нумерацією.

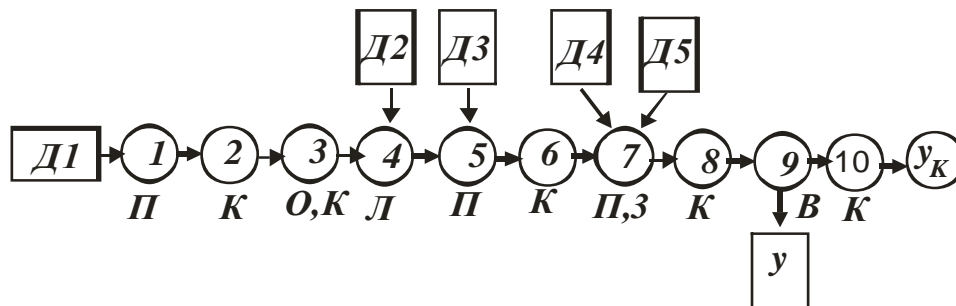


Рисунок 2.7 – Технологічна схема автоматичного вузлового складання

Операції, що визначають позиції складального обладнання, на схемі позначені буквами: П – подача і установка деталі; К – контроль; О – обробка; З – закріплення; Ук – видача з'єданого вузла; У – видалення неякісних вузлів.

Тривалість кожної операції визначається з урахуванням конструкції з'єднання, характеру сполучення, траєкторії і швидкості робочого руху виконавчих органів складального обладнання.

При проектуванні технологічного процесу автоматичного складання спочатку розробляють диференційований варіант. При цьому для кожної операції визначають вид виконавчого механізму і тривалість виконання кожної операції. Далі розглядають можливість концентрації операцій з метою зменшення робочих позицій автоматичного обладнання. При концентрації операцій необхідно враховувати, що це може призвести до зайвого ускладнення конструкції обладнання, зниження надійності його роботи, а також ускладнити налагодження та експлуатацію складальної установки.

Наявність типових процесів дозволяє виконати компоновку обладнання таким чином, що за мінімального переналагодження на одному автоматі будуть складатися послідовно групи вузлів різної, однак принципово схожої конструкції. В цьому випадку базові деталі складальних одиниць, що з'єднуються, встановлюють у переналагоджувані пристосування, якими оснащено автомат.

Найбільш складним і відповідальним переходом при автоматичному складанні є взаємна орієнтація деталей на складальній позиції. При цьому деталі повинні розташовуватися одна відносно одної так, щоб можна було безперешкодно з'єднати подальшим рухом. До способів орієнтації пред'являють

вимоги, щоб коливання розмірів деталей в межах їх допусків практично не позначалися на положенні деталей. Існують два методи реалізації відносного орієнтування деталей перед складанням: жорстке базування і самоорієнтація.

Приклад жорсткого базування деталей при сполученні валика з втулкою наведено на рис. 2.8. Втулка подається знизу, а валик – зверху (рис. 2.8, а). Втулка має зовнішній діаметр D з допуском T_H ; величина діаметра може коливатися в межах від D_M до $D_б$ (рис. 2.8, б), і внутрішній діаметр d_o з допуском T_B , який може коливатися від $d_{o.M}$ до $d_{o.б}$. Крім того, отвір можна розташувати ексцентрично відносно зовнішньої поверхні на величину e . Плоскі нерухомі упори для втулки і валика можна розташовувати як з протилежних сторін складальної позиції (рис. 2.8, в), так і з одного боку (рис. 2.8, г). Останній спосіб розташування упорів менш зручний для розміщення підвідних лотків.

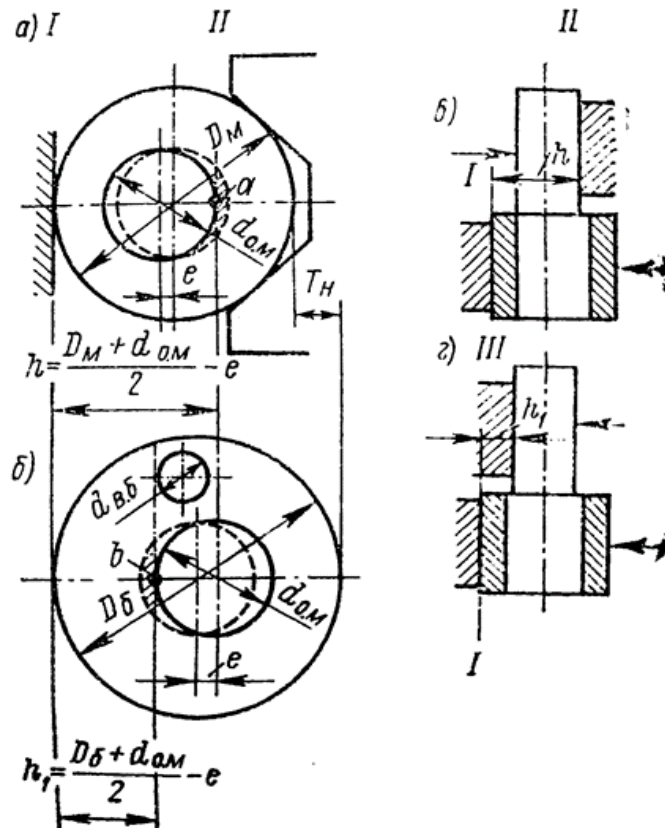


Рисунок 2.8 – Жорстке базування при автоматичному складанні валика і втулки: I – жорстке базування втулки зліва; II – жорстке базування втулки справа; III – жорстке базування валика зліва

Ліве граничне положення крайньої правої точки a отвору втулки буде тоді, коли втулка має найменший зовнішній діаметр D_M , отвір у втулці має найменший діаметр $d_{o.M}$ і найбільший ексцентриситет e розташовується на горизонтальній вісі ліворуч від вісі втулки (рис. 2.8, а). За цих умов відстань від

нерухомого плоского упору для втулки до крайньої правої точки a отвору визначається залежністю:

$$h = \frac{D_m + d_{o.m}}{2} - e. \quad (2.34)$$

Очевидно, що при розташуванні упорів з протилежних сторін упор валиків повинен бути встановлений на відстані h від упору для втулок. Коли упор розміщений праворуч від точки a , валик при опусканні може зустріти край втулки. Праве граничне положення лівої точки отвору втулки буде тоді, коли втулка має найбільший зовнішній діаметр $D_{\bar{o}}$, отвір у втулці має найменший розмір $d_{o.m}$ і найбільший ексцентриситет e розташовується по горизонтальній вісі праворуч від вісі втулки (рис. 2.8, б). Тоді відстань від нерухомого плоского упору для втулки до крайньої лівої точки b отвору визначається залежністю:

$$h_1 = \frac{D_{\bar{o}} + d_{o.m}}{2} + e. \quad (2.35)$$

При розташуванні упорів з одного боку відстань між ними має дорівнювати h_1 (рис. 2.8, г).

Якщо валик має зовнішній діаметр $d_{\bar{o},\bar{b}}$, що не перевищує величини $a-b$ (рис. 2.8, а, б), і при розташуванні упорів на відстанях, знайдених за залежностями (2.34) і (3.35), з'єднання валика з втулкою гарантовано.

При цьому найменший гарантований зазор з'єднання визначається за залежністю:

$$\Delta_{min} = d_{o.m} - d_{\bar{o},\bar{b}} \geq \frac{T_n}{2} + 2e. \quad (2.36)$$

Якщо допуски на розміри деталей, що з'єднуються, не задовольняють умові (2.36), то для здійснення автоматичного складання на деталях, що з'єднуються, необхідно передбачити фаски, величина яких c визначається за тією самою залежністю (2.36), тобто, $c = \frac{T_n}{2} + 2e$.

Дуже відповідальною є взаємна орієнтація деталей гвинтових з'єднань, оскільки в умовах автоматичного складання при використанні механізованих загвинчуваних пристроїв в разі перенесення деталей можливим є зривання різьби.

Приклад взаємної орієнтації деталей гвинтового з'єднання зображено на рис. 2.9. Гвинт знаходиться в орієнтуючому пристрої, а гайка центрується на складальній позиції встановленим підпружиненим фіксатором. Орієнтуючий

пристрій і центруючий фіксатор з певною точністю центруються один відносно одного.

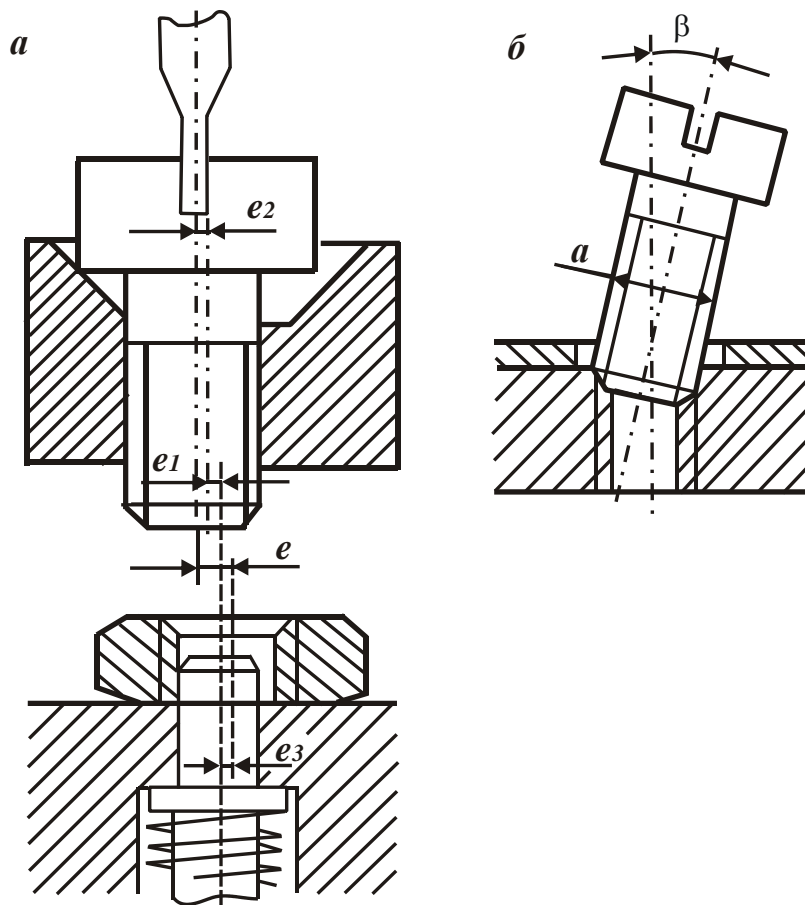


Рисунок 2.9 – Автоматичне складання гвинтового з'єднання

Зсув e різбових деталей, що з'єднуються, визначається на підставі розрахунку розмірного ланцюга похибок базування (рис. 2.9, а):

$$e = e_1 + e_2 + e_3, \quad (2.37)$$

де e_1 – похибка розташування вісей відносно базуючого та орієнтуючого елементів, яка допущена при виготовленні складальної установки;

e_2 – найбільше зміщення вісі гвинта відносно вісі орієнтуючого пристрою

$$(e_2 = \frac{T_{зв}}{2} + \frac{\Delta_{зв}}{2} + \frac{T_{op}}{2});$$

e_3 – найбільше зміщення вісі гайки відносно вісі установочного пальця

$$(e_3 = \frac{T_z}{2} + \frac{\Delta_z}{2} + \frac{T_\phi}{2}).$$

Позначення в формулах: T_{ze} – допуск на обробку зовнішньої поверхні гвинта; Δ_{ze} – гарантований зазор між орієнтуючим пристроєм і гвинтом; T_{op} – допуск на обробку отвору орієнтуючого пристрою; Δ_2 – гарантований зазор між отвором гайки і установочним пальцем; T_2 – допуск на обробку отвору гайки; T_ϕ – допуск на виготовлення фіксатора.

Максимально допустиме паралельне зміщення вісей різбових поверхонь деталей, що з'єднуються, при якому можливе з'єднання деталей, визначають: $e_1 + e_2 + e_3 \leq 0,325 \cdot s$, де s – крок різби. При наявності на гвинтових поверхнях, що з'єднуються, фасок паралельне зміщення може бути допущено декілька більшої величини.

Крім паралельного зсуву при автоматичному складанні різбових з'єднань може статися перекіс вісей (рис. 2.9, б), коли перший виток гвинта потрапляє в канавку гайки через крок і відбувається заїдання та зривання різби. Значення кута перекосу гвинта β в цьому граничному випадку може бути визначено за залежністю:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{0,5s}{d}, \quad (2.38)$$

де d – зовнішній діаметр різби.

Автоматичне складання здійснюється на складальних установках, які застосовують, головним чином, для складання порівняно невеликих вузлів у великосерійному і масовому виробництвах.

До основних вузлів автоматичного складального обладнання відносять:

- 1) завантажувальні бункери або магазинні пристрої, що містять запас деталей, що з'єднуються;
- 2) орієнтуючі пристрої, що подають деталі в орієнтованому положенні на складальну позицію;
- 3) механізми живлення, які подають орієнтовані деталі на складальну позицію;
- 4) складальні позиції, які приймають орієнтовані деталі від механізмів живлення та утримують їх в певному положенні до здійснення складання;
- 5) механізми для створення пари і закріплення з'єднань (преси, гвинтові верти, складальні та інші подібні пристрої). Якщо складання багатопозиційне, то до складу установки входить ще механізм міжопераційного транспортування у вигляді поворотного столу (складальні автомати) або транспортера (автоматичні складальні лінії).

При селективному складанні до складу складальної установки входить також контрольно-сортувальний автомат для вимірювання і сортування на розмірні групи однієї або декількох деталей до початку складання вузла.

Деталі простої конфігурації (шайби, диски, валики, втулки, ковпачки тощо) дрібних і середніх розмірів подаються на складальну позицію з бункера, в який їх засипають у кількості, необхідній для роботи на декілька годин. Більш складні деталі завантажують у магазини. Великі й складні деталі (корпуси, картери) встановлюють на складальну позицію вручну. При цьому особливу увагу приділяють контролю установки деталей у вихідних кінцевих положеннях.

На відміну від автоматичних ліній механічної обробки в автоматичних складальних лініях не передбачено створення запасів продукції між окремими складальними позиціями, оскільки складальний інструмент не вимагає частотої зміни і регулювання.

Вибір типу складального обладнання значною мірою залежить від конструкції вузла, що складається, річного випуску виробів і стабільності їх виробництва. Далі наведено значення річного випуску виробів в тисячах штук при використанні різних типів складального обладнання.

Складальні пристосування, механізований інструмент (гайковерти, гвинтоверти і т.п.)	до 20
Складальні пристрої з механізованою подачею деталей до місця складання	20 – 100
Однопозиційні напівавтомати	100 – 200
Багатопозиційні напівавтомати і автомати	200 – 1000
Автоматичні складальні лінії	більше 1000

Багатопозиційні складальні напівавтомати і автомати застосовують для складання вузлів середньої складності з кількістю складальних позицій не більше восьми.

Для забезпечення економічної ефективності автоматизації складання необхідно забезпечити стабільність випуску виробів не менш, ніж впродовж двох років.

Розвиток робіт з автоматизації складання значною мірою стримується необхідністю індивідуального проектування і виготовлення великої кількості спеціального обладнання. Це призводить до подовження термінів і збільшення вартості підготовки засобів автоматизації при недостатній надійності їх роботи. Одночасно при цьому ускладнюється вирішення важливої проблеми поєд-

нання автоматизації з гнучкістю автоматичних засобів в умовах переходу на новий виріб, що особливо важливо для серійного виробництва. Основним способом подолання цих труднощів є широке впровадження агрегування і нормалізації елементів автоматичних пристроїв з їх централізованим виготовленням на спеціальних підприємствах, із забезпеченням можливості багаторазового використання цих елементів для створення переналаджуваних автоматичних складальних ліній. Досвід показує, що метод компонування складального автоматичного обладнання з типових і нормалізованих вузлів в два-три рази скорочує терміни проектування і виготовлення складальних установок у порівнянні з термінами створення спеціального складального обладнання.

2.10 Оцінювання ефективності технологічного процесу складання

Оцінювання різних варіантів технологічного процесу складання виконують за абсолютними і відносними показниками. До абсолютних показників відносяться трудомісткість і собівартість виконання складального процесу, до відносних показників – такі показники:

1) Коефіцієнт трудомісткості складального процесу φ :

$$\varphi = \frac{T_{скл}}{T_m}, \quad (2.39)$$

де $T_{скл}$ – трудомісткість складання складальної одиниці або виробу;

T_m – сумарна трудомісткість обробки всіх деталей тієї самої складальної одиниці або виробу.

Значення коефіцієнта φ для різних виробництв коливається від 0,1 до 0,5. Менші його значення свідчать про високу якість технологічних процесів обробки комплектуючих деталей, що забезпечують високопродуктивне складання виробу.

2) Коефіцієнти завантаження робочих місць η_z і потокової лінії $\eta_{z.l}$ визначають за залежностями:

$$\eta_z = \frac{t_{ум}}{t_0 \cdot B}; \quad (2.40)$$

$$\eta_{z.l} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_z, \quad (2.41)$$

де $t_{ум}$ – штучний час складальної операції, хв;
 t_0 – дійсний такт складання, хв;
 B – кількість робітників на складальному місці;
 n – кількість робочих місць.

Прийнятне значення коефіцієнта завантаження знаходиться в межах 0,9 – 0,95.

3) Коефіцієнт якості складального процесу $K_{як.скл}$:

$$K_{як.скл} = \frac{T_{н.скл}}{T_{скл}}, \quad (2.42)$$

де $T_{н.скл}$ – трудомісткість операцій нормального складального процесу, до якого відносяться всі операції з простого зчленування деталей (звинчування, установка на місце та ін.) і регулювання з'єднання (переміщення або поверт деталі з подальшим закріпленням зі штифтовкою або без неї) за винятком пригоняння, розбирання і повторного складання.

Більше значення коефіцієнта $K_{як.скл}$ відповідає більш високому рівню технологічного процесу складання. Для ідеального випадка $K_{як.скл} = 1$.

4) Для виробів, що складаються зі складальних одиниць, визначається коефіцієнт розчленування складального процесу $K_{розчл}$:

$$K_{розчл} = \frac{T_{скл.вузл}}{T_{скл}}, \quad (2.43)$$

де $T_{скл.вузл}$ – сумарна трудомісткість вузлового складання.

Важливе значення коефіцієнта $K_{розчл}$ свідчить про більш повне розділення виробу на конструктивно-складальні одиниці, що, зазвичай, приводить до здешевлення складання.

5) Показники рівня механізації та автоматизації живої праці d_τ і процесу d_Π визначаються:

$$d_\tau = \frac{T_{м.авт}}{T_{скл}}; \quad (2.44)$$

$$d_\Pi = \frac{T_{м.авт} + T_{м.ручн}}{T_{скл}}, \quad (2.45)$$

де $T_{м.авт}$ – сума машинного часу при автоматизації, який не перекривається ручним складанням, що витрачається на всіх стадіях процесу складання;

$T_{м.ручн}$ – сума машинного часу при автоматизації, що перекривається ручним складанням.

Категорії механізації та автоматизації технологічних процесів в залежності від показників рівня встановлені ГОСТ 14.309-89.

2.11 Організація і планування ділянки складання

1. Організація спеціалізованої потокової лінії складання. Принцип організації – розташування складальних постів (станцій) у послідовності виконання загального складання (рис. 2.10).

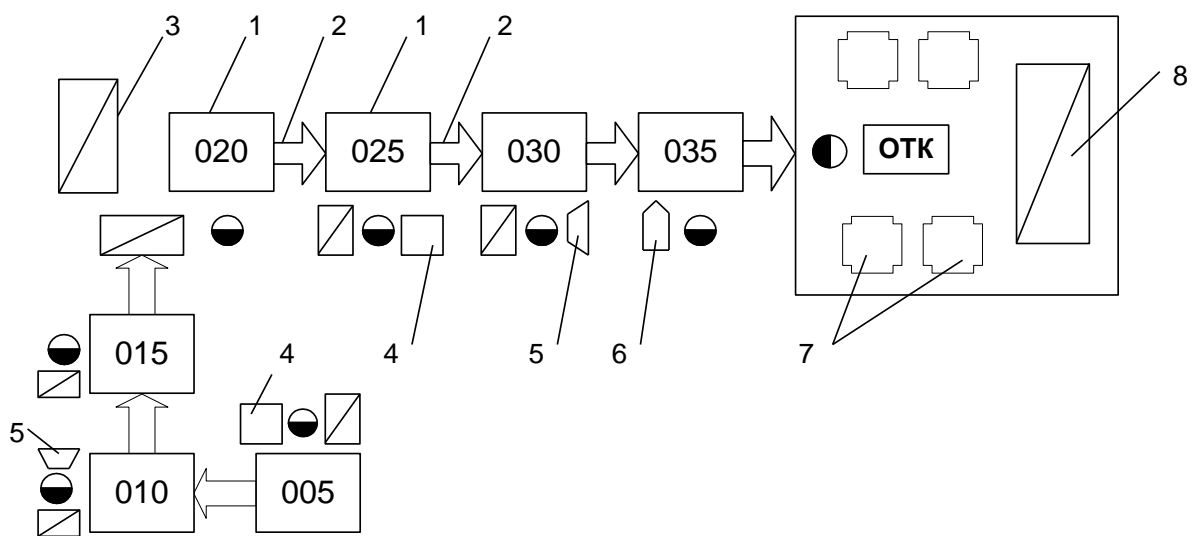


Рисунок 2.10 – Схема організації спеціалізованої потокової лінії складання:

1 – складальні позиції (верстати, пости); 2 – засоби міжопераційного транспорту (конвеєр, склиз, скат або ручна передача); 3 – місця зберігання комплектуючих елементів (стелажі); 4 – прес; 5 – контрольно-регулювальна апаратура; 6 – маслозаправна станція; 7 – випробувальні стенди;
8 – майданчик (склад, накопичувач) готової продукції

2. Організація багатонаменклатурної потокової лінії складання. Лінію організують, коли окремий τ_B менше трудомісткості загального складання. Принцип організації такої лінії подібний наведеному раніше, проте оскільки на лінії складаються вироби не одного, а декількох найменувань, можливо включення додаткових постів як загального, так і вузлового складання, які не задіяні при складанні нашого n -го найменування, зате використовуються при складанні виробів інших найменувань.

3. Організація ділянки (не лінії) непотокового складання. Корінна відмінність такої ділянки – наявність центрального комплектуючого складу (ЦКС), на який виріб повертається після виконання кожної чергової операції (рис. 2.11).

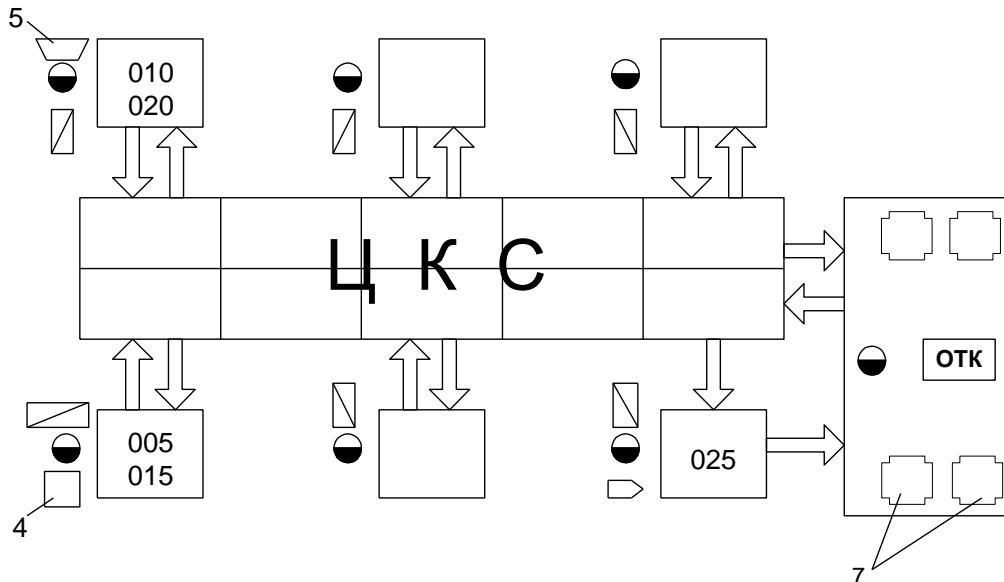


Рисунок 2.11 – Схема ділянки непотокового складання

4. Організація робочого місця складальника. Сформована складальна операція визначає витрати часу на виконання робіт, їх склад та зміст. Це є основою для організації робочого місця, на якому ця операція буде виконуватися.

Організація робочого місця суттєво впливає на продуктивність праці. Раціональна організація робочого місця створює зручність і полегшує виконання робіт, зменшує фізичне напруження і знижує стомленість складальників.

Організація робочого місця включає раціональне розташування та зручну для виконання технологічних робіт конструкцію столів і верстатів, що забезпечує скорочення шляхів і число рухів складальника, раціональне розміщення засобів оснащення (обладнання, пристосувань, завантажувальних пристроїв і робочого інструмента), деталей, що з'єднуються, виробу, що збирається, сприятливе висвітлення і забарвлення довкілля, раціональний режим праці та ін.

Необхідне дотримання норм безпеки при розміщенні всіх засобів виробництва.

Найбільш зручні верстати (столи) для одного і двох складальників. Одномісні столи мають розміри 2,0×0,8 м, двомісні – (2,2 ... 2,4)×(0,8 ... 0,9) м. На верстатах розміщують технологічне оснащення.

Для складання виробів середніх розмірів використовують стіл з висувними ящиками для робочого інструменту, а на ньому, зазвичай, встановлюють тару – магазини для приєднувальних деталей, поруч на підставках розміщують готові комплекти, підвузли і великі базові деталі: корпуси і кришки виробів, які складаються.

Дрібні вироби машинобудування складають на робочих столах, оснащених магазинами для зберігання деталей, що складаються, пресом і підвісним гайковертом. Поруч розміщують підйомники для важких деталей [1, 14].

Для зниження інтенсивності виконання робіт і стомлюваності складальників доцільно деталі разом з магазинами подавати безпосередньо до складальника. Це особливо необхідно для серійного складання, коли потрібно переналагодження на складання інших об'єктів. Пристосування з базовими деталями і набір магазинів з приєднувальними деталями для складання кожного об'єкта розміщують на поворотному столі і диску. Зазвичай, кількість базових пристосувань 12 або 24, в кожному з них можна розмістити складальні вироби з габаритними розмірами 100×200×100 мм. Повороти стола і диска можуть здійснюватися періодично незалежно один від одного. Спочатку подають одна за одною перші деталі з магазину сегментної форми послідовно в усі пристосування з базовими деталями. Потім в такій самій послідовності подають другі й всі наступні деталі, які приєднуються. Витрати часу на складання мінімальні, оскільки відстань між магазином і базовою деталлю не перевищує 100 – 150 мм. Загальна маса приєднувальних деталей в магазинах – до 85 кг.

Поруч з поворотним столом можуть розміщуватися засоби технічного оснащення для виконання різних складальних операцій із застосуванням пресів, гайковертів, стаціонарних та інших технічних засобів для загвинчування гвинтів, гайок, клепання, згинання, запресовування і виконання інших операцій. У цих випадках базові деталі розміщують на плаваючих пристроях для забезпечення їх точного позиціонування відносно технологічних засобів [1].

На одному робочому місці складальник може складати три або чотири комплекти і потім монтувати їх в підузол, вузол і навіть у виріб. На цьому самому місці можна виконувати контрольні вимірювання. Витрати часу на поворот столу від однієї позиції до іншої 1 – 1,5 с. Діаметр стола до 1000 мм.

При компонованні робочого місця враховують ергономічні вимоги з метою створення оптимальних умов праці. Бажано, щоб робочий інструмент розташовувався на висоті (від підлоги) 102 – 153 см, а по горизонталі – на відстані близько 38 см від складальника. При деяких видах робіт потрібна підвищена освітленість виробничого приміщення і робочої зони. Не слід допускати низь-

ку інтенсивність освітлення в діапазоні 0 – 30° через відбиття світла від поверхонь об'єкта на робочому місці. Краще застосовувати денне освітлення. Шум і вібрації повинні бути мінімальними, а мікроклімат – сприятливим, температура повітря повинна наближатися до 20 °С.

2.12 Технічний контроль якості складання

Здатність машини виконувати певні функції, що характеризуються сукупністю встановлених для неї технічних, технологічних, естетичних і економічних показників, визначає рівень її якості. У числі цих показників можуть бути продуктивність, металоємність, енергоємність, трудомісткість виготовлення, технологічність обслуговування та ремонту, довговічність, надійність, собівартість та ін.

Якість – це поняття комплексне. Воно поширюється не тільки на машину – виріб, але й одночасно на всі агрегати, СО та деталі цієї машини.

Складання виробу є останньою стадією технологічного процесу, коли некондиційну деталь або СО, що будь-яким чином потрапили в складальний цех, ще можна виявити й вилучити. Це дозволить запобігти випуску неякісної продукції.

На якість складання може впливати велика кількість факторів, в тому числі багато таких, що не мають прямого відношення до складального процесу. Наприклад, складання СО, основною деталлю в якій є литий корпус складної форми. Як відомо, якщо вилиток цього корпусу після грубої механічної обробки не піддати термічній обробці, то внаслідок внутрішніх напружень корпус може деформуватися. Якщо деформація відбудеться після складання СО, то виникне порушення складання інших деталей, й, як наслідок, зниження якості складання.

Таким чином, відступ від ТП обробки деталі на одній з перших її стадій викликає порушення якості остаточно складеного виробу, коли вже завершений весь виробничий процес.

Похибки складання за характером їх прояву можуть бути випадковими, якщо їх виникнення зумовлюється невизначеними причинами, які важко врахувати, і періодичними, залежними від причин, які піддаються урахуванню.

Відповідно, випадкові й періодичні похибки можна розподілити, залежно від характеру виявлених при складанні порушень технічних вимог, на похибки посадок (недотримання встановлених зазорів і натягів), взаєморозміщення елементів машини (перекіс, розбіжність вісей, биття та ін.), деформації (пору-

шення контакту сполучених поверхонь, спотворення форми деталей при неправильному складанні), жорсткості (ослаблення кріплення, порушення зв'язків, порушення герметичності), стану поверхонь, що сполучаються (подряпини, задирки та ін.), балансування (неврівноваженість, вібрація), стану робочого місця (засмічення складального об'єкта абразивними залишками, стружками та ін.).

У практиці складання зустрічається багато інших похибок, проте всі вони є наслідком або неточностей, допущених при виготовленні деталей, або наслідком недостатньої продуманості технічних вимог на складання, чи наслідком неправильної технології самого складання.

Систематична поява неякісних виробів – це важливий перший сигнал про те, що виробництво організовано погано. Звідси зрозуміла та надзвичайна роль технічного контролю на виробництві.

Завдання технічного контролю полягає не тільки у запобіганні випуску з заводу бракованих виробів, але, перш за все, в постійному активному впливі на виробництво з метою попередження появи браку. Головну увагу служби контролю необхідно зосередити на дотриманні технології, стану оснащення, інструменту, тобто на те, від чого безпосередньо залежить якість. Все це, звичайно, повністю відноситься і до технічного контролю у складальних цехах.

У машинобудуванні при складанні виробів зустрічаються два види браку: остаточний (непоправний) і поправний.

Остаточний (непоправний) брак з'являється в тому випадку, коли у зібраній СО не можна усунути наявні відхилення від встановлених вимог. Одна або кілька деталей СО при цьому виявляються абсолютно непридатними для подальшого використання, наприклад: при напресуванні втулки на вал внаслідок надмірного натягу сталася поломка втулки, при вгвинчуванні шпильки вона зламалася або у бобишках корпусу утворилася тріщина та ін.

При виправному браку виявлені похибки можна усунути, після чого складальна СО буде відповідати технічним умовам. До цього виду браку відноситься занадто вільна посадка деталі (похибку можна усунути заміною однієї з деталей, що складаються); недостатній зазор в зчленуванні (похибку усувають додатковою обробкою (обпилюванням, шабруванням або заміною однієї з деталей) та ін. У разі конвеєрного складання похибки усуваються на спеціально виділених робочих місцях. Для цієї мети поряд зі складальним конвеєром встановлюють кілька ділянок рольгангу. При виявленні похибки складеної машини її знімають з конвеєра і подають кран-балкою або тельфером на рольганг, а після усунення похибки – знову на конвеєр [1].

Контроль в складальних цехах здійснюють в процесі складання і після закінчення складання. Основний контроль якості складання здійснюють самі складальники (самоконтроль). Більшість операцій, які контролює складальник при виконанні, не потребує додаткової перевірки. Відповідальність за якість виконання приймає на себе складальник.

Проте в технології існують такі операції, для перевірки якості виконання яких потрібно витратити чимало часу і задіяти спеціальну апаратуру. Поєднати виконання технологічних робіт і операцію контролю якості протягом регламентованого темпу складальник в цьому випадку не може. Тоді контрольну операцію виділяють як самостійну. При проектуванні ТП на вузловому і на загальному складанні необхідно передбачати робочі місця для контролерів на таких операціях. Темп роботи контролерів дорівнює темпу роботи конвеєра.

У тому випадку, коли час, необхідний для перевірки, значно менше темпу конвеєра, один контролер поєднує кілька операцій, здійснюючи так званий "летючий", тобто епізодичний контроль.

Залежно від складності й відповідальності виробу, що складається, контролю піддають або всі СО, або на вибірку певну їх кількість (10, 15, 30 і 50 %). Суцільний контроль всіх складених виробів не завжди економічно виправданий. Тому в ряді випадків доцільно застосовувати вибіркового контролю.

Крім основних видів контролю, на багатьох заводах існують також додаткові: спецконтроль для вибіркової перевірки вже прийнятих виробів, інспекційний контроль у лабораторіях дослідження якості, статистичний контроль.

Використання радіоелектроніки, рентгенотехніки та інших сучасних методів дає можливість удосконалювати методи контролю машин, що складаються. Для перевірки звичайними методами прямолінійність вісей прецизійного токарного верстата доводиться витратити кілька годин роботи. Використання ж для цього спеціального лазерного пристрою дозволяє виконати контрольні операції за кілька хвилин.

Прогресивним напрямом розвитку методів контролю складених СО та виробів є використання віброакустичних явищ. Складений виріб поміщають в звукоізольоване приміщення і за допомогою спеціальної апаратури вимірюють параметри вібрацій та інтенсивності шумів. Подальший аналіз записаних спектрограм дає можливість встановити правильність витриманих при складанні зазорів, а також відсутність спотворень форми деталей в місцях їх складання.

Контрольні операції доцільно забезпечувати детальними картами контролю, що встановлюють єдині вимоги, яким повинен задовольняти об'єкт. У інструкційній карті детально вказують метод перевірки того чи іншого еле-

мента об'єкта в послідовності, якої слід дотримуватися контролеру або складальнику в своїй роботі.

Метод статистичного аналізу і профілактики брака на складальних ділянках дозволяє на підставі положень математичної статистики і накопичення даних про повторюваність похибок, які виявляються при складанні, створити стійкоякісний процес складання виробу.

Забезпечення якості машин при складанні

Похибки замикаючих ланок розмірних ланцюгів машини при її складанні виникають в залежності від різних причин. Значну роль відіграють похибки самих деталей, які надходять на складання. До них відносять похибки форми, розмірів, поворотів і відстаней поверхонь деталей, неминуче допущені в процесі їх виготовлення. Крім похибок самих деталей, при складанні машини можливі похибки, причинами виникнення яких є:

- помилки, які припускають робітники при орієнтації та фіксації досягнутого положення змонтованих деталей;

- похибки установки калібрів і вимірювальних засобів, що застосовують складальники у процесі складання, похибки регулювання, приганяння і контролю точності положення деталей в машині, досягнутого при складанні, а також власні похибки вимірювальних засобів;

- відносні зсуви деталей в проміжку часу між досягненням ними необхідного положення і фіксацією досягнутого положення;

- потрапляння бруду і стружки в стики деталей;

- утворення задирки на поверхнях деталей, що з'єднуються.

Чималу частку в загальній сумі похибок становлять похибки складання машини, що викликані пружними деформаціями деталей при фіксації їх відносного положення. Наприклад, при затягуванні гвинтів і гайок можуть деформуватися деталі, які з'єднуються, що призведе до зміни баз деталей і порушить точність їх відносного положення, а також щільність з'єднання. Для уникнення цього, необхідно проводити затягування гвинтів і гайок в певній послідовності й з необхідною силою. Для цього використовують різні тарувальні та динамометричні ключі.

Залежно від складності й відповідальності вузлів, або машин, а також масштабу випуску контролювати можна всі вироби або вибіркоче певну їх кількість.

Основними видами контролю якості машин при складанні є зовнішній огляд, тобто оцінювання якості на основі відчуттів, а також контроль за допомогою технічних засобів і випробування машин.

Незважаючи на недосконалість і суб'єктивність оцінювання якості складання машин та їх вузлів на основі відчуттів, цей вид контролю відіграє надзвичайно важливу роль і необхідний протягом всього процесу складання виробів. Зовнішнім оглядом виявляють наявність подряпин, забоїни, корозії, окалини і забруднення поверхні деталей, що складаються. Перевіряти наявність кріпильних деталей, легкість ходу, шум зубчастих коліс повинні не тільки контролери на контрольних постах, а й самі складальники при виконанні складальних операцій.

Методи контролю точності машини та її вузлів

Контроль, якому піддають кожен вузол і кожну виготовлену машину, має на меті перевірити відповідність точності форми, відносного положення і переміщення виконавчих поверхонь встановленим нормам. Ефективність будь-якого контролю тим вище, чим ближче результати вимірювань контрольованих параметрів до їх дійсних значень. Ступінь наближення вимірюваного значення до дійсного залежить від наступних факторів:

- розкриття змісту контрольованого параметра і явища, що викликають виникнення похибок;
- достовірність виявлення взаємозв'язку різних параметрів і вміння виділити контрольований параметр;
- правильність вибору або розроблення засобів контролю;
- техніки здійснення контролю.

Розглянемо методи контролю деяких параметрів точності машини при складанні.

Контроль різьбових з'єднань здійснюють з метою визначення зусилля затягування із застосуванням граничних і динамометричних ключів. Проконтролювати затягування нарізного сполучення можна виміром видовження болта або шпильки індикатором або мікрометром.

Випробування зібраного трубопроводу проводять на міцність і щільність. При випробуванні наповнюють трубопровід водою і відзначають ті місця, в яких спостерігається витікання. Потім воду зливають і ущільнюють відмічені місця. Під час гідравлічних випробувань трубопроводу перевіряють міцність всіх елементів і герметичність з'єднань під тиском, які передбачені технічними умовами.

Контроль складання підшипників ковзання. Основним критерієм працездатності підшипника ковзання є правильна установка підшипникових опор, що забезпечує їх співвісність. Цей параметр точності можна перевірити кількома способами: еталонним валом, лінійкою і щупом, струною і штихмасом

або мікрометричним нутроміром, оптичним методом. Для контролю складання окремо розташованих підшипникових опор застосовують метод вимірювання навантажень під кожною з них за допомогою динамометрів.

Контроль якості складання підшипників кочення. Після установки підшипників кочення перевіряють щільність прилягання підшипникових кілець до заплечок валу. Перевірку здійснюють за допомогою щупа, який вводять у зазор між заплечиком валу і підшипниковим кільцем. Контролюють також осьові й радіальні зазори.

Контроль якості складання пасової передачі. Перед установкою на вал шків перевіряють на биття за допомогою індикатора або рейсмуса-рисувалки. Також перевіряють прямолінійність вісей шківів за допомогою стрілок і висків. Перед установкою шківа на вал проводять його статичне або динамічне балансування.

Контроль якості складання ланцюгових передач здійснюють обертанням зірочки вручну або за допомогою важеля. Так визначають легкість ходу передачі. При обертанні передачі ланцюг не повинен зіскакувати, а кожна його ланка має легко сідати на зуб зірочки і сходити з неї. Це перевіряють зовнішнім оглядом.

Контроль складання зубчастої передачі. Контролюють відстань між осями валів і отворів в корпусі калібрами і штихмасом або штангенциркулем. Також визначають гойдання зубчастого колеса на шийці валу, радіальне биття по окружності виступів, торцеве биття, нещільне прилягання колеса до буртика вала. Коливання перевіряють обстукуванням молотком з бойком зубчасте колесо, напесоване на вал. Биття перевіряють в центрах або на призмах за допомогою індикаторів. Для вимірювання міжцентрової відстані, відхилення від паралельності й перекосу осей отворів застосовують два центратора. Визначення бокового зазору у передачі виконують щупом або індикатором. Якість зачеплення складеної зубчастої передачі перевіряють на фарбу. Зуби меншого колеса покривають тонким шаром фарби і повертають передачу на один оберт. За відбитками на сполученому колесі судять про пляму контакту (пляма, залишена на більшому колесі, має становити 60 – 70 % площі зуба).

Контроль складання конічної зубчастої передачі здійснюють на бічний зазор, якість складання визначають по фарбі. Пляма контакту має розташовуватися на бічній поверхні зуба ближче до його тонкого кінця і займати не менше 70 % площі зуба.

Контроль складання черв'ячної передачі здійснюють на суміщення середньої площини черв'ячного колеса з віссю черв'яка по фарбі. При правильно

складеній передачі фарба повинна покривати не менше 50 – 60 % поверхні кожного зуба колеса. Бічний зазор в зачепленні черв'яка і черв'ячного колеса визначають, повертаючи черв'як при нерухомому колесі. На виступаючих кінцях вала черв'яка і черв'ячного колеса кріплять важелі, які дотикаються індикаторів, що показують кут повороту черв'яка при обертанні черв'ячного колеса.

Контроль складання механізмів поступального руху. Зібрані вузли перевіряють на площинність, паралельність і перпендикулярність поверхонь напрямних. Крім того, направляючі перевіряють на правильність геометричної форми за допомогою кутомірів, шаблонів або спеціальних фасонних плит.

Контроль складання кривошипно-шатунного механізму. Геометричну форму і розміри отворів шатуна перевіряють мікрометричним нутроміром, за допомогою якого також можна визначити овальність і конусність отвору, тобто його відхилення від круглості й циліндричності. Прямолінійність, скрученість і вигин шатуна перевіряють за допомогою спеціальних пристосувань. Перевірка паралельності вісей отворів нижньої та верхньої головок шатуна також виконують на спеціальному пристрої. Перед установкою поршневих кілець на поршень їх перевіряють на пружність і щільність прилягання до дзеркала циліндра. Вимірюють також зазор між торцями поршневих кілець в місці їх стикування.

Випробування елементів гідросистем. Герметичність системи перевіряють зовнішнім оглядом. Визначення витоків проводиться при максимально допустимій температурі робочої рідини, тобто її мінімальній в'язкості. Параметри елементів гідросистем контролюють на спеціальних стендах, оснащених установками для фільтрації та охолодження робочої рідини. Безперервний контроль тиску в системі здійснюють за допомогою манометрів.

Випробування насосів здійснюють на стенді, на якому визначають подачу, приведену потужність і об'ємний ККД, відхилення номінальної частоти обертання від дійсної не повинно перевищувати 5 %.

Випробування гідромоторів виконують на стенді. Визначають витрати рідини, крутний момент, об'ємний ККД при номінальних значеннях тиску і частоти обертання.

Під час випробування визначають витоки в кінцевому і середньому положеннях поршня за тиском, що становить не менше 1,25 номінального, на другій хвилині після зупинки поршня і стабілізації тиску. Час вимірювання витоків в кожному положенні – не менше 2 хв.

Випробування складених машин і складальних одиниць. Заключною контрольною операцією ТП виготовлення машин є випробування, тобто перевірка

роботи машини зі зняттям необхідних характеристик в штучностворюваних умовах, подібних експлуатаційним. За суттю, випробування готової машини вже не відноситься до процесу складання, оскільки метою його проведення є не тільки перевірка якості складання, але й загальна перевірка якості, досягнутої в результаті всього виробничого процесу.

Дійсно, якщо деталі будь-якого важконавантаженого з'єднання, що працює на стирання, неправильно термічно оброблені й не мають необхідної поверхневої твердості, то як би якісно не було виконане складання, це не гарантуватиме надійності роботи СО. Отже, причиною похибки, виявленої при випробуванні машини, в даному випадку є недотримання технології термічної обробки.

При порушенні режиму механічної обробки, зокрема шліфування, на робочих поверхнях деталі можлива поява неглибоких тріщин. Деталі з таким дефектом, навіть якщо вони змонтовані в машині з дотриманням всіх технічних вимог на складання, можуть при випробуванні виробу порушити нормальну роботу зчленувань.

Порушення технології заливки підшипників антифрикційним сплавом часто викликає відшаровування останнього при роботі підшипникової СО, що також виявляють лише в процесі випробування машини.

Ці приклади свідчать про те, що ретельне випробування машин відіграє чималу роль у підвищенні якості продукції, що випускають.

Існує багато різних видів виробничих випробувань машин, проте їх всі можна звести до наступних: приймальні, контрольні та спеціальні.

Приймальні випробування проводять для визначення фактичних експлуатаційних характеристик машини, наприклад: потужності, витрати пального, геометричної точності, чистоти і точності на оброблюваному виробі тощо, а також для встановлення правильності роботи механізмів і СО – зубчастих, ланцюгових та інших передач, підшипників, ущільнень, регуляторів та ін. Для ряду машин чимале значення має перевірка на вібростійкість і контроль температурних деформацій. Відбір оціночних критеріїв, які повинно виявити в процесі випробувань, грає велику роль.

Машина, яка надходить зі складального цеху на випробувальну станцію, повинна мати супровідну карту, в яку контролери-складальники заносять зауваження щодо результатів проведеної перевірки.

Приймальні випробування металорізальних верстатів відповідно до загальних ТУ на їх виготовлення і приймання здійснюють на холостому ході для перевірки роботи механізмів і під навантаженням для визначення продуктив-

ності, точності та якості поверхні. В процесі випробувань перевіряють всі включення, перемикання і передачу органів управління для визначення правильності їх дій, взаємного блокування, надійності фіксації і відсутності самовільних зміщень, відсутність заїдання, повертання та ін.

Точність верстата визначають вимірюванням його геометричних точностей і точності обробки зразків.

У процесі випробувань використовують спеціальну автоматику. Так, при випробуванні двигунів внутрішнього згоряння застосовують спеціальний програмний пристрій, за допомогою якого за певним завданням можна здійснити управління навантажувальним реостатом електростенда, дросельною заслінкою або регулятором двигуна. Внаслідок цього в процесі випробувань автоматично змінюється число обертів, навантаження, потужність та ін.

Правила, програму і режими прийманого випробування будь-якої машини розробляють в залежності від її призначення, конструкції, необхідної точності та надійності, а також від типу виробництва.

Контрольним випробуванням піддають не всі машини, а лише ті, у яких при прийраних випробуваннях були виявлено недоліки.

Вироби, які повинні відповідати надзвичайно високим вимогам надійності, після складання, обкатування і випробування частково або повністю розбирають, перевіряють стан деталей, а потім знову збирають і також піддають короткочасним контрольним випробуванням.

Спеціальні випробування проводять при необхідності вивчення будь-якого явища в машині (наприклад, зносу), при перевірці нової конструкції СО або деталі, встановлення придатності нової марки матеріалу на відповідальних деталях або зміні якості обробки поверхонь та ін. Програму і режими таких випробувань розробляють залежно від цілей їх проведення.

Отримана інформація при випробуванні ряду машин кодується, піддається статистичній обробці, і на основі виконаного аналізу з'являється можливість виявити з великою вірогідністю недостатньо надійні СО, механізми і деталі та вжити заходи для їх доопрацювання.

Очевидно, що чим більше надійде різних відомостей про роботу машини, тим точніше буде висновок про її переваги і недоліки. Однак зі збільшенням обсягу інформації значно ускладнюється її аналіз. У цьому випадку використовують комп'ютерні програми.

Крім випробувань машин-виробів часто аналогічній перевірці піддають деякі СО, наприклад, масляні та водяні насоси, коробки передач, редуктори та ін. Зібрані СО, зазвичай, досліджують на стендах або за методом штучного

навантаження, що імітує умови роботи СО у виробі. Для отримання більш повних даних про якість продукції в ряді випадків заводи-виробники організують систематичне спостереження за групами.

Контрольно-випробувальні роботи дуже різні як за програмними цілями, так і за способами їх проведення (табл. 2.6) [1].

Таблиця 2.6 – Класифікація контрольно-випробувальних робіт

Класифікаційна ознака	Вид випробувань і контролю
Показники безвідмовності й довговічності	На працездатність (функціональні), на надійність і ресурс
Вид факторів, що впливають	Теплові впливи високих температур, механічні (на вплив постійної сили, вібрацію, удар, трясіння, лінійні прискорення), гідрогазове (на вплив постійного тиску, пульсуючого тиску, гідравлічних ударів), акустичні, електричні, магнітні, корозійні, хімічні, кліматичні та біологічні, комплексні або комбіновані
	Випробування на вплив основних факторів, які викликають або стимулюють роботу об'єкта випробувань; випробування на вплив дестабілізуючих факторів
Вид випробувань	Неруйнівні, руйнівні, відновлювані, невідновлювані
Контрольовані параметри	Контроль монтажних параметрів (що характеризують якість монтажних робіт); контроль якості функціональних параметрів, що характеризують роботу об'єкта випробування в цілому, у тому числі якості регульовальних та налагоджувальних робіт
Об'єкти випробувань	Вхідні (при випробуванні функціональних і технологічних елементів систем), автономні (при випробуванні окремих систем), комплексні (при випробуванні комплексу спільно діючих систем)
Етапи проведення	Конструкторські (дослідні) і відпрацювальні, виробничі (дослідні технологічні)
Темп випробувань	Нормальні, прискорені
Місце випробувань	Заводські й ті, що проводять в реальних умовах експлуатації виробу (аеродромні та льотні)

Підготовка виробів до зберігання і відправлення споживачеві

Машина (СО) після складання і випробувань, зазвичай, не відразу надходить у експлуатацію. Цей неробочий період для виробу може бути нерідко тривалим. Щоб надійно захистити деталі, вузли від появи корозії, їх піддають консервації. Відповідний ГОСТ поширюється на всі види виробів і напівфабрикатів і встановлює вимоги до вибору засобів тимчасового протикорозійного захисту і консервації виробів на період їх зберігання і транспортування.

Стандарти передбачають варіанти тимчасового протикорозійного захисту і методи консервації, що враховують конструктивні особливості виробів, матеріали з яких вони виготовлені, умови і терміни зберігання, кліматичні та інші фактори. ГОСТ 9.014-89 встановлює методи технологічної підготовки поверхні під консервацію. Залежно від характеру забруднення і металу виробу застосовують для знежирення водно-лужні розчини і емульсії, а у випадку, коли ці засоби очищення неефективні, застосовують органічні розчинники.

Консервацію металевих виробів виконують нанесенням на всю їх поверхню або окремі їх частини шару мастила чи інгібірованих полімерних покриттів, шляхом упакування в інгібіторний папір, поміщенням в атмосферу, насичену парами інгібітору, поміщенням в герметизований плівковий чохол з силікагелем або інертною атмосферою. Стандартом передбачено консервуючі матеріали, які слід застосовувати при різних характеристиках поверхонь виробу.

ГОСТ 9.014-89 визначає також основні варіанти систем внутрішньої (бар'єрної) упаковки виробів із застосуванням парафінованого паперу, чохлів з поліетиленової або полівінілхлоридової плівки, картонних коробок та ін. Встановлено строки тимчасового протикорозійного захисту виробів від одного до десяти років. Наведено способи розконсервації виробів в залежності від застосовуваних варіантів тимчасового захисту і способи переконсервації в разі виявлення дефектів консервації.

Процеси консервації, а також упаковку виробів масового виробництва здійснюють на багатьох підприємствах із застосуванням механізованих засобів, а при виготовленні малогабаритних виробів (наприклад, підшипників качення) – автоматизуються.

3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ СКЛАДАЛЬНОЇ ОДИНИЦІ

Мета роботи – набути навичок із аналізу технологічності складальної одиниці за кількісними та якісними показниками.

Теоретичні відомості

Забезпечення технологічності конструкції виробу в єдиній системі технологічної підготовки виробництва (ЕСТПВ) – перша і основна функція підготовки виробництва, яку реалізують спільно конструктори і технологи, і спря-

мована на поліпшення техніко-економічних показників виробництва і якості продукції, що випускається.

Технологічністю (Т) називається сукупність властивостей виробу, що визначають пристосованість його конструкції до досягнення оптимальних витрат ресурсів при виробництві, експлуатації, ремонті та утилізації для заданих показників якості, продуктивності, обсягах випуску та умов виконання робіт.

В принципі технологічність визначає поняття: зручно або незручно дану конструкцію виготовляти, експлуатувати, ремонтувати. У цій роботі використано набір креслень складальних одиниць (СО) і на прикладі пневматичного коливального циліндра (рис. 3.1) показано хід аналізу.

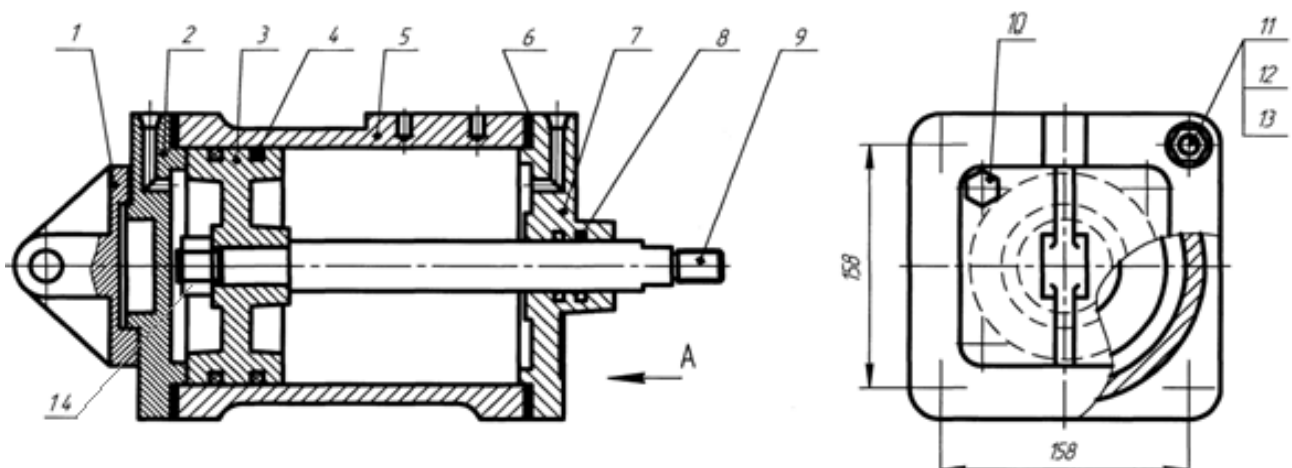


Рисунок 3.1 – Пневматичний коливальний циліндр

Для оцінювання технологічності можна використати спрощену методику, за якою слід відповісти на наступні питання:

1) Оцінити розміри, масу СО та їх співвідношення з точки зору застосування вантажопідйомних засобів і жорсткості виробу, що складається. Для пневматичного циліндра (ПЦ) формулюємо: маса виробу 12 кг допускає ручне переміщення. Співвідношення маси і габаритів: $12 \text{ кг} / 432 \text{ мм} \cong 0,03 \text{ кг/мм} \cong \cong 30 \text{ кг/м}$ забезпечує високу жорсткість виробу.

2) Визначити, чи є в СО достатньо зручна базова деталь. При відсутності чітко вираженої базової деталі (корпуса, рами та ін.) виникає необхідність стапельного складання. (Стапель – це зовнішній пристрій, який виконує при складанні роль базової деталі).

Для ПЦ формулюємо: є чітко виражена базова деталь – корпус з якісними базовими поверхнями: зовнішня циліндрична поверхня, а також площина і отвори вушка.

3) Оцінити блочність конструкції або блоковий принцип конструювання – розбивку на окремі вузли (функціональні, конструкторські та технологічні), допускаючи їх незалежне складання. Особливо це важливо при використанні автоматизованого і роботизованого складання. У конструкції ПЦ, що розглядається, застосовується вузлове складання (шток з поршнем і кришкою з ущільненням).

4) Оцінити уніфікацію (загальну або локальну всередині СО) елементів конструкції. Для розглянутого ПЦ загальну уніфікацію розглянути неможливо, а локальна уніфікація полягає в застосуванні однакових кілець ущільнювачів поз. 11, 12 і 13. Всі 4 шпильки поз. 8 одного найменування, теж стосується гаїлок, шайб і болтів поз. 7, 9 і 10 (рис. 3.1).

5) Оцінити необхідність і трудомісткість часткового розбирання СО у процесі складання. Така необхідність виникає при використанні методу регулювання з нерухомим компенсатором і тим більше методу підганяння.

Необхідність розбирання визначається використанням цих методів, а трудомісткість – глибиною розташування ланки компенсатора.

Загальне правило: ланка-компенсатор повинна розташовуватися за межами корпусу і для свого підганяння або заміни вимагати зняття мінімуму інших деталей.

Для ПЦ необхідність розбирання відсутня взагалі, що позитивно з точки зору технологічності.

6) Оцінити необхідність і трудомісткість механічної обробки при складанні. Останнє характерно для використання методу підганяння.

Для ПЦ механічна обробка при складанні не потрібна взагалі.

7) Визначити наявність важкодоступних місць для складання, регулювання та вимірювання.

Для ПЦ важкодоступні місця відсутні, проте якщо регламентувати зазор між поршнем і днищем циліндра, то з'явиться розмір, скрутний для вимірювання і неможливий для регулювання для даної конструкції.

8) Оцінити необхідність застосування спеціальних пристосувань при складанні та регулюванні.

Така необхідність визначається наступними факторами:

а) потребою одночасного базування двох і більше елементів конструкції;
б) при необхідності стиску пружних елементів (пружин, прокладок та ін.) кількістю більше одного;

в) якщо положення елемента, що приєднується, визначають точним розміром.

Для ПЦ спеціальних пристосувань не потрібно.

9) Оцінити наявність і обґрунтованість спеціальних вимог до СО (за масою, рівнем вібрації, шуму, зусиллю холостого ходу, герметичності, щодо радіоактивності та ін.).

Для ПЦ пред'являються вимоги: герметичність, плавність ходу, зусилля холостого ходу.

10) Оцінити необхідність і обґрунтованість призначення випробувань. Особливо це відноситься до тривалих випробувань (більше 10 хв).

Для ПЦ необхідні випробування на герметичність.

11) Оцінити необхідність додаткових операцій із: балансування, фарбування, консервації та ін.

Для ПЦ потрібна операція фарбування після складання.

12) Оцінити необхідність передпродажної підготовки: упакування, регулювання, реклама.

На основі проведеного аналізу технологічності приходимо до висновку, що ПЦ є технологічною конструкцією.

Відповідно до ГОСТ 14.201-89 оцінка технологічності конструкції виробу (ТКВ) буває двох видів: якісна і кількісна.

Якісна оцінка – це словесне описання ТКВ, засноване на особистому досвіді технолога і характеризується визначеннями: добре, погано, зручно, незручно, раціонально, нераціонально. Якісна оцінка є першим етапом аналізу технологічності. В окремих випадках можливе використання ранжирування ознак технологічності, тобто оцінка прояви цих ознак в балах, тоді якісна оцінка наблизиться до кількісної.

Кількісна оцінка ТКВ – це оцінка, яку здійснюють за допомогою системи показників. Показники можуть бути: відносні (в частках від відсотка, тобто безрозмірні); абсолютні (розмірні, в штуках, кг, годинах та ін.).

Кількісні показники оцінюють виробничу, експлуатаційну, ремонтну технологічність.

Експлуатаційна та ремонтна технологічність проявляються через такі властивості виробів: доступність; легкознімність; технологічна простота; технологічна спадковість; контролепридатність; відновлюваність.

Доступність СО та її елементів – це якість, що визначається вільним доступом СО та її елементів як під час роботи, так і при ремонті. Добра доступність – коли для цього нічого не треба знімати. Задовільна доступність забезпечується після зняття деяких елементів. Низька доступність забезпечується після повного розбирання виробу.

Для ПЦ оцінимо доступність. В цілому доступність добра.

Для заміни ущільнення 10 (рис. 3.1) на поршні необхідно витягнути поршень з корпусу – доступність задовільна.

Для заміни ущільнюючих кілець 11 (рис. 3.1) слід провести повне розбирання – це низька доступність.

Легкознімність – якість виробу, що визначає необхідність використання спеціального пристосування, інструментів і можливість пошкодження деталей при розбиранні.

Технологічна простота забезпечує зручність і простоту в експлуатації, а саме переміщення з транспортного положення в робоче, управління виконанням робочої функції, заправлення робочими середовищами, пальним та ін., переналадження на виконання іншої операції, очищення робочих органів.

Технологічна спадковість у сфері експлуатації означає мінімальну трудомісткість навчання обслуговуючого персоналу для роботи на даному виробі.

Контролепридатність має на увазі наявність датчиків, індикаторів та інших пристроїв, які свідчать про несправності виробу (це система діагностики).

Відновлюваність визначає, як виріб забезпечує можливість його відновлення при зносі. Вона досягається застосуванням високостійких і високоміцних матеріалів і введенням в конструкцію змінних елементів на швидкозношуваних поверхнях.

Кількісні показники конструкції виробу. Їх поділяють на 7 груп:

1) Показники технологічної раціональності конструкцій: коефіцієнт блоковості конструкції (відносний):

$$k_{\text{блок}} = \frac{m_{\text{дет.вузл.}}}{m_{\text{дет.заг}}} \cdot 100 \%,$$

де m – кількість деталей, що входять до вузлів;

$m_{\text{дет.заг}}$ – загальна кількість деталей.

У ПЦ 40 деталей, з них 24 входять до вузлів:

$$k_{\text{блок}} = \frac{24}{40} \cdot 100 \% \cong 60 \%.$$

Абсолютний показник – трудомісткість складання – коефіцієнт складності:

$$k_{\text{скл}} = \frac{m_{\text{дет.виріб}}}{m_{\text{дет.аналог}}} \cdot 100\%.$$

Оскільки кількість деталей нашого складання і аналога однакові, то $k_{\text{скл}} = 1$.

2) Показник спадковості конструкції:

$$k_{\text{спадк}} = \frac{m_{\text{запозич.дет.}}}{m_{\text{дет.заг.}}} \cdot 100 \%$$

Цей показник також дорівнює 1, оскільки $m_{\text{запозич.дет.}} = m_{\text{дет.заг.}}$.

Коефіцієнт уніфікації:

$$k_{\text{уніф}} = \frac{m_{\text{уніф.СЕ дет.}}}{m_{\text{дет.заг.}}} \cdot 100 \%$$

У конструкції гідроциліндра деталей за стандартами є 32 із 40, тобто

$$k_{\text{уніф.}} = \frac{32}{40} \cdot 100 \% = 80 \%$$

Оскільки $k_{\text{уніф.}} > 60 \%$, то слід вважати, що СО технологічна.

3) Показники трудомісткості виробу. Показники всі абсолютні. Це матеріаломісткість, трудомісткість, енергоємність і собівартість.

4) Показники виробничої ТКВ.

5) Показники експлуатаційні.

6) Показники ремонтні.

7) Загальні показники ТКВ.

На основі якісної/кількісної оцінки робимо висновок, що ПЦ є технологічною конструкцією.

Порядок виконання роботи

1) Кожен студент отримує у викладача завдання – креслення складальної одиниці (СО).

2) Оцінити розміри, масу СО та їх співвідношення.

3) Виявити у СО базову частину і оцінити її зручність.

4) Оцінити блочність конструкції СО і намітити її склад.

5) Оцінити загальну і локальну уніфікацію СО.

6) Відповісти на питання про необхідність розбирання при складанні, використанні методу підганяння, наявності важкодоступних місць і необхідності в спеціальних пристроях для складання і регулювання.

7) Оцінити спеціальні вимоги до СО, необхідність проведення випробувань СО.

8) Встановити необхідність і склад додаткових операцій, а також умови передпродажної підготовки.

9) Визначити кількісні показники T : $k_{\text{блок}}$; $k_{\text{скл}}$; $k_{\text{спадк}}$ и $k_{\text{уніф.}}$

10) Навести загальну оцінку технологічності СО.

Звіт про роботу

- 1) Опис і склад СО.
- 2) Кількісна оцінка Т.
- 3) Якісна оцінка Т.
- 4) Загальні висновки про Т, СО.

Література [1 – 4; 6; 7]

Питання для самоперевірки:

1. Якщо СО складається тільки з деталей, чому дорівнює $k_{\text{блок}}$, %:
– 100; – 20; – 30; – 40; – 50.
2. Якщо СО складається тільки з оригінальних деталей, чому дорівнює $k_{\text{уніф.}}$, %:
– 100; – 50; – 25; – 10; – 0.

3.2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ СКЛАДАННЯ

Мета роботи – отримати навички розроблення технологічної схеми складання.

Теоретичні відомості

Технологічний процес складання машини або механізму є завершальною частиною розробки виробничого процесу виготовлення машинобудівної продукції і становить важливу частину технологічної підготовки виробництва.

Структурно технологічний процес складання подібний технологічним процесам механічної обробки деталей і також поділяється на операції, які, в свою чергу, включають установи, позиції і переходи.

Місце складання у виробництві машин наведено в табл. 3.1, там же показано, що складання на 75 – 80 % виконується вручну, тобто є надто трудомістким, тому при проектуванні технологічних процесів складання слід передбачати можливу механізацію та автоматизацію процесів.

Нагадаємо, що процес складання включає ряд робіт, таких як:

- 1) підготовчі (розконсервування, мийка, сортування за групами, укладання в тару та ін.);
- 2) підганяльні (обпилювання і зачистка, шабрування, притирання або доведення, полірування, правлення, механообробка лезовим і абразивним інструментами та ін.);
- 3) власне-складальні (установлення, згвинчування, запресування, склеювання та ін.);

- 4) регулювання;
- 5) контрольні;
- 6) випробування;
- 7) демонтажні.

Таблиця 3.1 – Місце складання у виробництві машин

№	Галузі машинобудування	Об'єм складання в загальній трудомісткості виготовлення машини, %	Склад складальних робіт	
			механізованих	ручних
1	Автомобілебудування	18 – 20	30 – 35	70 – 65
2	Тракторобудування	20 – 25	25 – 30	75 – 70
3	Дорожнє машинобудування	15 – 30	15 – 20	85 – 80
4	Верстатобудування	20 – 25	20 – 25	80 – 75
5	Електромашинобудування	35 – 40	20 – 22	80 – 78

Найбільшу питому вагу в 100 % всіх робіт при складанні мають підготовчі та підганяльні 20 – 25 %, власне-складальні – до 45 % і контрольні – до 12 %.

Згідно ГОСТ 23887-89 "Сборка. Термины и определения" для розроблення схеми складання слід здійснити декілька етапів.

I етап – аналіз вихідних даних об'єкта складання, в ході якого з'ясовують найменування об'єкта складання, його призначення, коротке описання його складу, пристрої, принцип дії, масу, габаритні розміри, зміст технічних вимог, об'єм випущених виробів на рік.

II етап – розчленування об'єкта складання на складальні одиниці різних порядків. Нагадаємо, що складальна одиниця I порядку складається тільки з деталей, а II і більш високих порядків – зі складальних одиниць і деталей.

III етап – виявлення складальної одиниці, яку буде прийнято за базову (при одиниці першого порядку виявляють базову деталь).

IV етап – розробляють схему складання, на якій прийнято наступні позначення: вертикальні лінії зі стрілками позначають послідовність складання вузлів, а горизонтальні лінії в центрі схеми – загальне складання виробу. У прямокутниках розміщують найменування деталей і номери їх позицій, в прямокутниках з потовщеними лініями – найменування складальних одиниць, а з двома потовщеними лініями – найменування виробу. Умовні позначення, що містять технологічні вказівки: *Ст* – складання на стенді; *Вр* – складання на верстаті; *К* – кантування; *В* – вивірка; *С* – свердлильні роботи; *Конт* – контроль; *В* – випробування; *ЗБ* – забарвлення виробу та ін.

Порядок виконання роботи

1) Кожен студент отримує з "Атласу деталей машин і механізмів" складальне креслення із 15 – 20 деталей, в якому крім графічного матеріалу наведено специфікацію, ТУ і описання роботи, а так само річну програму випуску N , шт./рік (рис. 3.2 – 3.9, табл. 3.2 – 3.8).

Таблиця 3.2 – Специфікація виробу "циліндр пневматичний коливальний"

№ позиції деталі	Найменування деталі	Кількість деталей	№ позиції деталі	Найменування деталі	Кількість деталей
1	Фланець	1	8	Кільце	2
2	Кришка	1	9	Шток	1
3	Поршень	1	10	Болт М10×38	4
4	Кільце	2	11	Шпилька М12×42	8
5	Циліндр	1	12	Гайка М12	8
6	Прокладка	2	13	Шайба М12	8
7	Кришка	1	14	Гайка М20	1

2) Виконують аналіз вихідних даних об'єкта складання.

3) Об'єкт розчленовують на складальні одиниці різних порядків і знаходять базову СО. Якщо об'єкт – це складальна одиниця першого порядку, то встановлюють базову деталь.

4) Розроблюють схему складання.

5) На прикладі складальної одиниці "пневматичний коливальний циліндр" (рис. 3.2, табл. 3.2), який використовують у верстатних пристосуваннях як силовий агрегат, слід розглянути послідовність розроблення схеми складання. Об'єм випуску $N = 10000$ штук в рік.

5.1) Аналіз

Циліндр пневматичний коливальний використовують у верстатних пристосуваннях. До його кришок від повітророзподільного крана підходять шланги, що закінчуються штуцерами, по одному з яких підводять стиснене повітря, а по другому – стиснене повітря випускають в атмосферу. Під дією стисненого повітря поршень зі штоком здійснює переміщення. Для запобігання витoku стисненого повітря передбачено гумові прокладки і кільця (рис. 3.1, поз. 6, 4 і 8).

Нерухоме з'єднання деталей здійснено болтами, шпильками і гайками (рис. 3.1, поз. 10, 11, 12).

Склад об'єкта представлено в табл. 3.2 і на рис. 3.1

5.2) Із аналізу складального креслення і виробленого нами технологічного аналізу конструкції виробу з'явилася можливість на основі розчленування виробу виявити складальні одиниці першого порядку, якими виявилися: корпус зі шпильками (5 і 11); поршнештоковий вузол в складі поршня (3), кілець (4), штока (9) і гайки (14); кришка передня з кільцями (7 і 8); кришка задня в зборі з фланцем і болтами (1, 2, 10).

5.3) Із розглянутих складальних одиниць роль базової виконує 1-ша складальна одиниця (корпус в зборі зі шпильками).

Решта деталей – прокладки (6), шайби і гайки (12 і 13) – служать для з'єднання складальних одиниць і застосовуються в загальному складанні об'єкта.

У кожній складальній одиниці є своя базова деталь: Сб1 – корпус; Сб2 – поршень; Сб3 – кришка передня; Сб4 – кришка задня.

5.4) На рис. 3.3 показано розроблену нами схему складання. Із заданого річного випуску 10000 штук можна припустити, що це виробництво – серійне або багатосерійне.

Як відомо, в серійному і масовому виробництвах використовують поточе складання з розчленуванням об'єкта складання на вузлове і загальне складання. Це може бути складання з вільним ритмом, і для організації такого складання необхідно 5 робочих місць: 4 – зі складання Сб1 – Сб4 і 1 загальне – вузлове складання.

Звіт про роботу

Студент прикладає до протоколу ксерокопію завдання – механізм, наводить його аналіз, вказує, як розчленувати цей механізм на складальні одиниці, виділяє базову частину і рисунок-схему.

Література [1; 2; 5 – 7]

Питання для самоперевірки:

1. Схему складання використовують:

- слюсарі-складальники; – верстатники; – контрольні майстри;
- інженери-технологи; – майстри діляниць складання.

2. Схема складання – це основа технологічного процесу:

- процесу складання одиниці; – обробки деталей;
- виготовлення заготовок; – термообробки; – обробки заготовок.

3. Розроблення схеми складання розпочинають з вибору деталі:

- найточнішої; – найбільшої; – базової;
- найбільш відповідальної; – з найбільшим набором поверхонь.

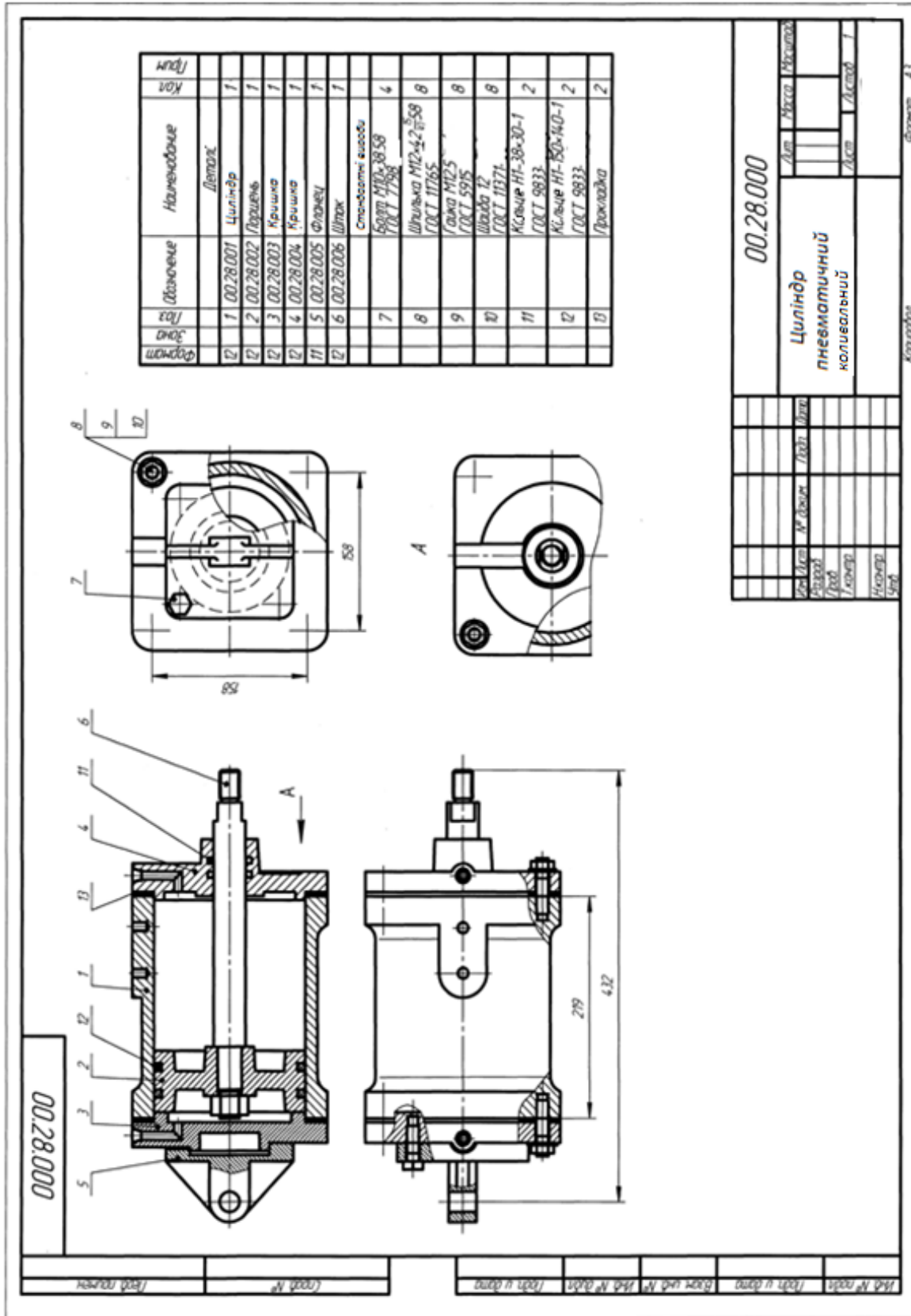


Рисунок 3.2 – Цилиндр пневматичний (N=1000 шт./год)

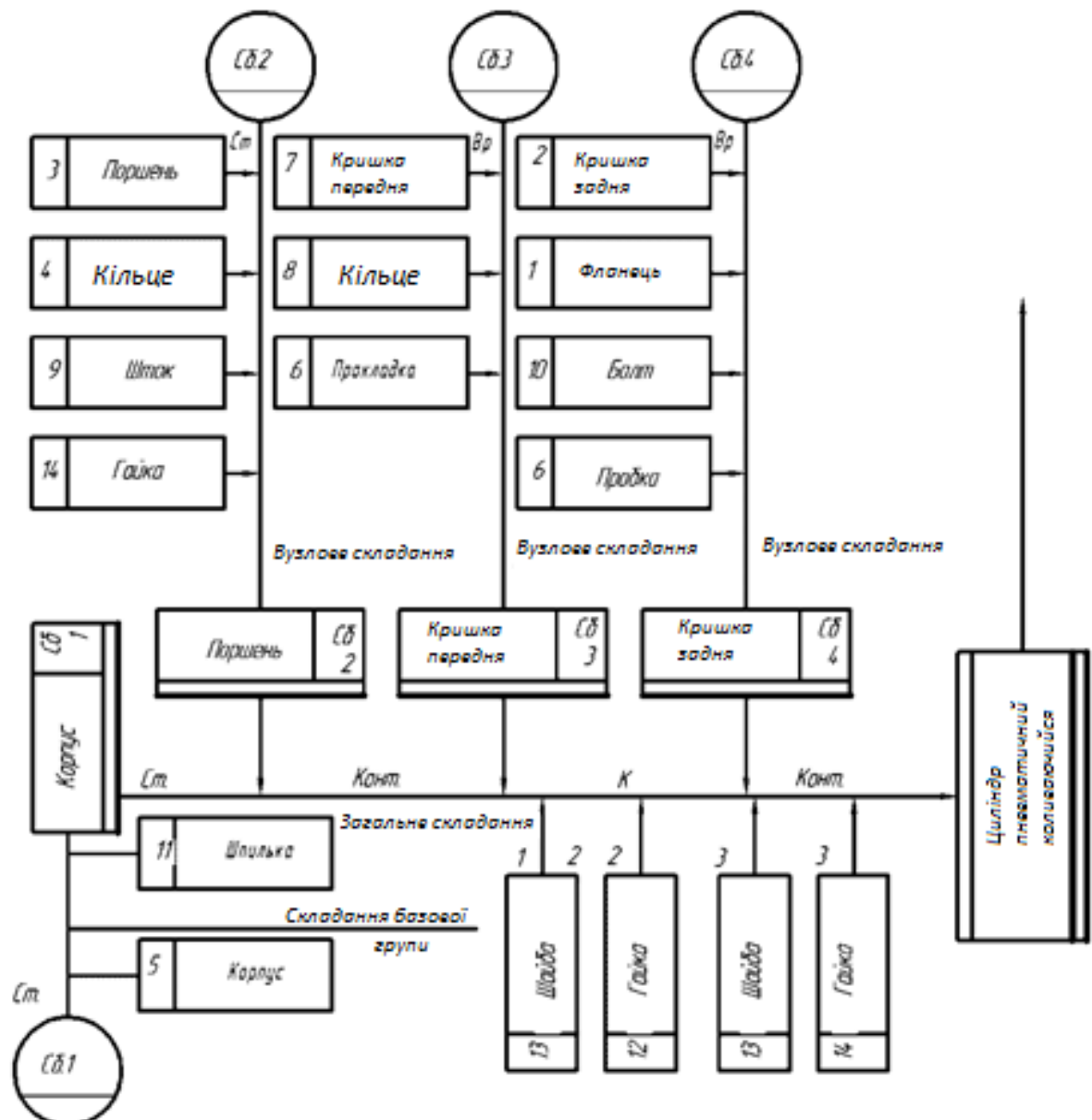


Рисунок 3.3 – Схема складання

Таблиця 3.3 – Специфікація виробу "Насос шестеренний СТІГ 01.00.00.00 СБ"

Поз.	Найменування	Кільк.	Примітка
	Документація		
	Складальне креслення		
	Технічний опис		
	Деталі		
1	Кришка	1	СЧ 18
2	Корпус	1	СЧ 18
3	Прокладка	2	Фольга
4	Кришка	1	СЧ 18
5	Втулка	2	Бронза
6	Гайка накидна	1	Ст3
7	Втулка ущільнювальна	1	Ст3
8	Вал	1	Сталь 35
9	Шестірня $m=4,5$ $z=15$	1	Сталь 45
10	Шестірня $m=4,5$ $z=15$	1	Сталь 45
11	Вал	1	Ст3
12	Втулка	2	Бронза
13	Втулка перехідна	2	Ст3
	Стандартні вироби		
14	Гвинт М3×6 ГОСТ 1491-80	4	
15	Гайка М8 ГОСТ 5915-70	12	
16	Кутик 25 ГОСТ 8946-75	2	
17	Шайба 8.20 ГОСТ 9065-69	12	
18	Шпилька М8×35 ГОСТ 22033-76	12	
19	Шпонка 7×6×80 ГОСТ 23360-78	1	
	Матеріали		
20	Пенька ПП-12 ГОСТ 9993-74	50 г	

Таблиця 3.4 – Специфікація виробу "Пневмоапарат клапанний СТІГ 02.00.00.00 СБ"

Поз.	Найменування	Кільк.	Примітка
	Документація		
	Складальне креслення		
	Технічний опис		
	Деталі		
1	Сідло клапана	1	Ст3
2	Корпус	1	Ст3
3	Клапан	1	Сталь45
4	Шпindelь	1	Сталь45
5	Кільце	1	Ст3
6	Втулка сальника	1	Ст5
7	Рукоятка	1	Ст3
8	Хрестовина	1	Ст3
9	Гайка	1	Ст3
10	Штуцер	1	Ст3
11	Гайка накидна	1	Ст3
	Стандартні вироби		
12	Гвинт М3×3 ГОСТ 1477-93	1	
13	Кільце 016-020-20-2-4 ГОСТ 9833-73	2	
14	Кулька V 2мм ГОСТ 3722-60	8	
	Матеріали		
15	Пенька	30г	

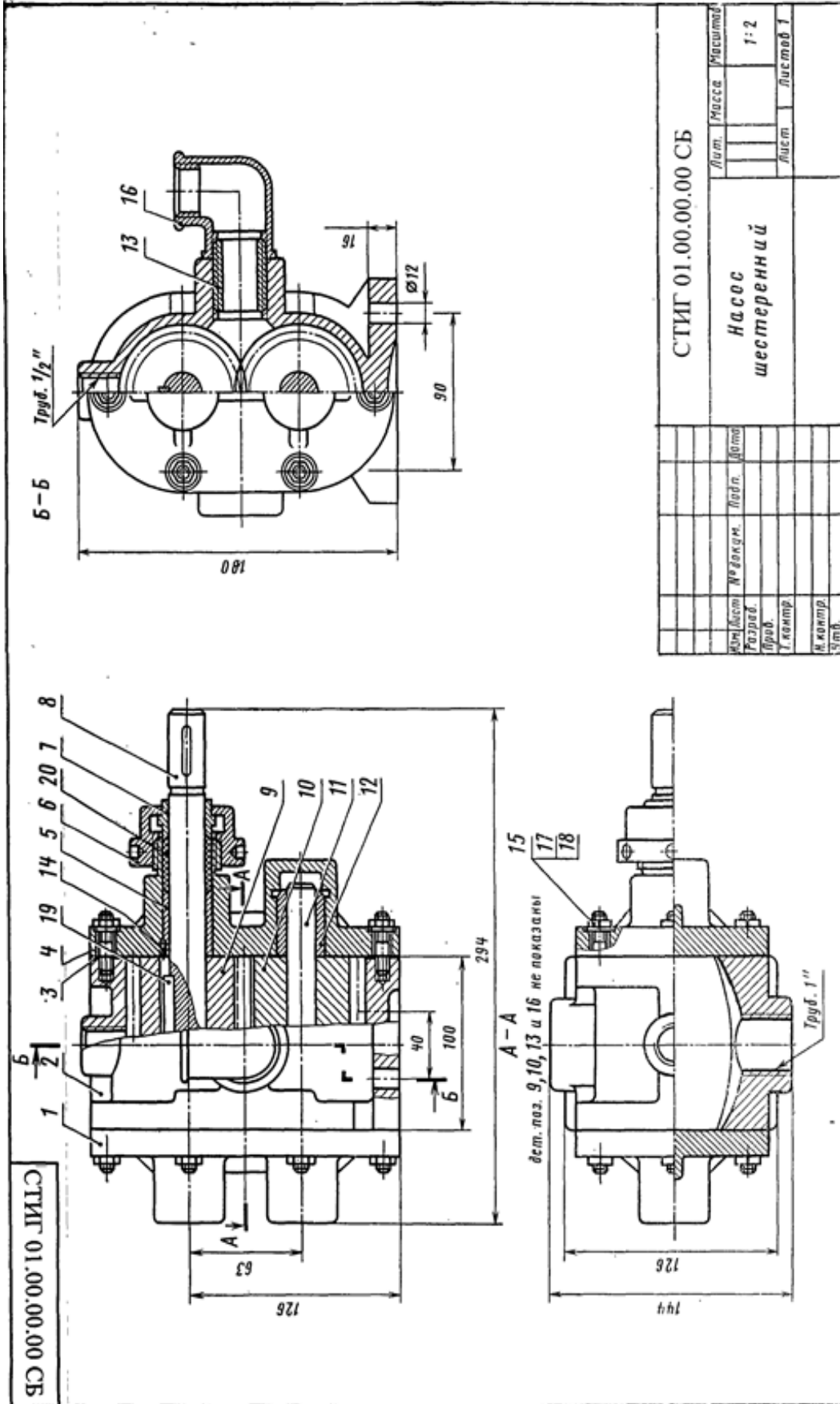


Рисунок 3.4 – Насос шестеренный (N=2500 шт./год.)

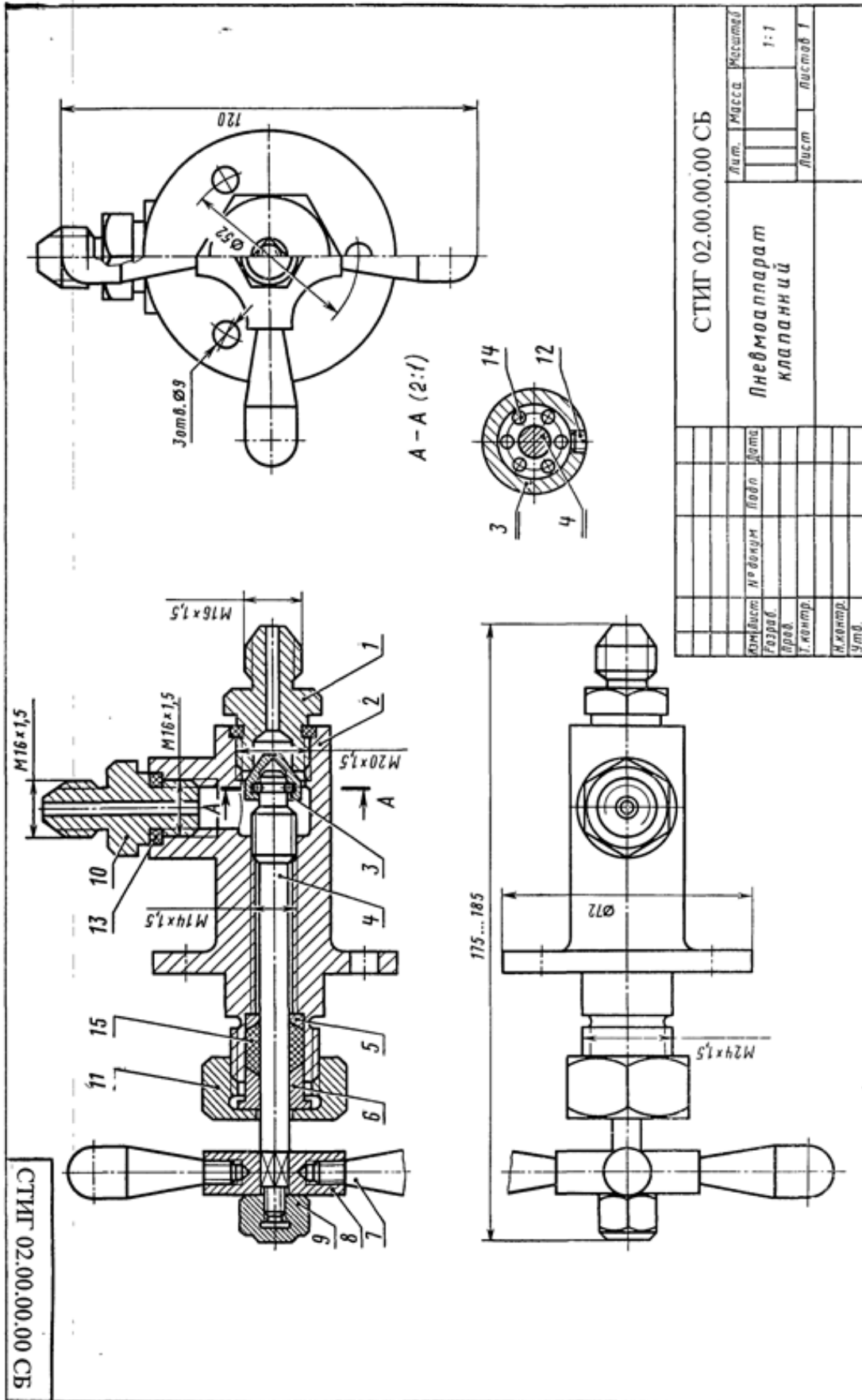


Рисунок 3.5 – Пневмоаппарат клапанный (N=8000 шт./год.)

Таблиця 3.5 – Специфікація виробу "Пневмоапарат золотниковий СТІГ 06.00.00.00 СБ"

Поз.	Найменування	Кільк.	Примітка
	Документація		
	Складальне креслення		
	Технічний опис		
	Деталі		
1	Кришка	1	
2	Корпус	1	
3	Фланець	1	Ст3
4	Кільце	1	М2
5	Вал	1	Ст3
6	П'ята	1	Сталь 45
7	Пружина <i>d=1; n=7; Ho=30</i>	1	Сталь 65Г
8	Поршень	1	ЛС59-1
9	Золотник	1	БрАЖ9-4
10	Штуцер	2	Ст3
11	Кільце	2	М2
	Стандартні вироби		
12	Гвинт 2М3×15 ГОСТ 17473-72	1	
13	Гвинт 2М3×15 ГОСТ 17475-80	3	
14	Кільце 008-012-25-1-4 ГОСТ 9833-73	2	
15	Кільце 025-030-30-2-4 ГОСТ 9833-73	1	
16	Кулька V10мм ГОСТ 3722-60	1	
17	Шайба 3 65г ГОСТ 6402-70	1	
	Матеріали		
18	Масло	8 г	

Таблиця 3.6 – Специфікація виробу "Гідроциліндр СТІГ16.00.00.00 СБ"

Поз.	Найменування	Кільк.	Примітка
	Документація		
	Складальне креслення		
	Технічний опис		
	Деталі		
1	Кришка-Кронштейн	1	Ст4
2	Циліндр	1	Ст3
3	Кришка	1	Ст4
4	Кришка сальника	1	Ст3
5	Шток	1	Сталь 10
6	Шайба проміжна	1	Ст3
7	Манжета	2	Шкіра
8	Шайба манжети	2	Ст3
9	Прокладка	2	Пресшпан
	Стандартні вироби		
10	Болт М8×90 ГОСТ 7798-70	4	
11	Гвинт 2 М4х15 ГОСТ 17473-80	2	
12	Гайка М8 ГОСТ 5916-70	4	
13	Гайка М8 ГОСТ 5919-73	1	
14	Шайба 8 ГОСТ 11371-78	4	
15	Шплінт 2×21 ГОСТ 397-79	1	
	Матеріали		
16	Пенька ГОСТ 9993-74	30Г	

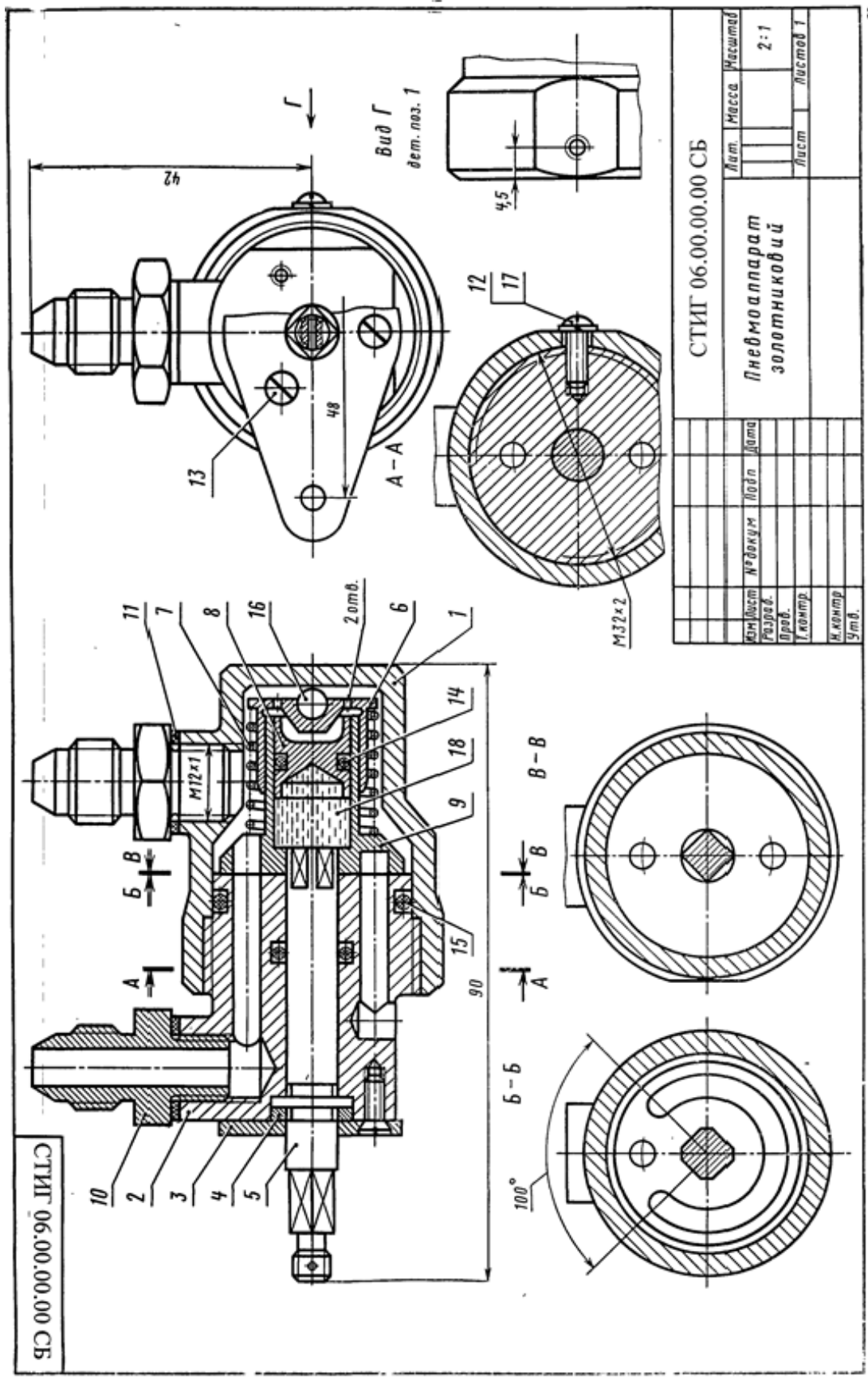


Рисунок 3.6 – Пневмоаппарат золотниковый (N=20000 шт./год.)

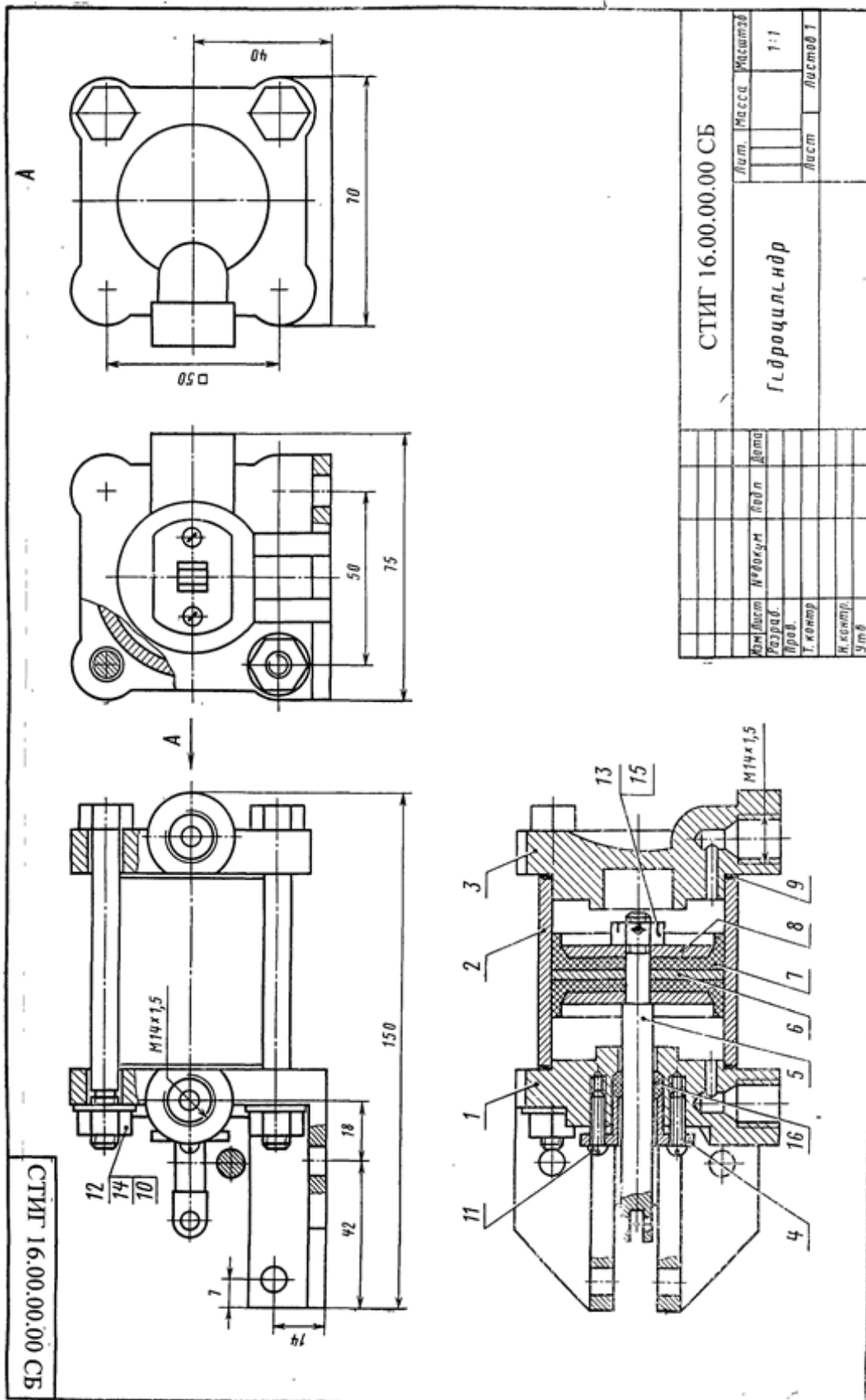


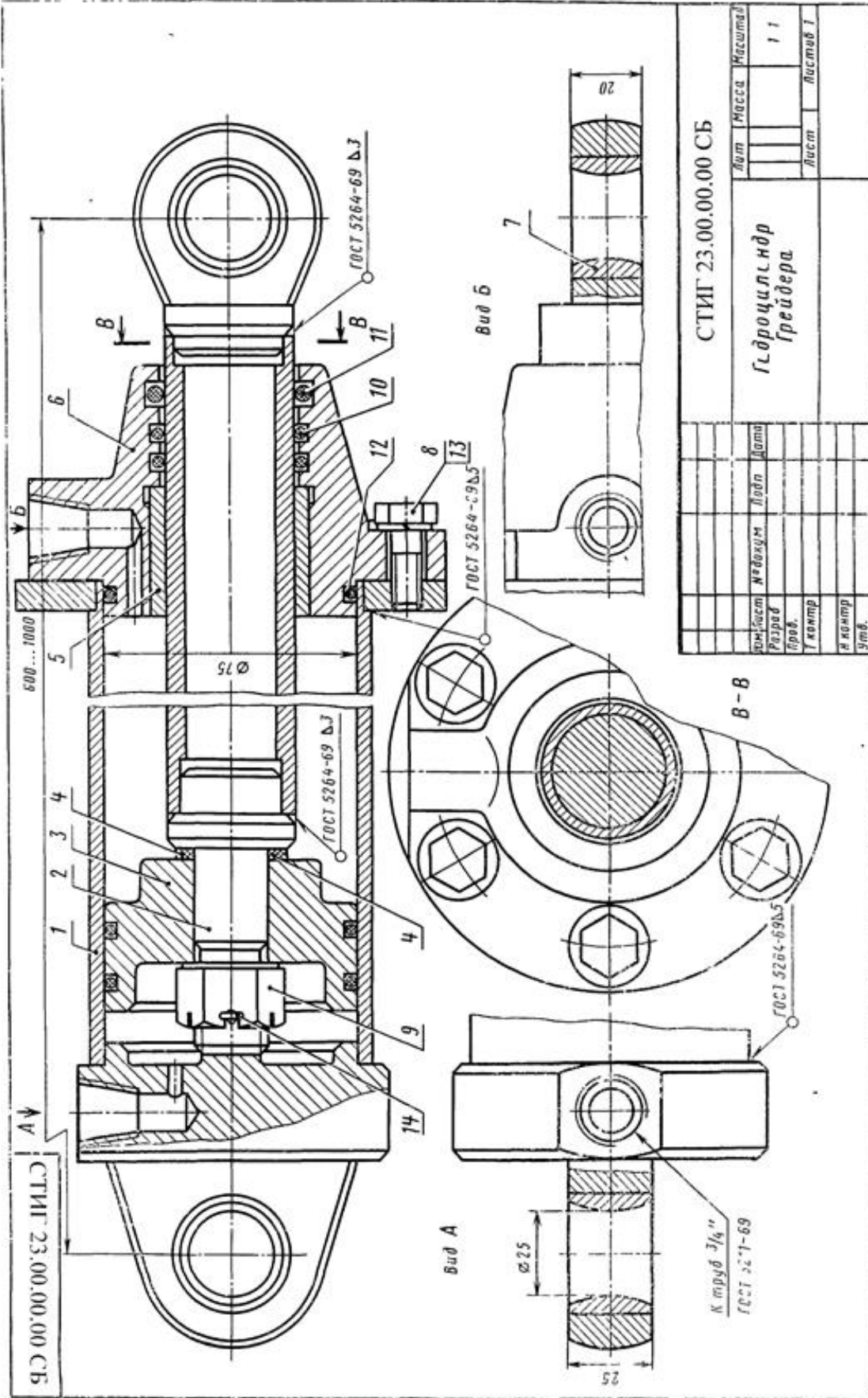
Рисунок 3.7 – Гідроциліндр (N=45000 шт./год.)

Таблиця 3.7 – Специфікація виробу "Гідроциліндр грейдера СТІГ 23.00.00.00 СБ"

Поз.	Найменування	Кільк.	Примітка
	Документація		
	Складальне креслення		
	Технічний опис		
	Складальні одиниці		
1	Корпус	1	
2	Шток	1	
	Деталі		
3	Поршень	1	Ст5
4	Кільце ущільнення	1	Гума
5	Втулка	1	Бронза
6	Кришка	1	Ст3
7	Вкладиш	2	Сталь 45
	Стандартні вироби		
8	Болт М10×25 ГОСТ 7805-70	6	
9	Гайка М24 ГОСТ 2528-73	1	
10	Кільце 040-045-30-1-4 ГОСТ 9833-73	2	
11	Кільце 040-048-50-1-4 ГОСТ 9833-73	1	
12	Кільце 065-075-050-1-4 ГОСТ 9833-73	3	
13	Шайба 10 65Г ГОСТ 6402-70	1	
14	Шплінт 2,5×20 ГОСТ 398-79	1	

Таблиця 3.8 – Специфікація виробу "Колесо приводне СТІГ 19.00.00.00 СБ"

Поз.	Найменування	Кільк.	Примітка
	Документація		
	Складальне креслення		
	Технічний опис		
	Деталі		
1	Колесо ходове	1	Ст5
2	Шестірня	1	Сталь 45
3	Втулка розпірна	1	Ст3
4	Прокладка	2	Пресшпан
5	Оседержатель	2	Ст3
6	Вісь	1	Сталь 45
7	Втулка розпірна	2	Ст3
8	Кришка	2	Сталь 35
	Стандартні вироби		
9	Болт М20×30 ГОСТ 7805-70	2	
10	Болт М20х40 ГОСТ 7805-70	12	
11	Болт М20х170 ГОСТ 7811-70	6	
12	Гайка М20 ГОСТ 5918-73	6	
13	Кільце СП-165-125-20 ГОСТ 6308-71	2	
14	Мастилка 1.2-Ц6 ГОСТ 19853-74	1	
15	Підшипник 3622 ГОСТ 5721-57	2	
16	Шайба 20 65Г ГОСТ 6402-70	14	
17	Шайба 20 ГОСТ 6958-78	6	
18	Шплінт 4×40 ГОСТ 397-79	6	



СТИГ 23.00.00.00 СБ			
Гідроциліндр Грейдера		Лист	Масштаб
		Лист	1 1
Форм.	Материал	Дата	
Разроб.	Модиф.	Лист	Листов 1
Проф.			
Т. квал.			
Д. квал.			
Утв.			

Рисунок 3.8 – Гідроциліндр грейдера (N=18000 шт./год.)

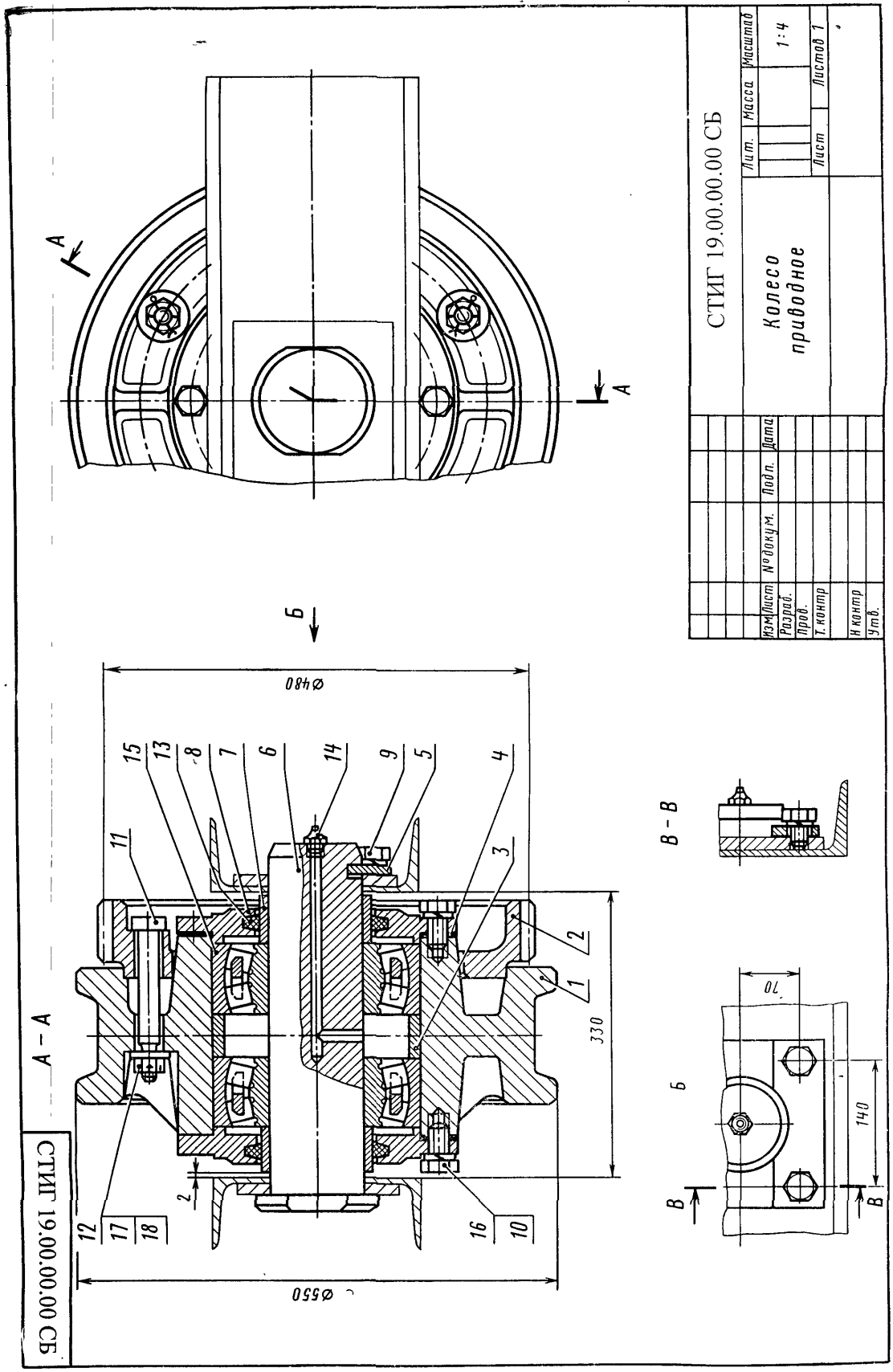


Рисунок 3.9 — Колесо приводное (N=18000 шт./год.)

3.3 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

Мета роботи – отримати навички із розроблення маршрутного і операційного технологічних процесів складання.

Теоретичні відомості

Технологічний процес складання (ТПС) – це частина виробничого процесу, яка безпосередньо пов'язана із послідовним з'єднанням, взаємним орієнтуванням і фіксацією деталей і складальних одиниць для отримання готового виробу (ГОСТ 23887-89).

Структура процесу: складальні операції, переходи і прийоми.

Операція складання – це закінчена частина ТПС, виконується безперервно над однією складальною одиницею або над сукупністю одночасно складальних одиниць одним робітником або бригадою робітників на одному робочому місці.

Складальний перехід – це закінчена частина операції складання з утворенням з'єднання або декількох з'єднань при незмінному методі виконання роботи або використанні одних і тих самих інструментів і пристосувань.

Приєм складання – це окрема закінчена дія робітника в процесі складання або підготовки до складання виробу або складальної одиниці.

Зміст операцій і переходів ТПС визначається конструкцією виробу, організаційно-технічними умовами складального виробництва і програмою випуску.

Серійність організаційної форми складання можна попередньо визначити за допомогою даних, наведених в табл. 2.2.

У поточному виробництві, а це характерно й для серійного і масового виробництва, має місце диференціація ТПС, тобто поділ його на операції, тривалість яких дорівнює або кратна такту складання, а роботи в межах операції однорідні за кваліфікацією і розрядом роботи.

Нагадаємо, що в ході складання виконують ряд робіт, з яких підготовчі, підганяльні та власне складальні складають в серійному виробництві 70 – 80 % (відповідно, 5 – 7 %, 20 – 25 %, 45 – 47 %), а у масовому виробництві 78 – 85 % (8 – 1 %, 0 %, 70 – 75 %, підганяльні роботи не виконують, оскільки реалізують інші способи досягнення точності).

Для формування змісту операцій ТПС в табл. 3.9 наведено основні класи, підкласи і групи найбільш трудомістких робіт. Класи і підкласи формують операції, а групи і підгрупи – переходи. Наприклад, для отримання складаль-

ної одиниці "корпус зі шпилькою і гайкою" в корпус необхідно встановити шпильку і законтрагувати. Для цього слід виконати наступні роботи:

- підготовчі: комплектація – для серійного виробництва: очищення і промивка машинна з подальшим обдуванням;
- транспортні: переміщення краном, установка на точні бази;
- власне складальні: кріпильні роботи – складання різьбових з'єднань: закручування шпильки і накручування гайки; мастило – в процесі складання масляною;
- контрольно-перевірочні – перевірка зовнішнім оглядом.

ТПС розробляють у певному порядку:

1. Встановлюють організаційну форму складання, визначають її такт T – T_C .

Якщо це потокова форма, то T_C визначають:

$$T_C = \frac{F_r}{N} = \frac{A_{p.d.} \cdot m \cdot k \cdot \eta_e \cdot 60}{N}, \text{ хв}, \quad (3.1)$$

де F_r – річний фонд часу;

N – річна програма виробів, що складають, шт.;

$A_{p.d.}$ – кількість робочих днів у році, дн.;

m – кількість робочих змін, шт.;

k – кількість робочих годин за зміну, год.;

η_e – коефіцієнт внутрішніх втрат (при $m = 1$, $\eta_e = 0,98$; $m = 2$, $\eta_e = 0,96$).

2. Виконують технологічний аналіз складальних креслень і робочих креслень деталей.

3. Виконують різний аналіз конструкції виробу, що складається, і встановлюють метод досягнення необхідної точності складання, в нашій роботі – це метод повної взаємозамінності.

4. Визначають ступінь диференціації ТПС для заданих умов виробництва.

5. Встановлюють послідовність з'єднання всіх складальних одиниць і деталей виробу, розроблюють схему складання, при цьому складання необхідно виконувати так, щоб не виникало потреб в розбиранні частини або всього з'єднання.

6. Розробляють зміст операцій складання, задають методи контролю та остаточних випробувань виробу (якщо вони необхідні).

7. Розробляють необхідну оснастку.

8. Проводять нормування складальних робіт.

9. Оформляють технічну документацію на автоматизацію виробництва.

Оскільки у попередній роботі вже було розроблено схему заданої складальної одиниці (ГЦ) та були вже реалізовані етапи 1 – 5, то можна продовжити розробку ТПС.

Маршрутний ТПС складається із ряду операцій, а кожна операція – із переходів – основних і допоміжних, при цьому кількість операцій, власне, складання повинно дорівнювати кількості зібраних складальних одиниць.

Порядок виконання роботи

Кожен студент в ході роботи отримав завдання, і продовжить роботу над ним, використовуючи схему складання заданої складальної одиниці.

Додаємо до завдання додаткові дані:

N – річна програма випуску виробу, що підлягає складанню, шт./рік;

$T_{скл}$ – трудомісткість складання, годин, не більше.

- 1) Визначимо такт випуску складання T_C , застосовуючи формулу (3.1).
- 2) Визначимо серійність виробництва і організаційну форму складання за допомогою табл. 2.2.
- 3) Визначимо вид робіт (табл. 3.9) для кожної складальної одиниці виробу.
- 4) Визначимо кількість операцій ТПС виробу.
- 5) Сформулюємо зміст переходів кожної операції ТПС.
- 6) Запишемо маршрутний процес ТПС.
- 7) Запишемо у вигляді таблиці послідовність переходів однієї з операцій ТПС і зробимо висновки.
- 8) На прикладі виробу – пневматичного коливального циліндра – виконаємо цю послідовність.

За програмою $N = 10000$ шт./рік і $T_{скл}$ до 30 хв (цифри N і T_C задає викладач) визначимо основні параметри ТПС.

8.1) Знайдемо такт складання T_C , приймаючи $A_{p.d.} = 255$ днів; $k = 8$ годин, $m = 2$, $\eta_e = 0,96$, $T_{скл}$ не більше 30 хв, ми не зможемо зібрати потрібну кількість виробів, а саме 5000.

$$T_C = \frac{255 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,96 \cdot 60}{10000}, \text{ хв.}$$

8.2) Із табл. 2.2 знайдемо, що при $T_{скл} = 30$ хв. і місячної програми понад 800 виробів ($\frac{10000}{12} = 833$) виробництво – багатосерійне з організаційною фор-

мою складання – рухоме потокове складання з розчленуванням процесу на операції і переміщенням об'єкта від однієї позиції до іншої за допомогою механічних транспортуючих систем.

8.3) У схемі складання виділяємо 4 складальні одиниці – це 4 операції і одна операція загального складання. У ТПС повинна бути операція підготовки деталей до складання, а також операції вивірення, випробувань і контролю. Маршрутний ТПС побудуємо так:

010. Складальна. Підготовка деталей до складання (очищення від мастила, огляд деталей, обпилювання задирок, упаковка в тару).

020. Складальна. Складання базової групи (установка і загвинчування 8 шпильок у корпус).

030. Складальна. Складання поршневої групи. Складання поршня з кільцем, штоком і гайкою.

040. Складальна. Складання кришки передньої з кільцем і прокладкою.

050. Складальна. Складання кришки задньої з фланцем, прокладкою і болтом.

060. Складальна. Складання циліндра шляхом приєднання до корпусу поршня, задньої та передньої кришки і закріплення їх гайками.

070. Вивірення. Перевірка рухомості штока.

080. Випробувальна. Перевірка на герметичність на стенді.

090. Контрольна.

8.4) Сформуємо зміст переходів на прикладі операції 20, використовуючи дані, наведені в табл. 3.9.

Зміст складальних операцій пропишемо так, щоб на кожному робочому місці виконувалася однорідна за характером і технологією операція. Це дозволить складальнику краще спеціалізуватися, застосувати виробниче технологічне оснащення і домогтися високої ефективності.

Розглядаючи операцію 20 складання базової групи, встановлюємо, що у цієї складальній операції два установка або дві позиції, вісім технологічних складальних переходів за числом шпильок, що вгвинчуються і 2 допоміжних переходи.

8.5) Записуємо зміст операції – "загвинтити в обидва торці корпусу по 4 шпильки" – у вигляді таблиці (табл. 3.10).

8.6) Висновки. При значних об'ємах випуску для виконання цієї операції доцільно застосовувати роботи-маніпулятори для установлення, зняття і повороту виробу або поворотні столи, і забезпечити паралельне наживлення і загвинчування шпильок.

Таблиця 3.9 – Склад підготовчих та складальних робіт

№ п/п	Клас робіт		Підклас робіт		Групи робіт		Підгрупи робіт				
	Наймен.	Шифр	Наймен.	Шифр	Наймен.	Шифр	Наймен.	Шифр			
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Підготовчі	1	Комплектація	0	–	–	Для конвеєрного складання	1			
							Для серійного виробництва	2			
			Рихтування (правка)	1	На пресі	1	Для упору	1			
							На призмах	2			
			Розмітка	3	–	–	Підгинанням	1			
							Нанесенням рисок	1			
			Очистка	4	Промивка машинна	1	–	–			
							Промивка ручна	2	–	–	
							Промивка каналів	3	Гідравлічна	1	
									–	2	
							Обдування	4	Індивід.	1	
									Групова	2	
			2.	Транспортні	2	Переміщення	1	Краном, тельфером, вручну	1	–	–
										Установка	0
						На вільні бази	2				
						Укладка в штабель	3				
Зняття з пристосування	4										
Переворот для дельн. складання	5										
Підбір деталей та комплектів	4	–				–	За масою	1			
							По групам	2			
							За розміром	3			
							За величиною зазору	4			
							По інтенс. шуму (зуб. колеса)	5			
Контрольно-перевірочні	7	Перевірка зовнішнім оглядом				1	Збіг рисок	1			
							Відсутність забоїн	2			
							Клеймування	3			
		Перевірка зазорів				2	–	1			
							Індикатором	2			
			Відбитком	3							
		Перевірка розмірів	3	–	–						
				–	–						
				–	–						
Перевірка биття	–	–									
Перевірка співвісності	–	–									

Продовження табл. 3.9

3.	Підганяльні	3	Обробка отворів	1	На верстаті	1	Свердління	1
							Розгортанням, нарізанням різьби	2
				Механізованим та ручним	2	Свердлінням	1	
						Розгортанням	2	
					Нарізанням різьби	3		
			Обробка поверхонь	2	–	–	Пригоном	1
							Шабренням	2
Поліруванням	3							
Притиркою	4							
4	Власне-складальні	1	Вільна постановка	1	Складання різьбових з'єднань	0	–	–
			Кріпильні роботи	2	Складання різьбових з'єднань	1	Вивертання гвинта болта	1
							Загвинчування гайки	2
							Викручування спец. деталі	3
							викручування шпильок	4
							Стопоріння	2
					Болта відн. деталі	2		
			Запресування	3	a	1	–	–
					З нагріванням	2	–	–
					З охолодж.	3	–	–
					Складання клепаних з'єднань	4	–	–
					Розвальцювання	5	–	–

Таблиця 3.10 – Структура переходів операції 20

№ переходу	Зміст переходу
1	Очистити нарізні сполучення від стружки
2	Встановити корпус і закріпити його в пристосуванні
3	Загвинтити шпильку в отвір (з використанням одношпindelного шпилькововерта)
4 – 6	Повторити перехід 3 ще три рази
7	Перевстановити корпус
8 – 11	Повторити перехід 3 ще чотири рази
12	Контроль роботи
13	Зняти корпус і передати його на наступну операцію

Зміст звіту

У звіті наводиться схема складання, склад складальних одиниць, маршрутний ТПС і склад переходів однієї операції складання.

Література [1; 2; 4]

Питання для самоперевірки:

1. Які роботи, наведені нижче, виконуються при складанні:

- підготовчі;
- підганяння;
- регулювання;
- випробування;
- консервація.

2. Такт складання T_C залежить від:

- площі цеху;
- габаритів цеху;
- річного фонду часу;
- кількості складальників;
- кількості всіх працівників.

3.4 ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ СКЛАДАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

Мета роботи – набути навичок нормування складальних операцій.

Теоретичні відомості

Технічна норма часу (ТНЧ) на складання – це час, витрачений на виконання певної роботи зі складання необхідної якості в раціональних організаційно-технічних і технологічних умовах.

Залежно від типу виробництва ТНЧ на складання може бути диференційованою або укрупненою за ступенем розчленування і за масштабом застосування – загальномашинобудівною, галузевою і заводською.

В одиничному і дрібносерійному виробництвах технологічний процес складання (ТПС) не деталізують, складальники виконують комплекси робіт, тому ТНЧ розробляють і застосовують укрупнено.

У табл. 3.12 наведено приклад розрахунку ТНЧ на складання одного різьбового з'єднання при довжині нагвинчування гайки 1 мм, а в табл. 3.13 укрупнене значення часу.

У серійному виробництві ТПС поділяють на операції, і складальники спеціалізуються на виконанні певних робіт. ТНЧ більш деталізована і визначається частково за елементами.

У великосерійному і масовому виробництві ТНЧ диференційована за основними елементами з урахуванням переходів, прийомів і рухів.

Складальні роботи, типові для машинобудування, в цілому нормують на основі загальномашинобудівних нормативів часу, а для галузей машинобудування, груп заводів і навіть окремих заводів ТНЧ розробляють за галузевими і заводськими нормативами.

У ТНЧ враховують кваліфікацію виконавця, максимальне використання обладнання при найвигідніших режимах роботи з використанням доцільних пристосувань та інструментів.

Структура ТНЧ така:

$$T_{ум} = T_o + T_{дон} + T_{обсл} + T_{відпоч}, \text{ хв}, \quad (3.2)$$

де T_o – основний час складання, хв;

$T_{дон}$ – допоміжний час, який не перекривається основним (взяти деталь, закріпити деталь, перемістити інструмент, виміряти необхідний параметр та ін.), хв;

$T_{обсл}$ – час на технологічне і організаційне обслуговування робочого місця (розкладання і прибирання інструментів перед початком роботи і в кінці її, очищення робочого місця, заміна інструментів в процесі роботи, видалення інструментів та ін.), хв;

$T_{відпоч}$ – час на перерви та відпочинок і задоволення природних потреб, хв.

Якщо прийняти, що $T_o + T_{дон} = T_{он}$, то формулу (3.2) можна записати для масового виробництва так:

$$T_{ум} = T_o + T_{дон} + \frac{\alpha \cdot T_{он}}{100} + \frac{\beta \cdot T_{он}}{100} + \frac{\gamma \cdot T_{он}}{100}, \quad (3.3)$$

де α , β і γ – коефіцієнти, що враховують технологічне, організаційне обслуговування, відпочинок і природні потреби.

$T_{обсл}$ залежить від виду слюсарно-складальних робіт і складає 2 ... 6 % від $T_{он}$.

$$T_{відпоч} = (4 \dots 6) \% \cdot T_{он}.$$

На конвеєрному складанні $T_{відпоч1} = 10$ хв через 1 годину 50 хв роботи, далі обідню перерву – 1 година, після цього робота 1 годину 50 хв і перерва $T_{відпоч2} = 10$ хв і останню перерву в 10 хвилин після 1 години роботи після третьої перерви, тобто $T_{відпоч} = 30$ хв (без обіду).

Для серійного виробництва:

$$T_{um} = T_o + T_{don} + \frac{(k \cdot \gamma) T_{on}}{100}, \quad (3.4)$$

де k і γ – коефіцієнти, що враховують обслуговування робочого місця і відпочинок та природні потреби.

На відміну від процесів механічної обробки в серійному виробництві при складанні партії деталей $T_{n.з}$ – підготовчо-заклучний час дуже малий, і складається з:

- часу на отримання технічної документації на роботу і ознайомлення з нею – 2,5 ... 3,5 хв;
- часу на отримання напівфабрикату – 2 ... 3 хв;
- часу для вибору необхідного інструмента, отримання його і здачі після закінчення роботи – 1,5 ... 2,5 хв;
- часу на здачу роботи і наряду – 2,5 ... 3,5 хв.

Разом $T_{n.з} = 8,5 \dots 12,5$ хв.

При нормуванні в структурі операції складання з подачі деталей, їх взаємної орієнтації, закріплення, знімання та контролю складальної одиниці замінують одним прийомом – установкою, розуміючи під цим надання об'єкту такого положення щодо інших взаємозамінних конструктивних елементів, яке передбачено кресленням і ТУ на складання. Тривалість прийому залежить від виду установок (на вал, на площину, в отвір та ін.), різновидів (на шпильку, до упору та ін.), маси об'єкта, його габаритів, конфігурації, відстані переміщення, висоти підйому, характеру посадки, способу кріплення і положення складальника (зручне або незручне).

Наприклад, при запресуванні враховують діаметр посадкової частини, величину натягу, масу деталі, вид обладнання і пристосування, зручність виконання роботи.

При закручуванні гайок приймають до уваги: діаметр, крок і довжину різьби, кількість гайок, які одночасно загвинчують, кількість шайб, що надягають на болт (шпильку).

У табл. 3.14 – табл. 3.32 наведено норми часу на окремі дії при складанні. При цьому кожна дія – це перехід збирання, що складається з окремих прийомів.

При запресуванні деталі в нормальному положенні час t_y приведено в табл. 3.24 – табл. 3.27.

Якщо запресування здійснюють в незручному положенні, то величину t_y слід домножити на коефіцієнти 1,35.

При складанні різьбових з'єднань значення t_y наведено в табл. 3.27, табл. 3.28 і табл. 3.30, при цьому цей час вказано для гвинтів, болтів і гайок з метричною різьбою при закручуванні їх на підлозі в зручному місці.

Якщо умови інші, то час змінюють:

- незручне виконання 1,1 – 4,35;
- дюймова різьба 0,9;
- закрученні на 0,75 обороту викрутки або ключа 0,8;
- закрученні на 0,25 оберту 1,25.

При відкручуванні гвинтів, болтів і гайок t_y знижується на 15 – 25 %.

Порядок виконання роботи

Нормування складальних операцій виконують після розроблення маршруту складання і послідовності переходів на кожній операції складання.

Якщо серед цих операцій є операції механічної обробки, то їх нормування проводиться так, як це було показано раніше.

1) Запишемо структуру переходів на кожній операції складання складальної одиниці.

2) Виділимо в цій структурі переходи, що виконують в незручному положенні для складальника.

3) Відповідно до табл. 3.14 і табл. 3.32 для кожного переходу необхідно вибрати час, що витрачається на його реалізацію, коефіцієнти і визначити T_o для кожної операції.

4) Визначимо допоміжний час $t_{дон}$.

4.1) Визначимо для кожної операції $T_{он}$.

4.2) Визначимо значення коефіцієнтів α , β , γ для заданого діапазона: $T_{обсл} = (2 \dots 6)\% \cdot T_{он}/100$ та $T_{відп} = (4 \dots 6)\% \cdot T_{он}/100$.

Таблиця 3.12 – Час на складання одного різьбового з'єднання при різній довжині загвинчування гайки

Вид з'єднання	Діаметр різьби d , мм	Довжина загвинчування l , мм					
		5	10	15	20	25	30
Різьбові метричні	M3	0,3	0,4	0,45	–	–	–
	M5	–	0,35	0,4	0,5	–	–
	M6	–	0,32	0,35	0,45	0,55	–
	M8	–	0,25	0,3	0,4	0,5	–
	M10	–	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7
	M12	–	–	0,45	0,55	0,65	0,75

Таблиця 3.13 – Укрупнені значення норми часу при складанні у дрібно-серійному виробництві

№	Елемент операції	Норма часу, хв		
		молоток	руч. прес	пневм. прес
1	Затягнути болт торцевим ключем при довжині затяжки не більше 30 мм		0,15	
2	Затягнути болт гайковертом при довжині затяжки не більше 30 мм		0,04	
3	Завернути шпильку шпильковертом		0,05	
4	Завернути шпильку спец. ключем		0,2	
5	Навернути гайку від руки		0,07	
6	Затягнути гайку: - гайковертом - відкритим ключем - торцевим ключем		0,04	
			0,13	
			0,12	
7	Зашплінтувати гайку		0,29	
8	Зашплінтувати дротом простою в'язкою з відкушуванням кінців		0,4	
		молоток	руч. прес	пневм. прес
9	Запресувати шпильку чи палець	0,11	0,06	–
10	Фланець на шпонку	0,2	–	–
11	Зубчасте колесо на шпонку	–	0,16	0,1
12	На шліці	–	–	0,2

Таблиця 3.14 – Норми часу на протирання деталей вручну

Вид поверхні	Площина, дм ² (a-b и πd·l)				
	До 5	5 – 10	10 – 20	20 – 40	
	Час, хв				
Плоска (a b):	без виступів	0,08	0,10	0,15	0,21
	з виступом (до трьох)	0,12	0,15	0,21	0,34
Циліндрична (зовнішня):	без виступів	0,10	0,12	0,17	
	з виступом (до трьох)	0,16	0,20	0,26	
Циліндрична (внутрішня):	без виступу	0,11	0,14	0,20	
	з виступом (до трьох)	0,19	0,24	0,34	

Примітка. Наведеними в таблиці нормами часу передбачається виконання наступних прийомів роботи: 1) взяти кінці, ганчірки, щітку; 2) протерти поверхню деталі (деталей); 3) відкласти кінці, ганчірки, щітку.

Таблиця 3.15 – Норми часу на змазування циліндричних поверхонь при складанні вручну

Діаметр циліндра, що змащують, мм	Довжина циліндра, що змащують, b , мм						
	25	50	100	150	200	250	300
	Норма часу t на змазування однієї деталі						
10	0,032	0,054	0,092	–	–	–	–
15	0,043	0,074	0,120	0,17	–	–	–
20	0,058	0,098	0,160	0,22	0,28	–	–
30	0,074	0,125	0,210	0,29	0,36	0,41	0,48
50	0,100	0,170	0,290	0,40	0,50	0,58	0,66

Таблиця 3.16 – Норми часу на установлення деталей і вузлів при складанні без кріплення

Характер установки деталі чи вузла	Час t на установку однієї деталі (скл. од.), хв								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Маса q деталей та складальних одиниць, кг.								
Установка деталей по отворах	0,20	0,35	0,40	0,45	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
Установка на три шпильки в горизонтальній площині або в щільні пази	0,42	0,70	0,78	0,85	1,0	1,15	1,20	1,30	1,40
Установка на вертикальну площину з тимчасовим кріпленням або на шпильки	0,54	0,90	1,0	1,10	1,28	1,45	1,53	1,65	1,77

Таблиця 3.17 – Норми часу на установлення деталей за рисками

Характер установки	Найбільший розмір l , мм	Маса деталі, кг			
		до 5	5–10	10–15	15–20
		Час, хв			
Проста					
Установка без регулювання деталей простої конфігурації	500	0,14	0,21	0,28	0,34
	1000	0,18	0,25	0,32	0,40
Середньої складності					
Установка з нескладним регулюванням (ударами молотка) деталей нескладної конфігурації	500	0,20	0,30	0,40	0,50
	1000	0,28	0,36	0,46	0,56
Складна					
Установка із застосуванням регулювання громіздких деталей з виступаючими частинами	500	0,30	0,44	0,59	–
	1000	0,40	0,55	0,69	0,63

Примітка: Наведеними в таблиці нормами часу передбачається виконання наступних прийомів роботи: а) протерти поєднувані поверхні; б) взяти деталь і з'єднати з іншою (попередньо); в) з'єднати деталі з регулюванням при установленні за рискою.

Таблиця 3.18 – Норми часу на установлення прокладок

Матеріал прокладок	Характер установлення			Кількість отворів чи шпильок				
				2		4		8
				Відстань між отворами або шпильками, мм				
				100	200	100	200	200
				Час t , хв				
Папір, картон товщиною до 1 мм	По отворах			0,05	0,07	0,08	0,10	0,20
	По шпилькам	h , мм	30	0,09	0,12	0,12	0,17	0,20
		50	0,10	0,15	0,15	0,19	0,25	
Резина товщиною до 3 мм	По отворах			0,305	0,07	0,07	0,09	0,10
	По шпилькам	h , мм	30	0,07	0,10	0,10	0,13	0,20
		50	0,08	0,11	0,11	0,15	0,17	

Примітка. Наведені в таблиці норми часу передбачають виконання наступних прийомів роботи: а) взяти прокладку; б) встановити прокладку на отворах або на шпильки.

Таблиця 3.19– Норми часу на установлення призматичних шпонок

Перетин шпонки, $a \cdot b$, мм	Довжина шпонки l , мм							
	20	30	40	50	60	70	80	90
	Час t , хв							
5x5; 6x5; 8x5	0,25	0,28	0,30	0,32	0,35	0,38	0,40	–
10x7; 12x8; 14x9	–	–	0,34	0,36	0,39	0,41	0,44	0,49
16x10; 20x12	–	–	–	0,40	0,43	0,45	0,48	0,52

Примітка. Наведеними в таблиці нормами часу передбачається виконання наступних прийомів роботи: 1) взяти шпонку і напилек (шкурку); 2) зачистити задирки напилком або шкуркою; 3) встановити шпонку із застосуванням молотка; 4) відкласти інструмент.

Таблиця 3.20 – Норми часу на установку деталей на вал зі шпонкою вручну за допомогою молотка

Маса деталі, що насаджують, кг											
До 3			4 – 6			7 – 10			11 – 16		
Поперечний переріз, мм											
Довжина шляху проходу шпонки l , мм	5x5	6x5	8x6	10x7	12x8	14x9	16x10	18x11	24x12	24x14	28x16
	Час насадки на довжину $l = 10$ мм, хв										
20	1,25	1,50	1,70	–	–	–	–	–	–	–	–
30	1,00	1,20	1,32	1,50	–	–	2,00	–	–	–	–
40	0,85	1,00	1,15	1,30	1,40	1,57	1,70	–	–	–	–
50	0,76	0,92	1,00	1,15	1,28	1,40	1,57	1,75	–	–	–
60	0,68	0,84	0,92	1,05	3,17	1,30	1,40	1,60	1,90	–	–
70	–	0,77	0,86	0,97	1,08	1,18	1,28	1,48	1,75	2,00	–
85	–	0,58	0,78	0,87	0,98	1,05	1,18	1,30	1,60	1,80	2,20
100	–	0,52	0,70	0,80	0,90	0,98	1,08	1,20	1,45	1,68	2,00
125	–	–	–	0,70	0,87	0,87	0,95	1,07	1,30	1,50	1,75
150	–	–	–	0,64	0,70	0,78	0,85	0,98	1,18	1,35	1,60

Примітка. Наведеними в таблиці нормами часу передбачається виконання наступних прийомів роботи: 1) взяти зі столу деталь, що знаходиться на відстані до 1 м; 2) насадити деталь на шпонку за допомогою молотка; 3) перевірити встановлену деталь.

Таблиця 3.21 – Норми часу на установлення пружин

Діаметр пружини, мм	Довжина шпонки l , мм				
	30	50	100	150	200
	Час t , хв				
10	0,05	0,06	0,07	0,09	0,12
20	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12
30	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14
50	0,08	0,09	0,10	0,14	0,16

Примітка. Наведеними в таблиці нормами часу передбачається виконання наступних прийомів роботи: 1) взяти пружину; 2) встановити пружину.

При незручному виконанні роботи табличні норми часу помножуються на коефіцієнт $K = 1,1 - 1,35$.

Таблиця 3.22 – Норми часу на установлення стопорних кілець

Діаметр d кільця, мм	Довжина кільця b , мм				
	10	20	30	40	50
	Час t , хв				
50	0,64	0,72	0,90	1,08	1,26
60	0,72	0,82	1,00	1,26	1,44
80	0,90	1,08	1,31	1,52	1,80
100	0,08	1,35	1,62	1,98	2,44

Примітка. Наведеними в таблиці нормами часу передбачається виконання наступних прийомів роботи: 1) взяти стопорне кільце; 2) встановити стопорне кільце на вал; 3) закріпити стопорні гвинти викруткою.

Таблиця 3.23 – Норми часу на установлення шплінтів з розведенням кінців вручну

Умовний діаметр D шплінта (діаметр отвору), мм	Діаметр шплінта d , мм	Довжина шплінта l , мм			
		20	30	40	50
		Час t на установку одного шплінта, хв			
3	2,7	0,140	0,15	0,155	0,16
4	3,6	0,185	0,20	0,210	0,22
5	4,6	0,230	0,25	0,260	0,27
6	5,6	–	0,30	0,315	0,33

Примітка. Наведеними в таблиці нормами часу передбачається виконання наступних прийомів роботи: 1) взяти шплінт з верстата і молоток; 2) прочистити отвір; 3) встановити шплінт в отвір і забити; 4) розвести кінці.

Таблиця 3.24 – Норма часу на запресовування конічних штифтів вручну

Діаметр штифта d , мм	Довжина штифта l , мм					
	10	15	20	30	40	50
	Час t , хв					
3	0,15	0,17	0,19	0,21	–	–
5	–	–	0,21	0,23	0,26	0,28
8	–	–	–	0,29	0,32	0,34
10	–	–	–	–	0,36	0,39

Примітка. Наведеними в таблиці нормами часу передбачається виконання наступних прийомів роботи: 1) взяти молоток, взяти штифт і вставити його в отвір; 2) запресувати штифт (легким ударом молотка); 3) відкласти молоток.

Таблиця 3.25 – Норми часу на установку штифтів в глухих отворах

Діаметр штифта d , мм	Довжина штифта l , мм				
	32	40	60	85	100
	Час t , хв				
6,5	0,41	0,45	0,53	0,64	–
8	0,47	0,52	0,60	0,70	–
13	–	0,73	0,84	0,90	–
16	–	–	0,94	1,02	1,14
29	–	–	–	1,18	1,30

Примітка. Наведеними в таблиці нормами часу передбачається виконання наступних прийомів роботи: 1) взяти молоток, взяти штифт і вставити його в отвір; 2) запресувати штифт (легким ударом молотка); 3) надіти шайбу і закрутити гайку; 4) відкласти молоток.

Таблиця 3.26 – Норма часу на запресовування втулок вручну молотком

Діаметр втулки d , мм	Діаметр втулки l , мм							
	30	40	50	60	70	80	90	100
	Час на запресовування однієї втулки t , хв							
20	1,40	1,70	2,00	2,29	–	–	–	–
30	1,70	2,08	2,40	2,70	3,00	3,30	3,60	–
40	1,90	2,30	2,70	3,05	3,40	3,70	4,00	4,30
50	2,10	2,50	3,00	3,35	3,70	4,05	4,40	4,80
60	2,26	2,70	3,23	3,60	4,00	4,35	4,75	5,20
70	2,42	2,90	3,46	3,85	4,30	4,65	5,10	5,60
80	2,55	3,05	3,65	4,05	4,55	4,90	5,40	5,90
90	2,65	3,15	3,80	4,20	4,70	5,10	5,60	6,10
100	2,80	3,40	4,00	4,40	5,00	5,40	6,00	6,40

Примітка. Наведеними в таблиці нормами часу передбачається виконання наступних прийомів роботи: 1) взяти втулку і встановити на отвір; 2) взяти молоток і підкладку; 3) запресувати втулку; 4) покласти інструмент на місце.

Таблиця 3.27 – Норми часу на запресування підшипника кочення

Діаметр запресовування D , мм	Довжина запресованої частини					
	30	40	50	60	80	100
20	0,35	–	–	–	–	–
30	0,40	0,45	–	–	–	–
40	0,45	0,50	0,55	–	–	–
50	0,50	0,55	0,60	0,66	–	–
60	0,55	0,60	0,65	0,72	0,82	–
80	0,68	0,74	0,80	0,86	0,98	1,12
100	–	0,85	0,92	1,00	1,15	1,30
120	–	–	1,06	1,14	1,31	1,48
140	–	–	–	1,28	1,48	1,68
150	–	–	–	1,42	1,64	–

Примітка. Наведеними в таблиці нормами часу передбачається виконання наступних прийомів роботи: 1) протерти поверхні, що з'єднуються, і змастити маслом; 2) взяти оправлення і підшипник і встановити підшипник в гніздо; 3) запресувати підшипник; 4) відкласти оправлення.

Таблиця 3.28 – Норма часу на завертання гвинтів вручну викрутками

Діаметр гвинта D_B , мм	Довжина завертання, мм					
	10	15	20	30	40	50
	Час на загвинчування одного гвинта t , хв					
3	0,5	0,68	0,87	–	–	–
4	0,43	0,6	0,76	1,05	–	–
5	0,39	0,54	0,68	0,95	1,2	–
6	0,36	0,5	0,64	0,9	1,1	-
7	0,32	0,45	0,57	0,8	1,0	1,25
10	0,29	0,40	0,52	0,72	0,9	1,08
12	0,36	0,50	0,62	0,88	1,1	1,3
14	0,41	0,57	0,73	1,0	1,3	1,5
16	–	0,66	0,84	1,15	1,5	1,7
18	–	0,76	0,94	1,3	1,7	2,0
20	–	–	1,05	1,48	1,85	2,2

Примітка. Наведеними в таблиці нормами часу передбачається виконання наступних прийомів роботи: 1) взяти гвинт, вставити в отвір і вкрутити від руки; 2) накласти викрутку; 3) завернути гвинт і закріпити.

Таблиця 3.29 – Норми часу на завершення болтів ключем вручну

Діаметр болта D , мм	Довжина завершення, мм					
	15	20	25	30	40	50
	Час на завершення одного болта t_i^* хв					
6	0,24	0,4	0,47	0,53	–	–
8	0,29	0,34	0,4	0,44	0,53	–
10	0,26	0,31	0,37	0,4	0,48	0,56
12	0,3	0,36	0,42	0,47	0,56	0,64
14	0,35	0,42	0,48	0,54	0,65	0,75
16	–	0,46	0,53	0,6	0,72	0,83
18	–	0,5	0,58	0,66	0,8	0,92
20	–	0,55	0,63	0,72	0,86	1,0

$t_i^* = t_1 \cdot k$. Коефіцієнт k наведено в табл. 3.30.

Таблиця 3.30 – Коефіцієнт для болтів

Змінні чинники	Коефіцієнт k	Змінні чинники	Коефіцієнт k
1. Вид різьби		3. Характер завершення	
метрична	1,0	при 1/4 обороті ключа	
дюймова	0,9		1,25
2. Зручність		при 1/2 обороті ключа	
Виконання роботи			1,0
зручне	1,00	при 3/4 обороті ключа	
незручне	1,1 – 1,35		0,8

Таблиця 3.31 – Час на навернення гайок ключем вручну

Діаметр гайки, мм	Довжина накручення, мм					
	15	20	25	30	40	50
	Час на завершення однієї гайки хв					
6	0,33	0,37	0,41	0,44	–	–
8	0,29	0,33	0,36	0,39	0,44	–
10	0,25	0,28	0,32	0,34	0,39	0,43
12	0,27	0,31	0,34	0,37	0,42	0,46
14	0,29	0,33	0,36	0,39	0,44	0,5
16	–	0,35	0,36	0,42	0,47	0,52
18	–	0,37	0,42	0,45	0,51	0,56
20	–	0,38	0,43	0,47	0,53	0,59

$t_1^* = t_1 \cdot k$

Таблиця 3.32 – Коефіцієнт k (для гайок)

Змінні чинники	Коефіцієнт k	Змінні чинники	Коефіцієнт k
1. Вид різьби		3. Характер завертання	
метрична	1,0	При 1/4 обороті ключа	1,25
дюймова	0,9		
2. Зручність		При 1/2 обороті ключа	1,0
виконання роботи			
зручне	1,00	При 3/4 обороті ключа	0,8
незручне	1,1 – 1,35		

Примітка. Наведеними в таблиці нормами часу передбачається виконання наступних прийомів роботи: 1) взяти гайку, надіти на болт і закрутити від руки; 2) взяти ключ; 3) закрутити гайку з кріпленням.

$$T_{відн} = (4 \dots 6) \cdot T_{он}/100.$$

5) Знайдемо $T_{ум}$ на кожній операції складання.

6) Порівняємо значення $T_{ум}$ з тактом випуску (див. п. 3.3) і зробимо висновки.

7) На прикладі складання вібраційного пневмоциліндра (див. п. 3.3) зробимо розрахунок операції складання базової складальної одиниці (корпус з 8-ю шпильками) у цифрах.

7.1) Структура переходів: очистити різьбові отвори корпусу від стружки, встановити корпус в слюсарні лещата з ручним затиском, загвинтити 4 шпильки, переустановити корпус, загвинтити 4 шпильки, перевірити якість завертання, зняти корпус і укласти в тару.

7.2) Незручних положень корпусу немає, тому що в лещатах він закріплений своєю віссю вертикально, тобто шпильки встановлюють на горизонтальну площину.

7.3) За табл. 3.14, табл. 3.32 знайдемо:

– очищення виконується щіткою по площі:

$$S = \frac{\pi \cdot d_y^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} = 1,13 \text{ дм}^2,$$

де d_y – діаметр циліндра, що дорівнює 1200 мм.

Виступів немає: $t_{o1} = 0,08 \cdot 8 = 0,64$ хв (див. табл. 3.14);

– змащування шпильки M12×42 : $t_{o2} = 0,074 \cdot 8 = 0,592$ хв $\approx 0,6$ хв;

– завертання 8 шпильок із використанням одношпindelного інструмента (аналогічного болту довжиною до 20 мм – табл. 3.28): $t_0 = 0,36 \cdot 8 = 2,88$ хв;

7.4) Контроль оглядом $t_o = 0,06 \cdot 8 = 0,48$ хв.

Таким чином $T_0 = 0,64 + 0,6 + 2,88 + 0,48 = 4,6$ хв.

8) Установка корпусу в лещатах з гвинтовим затискачем масою до 8 кг [8, стр.62, табл. 3], $t_{дон} = 0,36$ хв.

8.1) $T_{он} = 4,6 + 0,36 = 4,96$ хв.

8.2) Робота відносно проста і легка, тому: $\alpha = 2\%$; $\beta = 2\%$; $\gamma = 4\%$.

8.3) Знайдемо $T_{ум} = 4,96 + 0,02 - 4,6 + 0,02 - 4,96 + 0,04 - 4,96 = 4,96 + 0,092 + 0,099 + 0,198 \approx 5,35$ хв.

8.4) Порівнюючи такт випуску і $T_{ум}$, видно, що ця величина складає $\sim 50\%$, тобто на одному робочому місці можна на цій операції виконувати складання і запас становитиме майже 100%.

Звіт про роботу

Студент виконує схему складання, зміст переходів однієї з операцій складання, розрахунок часу T_o , $T_{дон}$, $T_{ум}$, порівняння із тактом випуску і робить висновки.

Література [1; 3; 4; 7; 8]

Питання для самоперевірки:

1. При розрахунку ТНЧ складання враховують:

- T_o ;
- $T_{дон}$;
- $T_{обсл}$;
- $T_{відп}$;
- Це не ті показники.

2. Який з перерахованих нижче відрізків часу максимально впливає на $T_{ум}$:

- T_o ;
- $T_{дон}$;
- $T_{обсл}$;
- $T_{відп}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колесов И. М. Основы технологии машиностроения : учеб. для машиностроит. спец. вузов. 3-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2001. 591 с.
2. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. Сонет : К. В. Фролов и др. М.: Машиностроение. Технология сборки в машиностроении. Т. Ш-5/А, 2001. 640 с.
3. Мельников А. С. Размерные связи в машине : учеб. пособие. Ростов н/Д : Издательский центр ДПГУ, 1991. 83 с.
4. Мельников А. С, Прокопец Г. А., Азарова А. И. Влияние методов достижения показателей точности машины на организацию сборочного процесса. Ростов н/Д, 2004. 59 с.
5. Новиков Н. П. Основы технологии сборки машин и механизмов. М.: Машиностроение, 1980. 592 с.
6. Сборка и монтаж изделий машиностроения : Справочник. В 2 т. / Ред. совет: В. С. Корсаков (пред.) и др. М.: Машиностроение, 1983. – Т. 1. Сборка изделий машиностроения / Под ред. В. С. Корсакова, В. К. Замятина. 480 с.
7. Сборка и монтаж изделий машиностроения : Справочник. В 2 т. / Ред. совет : В. С. Корсаков (пред.) и др. М.: Машиностроение, 1983. Т. 2. Монтаж машин и агрегатов / Под ред. В. С. Демина, П. П. Алексеенко. 360 с.
8. Технология машиностроения: В 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / В. М. Бурцев, А. С. Васильев, А. М. Дальский и др.; Под ред. А. М. Дальского. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. 564 с.
9. Технология машиностроения: В 2 т. Т. 2. Производство машин : учебник для вузов / В. М. Бурцев, А. С. Васильев, О. М. Деев и др.; Под ред. Г. М. Мельникова. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. 640 с.
10. Маталин А. А. Технология машиностроения. СПб.: Лань, 2010. 512 с.
11. Гельфгат Ю. Н. Сборник задач и упражнений по технологии машиностроения. М.: Высш. шк., 1975. 239 с.
12. Кузьмин В. В., Схиртладзе А. Г. Математическое моделирование технологических процессов сборки и механической обработки изделий машиностроения : учеб. пособие. М.: Высшая школа, 2008. 224 с.
13. Тамаркин М. А., Давыдова И. В., Тищенко Э. Э. Технология сборочного производства. Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. 270 с.
14. Замятин В. К. Технология и автоматизация сборки. М.: Машиностроение, 2013. 464 с.

Навчальне видання

**Георгій Петрович Кремнєв
Федір Васильович Новіков
Валерій Олексійович Жовтобрюх
Віктор Васильович Стрельбіцький**

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ СКЛАДАННЯ

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск **Новіков Ф. В.**

В авторській редакції

Підп. до друку 16.06.2021 р.
Формат 60x84/16. Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 9,3.
Наклад 300 пр. Заказ № 150.

Видавництво та друкарня ПП "Ліра ЛТД"
49107, м. Дніпро, вул. Наукова, 5
Свідоцтво про внесення до Держреєстру
ДК № 6042 від 26.02.2018.