

**О.В. КУЛИК  
М.М. УБИЗЬКИЙ  
О.Є. ДЖУР  
Д.І. ШЕВЧУК  
С.В. МАНЖЕЛІЇВСЬКИЙ  
А.Г. ФЕСЕНКО**

**ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА  
КЛЕПАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ВИРОБІВ**

**2011**

Міністерство освіти і науки України  
Дніпропетровський національний університет

---

О.В. КУЛИК, М.М. УБИЗЬКИЙ, О.Є. ДЖУР, Д.І. ШЕВЧУК,  
С.В. МАНЖЕЛІВСЬКИЙ, А.Г. ФЕСЕНКО

## **ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА КЛЕПАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ВИРОБІВ**

*Ухвалено вченою радою університету  
як навчальний посібник*

Дніпропетровськ  
РВВ ДНУ  
2011

УДК 621.76.002

ББК

К

**Рецензенти:**

- заслужений діяч науки і техніки, зав. кафедрою гірничого машинобудування Національного гірничого університету, д-р техн. наук, професор Р. П. Дідик;
- д-р техн. наук, професор Санін Ф.П.

К Кулик, О.В. Технологія та організація виробництва клепаних елементів конструкцій виробів: навч. посіб. /О.В. Кулик, М.М. Убизький, О.Є. Джур, Д.І. Шевчук, С.В Манжеліївський, А.Г. Фесенко - Д.: РВВ ДНУ, 2010. - 92 с.

Наведені загальні данні про технологію і необхідні розрахунки при виготовлення клепаних елементів конструкцій виробів машинобудування. Описані фізико-технологічні основи процесів виготовлення методами складання-клепання елементів конструкцій і сухих відсіків ракет-носіїв космічних апаратів, шляхи забезпечення економічної ефективності процесів складання-клепання. Представлені схеми технологічних пристосувань клепального виробництва конструкцій ракетно-космічної техніки.

Для студентів фізико-технічного факультету ДНУ, які вивчають цикл спеціальних технологічних дисциплін і виконують розрахунково-графічні роботи, курсові та дипломні проекти. Може бути використаний аспірантами, а також спеціалістами і науково-технічними працівниками в галузі машинобудування.

# 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ КЛЕПКИ ТА ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОТРИМАННЯ ЗАКЛЕПУВАЛЬНИХ З'ЄДНАНЬ

При складанні відсіків ЛА з легких сплавів одним з методів отримання нероз'ємних з'єднань є клепка. Клепка як метод з'єднання цих матеріалів забезпечує найбільшу витривалість в порівнянні із зварюванням і склеюванням.

Процес з'єднання елементів конструкцій заклепками складається з наступних операцій (рис. 1.1):

- установка елементів конструкцій в складальне пристосування для складання (складання) та їх фіксування;
- свердлення або пробиття отвору під заклепку - I;
- зенкування або штампування гнізда під заставну головку заклепки при потайній клепці - II;
- вставки заклепки в отвір - III;
- стягнення деталей, що склеплюються, силами  $Q$  і утворення замикаючої головки силами  $P$ , тобто власне клепки - IV;
- контролю якості з'єднань.

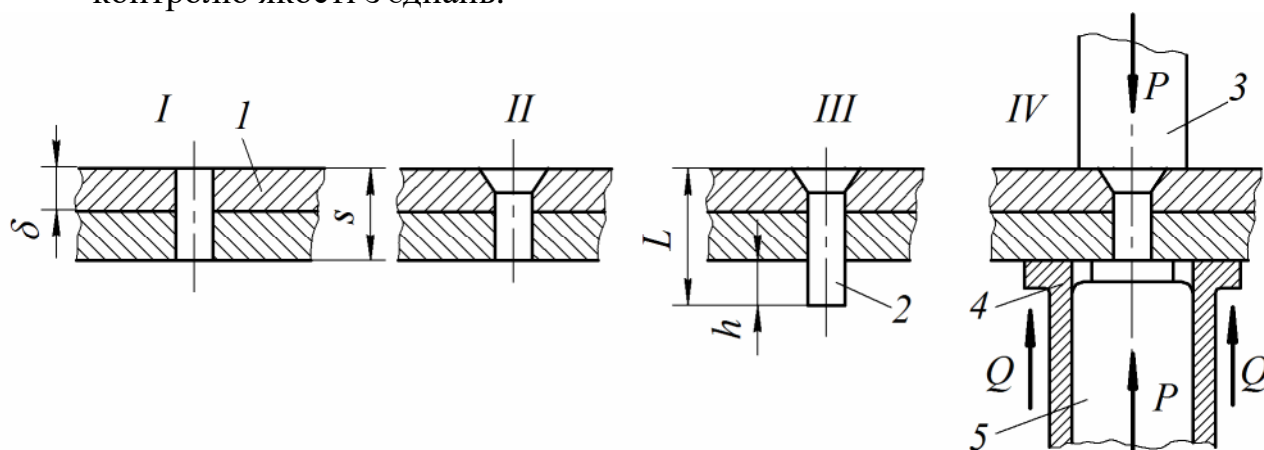


Рис. 1.1. Операції процесу клепки:

$I$  – пакет, що склепується;  $2$  – заклепка;  $3$  – підтримка;  $4$  – притиск;  $5$  – обжимання

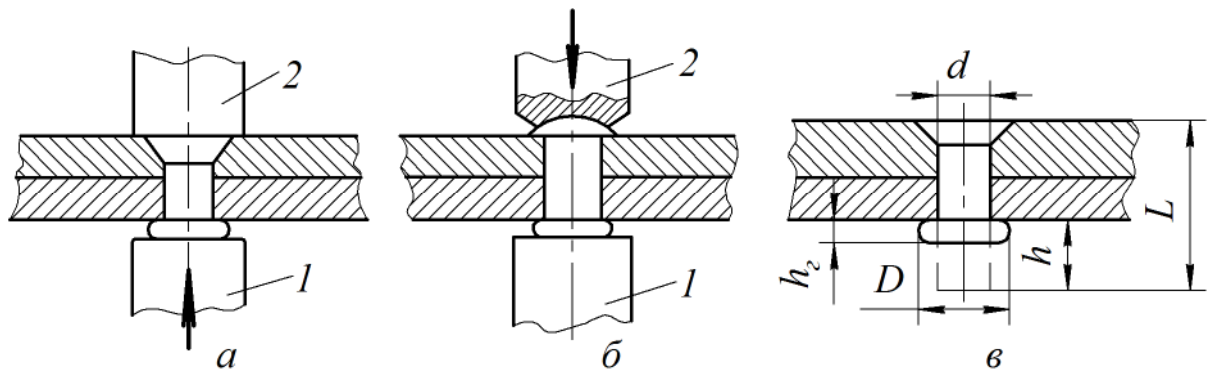
У виробництві ЛА застосовується холодна клепка. При холодній клепці краще заповнюється отвір стрижнем заклепки, не знижуються механічні властивості металів, і значно полегшується виконання робіт по клепанню. Процес клепки полягає в осадженні стрижня заклепки і утворення з виступаючої частини стрижня замикаючої головки необхідної форми. На рис. 1.2 наведені схеми клепання.

Загальна довжина заклепки  $L$  для з'єднання пакету завтовшки  $s$  визначається із співвідношення (див. рим. 1.1):

$$L = s + h,$$

де  $h$  - припуск на замикаючу головку  $h \approx 1,3d$ .

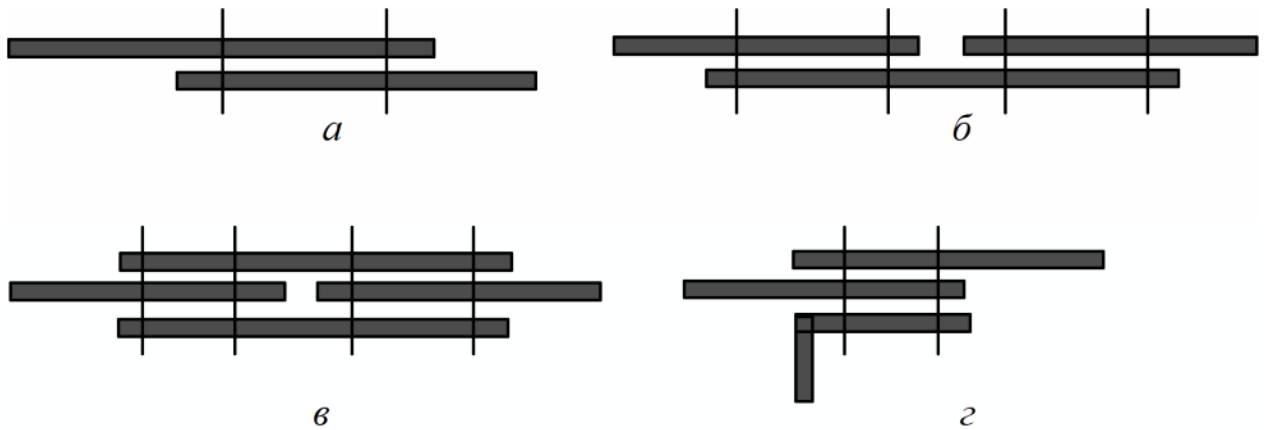
Діаметр замикаючої головки (див. рис. 1.2) для заклепок с діаметром  $d$  до 5 мм визначають з співвідношення  $D = (1,5 \pm 0,1)d$ . Для заклепок с діаметром  $d$  більш 5 мм визначають з співвідношення  $D = (1,45 \pm 0,1)d$ , де  $d$  - діаметр стрижня заклепки. Висота замикаючої головки -  $h_2 \approx 0,4d$ .



**Рис. 1.2. Схеми клепа́ння:**

*a* – пряме; *б* – зворотне; *в* – розміри заклепки після клепа́ння

Залежно від поєднання елементів конструкції, що сполучаються, характеру передачі зусиль з одного елемента на інший і вимог аеродинаміки до якості поверхні застосовують наступні основні види заклепувальних з'єднань (рис. 1.3).



**Рис. 1.3. Види заклепувальних з'єднань**

*a* – внахлест; *б* – в стик з однією накладкою; *в* – в стик з двома підкладками; *г* – кріпленні обшивки з елементами силового набору.

З'єднання внахлест (див. рис. 1.3, *a*) застосовують для елементів конструкції, що не знаходяться в повітряному потоці.

З'єднання в стик з однією накладкою (див. рис. 1.3, *б*) застосовується переважно в місцях стику обшивок, силових і інших елементів конструкцій, що знаходяться в повітряному потоці.

З'єднання в стик з двома підкладками (див. рис. 1.3, *в*) застосовується при з'єднанні елементів конструкції, що передають великі зусилля.

З'єднання вигляду, показаного на рис. 1.3, *г*, застосовують при кріпленні обшивки з елементами силового набору.

Заклепувальні з'єднання виконуються у вигляді міцних швів і щільно міцних (герметичних) швів, які разом з передачею зусилля через шов забезпечують герметичність шва.

Розміщення заклепок в швах буває в один, два, три і більш рядів.

До основних показників, що характеризують клепані з'єднання, окрім

міцності, можна віднести якість поверхні і техніко-економічні показники.

Якість поверхні клепанних швів характеризується станом заставних і замикаючих головок заклепок, величиною виступу або западання головок потайних заклепок, станом поверхні деталей в районі клепанних швів.

Отримання необхідної якості при виконанні з'єднань клепанням пов'язане із значними витратами праці. Складальні роботи при клепанні трудомісткі. Їх трудомісткість багато в чому залежить від ступеня оснащення виробництва устаткуванням і технологічності конструкції виробів. Статистичний аналіз технологічних процесів збірки агрегатів клепокою показує, що трудомісткість виконання з'єднань по видах робіт складає: свердлення - 30%; зенкує - 13%; вставка заклепок - 4%; розклепування заклепок - 53%.

Одним з істотних чинників, який визначає технологічність клепаної конструкції, є ступінь розчленування її на вузли, відсіки, панелі.

Заклепувальним з'єднанням властивий і ряд недоліків:

- збільшення маси конструкції(шви внахлест, головки заклепок);
- ослаблення матеріалу, що склеплюється, від свердлення під заклепки (до 25%);
- пониження міцності за рахунок концентрації напруг в районі отворів під заклепки;
- порушення гладкості поверхні;
- значний шум при клепці пневматичними молотками і свердленні пневматичними дрелями;
- велика кількість технологічних операцій, потрібних для виконання з'єднання.

Послідовність виконання складальних операцій при клепці залежить від конструкції, габаритів і жорсткості деталей, що складаються. Деталі встановлюють в складальне положення і для щільного прилягання їх один до одного притискають затисками до пристосування для клепаання. Потім елементи конструкції (наприклад, обшивку і елементи каркаса) тимчасово закріплюють, фіксують, не допускаючи їх взаємного переміщення при виконанні подальших операцій.

Як засоби взаємного кріплення застосовують фіксатори, струбцини, технологічні болти або ставлять контрольні заклепки (операція прихватки).

## **1.1. Позначення та типи заклепок**

Використовувані у виробництві ЛА заклепки виготовляються в основному з легких сплавів і сталей. Вони мають потайну або виступаючу заставну головку. В з'єднаннях, обтічних повітряним потоком, звичайно застосовуються заклепки з потайною головою.

Всі заклепки нормалізовані і мають шифр, що вказує форму заставної головки, марку матеріалу, діаметр і довжину стрижня. Для того, щоб на вигляд розрізнити марку матеріалу, на головках заклепок ставляться умовні знаки у вигляді опуклих або поглиблених крапок, хрестиків і т.д.

Заклепки виготовляються висадкою з дроту в холодному стані на спеціальних автоматах для висадки. Після висадки заклепки підлягають

галтуванню для видалення завусенців і облою в галтовочному барабані з дубовою тирсою. Заклепки, які пройшли галтовку, піддаються термічній обробці (загартуванню або відпалу). Термічно оброблені заклепки покриваються захисними покриттями (анодуванням), після чого піддаються випробуванням на опір зрізу і на плющення.

Всі існуючі типи заклепок підрозділяються на дві групи - для клепки з одностороннім підходом інструменту (з боку заставної головки) і з двостороннім.

Наведені в таблиці 1.1 типи заклепок з алюмінієвого сплаву В65, В94 і Д18П термічно обробляються один раз і використовуються в конструкції після природного старіння. Заклепки із сплаву В94 застосовуються у виняткових випадках, тільки за наявності пресової клепки. Заклепки із сплаву Д19П ставляться в конструкцію в свіжозагартованому стані і застосовуються тільки в конструкціях, що нагріваються до  $250 \div 300^\circ \text{C}$ . Заклепки із сплаву АМг5П застосовуються в відпаленому стані.

Окрім звичайних заклепок використовуються і спеціальні заклепки. Спеціальні заклепки застосовуються в основному для односторонньої клепки в місцях, де немає доступу до замикаючої головки заклепки. В таких випадках застосовують болт-заклепки, заклепки з високим опором зрізу, з сердечником, гайка - пістони, вибухові і ін.

Болт-заклепки являють собою стрижень з виточками і кільцем. Після установки заклепки в отвір і установки кільця останнє обжимається спеціальним пристосуванням.

Заклепки з високим опором зрізу застосовуються в заклепувальних з'єднаннях, що сприймають великі зусилля зрізання. Вони складаються з трьох частин: сталевого сердечника з різьбленням, заклепки з різьбленням і кільця. Замикаюча головка заклепки утворюється деформацією кільця в процесі стиснення пакету.

В заклепках з сердечником без різьблення утворення замикаючих головок проводиться завдяки розвальцьовуванню нижньої частини тіла заклепки в процесі клепки.

Розклепування вибухових заклепок проводиться за допомогою енергії вибухової речовини, поміщеної у внутрішню порожнину заклепки. Спеціальним електричним нагрівачем заряд вибухової речовини нагрівається до температури, при якій відбувається вибух і утворюється замикаюча головка.

Спеціальні заклепки дорогі у виготовленні, тому вживання їх обмежено.

У виробництві клепаних з'єднань виробів застосовуються різні типи заклепок, які можна розділити на дв`а основні види: заставні (нормальні) і спеціальні.

Всі типи заклепок, що використовуються стандартизовані і мають шифр, який вказує форму заставної головки, марку матеріалу, діаметр і довжину.

Наприклад, позначення 3501А5-12 розшифровується так:

3051 – заклепка з плоскою заставною головкою, виготовлена із сплаву В95; А – авіаційна нормаль; 5 – діаметр стрижня; 12 – довжина стрижня заклепки.

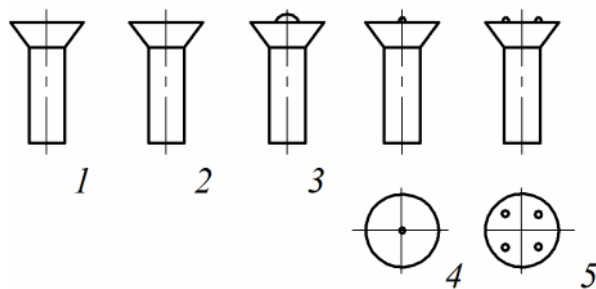
**Таблиця 1.1. Типи заклепок, які використовуються та їх маркірування**

Типи заклепок			Для клепаання з двостороннім підходом					Для клепаання з одностороннім підходом								Маркування
			Суцільні			Трубчаті	болт-заклепки	з високим опором зрізу	з сердечником	гайко-пістони	вибухові					
			Тип головки					Тип головки								
			плоска	потайна $\alpha = 90^0$	потайна $\alpha = 120^0$	напів-кругла	плоска	напів-кругла	потайна $\alpha = 90^0$	потайна $\alpha = 120^0$	шести-гранна	плоско-випукла	потайна $\alpha = 120^0$	плоска	потайна $\alpha = 90^0$	
Найменування матеріалу	Марка матеріалу	Рекомендовані діаметри заклепок, мм														
			Для клепаання обшивок, внутрішніх конструкцій та баків			Застосовується у виключних випадках	Для клепаання металів та труб	Для безшумного та безвібраційного клепаання з одностороннім підходом			Для клепаання у важкодоступних місцях					
Алюмінієві сплави	В-65	2,6...10														Не маркується
	В-94	2,6...6														⊕
	Д1ВП	2...7														⊙
	Д19П	2,6...6														⊕
	АМг5П	2,6...7														⊕
	АМц	1...6														⊕
	Д16Т	внутр. Ø 2...12														
Сталі	15	2...7														
	20															
	20А															
	20ГА	3,5...10														⊙



Матеріалом для виготовлення заклепок служить в основному дріт з алюмінієвих сплавів.

Для відмінності заклепок за матеріалом їх маркують: на заставній головці, окрім заклепок із сплаву В95, ставлять умовний знак (див. табл. 1.1. та рис. 1.4)

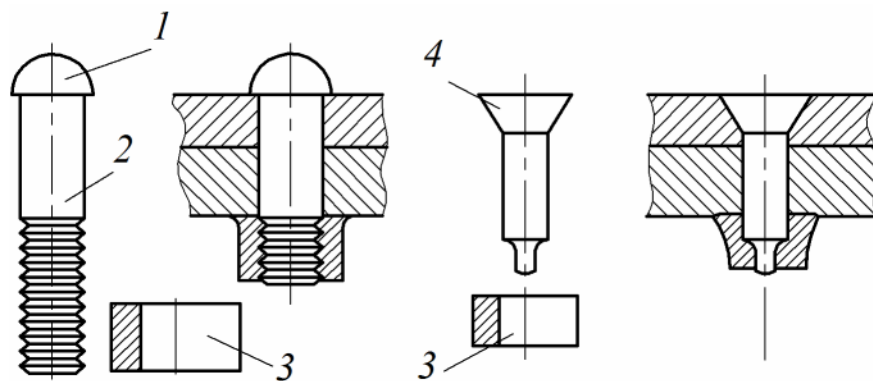


**Рис. 1.4. Види заклепок:**

1 – з плоскою заставною головкою – ЗП;  
 2 – з потайною заставною головкою ЗУ;  
 3 – з компенсатором ЗУК; 4 – маркування матеріалу Д18; 5 – маркування матеріалу Д19П

Заклепки з алюмінієвих сплавів марки Д18, В65, В95 термічно обробляються і ставляться в конструкцію після закінчення процесу старіння. Межа міцності на зріз  $180 \div 280$  МПа. Заклепки з термостійкого сплаву Д19П ставляться в конструкцію в свіжозагартваному стані не пізніше 2 годин після гарту.

Спеціальні заклепки застосовують в особливих випадках, як наприклад, при односторонньому підході а поверхням, що сполучаються, необхідності підвищеного опору зрізу заклепок і в інших випадках. Деякі види спеціальних заклепок представлені на рис. 1.5.



**Рис. 1.5. Спеціальні заклепки:**

1 – болт-заклепка; 2 – стрижень (алюмінієвий сплав або сталь); 3 – кільце для обжимання (алюмінієвий сплав); 4 – заклепка з високим опором зрізу (сталь)

Основними перевагами болто-заклепочних з'єднань є підвищена продуктивність праці, відсутністю шуму і вібрації при їх установці. При постановці болт - заклепок і заклепок з високим опором зрізу використовують спеціальні пристосування для обтискання.

## 1.2. Утворення отворів під заклепки і гнізд під головки потайних заклепок.

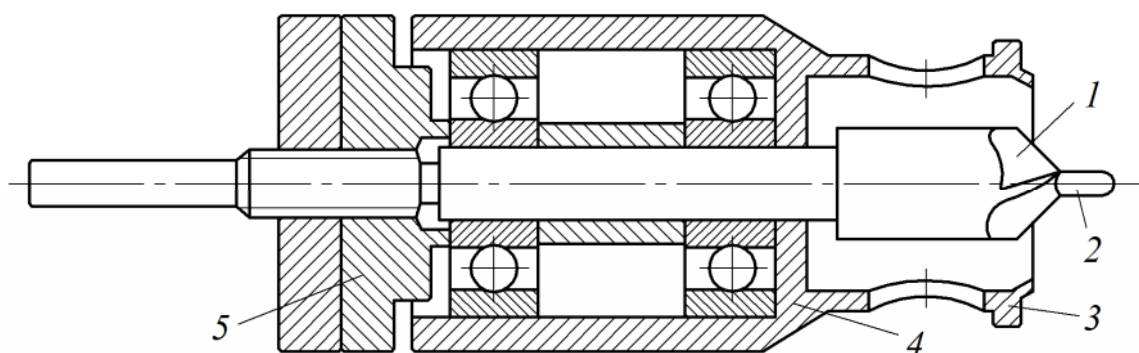
Технологічні операції отримання отворів і гнізд є підготовчими операціями для виконання клепки. Від якості виконання отворів і гнізд під заставні головки заклепок багато в чому залежить якість всього заклепувального з'єднання.

Деталі (паket), що з'єднуються, складають в спеціальному пристосуванні або стапелі, щільно притискують один до одного затисками, а також струбцинами, фіксуючи їх правильне положення за допомогою технологічних болтів, фіксаторів, упорів.

Отвори під заклепки свердлять за шаблонами, кондукторами, направляючими отворами (НО) в одній з деталей.

Утворення НО і складальних отворів (СО) проводиться в заготівельних цехах шляхом свердлення або пробивання отворів. Направляючі отвори (НО) мають занижений діаметр по відношенню до діаметра заклепки, при обробці пакету їх розсвердлюють до потрібного діаметра. В сталевих і титанових деталях направляючі отвори (НО) одержують відразу відповідно до діаметра заклепок, не побоюючись, що свердло «розіб'є» направляючий отвір при свердленні пакету.

Як ріжучий інструмент використовують, спіральні свердла з інструментальної сталі. Діаметр свердла повинен бути на 0,1 мм більше номінального діаметра заклепки. Це дозволяє легко вставляти заклепку в отвір з невеликим зазором, який заповнюється при подальшій клепці стрижнем заклепки в процесі його осідання. Гнізда під заставні головки потайних заклепок одержують зенкуванням. Зенкування може виконуватися одночасно з свердленням. Інструментом служать зенкери, які мають три зуба, з направляючими шпильками або комбіновані свердла-зенкери. Зенкери, мають упор, що обмежує глибину гнізда (рис. 1.6).



**Рис. 1.6. Обмежувальна головка для зенкування отворів:**

1 – зенкер; 2 – направляюча шпилька; 3 – кільце жорсткості; 4 – корпус;  
5 – обмежувач глибини зенкування

Свердлення виконують за допомогою пневматичних дрилів, а також на універсальних свердлувальних для свердлення, спеціальних свердлільно-зенкувальних установках і верстатах-автоматах. У разі потреби утворення герметичного з'єднання, пакет після свердлення розбирають для видалення

задирок і стружки. Пакет, що не підлягає розбиранню, простукують гумовим молотком і продувають стислим повітрям, або видаляють стружки пиლოსосом.

Як правило отвори для заклепок в деталях, що з'єднуються, свердлять або пробивають. Найпоширенішим способом є свердлення отворів, що забезпечує їх якість. Міцність елементів конструкції з пробитими отворами для клепання менша за міцність елементів конструкції в яких отвори просвердлені.

Залежно від конструкції і товщини пакету, що склепується, отвори свердлять в одну або в дві операції (попереднє свердлення з боку каркаса з подальшим свердленням з боку обшивки).

Свердлення отворів під заклепки з боку обшивки в остаточний розмір проводять по кондукторах-шаблонах, по направляючих отворах або по розмітці. При свердленні отворів діаметр свердла повинен бути на  $0,1 \div 0,2$  мм більше номінального діаметра заклепки. Це дозволяє легко вставляти заклепки в отвір, крім того, отвір добре заповнюється стрижнем заклепки після клепки. Отвору для заклепок залежно від зручності підходу до місця з'єднання, кількості отворів і габаритів конструкції можна свердлити, використовуючи універсальні і спеціальні свердлувальні верстати, пневматичні або електричні дрилі.

Верстати для свердлення в порівнянні з ручними дрелями забезпечують велику продуктивність праці і більш високу якість отворів. Різке підвищення продуктивності дає вживання багатошпиндельних головок, якими обладнаються свердлувальні верстати.

Гнізда під заставні головки потайних заклепок одержують зенкуванням або штампуванням залежно від способу клепки. Точність одержаних зенкуванням гнізд вище, ніж штампованих і міцність потайного заклепувального з'єднання виходить більшою.

Зенкування проводиться одночасно з свердленням або окремо від нього. В першому випадку використовується комбінований інструмент (свердла-зенкери). В другому випадку, коли є просвердлений отвір, застосовують зенкери з направляючим штифтом.

Технологічний процес отримання отворів і гнізд для головок заклепок є частиною загального технологічного процесу складання-клепки.

Для свердлення отворів застосовують ручні пневматичні і електричні дрилі, а також універсальні свердлувальні верстати, спеціальні свердлільно-зенкувальні установки (СЗУ) і свердлільно-зенкувальні верстати-автомати (СЗА).

Пневматичні дрилі застосовують головним чином на агрегатному складанні, де використання верстатів і установок звичайно неможливе. Універсальні верстати для свердлення використовують для свердлення отворів в полицях силового набору (стикувальних елементах конструкції).

СЗУ і автомати використовують для свердлення і зенкування плоских вузлів і панелей. Так, верстат МС1 дозволяє за один прохід свердлити до 30 отворів. СЗА-01 обробляє отвори діаметром від 3 до 6 мм при товщині пакету до 30 мм. Проте великого застосування ці верстати не знайшли, оскільки пакети деталей, що склеплюються, найчастіше остаточно свердлять в стапелях і інших складальних пристосуваннях, де застосувати це устаткування неможливо.

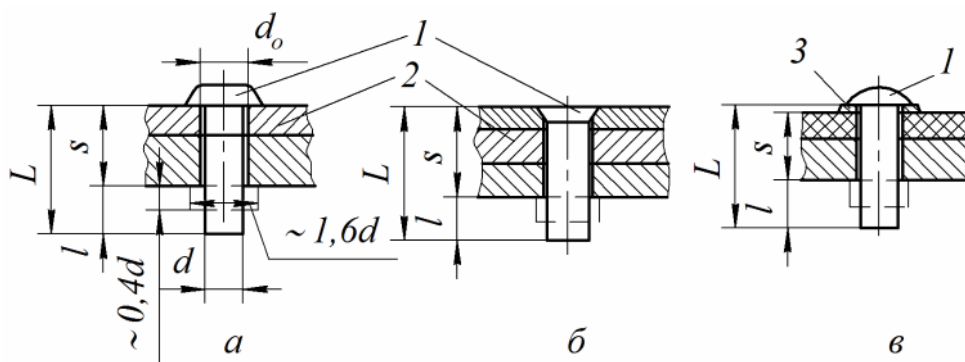
Основним напрямом підвищення рівня механізації в цьому відношенні є

створення стаціонарних універсальних і вбудованих в складальні пристосування свердільно-зенковальних установок. Застосування числового програмного керування (ЧПК) для управління свердільно-зенковальними установками розширює область їх застосування шляхом зменшення витрат часу на переналадження устаткування при зміні об'єкту виробництва.

Для запобігання корозії отвору в деталях з магнієвих сплавів покривають ґрунтовкою. Корозійна стійкість легких сплавів, що використовуються в конструкціях клепаних відсіків, недостатня. Тому деталі з алюмінієвих і магнієвих сплавів перед складанням анодують, а після клепки здійснюють додаткові антикорозійні заходи - наносять спеціальну фарбу на відсік в цілому або на місця розташовує заклепок.

### 1.3. Розташування заклепок у клепаних з'єднаннях елементів конструкцій

Закладні головки заклепок розташовують з боку більш тонкого або більш слабкого матеріалу пакету, зокрема з боку обшивки (рис. 1.7). Якщо обшивка не металева, під заставну головку поміщають шайбу. Коли обидві деталі пакету з пластика, шайби поміщають і під закладну, і під замикаючу головки.



**Рис. 1.7. Приклади постановки заклепок різних типів:**

*a* – з плоскою головкою; *б* – з потайною головкою; *в* – з округленою головкою;  
 1 – заклепки; 2 – пакети, що клепаються; 3 – металева шайба

Заклепки з потайною головкою (рис. 1.7, б) встановлюють на торцеві поверхні відсіку, і так само на обшивки поблизу торців, де після складання виробу наклеюють липкі стрічки для захисту стиків від дії атмосферних осадків. На торцевих поверхнях потайні головки не повинні виступати, а заниження допускається в межах 0,2 мм. Головки, розташовані в обшивці, можуть виступати на 0,1...0,3 мм.

Довжина виступаючої частини стрижня заклепки перед осадженням повинна складати  $1,1 \div 1,3d$ . На утворення замикаючої головки, показаної пунктиром на рис. 1.7, витрачається не менше  $l = d$ , а частина металу переходить в порожнину зазору. Максимально можливий об'єм цієї порожнини

$$V_{\max} = \frac{\pi(d_{\max}^2 - d_{\min}^2)s}{4}, \text{ максимальне значення } d_0 \text{ і мінімальне } d \text{ підраховують з}$$

урахуванням допусків.

Осадження виступаючої частини стрижня, і утворення замикаючої головки можуть здійснюватися, залежно від устаткування і інструменту, ударом, шляхом пресування або розкочуванням.

Технологічний процес складання-клепки може бути побудований по одній з трьох схем.

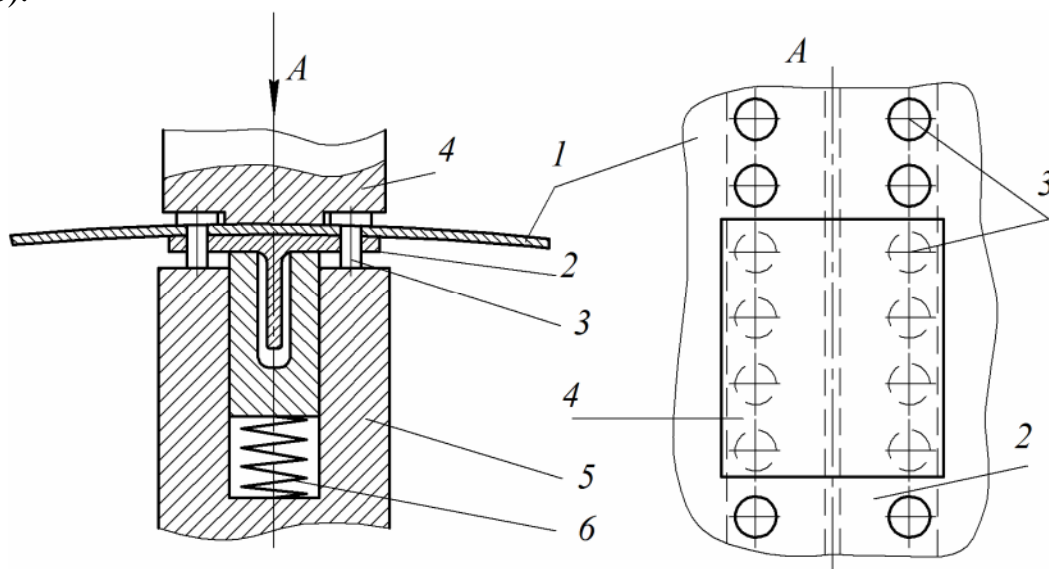
По першій схемі спочатку в кожній деталі за допомогою кондукторів і пристосування свердлять отвори і зенкують гнізда для заклепок, після чого деталі збирають і з'єднують клепою.

По другій схемі деталі спочатку збирають в пристосуванні, потім по направляючих отворах в одній з деталей (переважно в каркасі) свердлять отвори для заклепок в іншій, після чого деталі з'єднують клепою.

По третій схемі деталі каркасу і обшивки збирають в пристосуванні (стапелі) і свердлять в них отвори для контрольних заклепок. Після установки контрольних заклепок зібрані складальні одиниці передають на свердлильні верстати для свердлення в них отворів і зенкування гнізда для головок і потім виконують клепку.

#### 1.4. Види і способи клепки, обладнання для клепаання

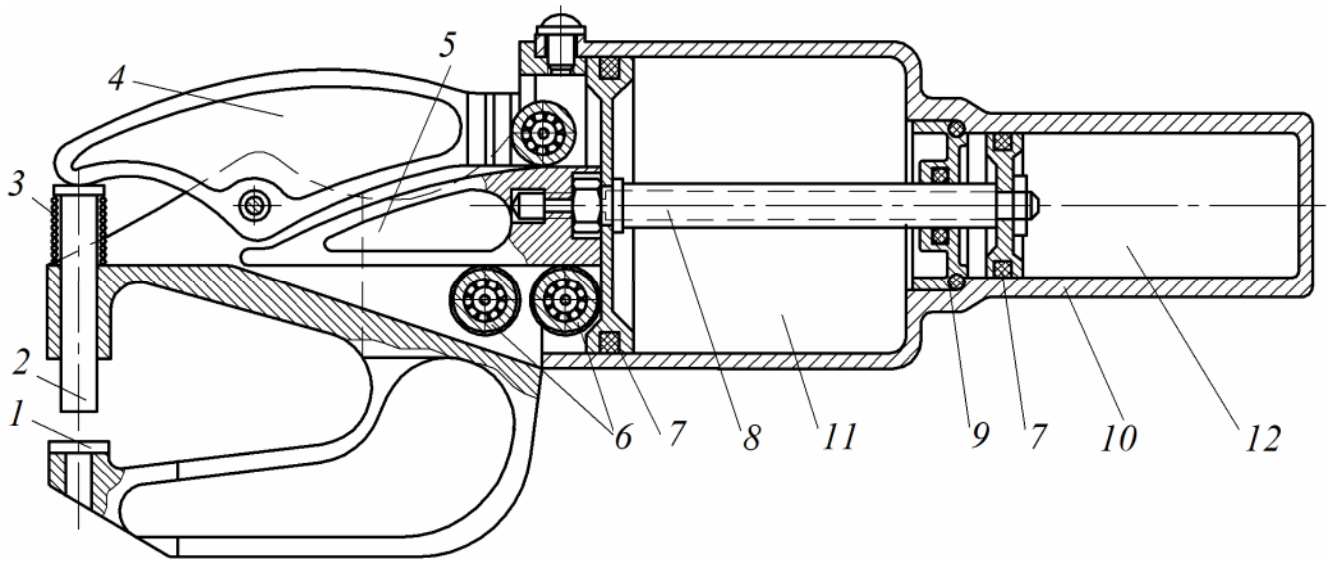
Осадження виступаючої частини стрижня, і утворення замикаючої головки можуть здійснюватися, залежно від вживаного устаткування і інструменту, ударом, шляхом пресування і розкочуванням. Пресова клепка привабливіша, оскільки забезпечує стабільність якості клепааних з'єднань, високу продуктивність і кращі умови праці. За один хід преса можна осаджувати до 10 і більш заклепок (рис. 1.8).



**Рис. 1.8. Групове пресове клепаання стрингера і обшивки:**

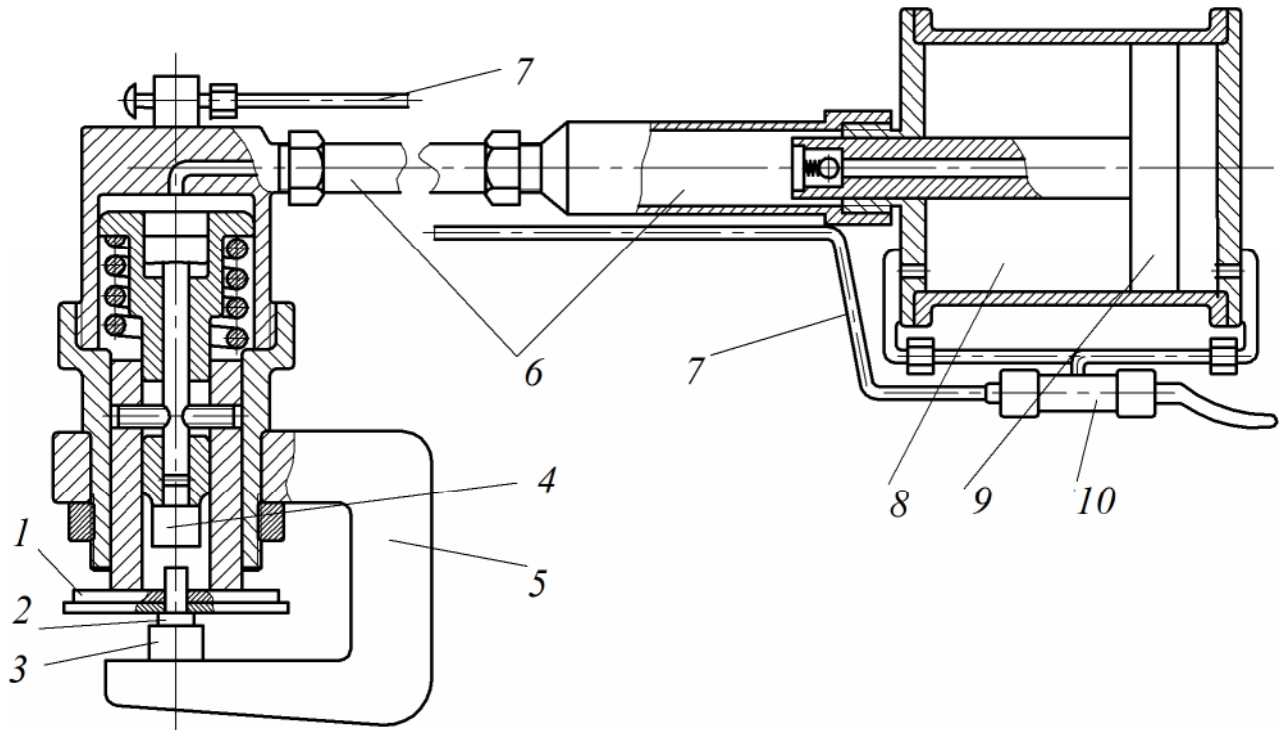
1 – обшивка; 2 – стрингер; 3 – заклепки; 4 – притиск на пуансоні пресу; 5 – підтримка; 6 – пружинний відштовхувач пакету після клепаання

Разом із стаціонарними пресами для клепа́ння застосовують переносні пневматичні прес-скоби (рис. 1.9, 1.10) і автомати. Останні для клепа́ння виконують операції свердлення, установки заклепок і розклепування.



**Рис. 1.9. Переносний прес для клепа́ння пневматично-важільної конструкції:**

1, 2 – притис і підтримка скоби пресу; 3 – пружина; 4 – важіль пресу; 5 – клиновидний штовхач важеля; 6 – опорні підшипники; 7 – ущільнення на поршнях; 8 – рухомий шток з поршнями; 9 – ущільнення між пневматичними циліндрами; 10 – корпус; 11, 12 – пневматичні циліндри



**Рис. 1.10. Переносний прес для клепа́ння з пневматично-гидравлічним мультиплікатором:**

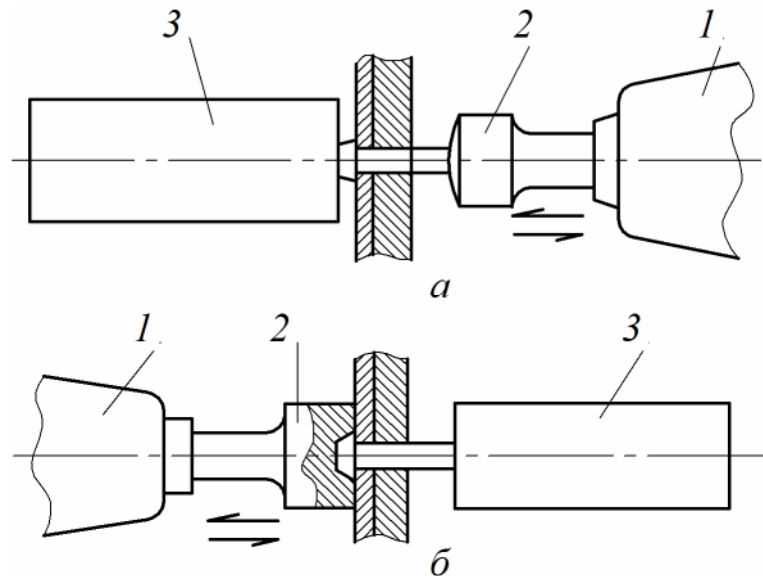
1 – пакет, що клепається; 2 – заклепка; 3, 4 – робочі органи пресу; 5 – скоба; 6 – гідравлічна система; 7 – патрубки пневматичної системи; 8 – робочий циліндр пневматичної системи; 9 – прошень; 10 – мультиплікатор

## Ударне клепа́ння та спеціальні способи клепа́ння

Ударна клепка застосовується у випадках, коли через складні підходи неможливо використовувати пресову. Найширше поширення набули пневматичні молотки для клепа́ння. Замикаюча головка утворюється декількома ударами молотка для клепа́ння або одним ударом (одноударні молотки).

Пневматичні молотки для клепа́ння можуть бути різної конструкції, розмірів і потужності. Вони працюють від повітряної цехової мережі. Частота ударів багатоударних молотків в межах від 300 до 50000 в хвилину. Залежно від потужності молотка робота одного удару складає від 0,05 до 8 кгм.

У якості інструменту використовують для обжимання (бойки) і підтримку (рис. 1.11). Робоча поверхня обжимання звичайно злегка опукла. Підтримка служить опорою при осіданні заклепок. Форма, розміри і маса підтримки залежать від конструкції вузла, що клепається, діаметра заклепок, а також від вибраного способу клепки. Маса підтримки може бути в межах від 1,5 до 12 кг.



**Рис. 1.11. Способи ударного клепа́ння:**

*а* – прямий; *б* – зворотній; 1 – ударний молоток; 2 – бойок (обжимка); 3 – підтримка

За способом утворення замикаючих головок ударна клепка може бути прямою або зворотною (рис. 1.11). При прямому способі удари молотка наносять по стрижню заклепки, а при зворотному - по заставній головці. Підтримку притискають відповідно до замикаючої головки або до стрижня заклепки. Зворотний спосіб можливий лише при певній пружній деформації конструкції, що склеплюється, при ударі молотка. Більш якісну поверхню забезпечує прямий спосіб.

Зусилля клепки можна визначити з наступної емпіричної формули:

$$P = kd^{1,75}\sigma_b^{0,75}, \text{Н,}$$

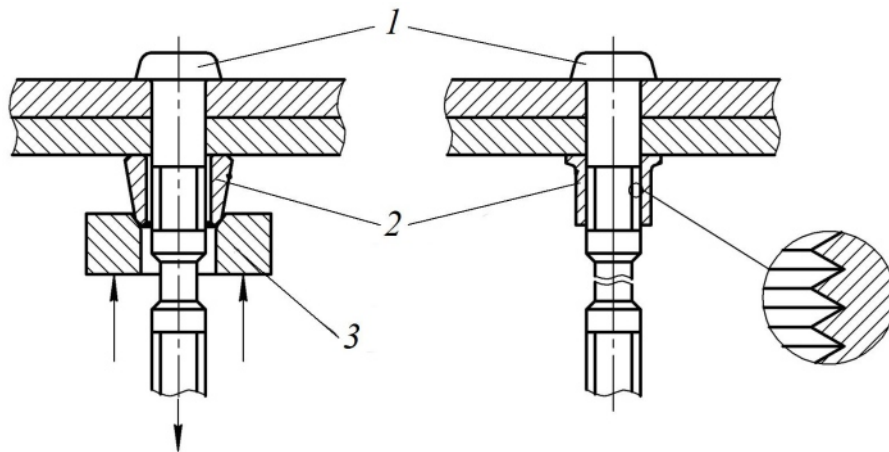
де  $k$  - коефіцієнт, залежний від форми замикаючої головки (наприклад, для плоскої головки  $k = 15,2$ );  $d$  - діаметр заклепки, мм;  $\sigma_b$  - межа міцності на розтягування матеріалу заклепки, МПа.

При зворотному способі застосовують обжимання з поглибленнями на робочій поверхні (рис. 1.11), їх діаметр і глибина повинні відповідати розмірам заставної головки. Кожний удар бойка викликає пружне прогинання пакету, що склеплюється, у бік підтримки, в цей час заклепка осаджується. Одноударні молотки в даному випадку непридатні. В ракетобудуванні застосовують в основному зворотний спосіб, оскільки він забезпечує краще стягання пакету, тобто стиснення деталей та їх поверхонь, що сполучаються.

Ударна клепка супроводжується різким сильним шумом, шкідливо діючим не тільки на безпосередніх виконавців, але і на оточуючих.

Пневматичні молотки для клепання відносяться до небезпечним знарядь праці по вібрації.

Разом із звичайними заклепками, використовують болт-заклепки (рис. 1.2) і заклепки з сердечниками. Вживання болт-заклепок носить характер альтернативи ударній клепці. Ними сполучають внахлест обшивки і інші малонавантажені деталі.



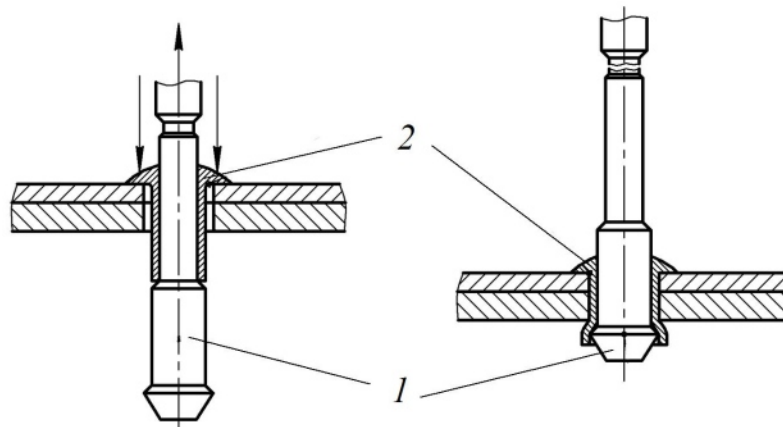
**Рис. 1.12. Приклад постановки болт-заклепки:**  
1 – стрижень болт-заклепки; 2 – втулка; 3 – філь'єра

Матеріал стрижнів і кільце - стали, сплави титана і алюмінію. Кільце обжимають спеціальним кільцем для обжимання, одночасно прикладаючи зусилля розтягування до стрижня. Деформуючись, кільце заповнює канавки стрижня, утворюючи нероз'ємне з'єднання. Коли заповнення закінчується, зусилля, прикладене до стрижня, зростає і викликає його обрив. Болт-заклепки менш міцні, ніж звичайні заклепки з того ж матеріалу, і коштують дорожче.

Заклепки з сердечником незамінні там, де є лише односторонній доступ до місця клепки. Їх вставляють в отвір пакету для клепання і тягнуть на себе сталевий сердечник (див. рис. 1.13), спеціальним інструментом, який упирається в заставну головку.

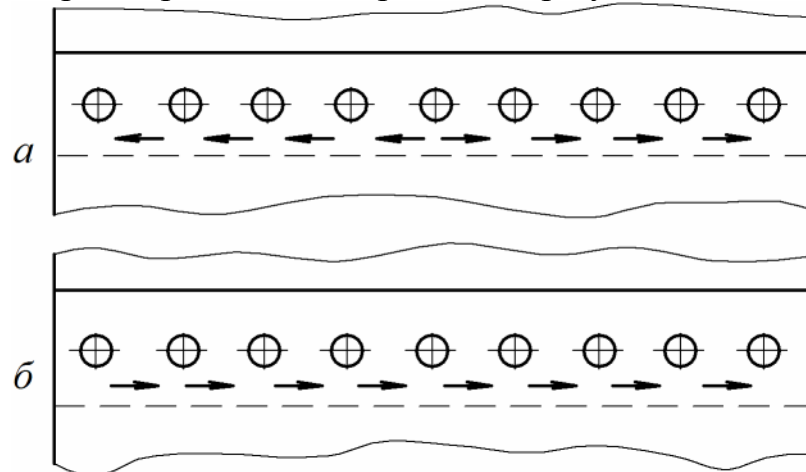
Сердечник роздає трубчасту частину заклепки, утворюючи замикаючу головку, а потім обривається і місці, ослабленому канавкою. Виступаючу частину сердечника зрізають. Отвори під заклепки з сердечниками і болт-заклепки додатково обробляють розгортанням або зенкуванням в цілях забезпечення мінімального зазору, достатнього для вставки заклепок.





**Рис. 1.13. Приклад постановки пустотілих заклепок з стрижнем:**  
 1 – стрижень; 2 – пустотіла заклепка

Клепка звичайних заклепок супроводжується потовщенням стрижньової її частини до повного заповнення металом зазору між заклепкою і отвором, тому припуски на діаметр отворів не такі жорсткі, як при установці заклепок.



**Рис. 1.14. Послідовність клепаання ряду заклепок:**  
 а – від центру до краю; б – від одного краю до другого

При клепці обшивок і інших тонколистових деталей (незалежно від типу вживаних заклепок) слід враховувати можливість утворення місцевого спучування листа. Ряд або сусідні ряди заклепок, що становлять заклепувальний шов, необхідно клепати від середини до кінців або від одного кінця до іншого (рис. 1.14). Відповідно краї або один край обшивки не фіксують наперед.

### Пресове клепаання

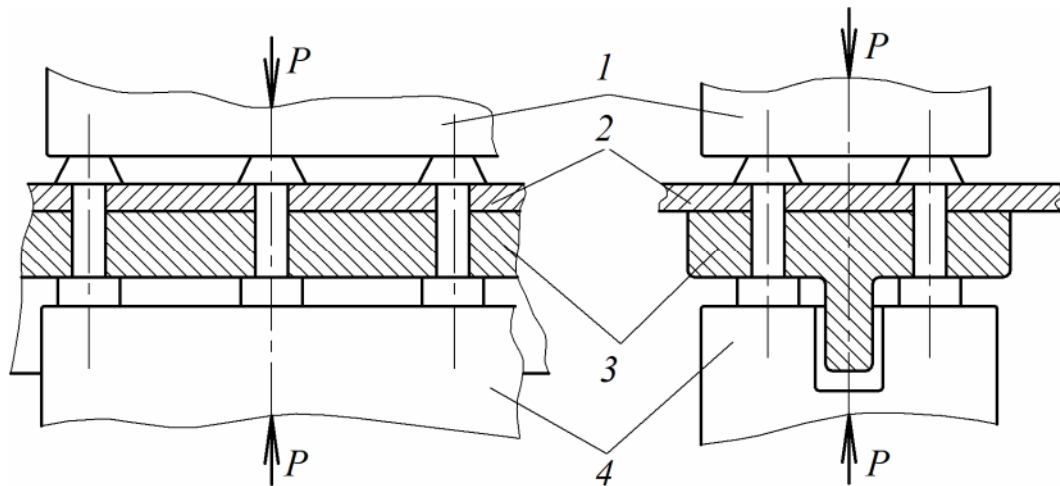
Досить часто для отримання клепаних з'єднань використовують пресову клепку. Пресова клепка характеризується тим, що утворення замикаючої головки заклепки проводиться рівномірним стисненням стрижня. Пресова клепка має деякі переваги перед ударною:

- поліпшену якість поверхні клепаного з'єднання;
- підвищену міцність з'єднання завдяки більш щільному і рівномірному заповненню отворів стрижнями заклепок;

- кращу стабільність якості клепаних з'єднань;
- забезпечення кращих умов праці.

Пресова клепка може виконуватися як одиночна або групова. Групова клепка - процес, при якому за один хід преса утворюється замикаючі головки у групи заклепок (рис. 1.15).

Як устаткування використовують стаціонарні клепальні преси і автомати для клепання. По виду споживаної енергії преси діляться на преси пневматичні і гідравлічні. Потужність преса вибирають залежно від зусилля, потрібного для утворення замикаючої головки заклепки.



**Рис. 1.15. Схема групової клепки на стаціонарному пресі:**

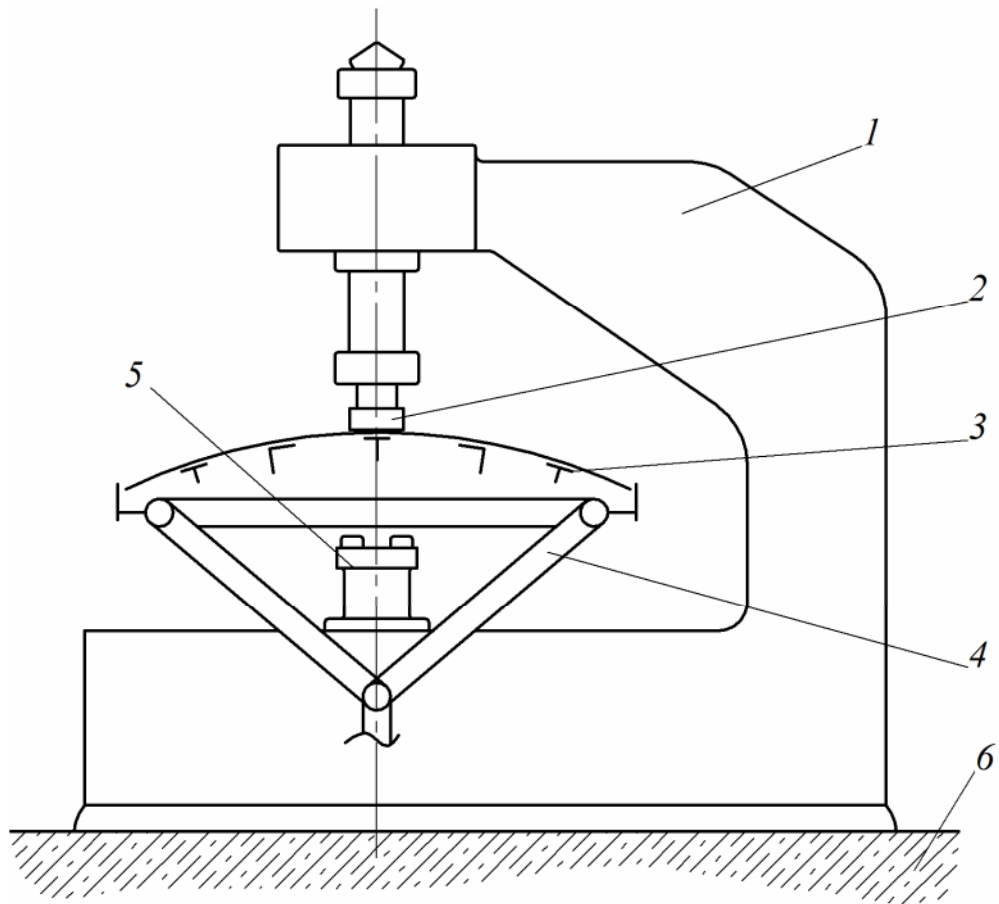
1 – верхній штамп преса; 2 – обшивка; 3 – полиця профілю;  
4 – нижній штамп

Промисловість виготовляє ряд конструкцій пресів для клепання (див. таблицю 1.2). Можливість вживання того або іншого пресу залежить від підходів в робочу зону, діаметра заклепок, розмірів вузлів які підлягають виконанню операції клепання, і інших конструктивних і технологічних чинників. Преси забезпечуються набором змінних інструментів: обжимками і штампами.

**Таблиця 1.2. Технічні характеристики пресів для клепання**

Тип пресу	Кількість заклепок, що одночасно розклепуються		Зусилля пресу, кН	Число ходів в хв.	Проїм пресу		Габарити, м		
	4 мм	6 мм			виліт	висота проїму	довжина	висота	ширина
КП-602	до 36	16	700	3 - 4	4600	2300	28	4.1	0,7
КП-501А	15	7	300	12-20	1050	600	2.5	2.4	0,93
КП-503М	12	5	250	5-14	1200	1000	2.7	2.45	0,7
КП-403М	6	3	120	12-24	760	1000	1.8	2.4	0,5
КП-405М	6	3	120	5-20	300	700	2.7	2,45	0,7

Розглянемо як приклад принципову схему роботи напівавтоматичного пресу КП-503М(рис 1.16).



**Рис. 1.16. Схема напівавтоматичного пресу КП-503М :**

- 1 – станина; 2 – верхня головка для клепаання; 3 – панелі, які склеплюються;  
 4 – пристрій для установки і переміщення панелі;  
 5 – нижня головка для клепаання

Панель, яку склеплюють клепаанням 3, встановлюють на пристрій 4, який може переміщатися уздовж осі клепаного шва. Пристрій 4 може також переміщати панель в поперечному напрямі після закінчення клепки одного шва і при переході до іншого.

Панель поступає з просвердленими отворами і вставленими в них заклепками.

В процесі клепки на пресі автоматично виконуються наступні переходи:

- вирівнювання поверхні панелі перпендикулярно осі головок для клепки;
- підведення верхнього і нижнього штампів до виробу;
- клепка і відведення штампів в початкове положення;
- переміщення виробу на крок групової клепки.

Після виконання клепки по одному ряду оператор переміщує клепальні головки преса на наступний ряд заклепок і включає прес на автоматичний цикл роботи.

Для більш значного підвищення продуктивності робіт по клепаанню необхідна комплексна автоматизація процесу одночасно по всіх вхідних в нього операціях. Ця задача розв'язується шляхом використання автоматів для клепаання.

Автоматичний цикл клепки включає наступні елементи:

- стиснення пакету;
- свердлення отвору і гнізда під заклепку;
- вставку заклепки;
- клепка (утворення замикаючої головки);
- відведення інструментів в початкове положення;
- переміщення деталей на наступний крок клепки.

Не дивлячись на велику номенклатуру випускаються промисловістю стаціонарних пресів і автоматів, призначених для групової або автоматичної клепки, через складні умови роботи основний об'єм виконання заклепувальних з'єднань проводиться за допомогою ручних молотків і пресів для клепання. Одним з основних заходів по переходу до автоматизації процесу клепки є поліпшення технологічності вузлів і агрегатів, зокрема максимальне розчленовування конструкції виробу на панелі і вузли, що дозволяють виготовляти їх на спеціально обладнаних робочих місцях, де вживання автоматизованого устаткування стає можливим.

### Клепка розкочуванням (орбітальна клепка)

Для з'єднання деталей з крихких матеріалів розроблені різні способи малодеформаційної клепки, що забезпечують локалізацію пластичних деформацій в області замикаючої головки заклепки. Найбільше поширення набув спосіб розкочування.

При клепці розкочуванням формування замикаючої головки відбувається при комбінованій дії на торець стрижня заклепки осьового тиску і сил розкочування.

При клепці розкочуванням формування замикаючої головки викликається комбінованою дією на торець стрижня заклепки осьового тиску і сил розкочування. Застосовують спеціальні елементи для розкочування (рис. 1.17), які встановлені в головці під кутом  $5 \div 6^\circ$  до осі обертання.

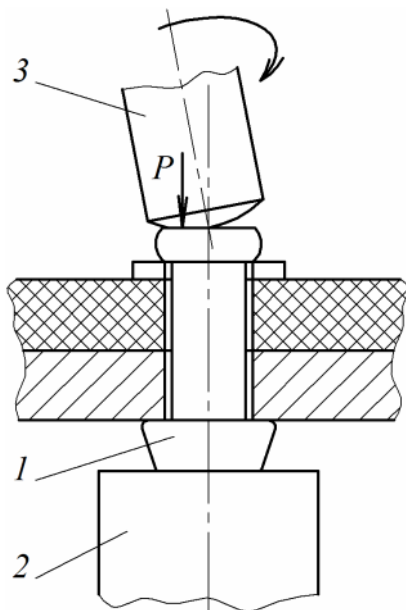


Рис. 1.17. Схема клепації розкочуванням:

- 1 – закладна головка заклепки;
- 2 – опорний пуансон;
- 3 – розкочувальна головка

При обертанні головки інструмент описує в просторі конус, вершина якого знаходиться на робочій поверхні інструменту. Осьова сила  $P$ , що прикладається до стрижня заклепки, значно менше ніж при інших способах клепки. Пластичній деформації одночасно піддається лише вузька зона контакту торця стрижня заклепки і переміщається навкруги подовжньої осі заклепки при обертанні.

Клепка розкочуванням має декілька різновидів (кругова, радіальна і ін.) і виконується на спеціальних верстатах і пристроях, а також на універсальних свердлувальних верстатах.

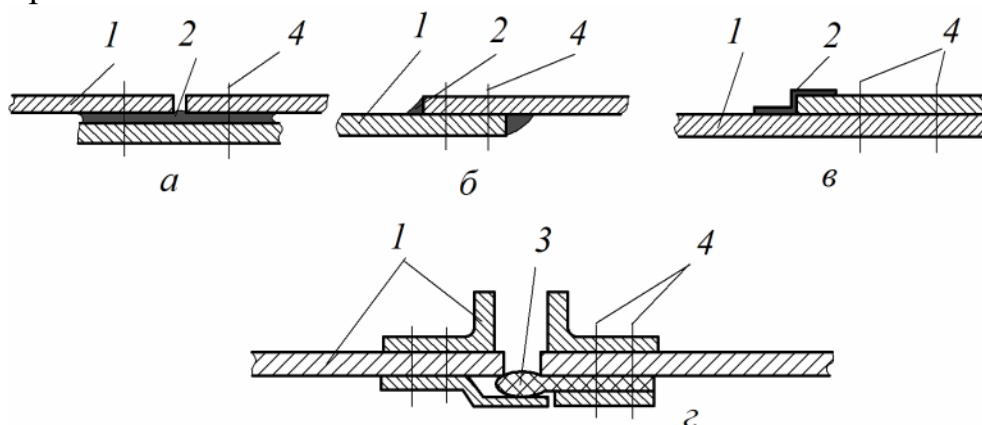
При радіальній клепці інструмент має точковий контакт із заклепкою. Вісь інструменту рухається в тангенціальному і радіальному напрямках, описуючи циклоїду.

### 1.5. Герметизація клепаных з'єднань

Призначення герметизації - підтримка надмірного тиску у відсіках, захист відсіків і агрегатів від проникнення агресивних рідин і газів, вологого повітря, попадання води під час дощу.

Негерметичність виявляється в основному через зазори між елементами заклепок і стінках отворів. Зменшити або повністю усунути негерметичність можна шляхом нанесення спеціальних матеріалів для герметизації в зони витоку і використанням щільної посадки заклепки в отвір.

Матеріали для герметизації мають адгезію до деталей, що сполучаються, і можуть застосовуватися у вигляді пастоподібної маси, розчину, рідини, стрічки або тканини, просоченої герметиком. Способи герметизації клепаных з'єднань наведені на рис. 1.18.



**Рис. 1.18. Способи герметизації:**

1 – шовна герметизація стрічкою; 2,3 – поверхнева герметизації шпателем і кистю;  
4 – герметизація з'єднань гумою

Герметизація клепаного з'єднання здійснюється одним з наступних способів:

- внутрішнешовною герметизацією з'єднання, при якій герметики прокладають між деталями, які з'єднуються.
- поверхневою герметизацією, при якій герметик наноситься на внутрішню

(не обтічним потоком) поверхні деталей, що сполучаються.

- змішаною герметизацією.

Виконання внутрішнешовної герметизації поєднують з процесом складання і клепки виробу. У цьому випадку вироб заздалегідь збирають на контрольні болти (фіксатори), потім розбирають, зачищають завусенці, знежирюють поверхні, наносять герметик (стрічка, джгут, плівка), а потім остаточно збирають вироб і виконують клепку.

Для поверхневої герметизації використовують герметики у вигляді пасти (мастики) і рідких розчинів. Герметики у вигляді пасти наносять шпателем або шприцом, рідину для герметизації наносять кистю.

Для герметизації болтових з'єднань, люків, стиків панелей застосовують пружні прокладки і спеціальні герметики. Пружні прокладки з гуми, азбесту, пластичної маси, металу не мають адгезії з поверхнями деталей, що сполучаються, і проявляють свої властивості з герметизації тільки у момент дії зусиль стиснення від заклепок або болтів.

На практиці для герметизації клепаних швів застосовують різноманітні герметики залежно від вимог, які висуваються до елементів конструкції відносно герметичності. Так наприклад, герметики марок ВГФ-1 і У-2-28 працюють при температурі від  $-60^{\circ}$  до  $+300^{\circ}$  С.

## **1.6. Технічні вимоги до клепаних з'єднань**

Основна функція заклепувальних з'єднань полягає в передачі зусилля з одного елемента конструкції виробу на інший, забезпечуючи необхідну міцність і жорсткість. Крім того, заклепувальні з'єднання повинні забезпечувати гладкість поверхонь в місті сполучення а в необхідних випадках і їх герметичність.

Ступінь задоволення вказаним вимоги залежить від параметрів швів, технологи їх виконання, виду устаткування і оснащення. Технологія виконання клепаних швів, устаткування і оснащення, яке застосовується, повинні забезпечувати відповідну якість.

Показниками якості виконання заклепувальних з'єднань є наступні характеристики:

- величина виступу потайних заставних головок щодо поверхні деталі;
- щільність прилягання заставних головок до поверхні деталі;
- форма і розміри замикаючих голово заклепок;
- загальний стан поверхонь замикаючих головок;
- загальний стани поверхонь деталей, які з'єднуються (відсутність вм'ятин матеріалу в зоні клепки, відсутність витріщання матеріалу листів і ін.);
- величина зазору між листами, що склеплюються.

Технологічними чинниками, що впливають на стан заклепувального з'єднання, являються:

- якість складального елемента і підгонки окремих деталей складальної одиниці;
- розміри і форма отворів і гнізд під заставні головки;
- правильність введення самого пресу клепки і ін.

Для попередження браку в процесі з'єднувально - клепальних робіт, а також для оцінки якостей остаточно виготовлених клепаних з'єднань і в цілому відсіку в технологічний процес вводять контрольні операції. Операційний контроль використовують для перевірки правильності виконання окремих операцій технологічного процесу. Заключний контроль застосовують для оцінки якості готових клепаних з'єднань і зібраних виробів.

При операційному контролі перевіряють:

- правильність установки деталей в складальному пристосуванні, прилягання обшивки до каркаса, зазори в стиках листів;
- розташування отворів відповідно до креслення або шаблону;
- діаметри, форму і якість поверхні отворів під заклепки;
- форму і якість поверхні ділянок клепаних швів.

При остаточному контролі клепаного вузла, відсіку, агрегату перевіряють:

- виступання або западання потайних заставних головок;
- форми і розміри замикаючих головок заклепок;
- зазор між деталями, що склеплюються;
- загальний стан поверхні заставних і замикаючих головок, поверхонь деталей;
- загальні обводи агрегату або відсіку.
- вихідні геометричні параметри зібраного виробу.

У якості засобів контролю застосовують універсальний і спеціальний інструмент для обмірів, калібри отворів і гнізд після зенкування, індикаторні пристосування, лупи, щупи, шаблони.

### **1.7. Зміст і об'єм технологічних процесів складання клепанням елементів конструкцій в виробництві виробів**

Процес отримання клепаного з'єднання є сукупністю операцій по установці елементів конструкції в необхідне взаємне положення, фіксація їх в цьому положенні і з'єднанню їх у вузли, панелі, відсіки, агрегати і виріб в цілому.

Складання є основним завершальним етапом виготовлення конструкції, тому складання в технології має особливо важливе значення. Операції складання вельми трудомісткі. Складально-монтажні роботи переважно виконують уручну. Об'єм складальних робіт достатньо великий і визначається конструкцією виробу, фізико- механічними властивостями матеріалів, з яких вони виготовлені і умовами виробництва.

По ступеню однорідності складання може бути технологічно однорідним або неоднорідним. При однорідному складанні виробляються тільки складальні роботи. Деталі в цьому випадку поступають на складання повністю обробленими. При неоднорідному складанні в складальний процес включена обробка деталей різанням або тиском, яка виконується слюсарними прийомами або на верстатах і пристроях.

В цілому складання виробів можна розбити на три групи:

- вузлове (первинне) складання;
- агрегатне складання;
- загальне (головне) складання.

При вузловому складанні складають елементи конструкції (первинні складальні одиниці), які входять надалі до складу відсіків і агрегатів (складальних одиниць вищого порядку). Вихідними елементами вузлового складання є деталі, що поставляються до складальних цехів із заготівельних і механічних цехів підприємства. Зібрані вузли поставляють в цехи агрегатного складання. Вузлове складання може бути організована як в окремих цехах, так і в цехах агрегатного складання у формі окремих виробничих ділянок.

При агрегатному складанні з вузлів і деталей збирають відсіки і агрегати виробу. Агрегати кожного найменування збирають в окремих відповідних цехах. Агрегати і відсіки поставляють в цех головного (загального) складання. У цехах агрегатного складання звичайно допускається виконання невеликого об'єму підгінних і доводочних робіт.

Цех головного складання є технологічно однорідним. У ньому виконують чисто складальні і регульовальні роботи.

Етапи складання супроводжуються відповідними випробуваннями для забезпечення високого ступеня надійності кожного вузла, відсіку, агрегату і виробу в цілому.

Технологічний процес складання - це процес, оснований на взаємній ув'язці усіх процесів виготовлення деталей і який складається з установки, взаємного сполучення поєднання і розташування у відповідності з технічної документації деталей і вузлів, фіксації їх на площини і в простори за допомогою спеціальних пристосувань або інших засобів для складання з подальшим кріпленням між собою тим або іншим способом і видом з'єднань.

У процесі складання виконуються різні види робіт: клепання, зварювання, складання болтових з'єднань, склеювання. Паралельно із складанням інколи виконуються електромонтажні (монтажні) роботи.

Під технологічним процесом монтажу слід розуміти установку і закріплення блоків і монтажних вузлів, прокладку і закріплення комунікацій (електроджгутів, кабелів, трубопроводів) і з'єднання всіх елементів в елементи вищих порядків і у взаємопов'язані системи, наприклад з'єднання елементів автоматики (блоків, сигналізаторів, датчиків, електроклапанів і ін.) в єдину систему автоматичного регулювання і т.д.

По місцю проведення монтажні роботи підрозділяють на поза стендові і стендові.

Об'єктом поза стендових монтажних робіт є складання і монтаж комунікацій (електроджгутів, кабелів, трубопроводів), а також вузлів (щитків, коробок розподілення, кронштейнів і ін.). Монтаж полягає в установці і закріпленні блоків на платах і панелях, кронштейнах, прокладках і кріпленні комунікацій між блоками і ін.

Стендові монтажні роботи виконують на агрегатах і відсіках корпусу. У відповідності з цим розрізняють стендові агрегатний монтаж і остаточний монтаж бортових систем у зібраному виробі. Остаточний монтаж включає звичайно стиковку комунікацій, прокладених і закріплених в окремих відсіках і агрегатах, установку найбільш відповідальної апаратури і приладів.

Розподілення всього об'єму складально-монтажних робіт між етапами



залежить від конструктивного розбиття виробу, тобто від розчленуванні виробу на складальні одиниці. Кожна складальна одиниця (відсік, агрегат) в цьому випадку є закінченим виробом в конструктивному-технологічному відношенні. Розчленування агрегатів здійснюється за допомогою болтових з'єднань.

Окрім конструкторського розбиття, існує і розбиття технологічне. Технологічне розбиття виробу (агрегатів) на вузли визначається вимогами виробництва. По цьому під технологічним розбиттям розуміють розчленування конструкції на такі складальні одиниці, які можуть бути виготовлені повністю або по частинах як окремі об'єкти виробництва. Розчленування складальних одиниць за допомогою технологічного розбиття здійснюється звичайно за допомогою нероз'ємних з'єднань (зварювання, клепка, паяння, склеювання).

Залежно від ступеня розчленування конструкції на складальні одиниці і ступені диференціації складальних і монтажних робіт, складальний процес може виконуватися по послідовній, паралельній і паралельно- послідовній схемам.

Послідовна схема складання застосовується для складання агрегатів, нерозчленованих на складальні вузли. Її виконують послідовним нарощуванням окремих елементів конструкції. При цьому на початку, безпосередньо з вузлів і деталей збирається конструкція агрегату, після чого виконуються на агрегаті монтажні роботи. Виробничий цикл самий тривалий. Продуктивність праці не висока.

Паралельна схеми складання використовується для складання агрегатів, які розділені на панелі і вузли збираються не залежно один від одного, паралельно. В стапелі загального складання агрегату виконується стиківка панелей і вузлів, вмонтовується устаткування, яке раніше неможливо було встановити.

Паралельно-послідовна схема складання також відповідає складанню конструкції агрегатів, які розчленовані на панелі і вузли. Але, спочатку на паралельних технологічних лініях складають більш крупні складальні одиниці. Потім з готових вузлів складають конструкцію в цілому. При такій схемі число одночасно зайнятих робочих або фронт складальних робіт значно більше, і тому загальний цикл складання конструкції мінімальний.

### **1.8. Точність складальних робіт при виготовленні клепаних елементів конструкцій**

Геометрична точність – ступінь відповідності лінійних розмірів форми і взаємного розташування елементів конструкції заданим. Від точності утворення геометричних розмірів і форм деталей вузлів залежать як взаємозамінність, так і процес виконання складальних робіт. При складанні можуть виникати погрішності з пов'язані з взаємним розташуванням елементів виробу, неякісним сполученням і деформацією деталей, що з'єднуються. Ці погрішності погіршують функціональні характеристики зібраних виробів, знижують їх надійність.

Точність виготовлення деталей, утворення на них базових поверхонь і точність виготовлення складальних пристосувань є найважливішими умовами отримання необхідної форми і розмірів вузлів і агрегатів. Отримання агрегатів заданої точності визначається головним чином призначенням технологічних баз і,

зокрема, поверхонь для базування.

Процес складання починається з взаємної установки або координації деталей, а потім вузлів відносно певних, вибраних баз для складання. Під складальною базою розуміють сукупність поверхонь, ліній і точок деталі, вузла або складального оснащення, відносно до яких встановлюють інші деталі і вузли.

Усі погрішності вихідних геометричних параметрів складальних одиниць є слідством погрішності вхідних елементів розмірного ланцюга, погрішностей базування і складального процесу.

Погрішність вхідних елементів є відхиленням від заданих розмірів, форми, взаємного розташування і шорсткості поверхонь елементів для складання.

Погрішності базування складаються з погрішностей установки і фіксації елементів виробу в процесі їх складання; погрішностей виготовлення і настройки складального устаткування; пружних і температурних деформацій елементів системи «складальне пристосування - об'єкт, що складається».

Похибки складального процесу залежать від порушення умов і режимів виконання складальних операцій (наприклад, нерівномірного затягування різьбових сполучень, що викликають перекося і деформації елементів при складанні), а також від внутрішніх напружень, які виникають в складальній одиниці в процесі складання.

В загальному випадку кожний контрольований або визначений геометрично параметр виробу  $Q$ , можливо представити у вигляді функції складальних ланок розмірного ланцюга який визначається і параметрів технологічного процесу  $q$ :

$$Q = F(q_1, q_2, \dots, q_n). \quad (1)$$

В реальних умовах виробництва кожна з складових  $q_i$  має деяку погрішність  $\Delta q_i$ , що входить в загальну похибку  $\Delta Q$  геометричного параметра  $Q$ .

Тоді вираз (1) приймає наступний вигляд

$$Q + \Delta Q = F(q_1 + \Delta q_1, q_2 + \Delta q_2, \dots, q_n + \Delta q_n). \quad (2)$$

Розклавши в ряд Тейлора праву частину рівняння (2) і нехтуючи членами другого і вищих порядків, одержимо

$$Q + \Delta Q = F(q_1, q_2, \dots, q_n) + \left( \frac{\partial F}{\partial q_1} \Delta q_1 + \frac{\partial F}{\partial q_2} \Delta q_2 + \dots + \frac{\partial F}{\partial q_n} \Delta q_n \right). \quad (3)$$

Звідси знаходимо загальну погрішність параметра:

$$\Delta Q = \sum_{i=1}^n \frac{\partial F}{\partial q_i} \Delta q_i.$$

Приватні похідні  $\frac{\partial F}{\partial q_i}$ , це фактично коефіцієнти впливу погрішностей

складових ланок розмірного ланцюга на погрішність замикаючої ланки (на загальну погрішність геометричного параметра). Ці коефіцієнти називають передаточними відносинами і позначають -  $\xi$ . Передаточне відношення може змінюватися в межах  $\xi = \pm 1$ . Для ланок складального розмірного ланцюга, що збільшуються передаточне відношення має позитивне значення, а для ланок складального розмірного ланцюга, що зменшується - негативне значення. Ланку

називають збільшеною, з збільшенням якої замикаюча ланка збільшується, а зменшеною - з збільшенням якої замикаюча ланка зменшується. У лінійних розмірних ланцюгах передаточні відношення  $\xi$  можуть приймати значення тільки +1 або -1. У кутових, площинних і просторових розмірних ланцюгах передаточні відношення можуть приймати будь-які значення від +1 до -1.

Необхідні розрахунки пов'язані з визначенням точності різних параметрів виконують з урахуванням технологічних і експлуатаційних навантажень. Найбільш часто розрахунки пов'язані з визначенням геометричних параметрів виконують на основі теорії розмірних ланцюгів.

За наслідками аналізу рівняння (3) можна встановити основні напрямки підвищення точності складання і методи їх реалізації.

Методи підвищення точності виготовлення виробів можна розділити на дві групи: конструктивні і технологічні.

До конструктивних методів підвищення точності виготовлення виробів відносяться:

- скорочення кількості ланок при складанні  $q_i$ , замикаючого розміру розмірного ланцюга;
- зменшення величини коефіцієнта впливу погрішностей кожної з ланок розмірного ланцюга, наприклад, шляхом введення ланок, що зменшуються;

Одним з напрямів скорочення кількості ланок розмірного ланцюга, що формує який-небудь вихідний параметр виробу, являється розробка монолітних конструкцій.

До технологічних методів підвищення точності складальних робіт відносяться:

- збільшення точності кожної із ланок, які складають ланцюг;
- компенсація погрішностей за рахунок вільного вибору величини відхилення однієї з ланок;
- зв'язане (залежне) виготовлення складальних елементів конструкції.
- введення селективного складання.

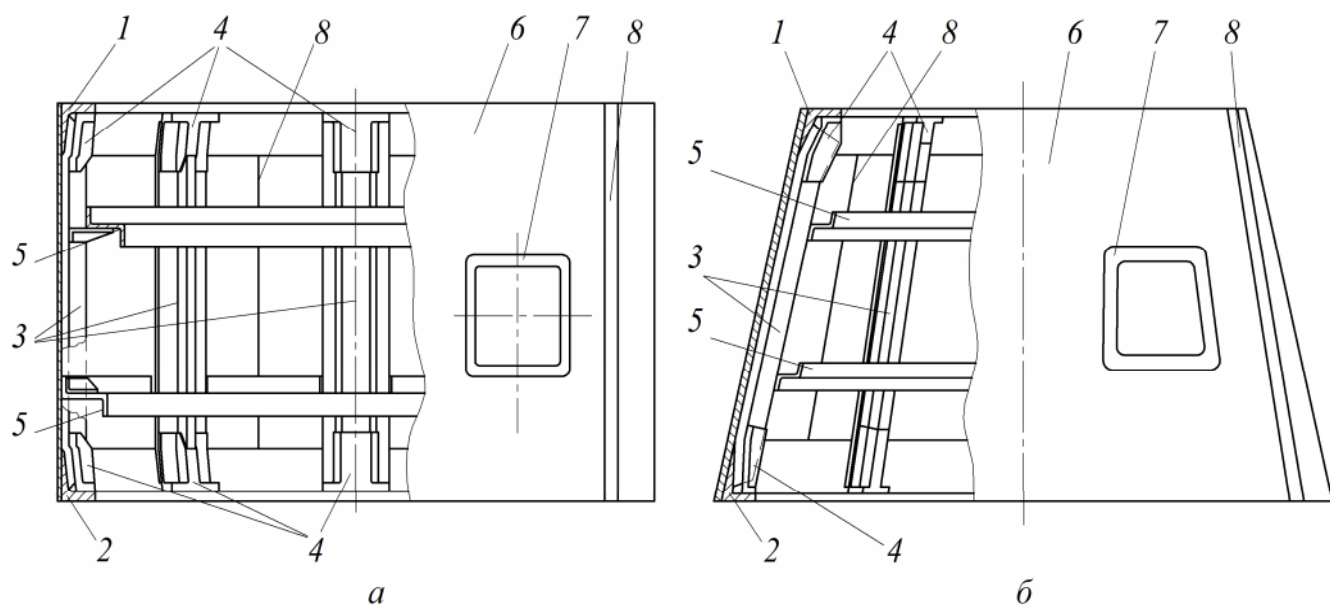
Збільшення точності ланок, що складають ланцюг (деталей і вузлів складання) виконується шляхом призначення більш жорстких допусків на параметри елементів конструкції, які мають відносно великі коефіцієнти впливу погрішностей. При використуванні зв'язаного способу виготовлення виробу, точність складання забезпечується точністю ув'язки геометричних параметрів елементів конструкції, що складаються. Селективний вид складання застосовується при серійному виробництві, коли кількість однойменних складальних одиниць достатньо велика і є можливість проводити відповідний підбір деталей і вузлів.

## 1.9. Типові деталі і вузли клепанних відсіків

Типова конструкція клепаного відсіку (див. рис. 1.19) містить наступні деталі і вузли:

Матеріал фітингів - сплав АК-4 на основі алюмінію. Вказаний сплав легований міддю, магнієм, нікелем, залізом і титаном. Добре штампується в гарячому стані. Після гарту і старіння межа міцності складає -  $\sigma_b = 400$  МПа, відносно

подовження = 12%. Штамповані заготовки фітингів обробляють на фрезерних і свердлувальних верстатах з ЧПУ.



**Рис. 1.19. Типові форми і основні деталі клепаних відсіків:**

- 1 – верхній торцевий шпангоут з кутового профілю; 2 – нижній торцевий шпангоут з кутового профілю; 3 – стрингери з таврових, кутових і коритоподібних профілів; 4 – фітинги, які з'єднують стрингери з торцевими шпангоутами; 5 – проміжні шпангоути зетподібного перетину; 6 – обшивки; 7 – окантовки; 8 – стики панелей

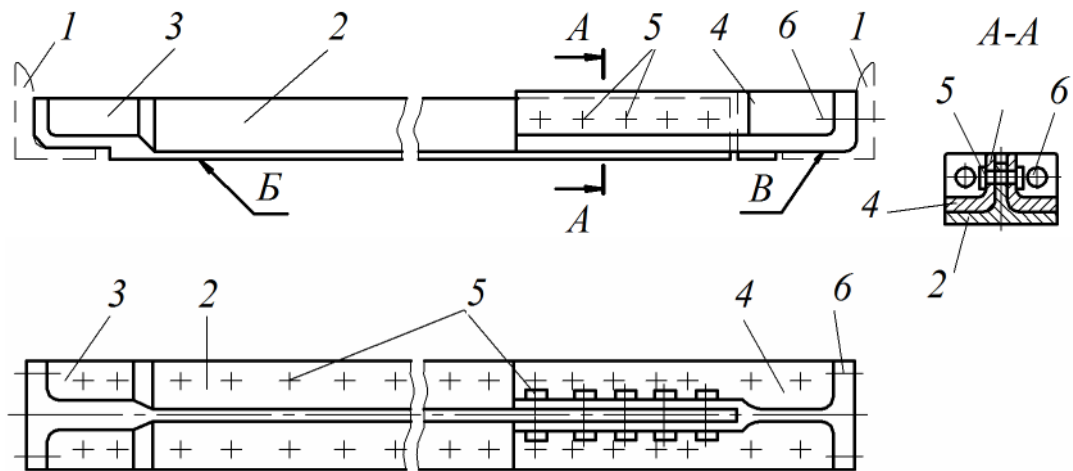
Решту деталей виготовляють звичайно з алюмінієвих сплавів Д16, Д19, В95. Сплав В95 легований міддю (1,7 %), магнієм (2,3 %) і цинком (6 %). Він володіє задовільними пластичними властивостями протягом 6 годин після гарту. Після старіння  $\sigma_B = 600$  МПа,  $\delta = 6\%$ . Сплав Д16 легований міддю (4 %) і магнієм (1,5 %), має хороші пластичні властивості протягом 2 годин після гарту. В постарілому стані  $\sigma_B = 420$  МПа,  $\delta = 9\%$ .

Згинання листів і профілів з перерахованих матеріалів, а також більшість інших операцій по зміні форми виконують в холодному стані. Підсічку (зсув перетину на довжині порядку 10 мм) профілів із сплаву В95 одержують на заготовках, нагрітих до 130–140°С.

Заклепки із сплавів В94, В65 і Д18П поступають на складання після гарту і природного старіння. Заклепки з менш пластичних матеріалів Д19П і В95 можна осаджувати лише безпосередньо після гарту протягом 2 і 6 годин відповідно. З цієї причини вони застосовуються в окремих випадках.

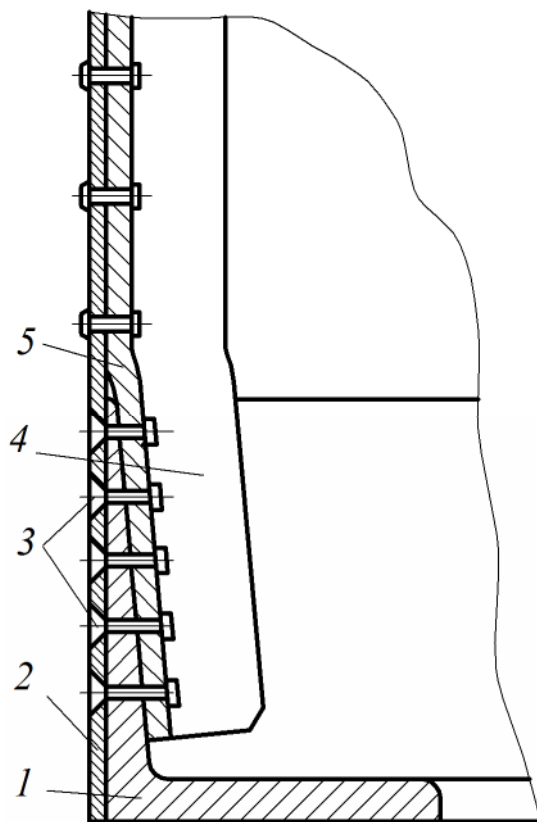
Деталі відсіків, виготовлені з алюмінієвих і магнієвих сплавів, у тому числі заклепки, захищені від корозії анодованим шаром, електрична провідність якого недостатня. Щоб уникнути утворення на обшивці заряду статичної електрики невелика частина розташованих на ній заклепок виконана із сплаву АМг-5, що відноситься до корозійностійким. Вони менш міцні, та зате не потребують покриття. Через ці заклепки електричний заряд стікає на масивні деталі силового каркаса.

Масивні силові стрингери виготовляють з пресованих профілів, які можуть поставлятися з прес-залишками. Фрезеруванням прес-залишку одержують стрингер із закінцівкою, яка заміняє фітинг (рис. 1.20).



**Рис. 1.20. Т-подібний стрингер з закінцівкою у складі с фітингом:**

1 – торцевий шпангоут з кутового профілю; 2 – стрингер з таврового профілю;  
3 – закінцівка стрингеру, що заміняє фітинг; 4 – фітинг, який з'єднує стрингер з торцевим шпангоутом; 5 – заклепкові шви; 6 – стикувальні отвори в торцевих шпангоутах, закінцівках і фітингах



**Рис. 1.21. Стрингер з кутового прокату с підсічкою у місті з'єднання з торцевим шпангоутом:**

1 – торцевий шпангоут з кутового профілю;  
2 – обшивка; 3 – заклепковий шов;  
4 – стрингер з кутового профілю;  
5 – підсічкою у місті з'єднання стрингера з торцевим шпангоутом

Тим самим досягається зниження ваги конструкції. Поверхню стрингера, прилеглу до обшивки (див. поверхню Б на рис. 1.20), одержують при пресуванні радіусом 1500 мм на широких коритоподібних профілях і плоскої - на вузьких-

кутових, Т - образних профілях. Поверхню В фітингів (рис. 1.20) обробляють відповідно до кривизни торцевих шпангоутів, на вузьких фітингах ця поверхня плоска.

В конструкції більшості відсіків масивні (силові) стрингери чергують з легкими. Останні часто не мають закінцівок і фітингів, в цьому випадку на кінцях стрингерів виконані підсічки (зсуви) для сполучення з торцевими шпангоутами (рис. 1.21).

### **1.10. Методи складання клепаних елементів конструкцій**

Відомий ряд методів складання, відмінних, з одного боку, принципом рішення розмірного ланцюга, а з іншою - способами базування, видом потрібного інструменту, складальних пристосувань і устаткування.

Вибір методу складання залежить як від конструкції агрегату (габаритів, форми деталей, їх жорсткості), а також від необхідної точності складання.

Залежно від способу рішення складальних розмірних ланцюгів розрізняють методи складання по наступним принципам:

- повної взаємозамінності;
- обмеженої взаємозамінності;
- індивідуальної пригінки деталей;
- регулювання.

При складанні клепаних відсіків перші два методи не застосовують. Принцип індивідуального пригінки використовують обмежено, у виняткових випадках. Широко застосовує складання за принципом регулювання. Звичайно при складанні за принципом регулювання використовують жорсткі або компенсатори для регулювання (правило компенсації), що вводяться в конструкцію виробу.

В якості компенсаторів використовують прокладки, кільця, втулки, косинці, кронштейни, зазори між деталями.

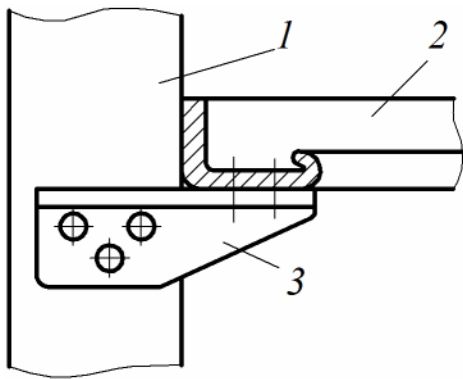
Як жорсткі компенсатори часто використовується одна з деталей, які сполучаються. Застосування компенсаторів дає можливість не пред'являти високих вимог по точності до розмірів деталей. Крім того при складанні клепаних агрегатів без використання компенсаторів важко виконати замикаючий розмір з точністю в межах заданого допуску.

Загальним для всіх випадків використання правила компенсації являється застосування технологічного пристосування, з якого копіюють розміри на деталь, вузол або агрегат.

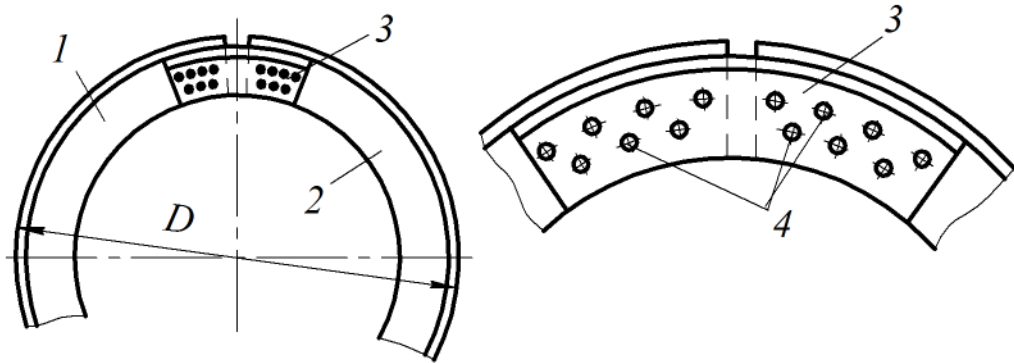
Приклад 1. З'єднання елементів поперечного силового набору каркаса з подовжніми через кронштейни-компенсатори (див. рис. 1.22)

Сумісне свердлення отворів в деталях 2 і 3 виконують після фіксації деталі 2 щодо деталі 1.

Приклад 2. Складання елементів поперечного силового набору (рис. 1.23). Для забезпечення необхідної точності розміру  $D$  елементи силового набору 1 і 2 (гнуті профілі) сполучають через накладки-компенсатори 3.

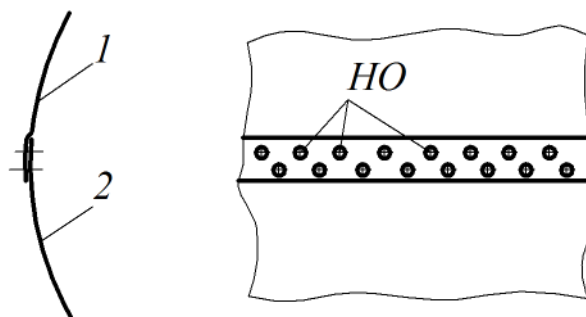


**Рис. 1.22. Схема використання компенсатора при з'єднанні елемента подовжнього силового набору з поперечним:**  
 1 – елемент подовжнього силового набору;  
 2 – елемент поперечного силового набору;  
 3 – компенсатор



**Рис. 1.23. Використовування накладки-компенсатора при складанні елементів поперечного силового набору:**  
 1, 2 – елементи поперечного силового набору; 3 – накладка-компенсатор;  
 4 – заклепкові шви

**Приклад 3.** Складання обшивки. Як компенсатор використовується крайова частина листу обшивки 1, що не має підсікання. У листі обшивки з підсіканням 2 просвердлені направляючі отвори (НО), по яких після остаточної підгонки і фіксації обидва листи обшивки розсвердлюють (рис. 1.24).



**Рис. 1.24. Схема з'єднання листів обшивки з використанням, як компенсаторів, припуску на одній стороні листа:**  
 1, 2 – листи обшивки; НО – направляючі отвори

Залежно від способу базування і виду вживаних складальних пристосувань і інструменту розрізняють наступні методи збірки:

- по розмітці;
- по базовій деталі;

- по складальних отворах;
- із застосуванням спеціальних складальних пристосувань.

Складання по розмітці - процес, при якому взаємне положення деталей, що входять до вузла, визначають безпосередньо вимірюванням відстаней між ними, а також по ризиках і лініях ( базовим лініям), нанесених на поверхню деталей при розмітці. Цей метод при збірці клепанних конструкцій застосовується рідко, при збірці потрібен звичайно індивідуальний пригін деталей .

Складання по базовій деталі - це процес, при якому одну з деталей приймають за базову і до неї в певній послідовності приєднують інші деталі, що входять в збираний вузол. Метод в складальних роботах не застосовується в основному через недостатню жорсткість елементів клепаної конструкції.

### Складання за складальними отворами

При цьому методі складання взаємне розташування складальних деталей визначається положенням складальних отворів (СО), що є на них. Таким чином, СО використовують як складальні бази. Деталі суміщають одна з другою і на період з'єднання їх в складальні отвори (СО) вставляють фіксатори. Стикувальні отвори (СО) свердлять за шаблонами і кондукторами в заготівельних і механічних цехах.

При складанні по (СО) в пристосуваннях, складальні пристосування виконують лише допоміжну роль, утримуючи складальний виріб в зручному для складання положенні і оберігаючи деталі від деформації під дією сили ваги. При цьому складальні пристосування базових (настановних) елементів не мають.

У розмірний ланцюг вузла, який складають по стикувальним отворах (СО), входять всі елементи, тому в складних просторових конструкціях розмірний ланцюг складається з великого числа ланок і, отже, точність складання по (СО) невелика, оскільки кожна ланка вносить свою погрішність в загальний розмірний ланцюг. Складання по складальним отворах просторових об'єктів ускладнює процес ув'язки, вимагає просторових носіїв розмірів. Тому складання по складальним отворах в основному виконують при з'єднанні плоских вузлів, а також виробів, до яких не пред'являється високих вимог по точності обводів. Найбільш ширше метод використовують при установці каркаса на обшивку.

Приклад 1. Складання елементів поперечного силового набору по складальним отворах (рис. 1.25).

Дійсний діаметр агрегату розраховують таким чином:

$$D_{\delta} = H_1 + H_2 + H_3 + \delta_1 + \delta_2,$$

де:  $H_1$  і  $H_2$  – розміри елементів каркаса;  $H_3$  – розмір сполучного елемента;  $\delta_1$  і  $\delta_2$  – товщина обшивки.

З урахуванням погрішностей елементів конструкції і допусків на товщину обшивки маємо:

$$D_{\delta} = (H_1 \pm \Delta H_1) + (H_2 \pm \Delta H_2) + (H_3 \pm \Delta H_3) + (\delta_1 + \Delta \delta_1) + (\delta_2 + \Delta \delta_2) + C_1,$$

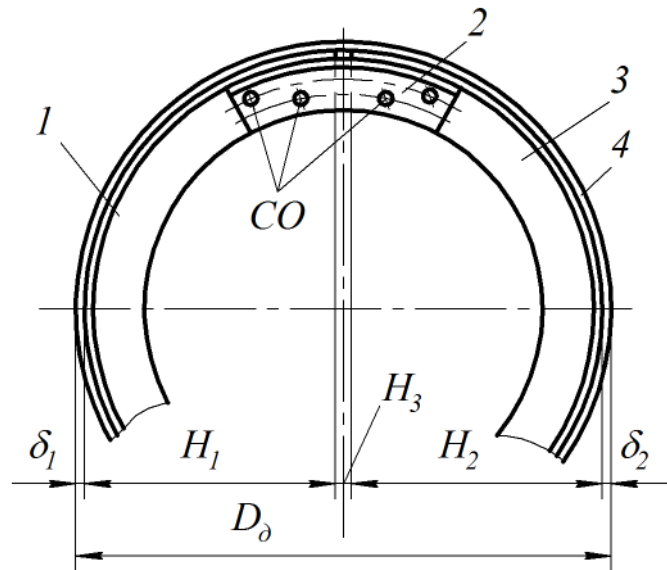
де:  $C_1$  – величина похибки, яка враховує деформацію конструкції після складання.

Таким чином, величина погрішності по зовнішньому обводу агрегату визначається наступним виразом:



$$\Delta D_{\delta} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta \delta_1 + \Delta \delta_2 + C_1 + 2\Delta z,$$

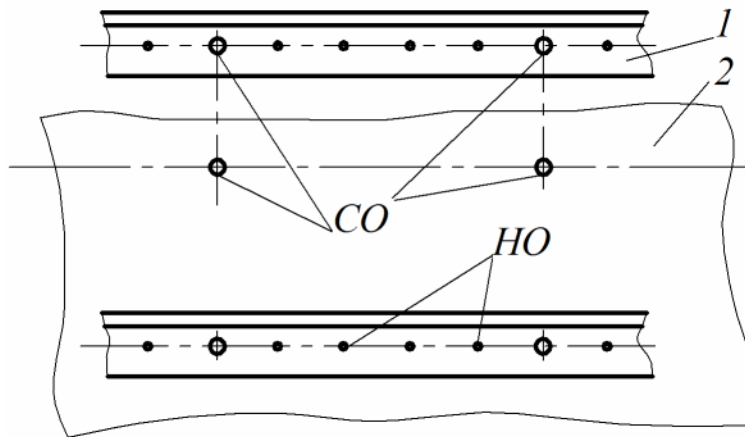
де:  $\Delta z$  – зазор між діаметром стикувального отвору ( $CO$ ) і діаметром фіксатора.



**Рис. 1.25.** Схема формування зовнішніх обводів агрегату при складанні каркаса по складальним отворам ( $CO$ ):

$1$  і  $3$  – елементи поперечного силового набору;  $2$  – сполучний елемент;  $4$  – обшивка

Приклад 2. Складання панелей (рис. 1.26).



**Рис. 1.26.** Складання панелей по складальним отворам ( $CO$ ):

$1$  – профіль;  $2$  – обшивка

Місця під складальні отвори ( $CO$ ) указують в кресленнях і схемах. Свердлення складальних отворів ( $CO$ ) в обшивці і профілях виконують по шаблонам отворів ШОК, пов'язаним між собою (рис. 1.27). Надалі стикувальні отвори ( $CO$ ) розсвердлюють і використовують під заклепки (болти). У профілях, окрім стикувальних отворів ( $CO$ ), свердлять направляючі отвори ( $HO$ ), призначені для позначення місць, які потім розсвердлюють під заклепки.

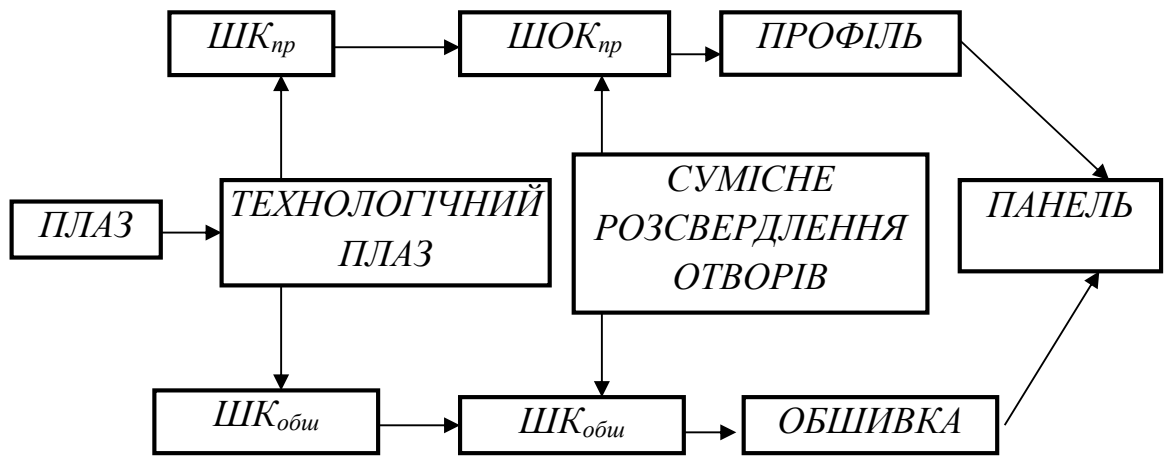


Рис. 1.27. Схема ув'язки оснащення при складанні по стикувальним отворам (СО)

### Складання із застосуванням складальних пристосувань

Складальне пристосування визначає взаємне розташування деталей, що складаються, їх розміри, а також форму вузла, панелі і агрегату. При цьому базові поверхні деталей поєднуються з опорними (настановними) поверхнями пристосування.

Складальне пристосування не тільки забезпечує необхідне положення деталей, але і визначає положення оброблювального інструменту щодо цих деталей, надає необхідну форму недостатньо жорстким деталям і вузлам в процесі складання.

Застосування складальних пристосувань має ряд переваг:

- виключається розмітка і пригін деталей;
- прискорює і полегшує процес складання;
- досягається взаємозамінність вузлів, панелей і агрегатів, що складаються;
- виникає нагода механізувати і автоматизувати процес складання;

Проте застосування складальних пристосувань має і недоліки:

- зростає об'єм робіт по технологічній підготовці виробництва;
- збільшується кількість інструментальних цехів, необхідних для виготовлення пристосувань.

Кількість потрібного оснащення може бути зменшене за рахунок використання універсальних пристосувань, групових пристосувань, нормалізованих деталей пристосувань, застосування стандартної оргнастки (драбин, пересувних майданчиків і т.п.)

Залежно від особливостей базування застосовують наступні способи складання в пристосувань по :

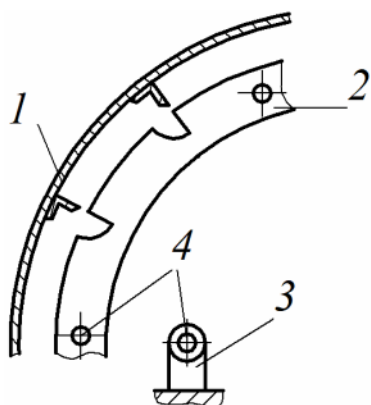
- по координатно - фіксуєчим отворам (КФО);
- по отворам під стикувальні болти (ОСБ) ;
- по поверхні каркасу (ПК);
- по внутрішній поверхні обшивки (ВПО).

### Складання з базуванням по координатний-фіксуєчим отворам

Складання з базуванням по координатний - фіксуєчим отворам (КФО)

представляє процес, при якому деталі поперечного набору виробу встановлюють в складальне положення по *КФО* в деталях збираного виробу і елементу складального пристосування.

Базування по *КФО* використовують при складанні вузлів і агрегатів панельованої конструкції. В процесі складання деталі 2 поперечного набору (рис. 1.28) встановлюють у вилки 3 складальні пристосування і закріплюють по *КФО* фіксаторами. Потім елементи поперечного набору сполучають між собою накладками. Далі на підготовлений каркас встановлюють панелі 1.



**Рис. 1.28. Схема складання по координатно-фіксуєчим отворах (*КФО*):**

1 – панель; 2 – елемент поперечного силового набору; 3 – елемент складального пристосування з *КФО*; 4 – координатно-фіксуєчий отвір

Точність одержуваних зовнішніх обводів залежить від точності обводу каркаса, розташування *КФО* в деталях і елементах складального пристосування, а також точності обшивок по товщині. Кількість і місце розташування *КФО* на елементах конструкції виробу визначають в процесі технологічного опрацювання креслень і наносять їх на плази.

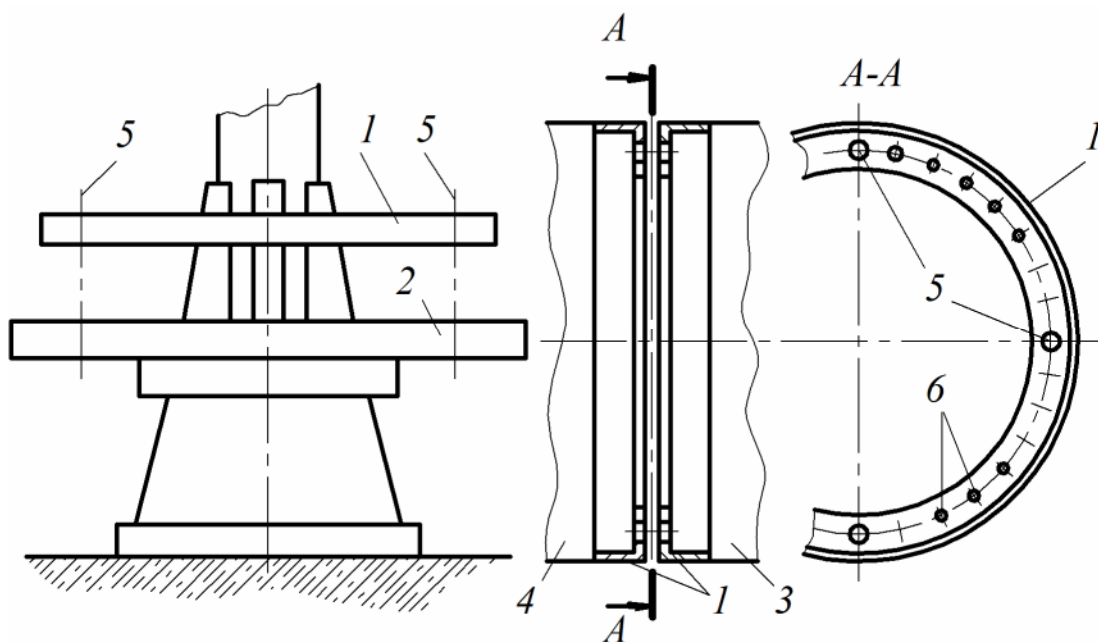
Пристосування для складання по *КФО* є просторовою системою прямокутних координат, за допомогою якої відтворюються в просторі положення *КФО* в елементах пристосування.

### **Складання з базуванням по отворах під стикувальні болти**

Даний спосіб відноситься до системи залежного виготовлення агрегатів і характеризується тим, що розміри і форма вузлів стику агрегатів і їх положення щодо зовнішніх обводів визначаються розмірами і формою базових поверхонь складального пристосування. У якості базових поверхонь у вузлах стику, стикувальних профілях, фітингах і кронштейнах приймають отвори під стикувальні болти (рис. 1.29).

Внаслідок недостатньої жорсткості деталей складальної одиниці, а також деформацій від kleпання, виникають деформації самого корпусу агрегату. Тому фактичні розміри, що визначають положення базових отворів зібраного агрегату, нерідко не відповідають заданим, що призводить до порушень взаємозамінності агрегатів, що стикуються.

Для відновлення взаємозамінності та можливості з'єднання агрегатів між собою роз'ємні вузли та вузли стиків обробляють у спеціальних стендах (на плитах обробки стиків – *ПОС*). При стиковці агрегатів базові отвори використовують як стикові центруючі отвори під стикувальні болти підвищеної точності.



**Рис. 1.29. Варіанти базування по отворах під стикувальні болти:**

- 1 – елементи торцевого поперечного набору агрегату; 2 – плита стику стапеля;  
 3, 4 – агрегати, що стикуються; 5 – базові отвори під стикувальні болти (2 класу);  
 6 – стикувальні отвори, які не відносяться до базових (3 класу)

Методи, розглянуті вище, та способи складання відносяться в основному до складання окремих вузлів та елементів внутрішнього силового набору. Процеси складання агрегату в цілому, формування його зовнішніх обводів визначаються в цілому методами складання або з базою «від поверхні каркасу», або з базою «від зовнішньої поверхні обшивки». Обидва ці способи у значній мірі відображають конструктивно-технологічні особливості виробу.

### **Складання з базуванням від поверхні силового каркасу**

Спосіб базування від поверхні силового каркасу (набору) застосовують для утворення зовнішніх обводів агрегатів, секцій, панелей. Замикаючими ланками зовнішнього контуру агрегату можуть бути панелі з силовим набором чи окремі листи обшивки. Базою для установки цих замикаючих ланок є каркас агрегату. Каркас може бути монолітним чи збірним.

У процесі складання панелі та листи обшивки встановлюють на каркас, фіксують та притискають до нього струбцинами (зжимами, фіксаторами).

При базуванні по зовнішній поверхні силового каркасу зовнішні обводи попередньо зібраного каркасу формують за допомогою рубильників, контур яких відповідає  $TK - S$ , де:  $TK$  – теоретичний контур;  $S$  – товщина обшивки (рис. 1.30).

Оскільки силовий каркас вже складений, та являє собою одне ціле, то його розмір входить у розмірний ланцюг як одна ланка. Розмір зібраного агрегату по зовнішньому обводу виражається у вигляді розмірного ланцюга даного контуру:

$$H_o = H_k + S_1 + S_2,$$

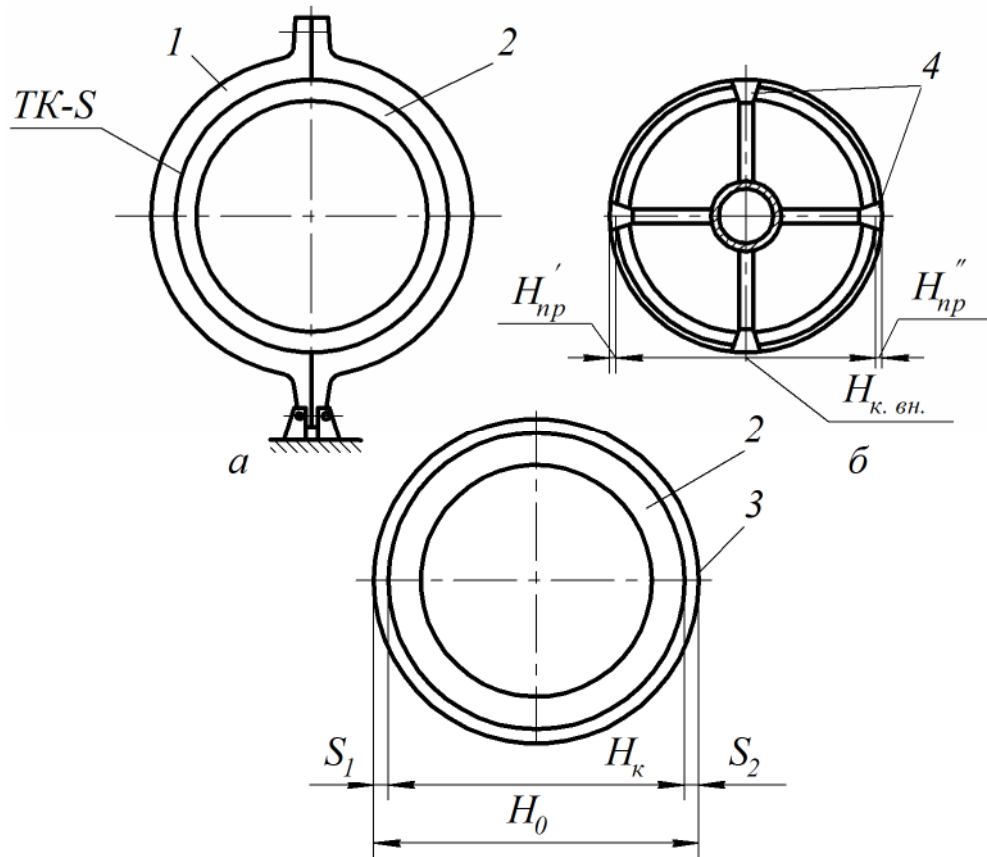
де:  $H_o$  – номінальний розмір зовнішнього обводу збираємого агрегату, що складається у зазначеному перетині;  $H_k$  – номінальний розмір каркасу;  $S_1, S_2$  –

номінальні товщини замикаючих ланок контуру (панелей або обшивок).

З урахуванням погрішностей отримаємо:

$$H_o \pm \Delta H = (H_k \pm \Delta H_k) + (S_1 + \Delta S_1) + (S_2 + \Delta S_2) + C_i,$$

де:  $C_i$  - величина погрішності, яка ураховує деформацію після складання.



**Рис. 1.30** Принципова схема базування по зовнішній поверхні силового каркасу (а) та внутрішній (б) силового каркасу:

1 – рублильник; 2 – каркас; 3 – обшивка; 4 – базові упори

При базуванні по внутрішній поверхні силового каркасу рис. 1.30, б) у розмірний ланцюг як допоміжна ланка входять розміри профілю каркасу (товщина стінок) –  $H'_{np}$ ,  $H''_{np}$  та внутрішній розмір каркасу  $H_{к. вн.}$ .

Таким чином, при складанні з базуванням по поверхні силового каркасу погрішності виготовлення контуру каркасу (відхилення, хвилястість) будуть переноситись на зовнішній контур агрегату.

Пристрої для складання по з базуванням по поверхні силового каркасу (стапелі) це просторова конструкція, що складається з балок, опор, на яких змонтовані базові елементи пристрою (рубильники, упори, плити стику), вузли для кріплення деталей у зібраному положенні, ложементи.

Точність отримуваних обводів виробу та взаємне положення деталей, що складаються у цьому пристрої залежить від обводів базових поверхонь силового каркасу виробу та положення у просторі базових поверхонь елементів пристрою.

### Складання з базуванням по зовнішній поверхні обшивки

У якості бази для утворення зовнішнього контуру виробу приймають обводи рубильників складального пристрою, які утворюють контур, який є віддзеркаленням теоретичного контуру виробу (рис. 1.31).

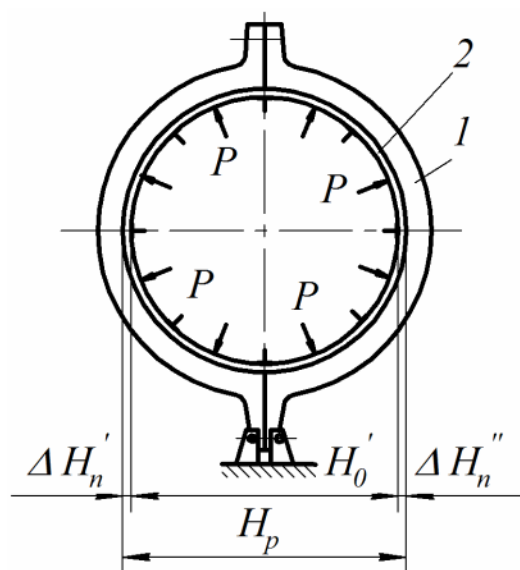


Рис. 1.31. Принципова схема базування по зовнішній поверхні обшивки:

1 – рубильник; 2 – панелі

Складання з базуванням по зовнішній поверхні обшивки починається з установки обшивок на ложементи пристрою (стапеля). Далі встановлюють подовжні елементи жорсткості та склепують їх з обшивкою у панелі. Готові панелі встановлюють у загальні складальні стапелі. При цьому обшивку з подовжніми елементами жорсткості притискають струбцинами та затискачами до обводу рубильників на період виконання з'єднання обшивки з каркасом (поперечними елементами жорсткості). Панелі склепують з каркасом. Завершують основну складання встановленням стикових елементів рознімань.

Теоретичну лінію агрегату визначає внутрішній контур рубильників, знятий з плаза. Погрішності деталей, вузлів та панелей при складанні не впливають на точність зовнішнього контуру, оскільки вони компенсуються усередині контуру у місцях рознімань між елементами конструкції.

Необхідною умовою складання з базуванням по зовнішній поверхні обшивки є присутність рознімань між силовими елементами панелей та каркасом виробу, а також використання елементів для компенсації.

У розмірний ланцюг поверхневого контуру виробу у даному випадку входить тільки розмір між обводами рубильників збірного пристрою та погрішності при збірці:

$$H_o^1 = H_p - (\Delta H_n' + \Delta H_n'') + C_i$$

де:  $H_o^1$  – розмір зовнішнього контуру виробу у даному перерізі про збірці по зовнішній поверхні обшивки;  $H_p$  – фактичний розмір пристрою (рубильників);

$\Delta H_n'$ ,  $\Delta H_n''$  - відхилення обводу збірного виробу від обводу пристосування.

Пристосуванням для складання з базою по зовнішній поверхні обшивки (стапелю) є просторова фермова конструкція, яка складається з балок,

рубильників, ложементів, плит та різних механізмів та деталей, підйому, опускання і закріплення рубильників.

Точність зовнішніх обводів виробу, що складається у таких пристроях, визначається точністю базових поверхонь рубильників та положенням базових поверхонь у просторі. Положення подовжніх та поперечних елементів каркасу виробу визначається положенням рубильників та ложементів по довжині пристрою.

### **1.11. Технічні умови на агрегатне складання**

Технічні умови на складання встановлюють на кожен складальну одиницю, виходячи із загальних технічних вимог на складання. Зміст та об'єм технічних вимог на складання визначають залежно від типу виробу.

Технічні вимоги є узагальненням умов та норм, яким повинні відповідати вироби та виробничий процес, і які повинні суворо виконуватись на виробництві. Мета цих вимог - отримати вироби високої якості, які мають певні властивості, параметри та характеристики.

Технічні вимоги задають в документації конструктори і технологи. Конструктори пред'являють у технічній документації конструкторські вимоги (КВ) на показання якості виробу та деякі технологічні вимоги до процесу складання, на методи та засоби здійснення конструкторських вимог та контролю якості складальної одиниці, режими виконання окремих операцій. Конструктори дають технологічні вказівки до технології виготовлення та контролю виробів в окремих випадках, коли засоби виготовлення та контролю є суттєвими, гарантуючими необхідну якість виробу, наприклад спільна обробка деталей у вузлі; види та засоби зварювання та ін.

Останні технічні вимоги до складального процесу задають технологи у технічній документації. Технічні вимоги до складання у залежності від їх цільового призначення можуть бути геометричними, фізичними та кінематичними.

Геометричні технічні вимоги спрямовані на створення виробу визначеної форми та розмірів, сполучень і з'єднань необхідної якості. Їх пред'являють до конфігурації і габаритних розмірів виробу, взаємному положенню і приляганню один до одного його збірних елементів, посадкам і квалітетам деталей, що сполучаються.

При складанні забезпечують наступні геометричні технічні вимоги:

- зазори і натяг між поверхнями, що сполучаються, які задані величиною, формою, рівномірністю;
- складальні розміри (габаритні, установочні та ін.);
- мінімально можливі величини не совісності і биття;
- параметри шорсткості деяких поверхонь деталей, які обробляються при складанні, та ін.

Геометричні технічні вимоги визначаються складальними кресленнями, схемами та вказівками на кресленнях.

Фізичні технічні вимоги спрямовані на створення виробів з визначеними фізичними властивостями та параметрами.

При складанні забезпечують наступні геометричні технічні вимоги:

- визначену масу та розташування центру ваги виробу в заданій точці (центрівку);
- пружність та жорсткість елементів складальної одиниці;
- електропровідність елементів конструкції і конструкції в цілому.

Кінематичні технічні вимоги пред'являють до характеру взаємодії його рухливих ланок з нерухливими.

Технічні умови на агрегатне складання обумовлюють допустимі величини не перпендикулярності, не співвісності і непаралельності стикувальних елементів агрегату, овальності їх перерізу, погрішності в радіальному і кутовому розташуванні складальних отворів. Включають вимоги на припустиму величину западання і виступання поверхонь. Технічні умови на з'єднання передбачають забезпечення певних конструктивних параметрів відповідних з'єднань (клепаних, зварених, болтових).

Технічні умови також регламентують погрішності стапелю і погрішності ув'язки його елементів для базування.

На клепальні шви клепаних вузлів технічні умови передбачають:

- відхилення отвору, що допускається під заклепки від номіналу (не більш 0,1...0,2 мм);
- зазори між деталями, що складаються та поверхнями пристосувань, що сполучаються (не більше 0,1...0,2 мм);
- засоби контролю діаметрів отворів під заклепки, гнізд під заклепки, замикаючих гнізд заклепок та ін.;
- сліди, які припускаються від дії обладнання та інструменту на поверхні обшивки та на головках заклепок.

## **1.12. Складання-клепання вузлів агрегату**

### **Складання елементів подовжньої жорсткості**

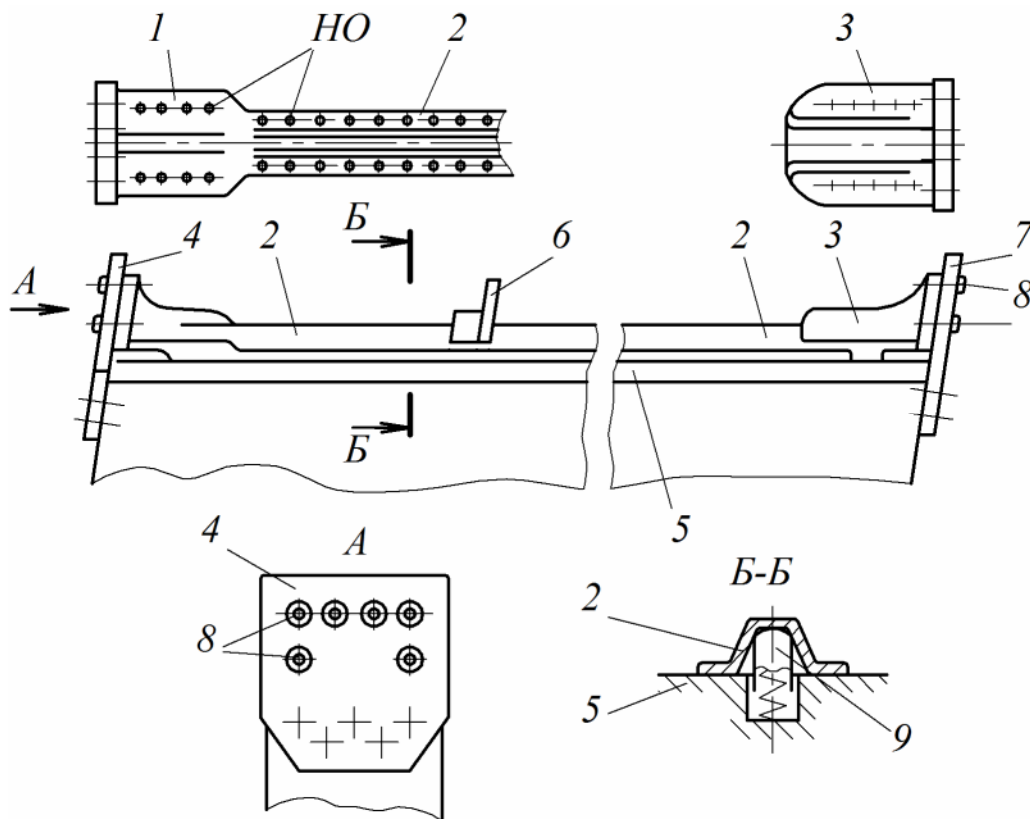
На ділянку складання постачаються профілі із закінцівками, фітинги, кронштейни. Профілі анодировані, на полицях просвердлені направляючі отвори. Відстань між направляючими отворами дорівнює шагу розміщення заклепок (болтів). На закінцівках та фітингах просвердлені стикувальні отвори (СО) та направляючі отвори (НО) (рис 1.32). Перед складанням деталі підлягають вхідному контролю: перевіряється їх стан (зовнішнім оглядом), комплектність, оформлення супровідної документації.

Профіль 2 з фітингом 3 встановлюється на плиту 5 пристрою (рис. 1.32) по базових упорах 4, 7 та фіксується притисками і фіксаторами.

Базові упори 4 та 7 пристрою забезпечують необхідний розмір елемента, що складається. Фіксатори вставляють у стикувальні отвори (СО) закінцівки та фітинга через отвори кондукторних втулок 8. Зазор між профілем та базовими поверхнями пристрою допускається лише місцевий та не більше 0,1 мм. Свердлять отвори по направляючим отворах (НО) фітинга сумісно з профілем. Далі робиться прихватка: не менш 2-х заклепок у рядку. Стикувальні отвори (СО) у полицях закінцівки та фітингу розсвердлюють по кондукторним втулкам 8, що встановлені у базових упорах 4 та 7. Кронштейни 6 (їх кількість залежить від



конструкції агрегату) встановлюються по проміжних базовим упорам, які закріплені на плиті 5 пристрою. Отвори під болти у закінцівках та фітингах підлягають обробленню розгортками.



**Рис. 1.32. Складання елементів подовжньою жорсткості:**  
 1 – закінцівка; 2 – профіль; 3 – фітинг; 4, 7 – базові упори пристрою;  
 5 – плита пристрою; 6 – кронштейн; 8 – кондукторні втулки;  
 9 – фіксатор профілю.

Складений елемент знімається з пристрою та підлягає технічному контролю якості складання. Клепка проводиться за допомогою пневматично-важільного пресу. Після завершального контролю вузол маркірується, замикаючі головки заклепок покриваються ґрунтом, оформляється супровідна документація.

### Складання панелей

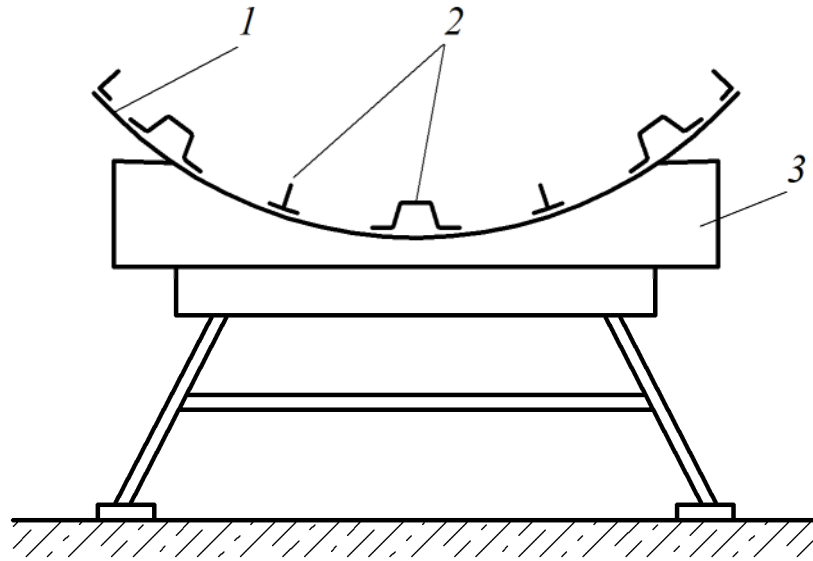
На ділянку складання панелей постачають зібрані елементи подовжньою жорсткості, профілі, відформовані листи обшивки, окантовки вирізів під люки. На профілях є направляючі отвори (НО), на обшивці звичайно розсвердлені (або пробиті) НО зі сторони підсічки. В обшивці можуть бути вирізи під люки.

Складання панелей може виконуватись на ложементх або у стапелях.

#### Складання панелей на ложементх

Складання виконується по стикувальним отворах (СО), що є на обшивці і на полицях елементів подовжньої жорсткості. Обшивка поміщається на ложементи внутрішньою поверхнею догори (рис. 1.33). Елементи жорсткості встановлюють на обшивці та фіксують по стикувальним отворах (СО). При відсутності стикувальних

отворів (СО) подовжні елементи жорсткості встановлюють за шаблоном, який є технологічним елементом поперечної жорсткості.



**Рис. 1.33. Складання панелі на ложементі:**  
1 – обшивка; 2 – силові елементи; 3 – ложементи

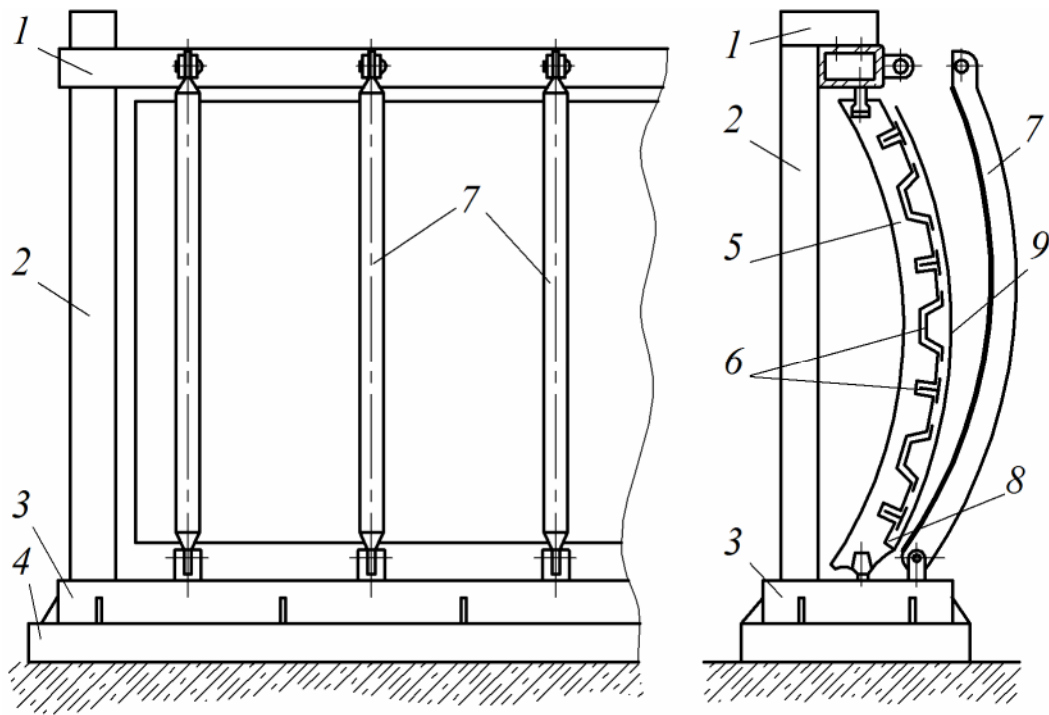
Після свердлення прихваточних отворів для прихватки по направляючим отворам (НО) виконується прихватка заклепками з кроком 150...200 мм з наступним контролем складання та зняттям фіксаторів. Далі свердлять останні отвори за допомогою ручної пневматичної дрилі.

Отвори в обшивці для окантовок люків та посилюючих накладок свердлять по шаблону (ШОК). Клепка виконується, як групова, наприклад, на гідравлічному-пресі типу КП-503М.

#### Складання панелей у стапелі

Складальний стапель (рис. 1.34) уявляє собою жорстку раму, яка складається з верхньої 1, нижньої 3 балок та двох колон 2, 4 яка встановлена на основі 5. На балках жорстко закріплені ложементи 6, їх кількість визначається розмірами панелі, що складається. У ложементах є прорізи 7 для установки подовжніх елементів жорсткості. Попарно біля кожного ложементу установлений рубильник 8, закріплений шарнірно на нижній балці. Базуючи поверхні стапелю є на ложементах – прорізи – для подовжніх елементів жорсткості та упори 9 – для обшивки.

Відкидають рубильники 8 та встановлюють профілі у прорізи ложементів 6. Далі встановлюють обшивку. Фіксація обшивки виконується або по стикувальним отворам (СО) у профілях, або по базовим упорам, які знаходяться у нижній частині ложементів. Фіксують складальні елементи завдяки закриттю та закріпленню рубильників. Далі виконується контроль якості складання. Свердлення отворів в обшивці виконують по направляючим отворам (НО) у профілях або по шаблону. Прихватка виконується заклепками або технологічними болтами - фіксаторами. Клепка може виконуватись на клепальному пресі (як групова) або на клепальному автоматі. Клепка вручну виконується безпосередньо на складальному стапелі.



**Рис. 1.34. Складання панелі у стапелі:**

- 1 – верхня балка; 2 – колона; 3 – нижня балка; 4 – основа;  
 5 – ложементи; 6 – прорізи у ложементах для профілів;  
 7 – рубильники; 8 – упор; 9 – обшивка

### **Складання елементів поперечної жорсткості**

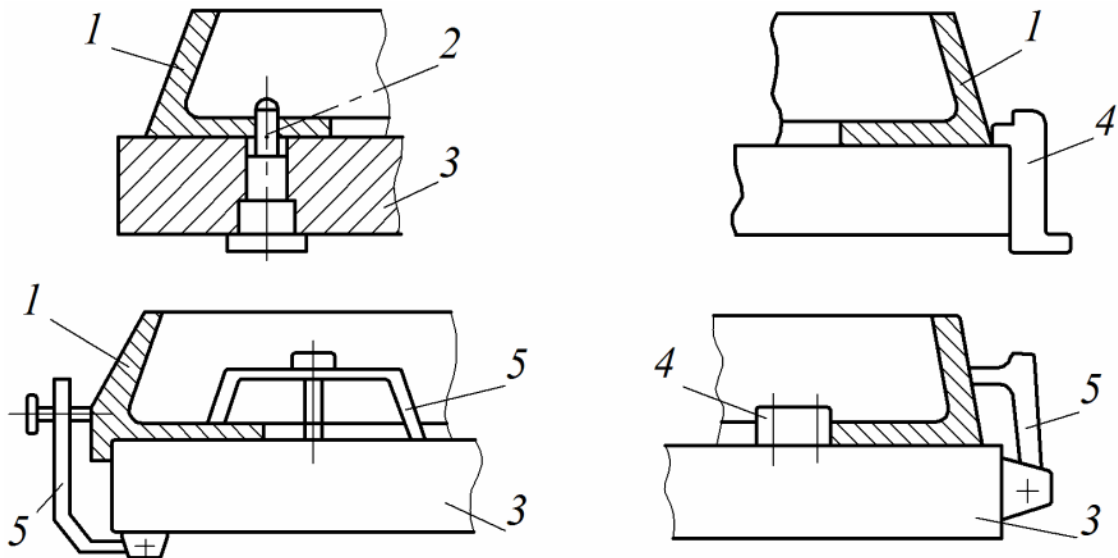
На ділянку складання поступають гнуті профілі-секції або кільце з одним стиком ті накладки для стикування (куточки). На полицях та стінках профілів можуть бути направляючі (НО) та стикувальні отвори (СО).

Складання виконують на плитах стикування (ПС) складального стапелю.

Сегменти профілів або кільця профілів встановлюють на плити для стикування (ПС) та закріплюють фіксаторами по направляючим (НО) і стикувальним отворах (СО) або притискають до упору струбцинами, якщо відсутні направляючі і стикувальні отвори (рис. 1.35).

Накладки для стикування встановлюють по направляючим отворах (НО) або стикувальним отворах (СО), або по відміткам на плиті для стикування (згідно до креслення). Закріплюють стикові елементи фіксаторами або затискувачами.

Якщо відсутні на стикових елементах НО (СО) їх свердлять перед установкою. Свердлення стикувальних отворів (СО) виконують по контуру, а направляючих отворів (НО) – за шаблоном. Направляючі (НО) розсвердлюють спільно у полицях силового елемента (профілю) та у стиковій полиці. Фіксація виконується технологічними болтами. Далі виконується демонтаж зі стапеля, контроль якості складальної одиниці, виконуються клепальні роботи поза стапелем. Отвори на полицях силових елементів під болти підлягають наступній обробці (зенкуванню, розгортанню).



**Рис. 1.35. Схема фіксації поперечних силових елементів на плиті для стикування (ПС):**

1 – силовий елемент; 2 – фіксатор; 3 – плита для стикування (ПС);  
4 – упор; 5 – затискач

### **1.13. Розробка технологічних процесів складання-клепання**

Для кваліфікованого рішення того чи іншого питання, пов'язаного з проектуванням або виробництвом клепаного елемента конструкції виробу, необхідно знати один або декілька варіантів технологічних процесів його виготовлення. Точність, взаємозамінності, надійність, склад обладнання та інших засобів виробництва, трудомісткість, продуктивність праці - все це визначається варіантом технологічного процесу.

При розробці технологічного процесу складання-клепання вузла, панелі або агрегату встановлюють:

- зміст та послідовність виконання технологічних операцій;
- вид та кількість збірних для складання, обладнання, інструменту, засобів контролю, необхідних для виконання перелічених технологічних операцій;
- норми часу на виконання операцій та переходів.

Вихідними даними для розробки технологічного процесу являються:

- креслення складальних одиниць.
- схеми розчленування виробу та його агрегатів;
- технічні умови на виготовлення вузлів, панелей, агрегатів;
- об'єм виробництва, річна програма випуску;
- загальні відомості про технічний рівень цеху, де буде виготовлятися вузол, панель, агрегат;
- наявність того чи іншого обладнання;

У процесі розробки технологічного процесу використовують директивні та керівні технологічні матеріали, виробничі інструкції, технічні умови на виконання окремих видів робіт, нормативи для розрахунку норм часу та витрати матеріалів.

Послідовність розробки технологічного процесу складання-клепання складається з наступних етапів:

- визначення загальної послідовності операцій складання даного вузла, агрегату;
- визначення способу та методів складання-клепання;
- визначення баз для складання та виду оснащення для кожного переходу всіх операцій складання;
- розробка технічних умов на постачання деталей та складальних одиниць по етапам складання;
- визначення необхідного обладнання, інструменту для кожного переходу операцій складання;
- встановлення по нормативам норм часу та розряду робіт на кожну операцію складання;
- розробка схеми та вимог до конструкції складального пристрою;
- проектування складальних пристроїв;
- оформлення технологічного процесу, як документу.

### **Питання до розділу 1**

1. Наведіть основні операції процесу клепки.
2. Назвіть основні схеми клепання.
3. Які існують види заклепувальних з'єднань?
4. Які існують позначення та типи заклепок?
5. Наведіть методи утворення отворів під заклепки і гнізд під головки потайних заклепок.
6. Поясніть способи розташування заклепок у клепаних з'єднаннях елементів конструкцій?
7. Охарактеризуйте види і способи клепки, обладнання для клепання.
8. Які особливості ударного клепання?
9. Де застосовуються спеціальні способи клепання?
10. Поясніть особливості пресового клепання.
11. В чому особливості клепки розкочуванням (орбітальної клепки)?
12. Як виконується герметизація клепаних з'єднань?
13. Назвіть технічні вимоги до клепаних з'єднань.
14. Який об'єм технологічних процесів складання-клепанням елементів конструкцій в виробництві виробів ракетно-космічної техніки?
15. Як забезпечується точність складальних робіт при виготовленні клепаних елементів конструкцій?
16. Наведіть типові деталі і вузли клепаних відсіків.
17. Охарактеризуйте сучасні методи складання клепаних елементів конструкцій?
18. У яких випадках використовується складання за складальними отворами?
19. У яких випадках використовується складання із застосуванням складальних пристосувань?

20. У яких випадках використовується складання з базуванням по координатній-фіксуєчим отворам?

21. У яких випадках використовується складання з базуванням по отворах під стикувальні болти?

22. У яких випадках використовується складання з базуванням від поверхні силового каркасу?

23. У яких випадках використовується складання з базуванням по зовнішній поверхні обшивки?

24. Сформулюйте технічні умови на агрегатне складання.

25. Наведіть особливості складання елементів подовжньої жорсткості.

26. Наведіть особливості складання панелей.

27. Наведіть особливості складання елементів поперечної жорсткості

28. Які етапи розробка технологічних процесів складання-клепання?

## **2. ВИГОТОВЛЕННЯ ВІДСІКІВ КЛЕПАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ**

### **2.1. Загальна схема технологічного процесу виготовлення клепаних відсіків**

До відсіків клепаної конструкції відносяться приладові і хвостові відсіки, перехідники та обтічники. В порівнянні з зварними відсіками сухі відсіки клепаної конструкції негерметичні, мають більшу трудомісткість виготовлення, клепані з'єднання мають більшу вагу. Проте, не дивлячись на вищенаведені недоліки, відсік клепаної конструкції в цілому значно легше зварного при однакових габаритах і несучий здатності В якості матеріалів для виготовлення клепаних відсіків використовують дюралюмінієві сплави Д16М, Д16Т, Д19АТ, які в порівнянні зі сплавами групи АМг мають вищі фізико-механічні властивості, хоча і не з'єднуються зварюванням.

Технологічний процес клепання, склад операцій і їх порядок багато в чому визначаються вимогами, наданими до конструкції, методами складання та інше. До основних операцій, які є в кожному технологічному процесі клепання, відносяться: встановлення деталей в положення для складання та їх фіксація, утворення отворів під заклепки, встановлення заклепок, клепання і контроль якості з'єднання та визначення геометричних і вагових параметрів,

Існує три схеми побудови технологи з'єднування деталей клепанням і відповідно розробки технологічних процесів.

За першою схемою в кожній з деталей, що з'єднуються клепанням, за допомогою кондукторів свердлять отвори під заклепки. Деталі з'єднуються за цими отворами клепанням. Ця схема придатна для клепання дуже простих з'єднань з невеликою кількістю заклепкових швів.

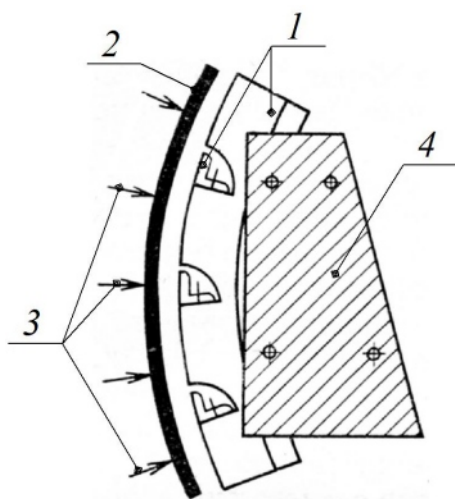
За другою схемою свердлення отворів під заклепки виконується тільки в базових деталях. Усі деталі складаються з базовими за допомогою пристосувань або в стапелі. Крізь базові отвори свердлять отвори в інших деталях пакета. Деталі з'єднуються клепанням. Ця схема гарантує високу точність складання і

клепання, проте дуже завантажує технологічне обладнання, оскільки стапель чи пристосування задіяні повністю до закінчення складання одного виробу.

Третя схема оптимізує другу. За нею в базових деталях у місцях встановлення заклепок виконується свердлення направляючих отворів зменшеного діаметра. Деталі складаються з базовими за допомогою технологічних пристосувань або в стапелі. Крізь направляють отвори деталі з певним кроком з'єднуються технологічними болтами і збірка демонтується з пристосування чи стапеля. Подальше складання вузла виконується на спеціальній підставці шляхом розсвердлювання направляючих отворів, встановлення і клепання заклепок, на кінцевому етапі - заміни технологічних болтів на штатні заклепки. Така схема дає можливість зменшити час використання складальних пристосувань, вилучити стружку між деталями теля свердлення шляхом послаблення технологічних болтів (перед клепанням болти знову затягуються), а також спростити процес герметизації заклепкових швів.

У залежності від схеми складання відсіку для клепання розрізняють методи складання з базою від каркаса (рис. 2.1.) і з базою від обшивки(рис. 2.2).

Суть методу складання з базою від каркаса (див. рис. 2.1.) в тому, що попередньо в складальному пристосуванні по базах, які воно має, складається каркас, деталі якого тимчасово скріплюються різними фіксаторами, контролюються з'єднуються клепанням. Далі на готовий каркас встановлюється і клепається обшивка. При цьому методі точність обводів відсіку визначається точністю виготовлення каркаса. Для компенсації похибок обводів каркаса можуть застосовуватись методи підгонки і компенсаційні прокладки між силовим набором і обшивкою.



**Рис. 2.1. Метод складання з базою від каркаса:**

1 – елемент каркаса; 2 – обшивка;  
3 – притискачі; 4 – пристосування-стапель

При складанні з базою від обшивки (див. рис. 2.2) спочатку в пристосування типу ложемент встановлюється обшивка і тимчасово закріплюється. Далі встановлюються деталі силового набору. Обшивка і деталі каркаса попередньо скріплюються, контролюються і клепаються. Точність зовнішніх обводів визначається точністю виготовлення базових поверхонь пристосування.

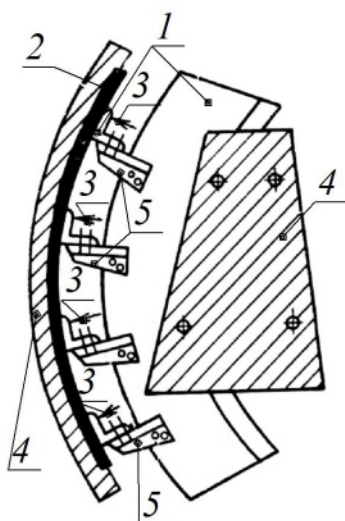
У випадку, коли відсік повинен бути герметичним, його складання і клепання здійснюється аналогічно негерметичному відсіку, але з використанням

герметику, який можуть наносити між деталями, або зовні на заклепкові шви, або комбінацією попередніх способів. Після клепа́ння деталей герметик полімеризують нагріванням за допомогою інфрачервоного випромінювання, гарячого повітря, сухої пари або підвищення температури в сушильній камері в залежності від його складу.

У процесі виготовлення клепа́них конструкцій контролюються такі параметри: якість поверхонь і розміри отворів для заклепок, форма і розміри закладних і замикаючих головок заклепок, щільність притискування з'єднаних деталей, деформація металу в зоні замикаючих головок і герметичність з'єднання деталей для герметичних конструкцій.

Конструктивно клепа́ний сухий відсік має два торцевих шпангоути, обшивку, стрингери, проміжні шпангоути, балки, кронштейни, фітинги та інші дрібні деталі. Сухі відсіки можуть бути циліндричної і конічної форм.

Аеродинамічний обтічник відрізняється від інших клепа́них відсіків тим, що він має циліндрично-конічну конструкцію, складену, як правило, з кількох відсіків, яка повинна впродовж поздовжньої осі розділятися на дві половинки для скидання обтічника в кінці атмосферної ділянки польоту.



**Рис. 2.2. Метод складання з базою від обшивки:**

- 1 – елемент каркаса; 2 – обшивка;  
3 – притискачі; 4 – пристосування-стапель;  
5 – компенсуючий елемент

До виготовлення клепа́них конструкції пред'являються таю технічні вимоги та вимоги техніки безпеки:

- під час виготовлення відсіку необхідно керуватись галузевими стандартами, кресленням і технологічним процесом;
- торцеві шпангоути закріплюються до плит стапеля болтами крізь усі стикувальні отвори;
- відхилення від перпендикулярності осі відсіку до площин торцевих шпангоутів не більше 2 мм на діаметр;
- відхилення дійсного контуру від теоретичного не більше 2 мм окрім місць торцевих шпангоутів, де воно повинно бути не більше 1,5 мм;
- неплоскостність торцевих шпангоутів не більше 1,5 мм;
- кут розвороту між однойменними площинами стабілізації торцевих шпангоутів не більше 3°;
- товщина теплозахисного покриття на зовнішній поверхні відсіку не



більше 3 мм. Торці ТЗП повинні бути двічі заґрунтовані;

- поверхні відсіків після ґрунтування фарбуються емаллю;
- свердлення отворів і перевірка їх розташування здійснюється за допомогою кондукторів, шаблонів або контрольних пристосувань;

- деталі кріплення повинні бути чистими, без корозії, сколів та інших пошкоджень;

- реперні точки наносяться керном глибиною 0,3 мм на відстані 35 мм від торцевих шпангоутів з відхиленням від нормального положення не більше 0,1 мм. Реперна точка позначається колом діаметром 20 мм з шириною кола 5 мм емаллю;

- на зовнішню поверхню відсіку на відстані 40 мм від торцевих шпангоутів маркуються номери площин стабілізації емаллю;

- роботу можуть виконувати працівники, які мають посвідчення з правом роботи на обладнанні для клепання і високу кваліфікацію;

- під час праці використовуються такі засоби індивідуального захисту: навушники або вушні заглушки від шуму; рукавиці з одним або двома пальцями; спеціальний одяг, взуття, головний убір та захисні окуляри;

- перед початком роботи перевіряються налагодженість клепального преса, пристосувань та інструменту, чистота робочого місця, порядок розташування інструменту на монтажному столі згідно з послідовністю операцій технологічного процесу. Роботи виконуються тільки справним інструментом;

- клепальним пресом повинен керувати тільки один працівник і слідкувати за положенням рук, щоб вони не потрапили між бійками;

- пневматичні молотки, пневматичні дрилі, підтримки та інші віброінструменти повинні бути обладнані вібраційним захистом, а місця, де до них торкаються руки, повинні мати ще теплоізолюючий матеріал. Пневматичні молотки не повинні викидати бійки-обжимки або болти. Клепання пневматичним молотком повинно здійснюватись двома працівниками, з яких один з молотком, а другий з підтримкою, яка формує замикаючу головку заклепки;

- перед та під час транспортування або кантування відсіків перевіряється налагодженість монтажних пристосувань та їх надійне кріплення до відсіку, наявність на пристосуваннях бірок з позначкою останнього їх випробування;

- при роботі з рідинами, які легко спалахують, використовуються переносні лампи з захисними пристосуваннями, а також виконуються правила роботи з такими рідинами;

- очищення, змащування та налагодження механізмів свердлильного та клепального обладнання необхідно здійснювати після їх вимикання від електроструму та повній зупинці;

- вилучення стружки після свердлення з відсіку, деталей та одягу виконується тільки пілососом, здування стислим повітрям забороняється;

- перед кожним включенням пневматичного та електричного інструменту перевіряється безпека його включення;

- при свердленні отворів руки не повинні знаходитись біля свердла при його виході та вході. Підтримка конструкції на виході свердла здійснюється дерев'яним упором.

## 2.2. Виготовлення клепаних відсіків

### 2.2.1. Виготовлення клепаного відсіку панельно-стрингерної конструкції

Панельно-стрингерну конструкцію мають тільки циліндричні клепані відсіки. Панельована конструкція клепаного відсіку більш технологічна і краща за непанельовану, оскільки дозволяє скоротити цикл складання відсіку за рахунок паралельного складання панелей, забезпечити більш якісний контроль з'єднань і широку автоматизацію і механізацію операцій, застосовувати високопродуктивне обладнання і методи складання. Для великих корпусів панельовані конструкції є практично єдиним можливим варіантом виготовлення. В загальному випадку панель - це незамкнена частина силової конструкції оболонки корпусу, яка зазвичай складається з обшивки, підкріпленої елементами силового набору.

Панелі клепаних відсіків виготовляються найчастіше методом складання-клепання з базою від обшивки, мають у собі обшивку, поздовжні силові елементи - стрингери і сегменти проміжних шпангоутів.

Основні операції технологічного процесу виготовлення клепаних відсіків панельно - стрингерної конструкції.

1. Підготування стапеля до складання відсіку та вхідний контроль всіх деталей.
2. Встановлення нижнього і верхнього шпангоутів на нижнє і верхнє кільця стапеля та їх закріплення.
3. Встановлення панелей у стапелі та їх попереднє закріплення штирями і бандажами.
4. Встановлення кронштейнів для приладів, кабелів, трубопроводів і їх клепання до стрингерів.
5. Встановлення підкосів, кутиків та наладок.
6. Встановлення і клепання проміжних шпангоутів.
7. Попереднє клепання торцевих шпангоутів з стрингерами, фітингами та обшивкою. Попереднє клепання панелей одна до однієї.
8. Встановлення і клепання окантовок для люків. Свердлення отворів і клепання анкерних гайок на окантовці.
9. Нанесення реперних знаків і площин стабілізації на боковій відсіку.
10. Демонтаж відсіку з стапеля.
11. Позастапельне складання-клепання відсіків заклепкових швів і з'єднань.
12. Клепання зовнішніх коробок.
13. Свердлення стикувальних отворів в торцевих шпангоутах і вилучення стружки.
14. Механічна обробка відсіку.
15. Нанесення ТЗП і фарбування відсіку. На хвостові відсіки ТЗП не наноситься.
16. Визначення ваги та вимірювання вихідних геометричних параметрів.

Заготовки листового металу сегментів обшивки складаються в пакет і фрезеруються на програмному верстаті за розмірами зовнішнього контуру.

Вирізаються вікна люків. У контурах люків штамнуються підсічки для встановлення кришок, підсічки також штамнуються на одній боковій кромці обшивки для з'єднання їх одна з одною.

В обшивках за допомогою кондуктора свердлять технологічні отвори для попереднього їх кріплення зі стрингерами і на бокових кромках - отвори для з'єднання обшивок.

У спеціальних пристосуваннях складають стрингери з фітингами і клепають пневматичними скобами. В стрингерах згідно з кресленням свердлять направляючі отвори (НО), на 0,1 мм менше встановленого діаметра для з'єднання з обшивкою, накладками і фітингами, а в фітингах - для кріплення з торцевим шпангоутом. Пристосування забезпечує поздовжній розмір та співвісність стрингера з фітингами.

Заготовки торцевих і проміжних шпангоутів відрізаються в кінцевий розмір і згинаються до необхідного діаметра. Кінцеві частини торцевих шпангоутів з'єднуються клепаанням за допомогою накладок. Ці шпангоути розжимаються до необхідного діаметра і в них свердлять стикувальні отвори та отвори для направляючих штирів. Свердлення відбувається за допомогою кондукторів.

У сегментах проміжних шпангоутів фрезеруються профільні пази для проходження крізь них стрингерів. До стрингерів клепаються накладки, на яку будуть встановлюватись проміжні шпангоути.

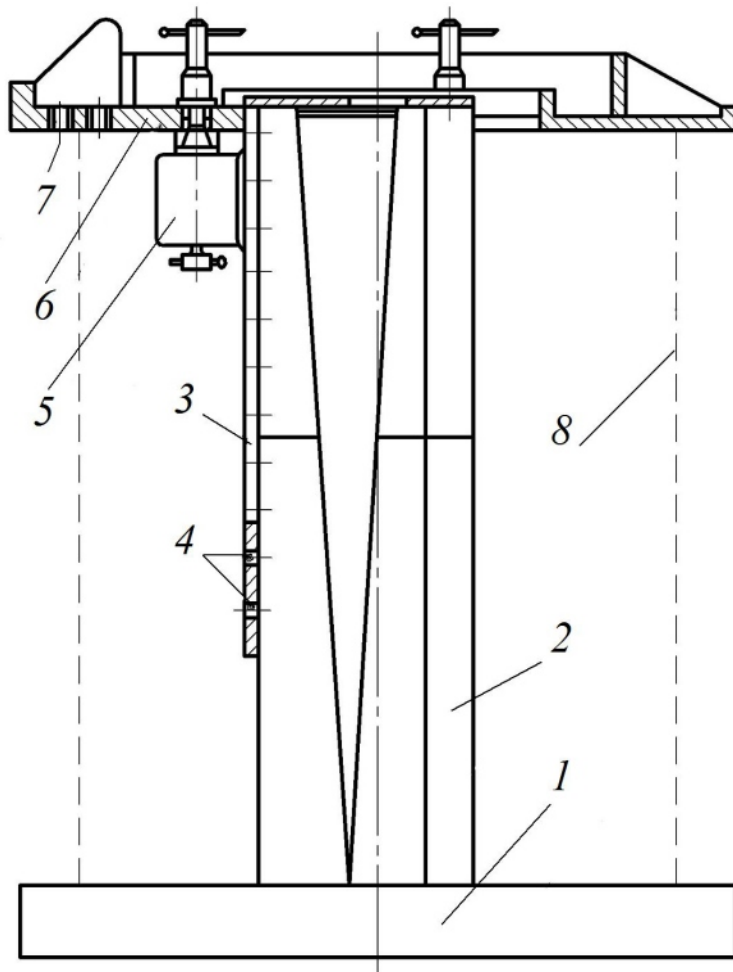
До сегментів обшивки, які розташовуються на радіусних технологічними болтами приєднуються стрингери і сегменти технологічних шпангоутів, які емітують торцеві шпангоути.

На свердлильному верстаті крізь направляючі отвори у стрингерах свердлять отвори в пакеті стрингер-обшивка та заклепки. Клепаання обшивки з стрингерами в панелі здійснюється груповим клепаанням в спеціальних пресах або пневматичними молотками чи ручними пресами в спеціальних пристосуваннях.

Відсік складається на вертикальному стапелі (рис. 2.3). До верхнього і нижнього кілець стапеля крізь стикувальні отвори закріплюються торцеві шпангоути. Сегменти обшивки з стрингерами з'єднуються з торцевими шпангоутами опусканням верхнього кільця стапеля. Сегменти обшивки клепаються один до одного двома рядами болт-заклепками.

До стрингерів клепаються проміжні шпангоути. Фітинги до торцевих шпангоутів клепаються потайними заклепками. Всі технологічні болти замінюються на заклепки. Відсік вичищається і фарбується.

При складанні відсіку верхня рухома плита регулюванням забезпечує лінійний розмір відсіку допустимий кут закручування однойменних площин стабілізації торцевих шпангоутів. Точність положення плит визначає розташування торцевих шпангоутів відносно осі відсіку та один до одного. Колона стенда виставляється вертикально з точністю 2' закріплюється у фундаменті. Нижня плита виставляється у горизонтальне положення з точністю 3' також закріплюється у фундаменті. У обох плитах мають отвори для кріплення торцевих шпангоутів різних діаметрів. У середині стапеля і зовні для працівників розташовуються майданчики, висота яких регулюється в залежності від довжини відсіку і зросту працівника.



**Рис. 2.3. Стапель з центральною колоною для складання-клепанання циліндричних відсіків:**

- 1 – основа стапеля з нижньою плитою;  
 2 – центральна колона; 3 – планка встановлювальна;  
 4 – установлювальні отвори в плитах;  
 5 – домкрат; 6 – плита верхня, переналагоджувана за висотою;  
 7 – установлювальні отвори в плитах;  
 8 – контур циліндричного відсіку, що складається-клепається

### 2.2.2. Виготовлення клепаного відсіку непанельованої конструкції

Виготовлення клепаных відсіків непанельованої конструкції виконується методом складання з базою від каркаса. Непанельовану конструкцію найчастіше мають конічні клепані відсіки, аеродинамічні обтічники, а іноді й невеликі циліндричні відсіки. При складанні непанельованих відсіків до складання надходять тільки деталі і частково зібрані вузли: обшивки, стрингери, шпангоути, різноманітні з'єднувальні і встановлювальні деталі. Практично увесь об'єм монтажних робіт у цьому випадку виконується при складанні болонки відсіку.

До основних операцій виготовлення клепаного відсіку непанельованої конструкції належать такі:

1. Підготування стапеля до складання відсіку та вихідний контроль усіх деталей.
2. Встановлення торцевих шпангоутів на нижню і верхню плити стапеля та їх закріплення.
3. Встановлення стрингерів і їх попереднє закріплення до торцевих шпангоутів.
4. Встановлення сегментів обшивки і їх попереднє закріплення до стрингерів та одного до одного.
5. Встановлення проміжних шпангоутів та їх закріплення до стрингерів клепанням.

6. Свердлення отворів через направляючі отвори у стрингерах і клепаання стрингерів з обшивкою (сегментів обшивок).

7. Установлення і клепаання до стрингерів кронштейнів, держателів для кабелів, трубопроводів та приладів.

8. Встановлення і клепаання окантовок для люків. Свердлення отворів і клепаання анкерних гайок до окантовок люків.

9. Нанесення реперних точок.

10. Свердлення стикувальних отворів і отворів для направляючих штирів в торцевих шпангоутах.

11. Встановлення і клепаання фітингів, накладок, підкосів, кутиків.

12. Клепаання торцевих шпангоутів з стрингерами, фітингами та обшивкою. Демонтаж відсіку з стапеля.

13. Механічна обробка відсіку.

14. Грунтування і фарбування відсіку.

15. Нанесення теплозахисного покриття на зовнішню поверхню відсіку. ТЗП на хвостові відсіки не наноситься.

16. Для хвостового відсіку встановлення і клепаання обтічників для кермових двигунів та жолоба для трубопроводів і кабелів.

17. Визначення ваги відсіку та вимірювання його геометричних параметрів.

Стапельне складання відсіків непанельованої конструкції значно складніше, й іноді виконується на декількох стапелях. Можливі дві схеми стапельного складання. В першому випадку в стапелі встановлюються і базуються всі основні корпусні деталі (обшивки, силовий набір, різні установочні деталі тощо) і далі виконується їх з'єднання (див. наведену технологію). За другою схемою, яка застосовується дуже рідко, складання відсіку виконується поступовим складанням ряду деталей.

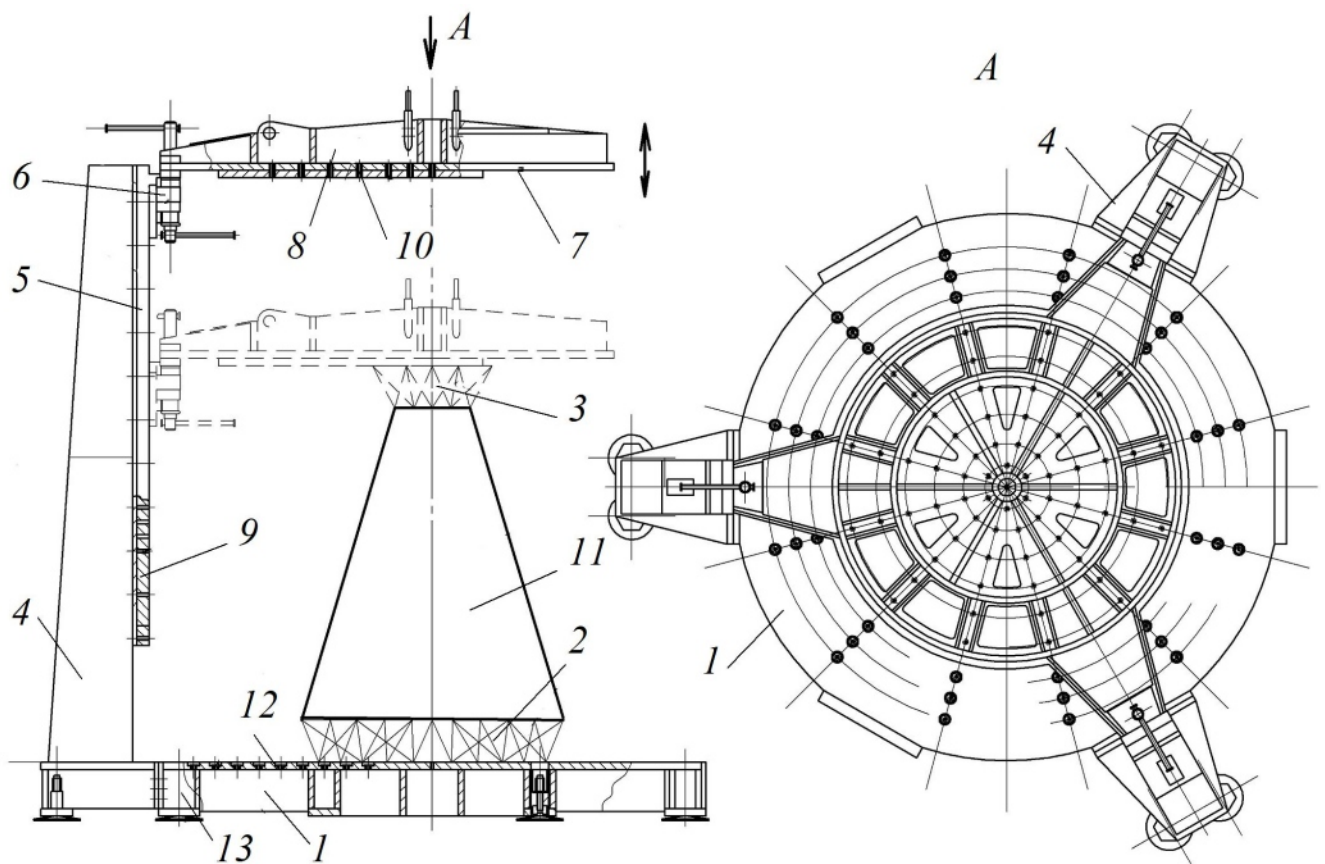
Сегменти обшивок і деталі виготовляються як і для панельованих відсіків за розглянутими вище способами, проте в панелі не з'єднуються.

Відсік складається на вертикальному стапелі (рис 2.4). Відбувається свердлення отворів в обшивці крізь направляючі отвори стрингерів їх клепаання.

Принцип роботи стапельів з зовнішніми колонами і вимоги точності просторового положення його встановлювальних елементів аналогічний роботі і вимогам стапельів з центральною колоною, проте у випадку зовнішніх колон вільним зберігається внутрішній об'єм виробу, що особливо важливо при виготовленні невеликих або конічних відсіків.

Сегменти обшивки один до одного, а також з'єднання у важкодоступних місцях клепаються пневматичними пістолетами болт-заклепками.

Пневматичний пістолет захвачує заклепку за її віддривну частину і передає зусилля на шайбу та деталі, стягуючи їх. Метал шайби затікає у кільцеві канавки заклепки. Після утворення з'єднання болт-заклепка розривається (зламується) у місці стоншення. Такий спосіб дає можливість з'єднувати деталі у важкодоступних місцях з одностороннім підходом.



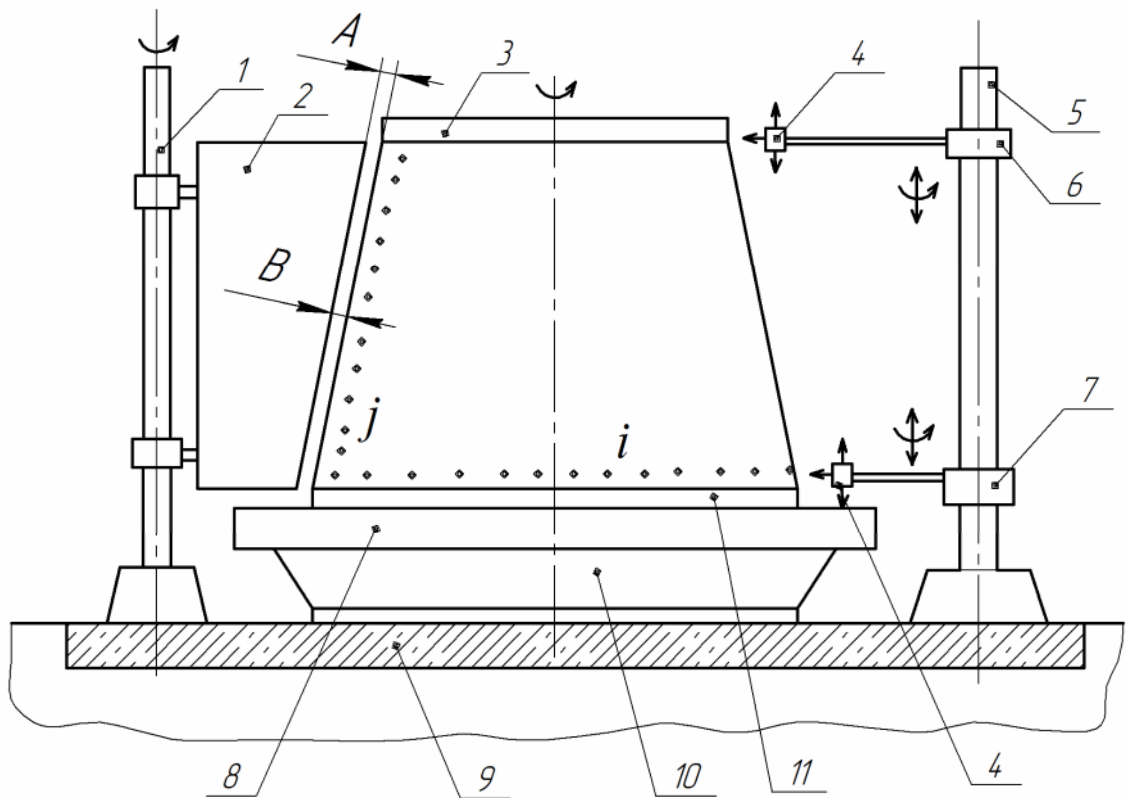
**Рис. 2.4. Стапель із зовнішніми колонами для складання-клепання конічних відсіків:**  
 1 – основа стапеля з нижньою плитою; 2 – корзина нижня; 3 – корзина верхня; 4 – колона;  
 5 – планка встановлювальна; 6 – домкрат; 7 – знімне кільце; 8 – плита верхня,  
 переналагоджувана за висотою; 9 – установлювальні отвори в планці;  
 10, 12 – установлювальні отвори в плитах; 11 – конічний відсік, що складається-клепається;  
 13 – опори з можливістю виставлення основи стапеля в горизонтальній площині

### 2.2.3. Вимірювання геометричних параметрів клепанних відсіків

Вимірювання геометричних параметрів відсіку здійснюється на стенді, схема якого зображена на рис 2.5.

Вимірювальний стенд, як і складальний стапель, монтується на масивному фундаменті. Сійки шаблона та індикаторів виставляються вертикально з точністю 2'. Нижнє поворотне кільце виставляється у горизонтальному положенні з точністю 3'.

На поворотне кільце стенда встановлюється і закріплюється нижнє контрольне кільце. На це кільце встановлюється відсік і закріплюється до нього болтами по всіх стикувальних отворах. Попередньо виставляються однойменні площини стабілізації контрольного кільця та вузла відносно стенда. На верхній торець відсіку встановлюється верхнє контрольне кільце і закріплюється до нього болтами по всіх стикувальних отворах. Закріплення контрольних кілець до торцевих шпангоутів здійснюється таким чином, щоб забезпечити їх повне притискання без зазорів.



**Рис. 2.5. Схема станда вимірювання геометричних параметрів відсіку:**

- 1 – стійка шаблону; 2 – шаблон; 3 – верхнє контрольне кільце; 4 – індикаторні головки;  
 5 – стійка індикаторів; 6 – верхня каретка; 7 – нижня каретка; 8 – рухоме поворотне кільце  
 станда; 9 – фундамент станда; 10 – станина станда; 11 – нижнє контрольне кільце

Орієнтація однойменних площин стабілізації виконується за допомогою направляючих штирів станда, які вставляються у направляючі отвори торцевих шпангоутів. Відсік по нижньому контрольному кільцю за допомогою індикаторів виставляється в вісь станда з точністю до 0,3 мм.

Непаралельність торцевих шпангоутів визначається індикатором по верхній площині верхнього контрольного кільця при прокручуванні відсіку на 360°. Фіксуються максимальні і мінімальні показники індикатора. Допуск непаралельності – до 1 мм.

Співвісність торцевих шпангоутів визначається індикаторами по бокових поверхнях контрольних кілець, відхилення від співвісності не більше 1 мм. Неперпендикулярність площин торцевих шпангоутів до осі відсіку визначається індикатором по верхній площині верхнього контрольного кільця та поверхні рухомого кільця станда при повному обертанні відсіку навколо осі і розраховується на підставі різниць максимальних і мінімальних показників індикаторів. Відхилення від перпендикулярності не повинно перевищувати 2 мм на діаметр.

Неплосцинність торцевих шпангоутів вимірюється щупами, які протискаються між поверхнями шпангоутів і контрольних кілець, і повинна бути не більше 1,5 мм.

Відхилення дійсного контуру від теоретичного визначається шаблонами станда. Шаблон для конічних відсіків має форму, зображену на рис. 2.6, для циліндричних відсіків шаблони мають прямокутну форму. Шаблон повертається до відсіку, відсік обертається на 360°. Теоретичний зазор А порівнюється з

дійсним зазором В, який вимірюється за допомогою клинового щупа в точках з кільцевим кроком і та лінійним кроком j.

Довжина відсіку встановлюється за масштабними рисками шаблона.

Обертання відсіку виконується тільки в присутності керівника вимірювання. Вимірювальні пристосування та прилади перед вимірюванням повинні бути перевірені на точність вимірювання та відсутність механічних пошкоджень. До робіт допускаються тільки робітники, які мають право на їх виконання.

Процес вимірювання геометричних параметрів Відсіків, окрім встановлення дійсної геометрії виробів, має ще одну важливу мету - статистично визначати необхідність ремонту або налагоджування складальних стапелів і пристосувань. Тобто, коли в процесі обміру геометричних параметрів відсіків якийсь з параметрів поступово, від одного відсіку до іншого, починає наближатись до межі поля допуску, то необхідно, не чекаючи появи браку, переналагодити або відремонтувати складальне обладнання.

### **2.3. Виготовлення аеродинамічного обтічника**

Аеродинамічний обтічник (АДО) призначається для захисту корисного навантаження ракетносія від механічних пошкоджень, аеродинамічного теплового впливів на етапі проходження щільних шарів атмосфери, а також забезпечення необхідних режимів температури і вологості в процесі польоту.

Конструктивно корпус обтічника являє собою циліндрично-конічну конструкцію, яка розділена вздовж осі на дві симетричні частини - стулки. До конструкції також входять системи розділення, розвороту і скидання стулок. На горі обтічника знаходиться монолітний аеродинамічний наконечник з композиційного матеріалу.

До конструкції АДО надаються жорсткі вимоги щодо стійкості і стабільності зовнішньої обшивки, стабільності необхідних зазорів між корисним навантаженням і внутрішньою поверхнею обтічника. Корпус в польоті повинен витримувати аеродинамічні та осьові стискаючі навантаження; згинальні моменти, перерізуючі сили, локальні навантаження у місцях з'єднання з носієм та у механізмах розвороту і скидання стулок.

Корпуси АДО можуть виготовлятися з алюмінієвих сплавів методами клепання або зварювання, а також з композиційних матеріалів.

#### **2.3.1. Виготовлення АДО клепаної конструкції**

Технологія виготовлення металевих обтічників клепаної конструкції схожа на технологією виготовлення непанельованих циліндричних і конічних відсіків.

Різниця у тому, що торцеві шпангоути циліндричних і конічних відсіків АДО складаються з двох симетричних половинок, які встановлюються на стапель перед складанням відсіків. Окрім силового набору при складанні каркаса в місцях розділення відсіків встановлюються спеціальні поздовжні балки, на яких розташовано замки з'єднання стулок і механізми розділення. Крім того, силовий каркас нижнього відсіку АДО включає в себе механізми розділення з ракетою-носієм, розвороту і скидання стулок.

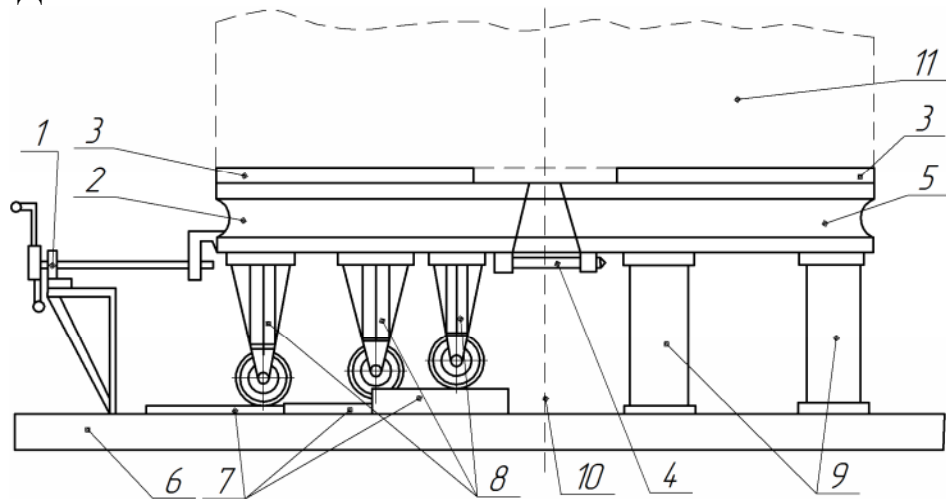


Внутрішні поверхні складених обичайок відсіків знежирюються, покриваються шаром герметику та фарбуються спеціальною емаллю. На зовнішню поверхню наноситься теплозахисне покриття. Внутрішня поверхня відсіку закривається теплошумоізоляцією. Кожна обичайка перевіряється на розкриття на спеціальному стенді (рис. 2.6).

Стенд перевірки розкриття стулок корпусу АДО має рухому і нерухому частини. Відсіки встановлюються на платформу стенда і закріплюються до неї. Роз'єднується зв'язок частин стенда.

На обойми замків відсіків АДО встановлюється спеціальне технологічне пристосування, яке імітує штатне спрацювання замків стулок. Розкриття замків виконується по черзі - спочатку в другій, а потім в четвертій площинах стабілізації.

Корпус розводиться механізмом руху стенда на дві частини. Потім в протилежному порядку – частини зводяться; замки в стику замикаються і зачековуються. Циліндричні та конічні відсіки надходять до загального складання АДО.



**Рис. 2.6. Схема стенда перевірки розкриття стулок корпусу АДО:**

1 – механізм руху; 2 – силова платформа рухомої частини стенда; 3 – стикувальні місця встановлення корпусу; 4 – механізм з'єднання рухомої і нерухомої частин стенда; 5 – силова платформа нерухомої частини стенда; 6 – станина стенда; 7 – направляючі рухомих опор; 8 – рухомі опори; 9 – нерухомі опори; 10 – площина розділення; 11 – відсік корпусу АДО

Стенд перевірки розкриття стулок корпусу АДО має рухому і нерухому частини. Відсіки встановлюються на платформу стенда і закріплюються до неї. Роз'єднується зв'язок частин стенда.

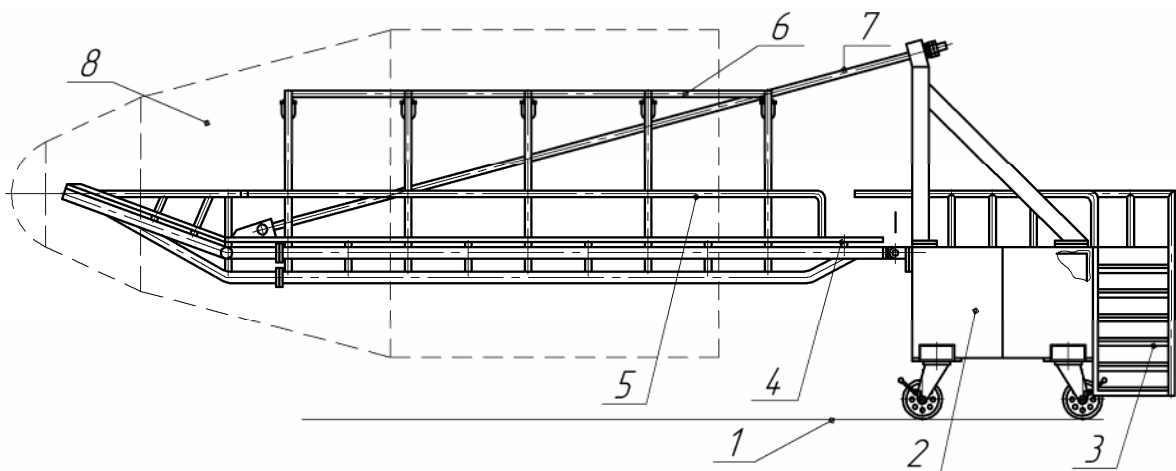
На обойми замків відсіків АДО встановлюється спеціальне технологічне пристосування, яке імітує штатне спрацювання замків стулок. Розкриття замків виконується по черзі - спочатку в другій, а потім в четвертій площинах стабілізації.

Корпус розводиться механізмом руху стенда на дві частини. Потім в протилежному порядку – частини зводяться; замки в стику замикаються і зачековуються. Циліндричні та конічні відсіки надходять до загального складання АДО.

### 2.3.2. Загальне складання АДО, випробовування і заключні роботи

Загальне складання обтічника виконується на спеціальному стапелі (рис. 2.7) і включає такі операції:

1. Складання корпусу обтічника з відсіків.
2. Монтаж пневмосистеми і систем термостатування.
3. Контроль геометричних параметрів корпусу.
4. Стикування до корпусу аеродинамічного наконечника.
5. Стикування до корпусу технологічного корсета.
6. Встановлення замкових механізмів системи розділення стулок.
7. Встановлення на задньому торці механізмів розділення АДО з носієм, повороту і скидання стулок.
8. Монтаж вузлів, кабелів, датчиків, елементів автоматики у корпусі.
9. Встановлення теплошумоізоляції.
10. Контроль розкриття стулок обтічника.
11. Контроль стикування АДО з носієм.
12. Контроль герметичності АДО на спеціальному стенді.
13. Перевірка працездатності пневматичних систем обтічника.
14. Випробовування кабельної мережі, електричних систем, елементів автоматики.
15. Очищення обтічника і контроль чистоти.
16. Розбирання обтічника на дві стулки та їх упакування в герметичні чохла.



**Рис. 2.8. Стапель для загального складання АДО (монтажні візки під відсіками АДО не показані):**

1 – рейки; 2 – масивна станина стапеля; 3 – драбина; 4 – монтажний місток для робітників (апарель); 5, 6, 7 – елементи каркаса стапеля; 8 – контур корпусу аеродинамічного обтічника

Контроль збирання корпусу виконується вимірювальними пристосуваннями на всіх етапах вузлового та загального складання АДО.

Чистота внутрішнього об'єму АДО забезпечується встановленням в кінці всіх робіт фольги на його внутрішню поверхню, а також забезпеченням рівня чистоти на ділянках складання обтічника і термовакuumною обробкою всіх його вузлів і деталей з композиційних матеріалів.

## **2.4. Експериментальне відпрацювання конструкцій і випробовування сухих відсіків і аеродинамічних обтічників**

### **2.4.1. Експериментальне відпрацювання і випробовування сухих відсіків**

Проведення експериментального відпрацювання конструкцій сухих відсіків перед початком їх серійного виготовлення дозволяє за результатами наземного стендового відпрацювання й льотно-конструкторських випробувань скоректувати проектно-конструкторську й технологічну документацію.

Програма наземного експериментального відпрацювання передбачає оцінку міцності й жорсткості конструкції відсіку шляхом проведення статичних і динамічних випробувань відсіку й вхідних у нього вузлів. Для цього виготовляють визначене число натурних відсіків і випробовують їх на спеціальних стендах, що імітують умови штатного функціонування.

Статичні випробування проводять для виявлення дійсної несучої здатності і жорсткості конструкції, а також для визначення напружено-деформованого стану конструкції.

Для визначення несучої здатності конструкції проводять навантаження відсіку до його руйнування з фіксацією руйнівних навантажень. При цьому конструкція вважається працездатною, якщо руйнівні навантаження більше (або рівні) розрахункових.

Оцінка жорсткості конструкції зводиться до перевірки відсутності залишкових деформацій після прикладання діючих експлуатаційних навантажень.

Для визначення напружено-деформованого стану конструкцій проводять вимір її деформації, лінійних і кутових переміщень при поступовому навантаженні до розрахункових значень. Місцеві напруження заміряються тензодатчиками, загальні деформації - нівелірами й іншими засобами. Вимірювання діючих в окремих місцях конструкції відсіку напружень дозволяє зробити оцінку правильності розрахункових методик.

Типовий порядок проведення статичних випробувань, що забезпечує вирішення перелічених вище завдань, зводиться до наступного:

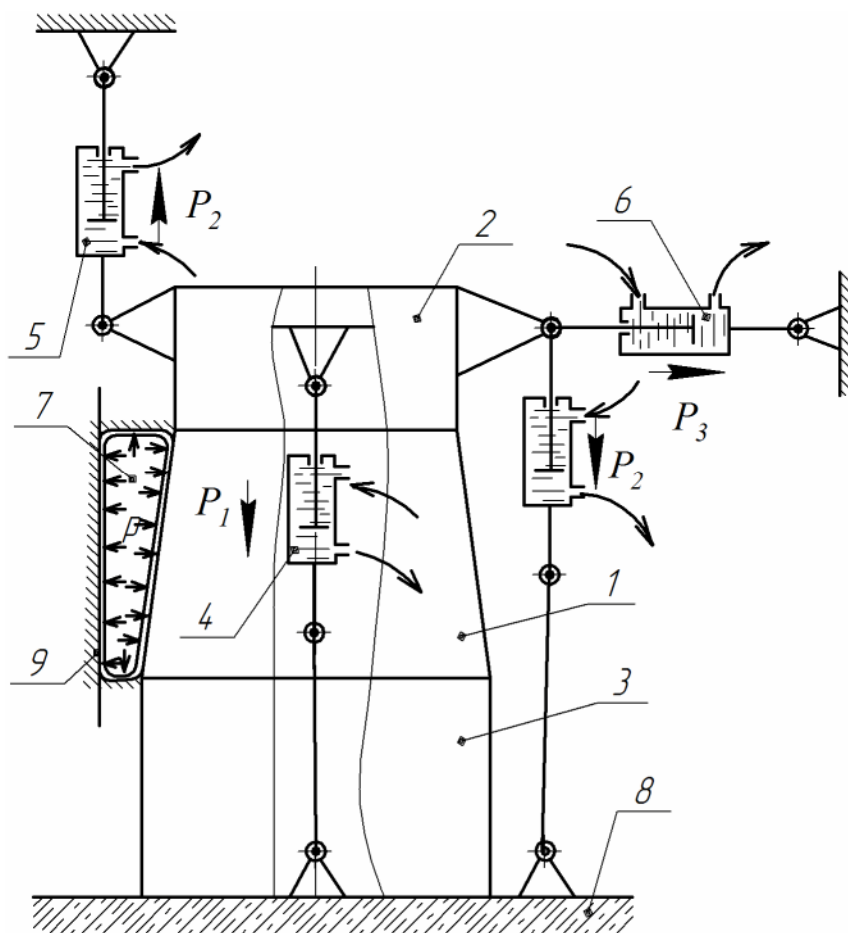
- обтягування відсіку - прикладання до відсіку навантаження, рівного 30..40 % від експлуатаційного, з наступним розвантаженням;
- поетапне навантаження відсіку до експлуатаційного навантаження з виміром деформації і наступним розвантаженням;
- прикладання до відсіку розрахункового навантаження з наступним доведенням його до руйнуючого (при розрахункових навантаженнях не повинно бути місцевих порушень міцності).

Для проведення подібних випробувань необхідне спеціальне стендове устаткування (рис. 2.8), що дозволяє створювати умови навантаження, адекватні реальним умовам експлуатації ракети-носія. Сухі відсіки при експлуатації навантажуються осьовою та перерізуючою силами і згинальним моментом. Крім того, конічні відсіки в польоті навантажені зовнішнім погонним тиском і зазнають впливу високих температур.

Такий стенд дозволяє забезпечити будь-яке сполучення зовнішніх впливів. Так, при випробовуванні на чисте стиснення працює лише гідроциліндр 4, який створює зусилля  $P$ , для навантаження згинальним моментом підключаються гідроциліндри 5, що створюють зусилля  $P_2$ , нарешті перерізуючи сила задається гідроциліндром 6. Для навантаження зовнішнім надлишковим тиском  $p$  використовується силовий мішок 7. При необхідності стенд може доповнюватися також пристроєм для нагрівання або охолодження.

Динамічні випробовування проводять для відсіків і окремих вузлів з метою визначення частот і форм власних коливань, коефіцієнтів демпфірування, а також перевірки міцності втомлення конструкції.

Для динамічних випробовувань використовуються динамічні стенди, акустичні камери, а також локальні вібратори, що кріпляться на корпусі. Розміщені на корпусі вібродатчики дозволяють виміряти необхідні параметри коливань конструкції.



**Рис. 2.8. Схема стенда для статичних випробувань сухих відсіків:**

1 – сухий відсік; 2 – імітатор верхньої частини виробу; 3 – імітатор нижньої частини виробу; 4, 5, 6 – силові гідроциліндри; 7 – силовий повітряний мішок (кільцевий); 8 – залізобетонний фундамент; 9 – циліндрична стінка

Для визначення вібронадійності конструкції при транспортуванні використовуються спеціальні стенди, що імітують підсакування, бокове розхитування й інші впливи. Крім того, можуть бути проведені транспортні

випробовування, у завдання яких входить не тільки перевірка вібронадійності конструкції, але й відпрацювання транспортних засобів.

#### **2.4.2. Експериментальне відпрацювання і випробовування аеродинамічних обтічників**

Аеродинамічні обтічники, що скидаються, проходять великий об'єм різних випробовувань. Їх корпуси випробовують на міцність і жорсткість. Для цього вони проходять статичні й динамічні випробовування, методики яких розглянуті в попередньому підрозділі. Далі проводиться експериментальне відпрацювання систем відділення й скидання. Для цих систем через підвищені вимоги до їхньої надійності експериментальне відпрацювання проводять особливо ретельно й всебічно.

Експериментальне відпрацювання систем розділення й скидання включає ряд етапів: наземні автономні випробовування, наземні комплексні випробування, льотно-конструкторські випробовування.

При наземному автономному відпрацюванні випробовуються окремі елементи кріплення й розділення, а також супутні елементи, що входять до складу системи. Автономні випробовування підрозділяються на конструкторсько-доводочні й залікові. Основною метою конструкторсько-доводочних випробовувань є виявлення конструкторських недоліків випробовуваного елемента. При цьому, розкриваючи й усуваючи несправності, домагаються працездатності елемента шляхом зміни його конструкції або технології виготовлення. Конструкторсько-доводочні випробовування містять у собі випробовування на вплив вібрації, підвищеної й зниженої температури, вакууму, випробовування на міцність, ударну стійкість, а також транспортувальні випробовування.

При випробовуваннях на вплив вібрації імітуються польотні віброрежими. При цьому визначається можливість саморозкриття випробовуваного елемента, наприклад спрацювання пірозамка.

Випробовування на підвищену й знижену температуру імітують реальні умови польоту літального апарата. Вони полягають у витримуванні елемента при заданій температурі й наступній перевірці його спрацювання.

З температурними випробовуваннями звичайно поєднують випробовування на вплив пилу й вологи.

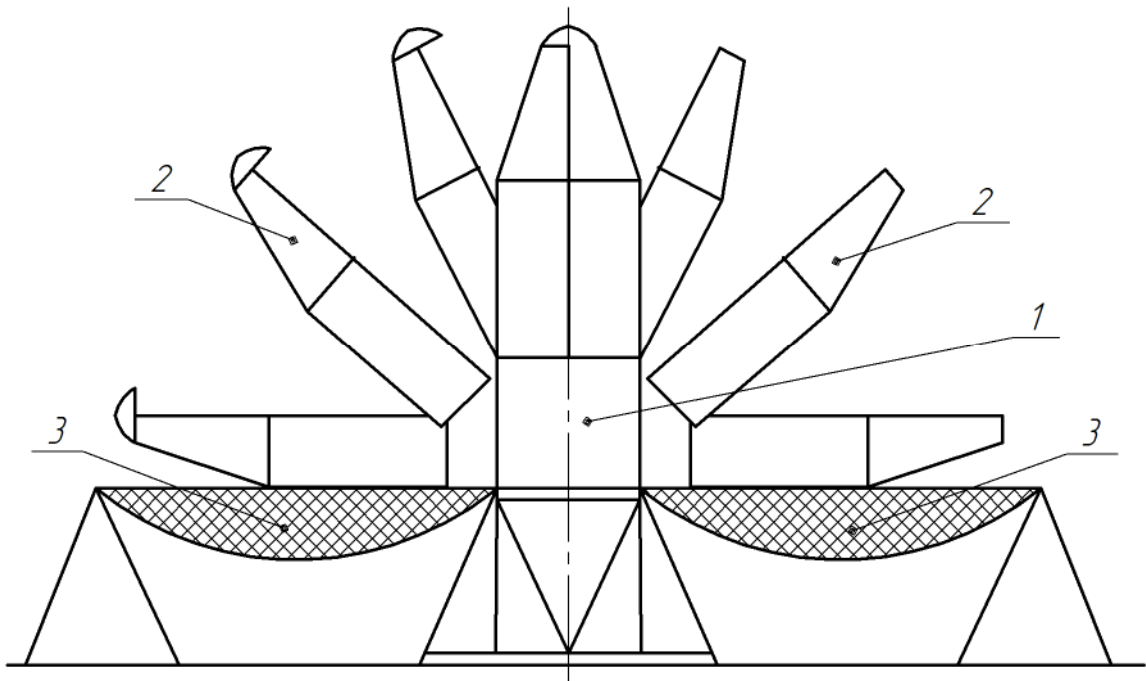
При випробовуваннях на міцність проводиться навантаження елемента до руйнування з метою визначення його несучої здатності.

При випробовуваннях на ударну стійкість імітуються впливи, що виникають при спрацюванні піротехнічних пристроїв, запуску двигуна, розділенні ступенів і т. д. Важливим етапом автономних випробовувань є вимір характеристик, що визначають працездатність елемента: роботи, яку розвиває штовхач, часу спрацювання замків, сили розстикування рознімань і т. д. Після завершення конструкторсько-доводочних випробовувань проводять залікові випробовування. Вони носять здавально-приймальний характер. Залікові випробовування проводять на штатних зразках, причому, як правило, при їхньому проведенні не вносяться зміни в конструкцію й технологію виготовлення

елемента. По завершенні залікових випробовувань робиться висновок про можливість використання даного елемента системи.

Наземні комплексні випробовування проводяться для перевірки працездатності системи скидання при спільному функціонуванні всіх вхідних у неї елементів. У процесі цих випробовувань оцінюється безударність протікання процесу скидання, визначаються кінематичні й динамічні параметри, а також віброперевантаження, що виникають при спрацьовуванні елементів системи. Випробовування проводяться на динамічних стендах, що імітують скидання натурних частин конструкції (рис. 2.9).

Обтічник установлюється на спеціальному макеті, що імітує верхню частину ракети-носія. Після розкриття поздовжнього й поперечного стиків під дією засобу відведення здійснюється розворот стулок обтічника. При досягненні заданого кута розвороту спрацьовують засоби розкриття осей обертання й стулки, роблячи вільний рух, падають на сітку-уловлювач. Реєстрація руху стулок здійснюється за допомогою кіноапаратури.



**Рис. 2.9. Схема установки для перевірки системи розкриття і скидання стулок АДО:**

1 – імітатор відсіку, до якого стикується АДО в складі ракети-носія; 2 – стулки АДО;  
3 – сітка-уловлювач скинутих стулок

Після закінчення наземних комплексних випробовувань дається висновок про установку даної системи на ракеті-носії. Завершальним етапом експериментального відпрацювання є льотно-конструкторські випробовування. Проведення льотних випробовувань викликано неможливістю забезпечення при наземному відпрацюванні умов випробовувань, адекватних реальним умовам функціонування системи. Так, при скиданні головного обтічника в умовах наземних випробовувань важко імітувати діючі в польоті осьові й бічні

перевантаження, а також вплив аеродинамічних сил, що залежать від кута повороту ступки. Для урахування цієї невідповідності здійснюється приведення експериментальних даних до натурних умов розрахунковим шляхом. Однак вірогідно підтвердити працездатність системи можливо тільки шляхом проведення льотного експерименту, що забезпечує реальні умови її функціонування.

## Питання до розділу 2

1. Які існують основні схеми технологій з'єднання деталей клепаанням ?
2. Які існують методи складання відсіку для клепаання в залежності від схеми складання ?
3. Які особливості клепаання герметичного відсіку ?
4. Які параметри контролюються при клепанні відсіків ?
5. Охарактеризувати технічні вимоги при клепанні ?
6. Охарактеризувати вимоги техніки безпеки при клепанні ?
7. Які особливості виготовлення клепаного відсіку панельно-стрингерної конструкції ?
8. Яка послідовність виготовлення відсіків панельно-стрингерної конструкції ?
9. Яка особливість свердлення отворів в стрингерах та складання їх з обшивкою і фітингами ?
10. Які параметри забезпечує вертикальний стапель з центральною колонною при складанні сухих відсіків ?
11. Які особливості виготовлення непанельованих конструкцій ?
12. Які особливості стапеля з зовнішніми колонами ?
13. Яка особливість використання болт-заклепок та чим вони відрізняються від звичайних заклепок ?
14. Які особливості вимірювання геометричних параметрів сухих відсіків ?
15. Які геометричні параметри сухих відсіків вимірюються і для чого ?
16. Яким чином вимірюються геометричні параметри сухих відсіків ?
17. Які особливості виготовлення аеродинамічного обтічника ?
18. Яким чином перевіряється розкриття аеродинамічного обтічника ?

### 3. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ-КЛЕПАННЯ

#### 3.1 Постановка завдання

В будь-якій системі господарювання підприємство є головним ланцюгом розвитку економіки. В ринкових умовах господарювання, коли підприємства володіють економічною самостійністю і відповідають за результати господарської діяльності керівництво підприємств мають сформулювати таку стратегію, яка забезпечить їм стабільну ефективність та необхідну конкурентоспроможність.

Сучасне підприємство може розраховувати на успіх тільки проводячи наступальну стратегію, яка спиратиметься на накопичені знання та досвід, зовнішні та внутрішні умови розвитку, що мають переваги над конкурентами. При дослідженні факторів економічного зростання промислово розвинутих країн виділяють наступні тенденції: 1/4 приросту є наслідком прямих, матеріальних вкладень капіталу, приблизно 1/3 зобов'язана підвищенню кваліфікації робочої сили і понад 40% економічного зростання цих країн забезпечується використанням новітніх наукових відкриттів, винаходів і досліджень, тобто технічною інновацією.

Розробка та впровадження нових техніко-технологічних рішень у формі нового обладнання, ресурсозберігальних та високопродуктивних технологій передбачає вагомі фінансові витрати. В умовах обмеження фінансових ресурсів проблема вибору раціональних варіантів приймає виключно важливе значення. Вона підсилюється і тим, що впровадження високопродуктивного обладнання або технології є важливим фактором підвищення конкурентоспроможності підприємства і головним фактором його виживання в умовах ринку та жорсткої конкуренції.

При оцінці ефективності впровадження результатів науково-технічного прогресу (обладнання, технології, організації виробництва тощо) виділяють загальну (абсолютну) та відносну (порівняльну) ефективність вкладень.

Під **загальною ефективністю** розуміють відношення приросту показника ефекту (прибутку, продукції, національного доходу тощо) до обсягу капіталовкладень, що викликали даний приріст.

Під **порівняльною ефективністю** капіталовкладень розуміють величину зниження показника приведених витрат одного варіанту у порівнянні із іншим. Порівняльна ефективність капіталовкладень необхідна при вирішенні завдання щодо способів виробництва.

При виконанні розрахункових завдань або у своєму дипломному проекті студенти інженерних спеціальностей послідовно вирішують поставлене перед ними завдання через написання загальної, спеціальної, конструкторської, технологічної частин, в яких реалізують свої інженерні рішення, нововведення, спрямовані на удосконалення існуючих (базових) об'єктів або на створення якісно нових. Неможливо розвивати техніку та вдосконалювати технологію виробництва без його всебічного техніко-економічного аналізу. Тому, розрахункові роботи та економічна частина дипломного проекту спрямована на обґрунтування доцільності запропонованих студентом рішень за допомогою розрахунку таких показників, як витрати, економічний ефект, ефективність тощо.



Техніко-економічне обґрунтування будь-яких інженерних розрахунків повинно бути закінчено розрахунком економічного ефекту. Оскільки приходится порівнювати, як правило, декілька варіантів рішень одного і того ж господарського завдання, то для порівняння використовують наступну формулу:

$$\overline{R}_i = E_i(C_i) + E_n K_{n,i} \rightarrow \min, \quad (3.1)$$

де  $R_i$  - щорічні приведені витрати  $i$ -го варіанта вкладень;  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  - кінцеве число варіантів, що порівнюються та співставляються, може бути дуже великим;  $E_i(C_i)$  - показник поточних (експлуатаційних витрат -  $E$ , собівартості -  $C$ ) витрат по  $i$ -му варіанту вкладень, грн/рік;  $E_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності, ( $E_n = 0,15$ );  $K_{n,i}$  - показник «повних» (приведених по фактору часу по нормі дисконту) капіталовкладень, грн.

Визначення приведених витрат потребує розрахунку собівартості одиниці продукції (робіт) і приведених капітальних витрат.

На сьогоднішній день різні законодавчі документи дають визначення та склад техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) в залежності від сфери застосування, але в будь-якому випадку, **техніко-економічне обґрунтування** - це документ, у якому відображаються основні технічні, організаційні, економічні та інші показники проекту [1]. Виробничі цикли в чистому вигляді не є проектами. Однак в останній час проектний підхід найчастіше застосовують і до процесів, що орієнтовані на безперервне виробництво. Наприклад, проекти збільшення виробництва до вказаного рівня у продовж визначеного періоду, виходячи із заданого бюджету, або виконання певних заказів, що мають договірні строки поставки. Великі міжнародні установи, такі як Всесвітній Банк, ЮНІДО, ЄБРР та інші вимагають розкриття в ТЕО наступних дій:

- проведення маркетингових досліджень;
- підготовка програми випуску продукції;
- розробка вихідної дозвільної документації;
- розробка технічних рішень;
- інженерне забезпечення;
- складання плану міроприємств по охороні навколишнього середовища та дотримання безпеки;
- опис системи управління підприємством;
- опис організації будівництва;
- кошторисно-фінансова документація;
- оцінка ризиків, пов'язаних із здійсненням проекту;
- встановлення строків здійснення проектів;
- аналіз бюджетної ефективності у разі використання бюджетних інвестицій;
- формулювання умов припинення реалізації проекту.

Техніко-економічне обґрунтування в дипломній роботі студента інженерної спеціальності в скороченому вигляді може мати наступну послідовність:

- 1) вибір об'єкту-аналогу;
- 2) якісний та кількісний аналіз варіантів, що порівнюється по найважливі-

- шим показникам;
- 3) розрахунок капітальних вкладень по варіантах;
  - 4) розрахунок річних експлуатаційних витрат по варіантах;
  - 5) розрахунок економічного ефекту від впровадження та використання об'єкту, що розробляється;
  - 6) розрахунок інших показників ефективності, що відображають специфіку виробництва.

У якості об'єкта-аналога обирають будь-який об'єкт на основі аналізу вимог споживачів продукції, а також показників аналогічного по призначенню та умовам експлуатації об'єкту.

Далі проводять аналіз та порівняння техніко-експлуатаційних показників аналогу та об'єкту, що проектується. До основних техніко-економічних показників відносяться:

- вага;
- габарити;
- діапазон дії;
- потужність, що споживається;
- надійність;
- технологічність;
- точність;
- ресурс роботи та інші.

Результати порівняння по показниках необхідно оформити у вигляді таблиці (див. табл. 3.1) із вказівкою конкретних кількісних характеристик.

**Таблиця 3.1 Приклад оформлення порівняльних показників**

№ п/п	Показник	Варіанти об'єктів	
		базовий	новий
1	Маса	2300	2080
2	Дальність	300	320
3	Надійність	0,97	0,98
4	Точність	0,95	0,96
5	Технологічність	0,96	0,92

При цьому необхідно визначити комплексні показники якості по формулі

$$K = \sum_{i=1}^n \alpha_i q_i, \quad \sum \alpha_i = 1, \quad (3.2)$$

де  $\alpha_i$  - ваговий коефіцієнт  $i$ -го показника якості;  $q_i$  -  $i$ -й відносний показник, що дорівнює відношенню абсолютних показників.

$$q_i = \frac{P_{in}}{P_{i0}}, \text{ або} \quad (3.3)$$

$$q_i = \frac{P_{i\bar{o}}}{P_{in}}, \quad (3.4)$$

де  $P_{in}$ ,  $P_{i\bar{o}}$  - новий та базовий абсолютні показники;  $n$  - число показників.

Формула (3.3) застосовується, якщо збільшенню  $P_i$  відповідає підвищення якості (наприклад, збільшується термін служби продукції), а формула (3.4) - коли збільшенню  $P_i$ , відповідає зниження якості (наприклад, збільшується матеріаломісткість).

Крім того, об'єктом техніко-економічного обґрунтування може бути розроблений або удосконалений технологічний процес; засіб вирішення, методи вимірювання та випробування, які вирішує застосувати студент для поліпшення якості та ефективності виробництва. В цьому випадку також проводиться порівняльний аналіз різних характеристик процесів, їх переваг, недоліків відносно базового технологічного процесу, способу або методу.

### 3.2 Розрахунок собівартості

**Собівартість продукції** – це грошовий вираз витрат підприємства на виробництво і реалізацію продукції. Собівартість продукції характеризує ефективність всього процесу виробництва на підприємстві, оскільки в ній відображаються рівень організації виробничого процесу, технічний рівень, продуктивність праці та інше.

Собівартість продукції як показник використовується для контролю за використанням ресурсів виробництва, визначення економічної ефективності організаційно-технічних заходів, встановлення цін на продукцію. За умов самофінансування зниження собівартості є основним джерелом зростання прибутку підприємства.

Витрати, пов'язані із виробництвом продукції (робіт, послуг) при калькулюванні ціни продукції (робіт, послуг) групуються по статтях. Перелік статей калькуляції не суттєво може відрізнятись для підприємств різних галузей. Найбільш типовим переліком статей калькуляції для машинобудівного підприємства є:

- сировина та матеріали;
- закупні та комплектуючі вироби, напівфабрикати, роботи та послуги виробничого характеру стороннім підприємствам та організаціям;
- паливо та енергія на технологічні цілі;
- прямі витрати на оплату праці;
- відрахування на соціальні міроприємства;
- загальновиробничі витрати;
- виробнича собівартість;
- накопичення.

На рис. 3.1 представлений бланк калькуляції машинобудівного підприємства X (мовою оригінала).

Далі представлена методика розрахунку собівартості річного випуску виробів (по елементам витрат) і одиниці продукції (по калькуляційним статтям), розрахунок гуртової ціни, що передбачається підприємством при заданій рентабельності.

## КАЛЬКУЛЯЦИЯ

на изготовление \_\_\_\_\_ чертёжный № \_\_\_\_\_  
 заказ \_\_\_\_\_ для \_\_\_\_\_  
 согласно договору № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

№ п/п	Наименование статей калькуляции	Сумма, грн	Сумма, грн.
1	2	3	4
1.	Сырьё и материалы		
2.	Покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты		
3.	Топливо и энергия на технологические цели		
4.	Прямые расходы на оплату труда		
5.	Отчисления на социальные мероприятия		
6.	Прочие прямые расходы		
7.	Общепроизводственные расходы		
8.	Итого производственная себестоимость		
9.	Накопления		
10.	Оптовая цена		
11.	Налог на добавленную стоимость		
12.	Отпускная цена		

<p style="text-align: center;"><b>«Утверждаю»</b></p> <p><b>Главный экономист – начальник ПЭУ</b>                  _____ (_____)                  «_____» _____ р.</p>	<p><b>Начальник цеха (отдела) №</b> _____  <b>Начальник ПЭБ</b> _____  <b>Начальник ТНБ</b> _____</p>
--	---

**Согласовано:**  
**Ведущий ПЭУ** \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

**Рис. 3.1 Калькуляция витрат**

В табл. 3.2 вносимо дані, що пов'язані із технологічним процесом виготовлення виробу, що досліджується.

**Таблиця 3.2 Початкові дані**

№ операції	Найменування операції	Обладнання	$t_{шт}, хв$	Ціна за одиницю обладнання, грн	Потужність, кВт
1					
2					
...					
m					

Річна програма випуску -  $N_{вип}$ , шт.

Ефективний фонд часу роботи одного робочого -  $T_{эф} = 1860$  год.

Плановий фонд часу роботи одиниці обладнання -  $T_{пл} = 3060$  год.

### 3.2.1 Основи організації і розрахунок параметрів потокової лінії

3.2.1.1 Розрахуємо кількість місць, необхідних для виконання програми випуску деталей

$$C_p = \frac{N_{зан} \cdot \sum_{i=1}^m t_{умі}}{T_{пл} \cdot K_g \cdot 60}, \quad (3.5)$$

де  $C_p$  - розрахункова кількість робочих місць, шт;  $N_{зан}$  - програма запуску виробів, шт;  $t_{умі}$  - штучний час на виконання  $i$ -ої операції, хв;  $T_{пл}$  - плановий фонд часу одиниці обладнання, год.  $T_{пл} = 3060$  год;  $K_g$  - коефіцієнт виконання норм (приймаємо  $K_g = 1$ ).

Знайдемо програму запуску виробів, виходячи з формули

$$N_{зан} = (N_{вип} + \Delta N) \cdot \frac{100}{100 - p}, \quad (3.6)$$

де  $N_{вип}$  - річна програма випуску виробів;  $\Delta N$  - відхилення фактичної величини внутрішньоцехових заділів від прийнятих норм;

$$\Delta N = 0,02 \cdot N_{вип}, \quad (3.7)$$

де  $p$  - відсоток відсіву деталей, що виготовляються, на технологічні проби, випробування, брак. Приймаємо  $p = 1-3\%$ .

Тоді прийняте число робочих місць  $C_{пр}$  знайдемо округленням величини  $C_p$  до більшого цілого числа.

Знаходимо коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{зо} = \frac{m}{C_{пр}}, \quad (3.8)$$

де  $m$  - число операцій техпроцесу.

3.2.1.2 Обчислимо величину такту випуску виробів на ділянці безперервно - потокового виробництва

$$r = \frac{T_{пл} \cdot 60}{N_{зан}}. \quad (3.9)$$

Тоді ритм випуску виробів визначиться з виразу

$$R = \rho \cdot r, \quad (3.10)$$

де  $\rho$  - розмір передавальної партії. Приймаємо  $\rho = 1$ .

Розрахуємо кількість робочих місць по операціях

$$c_{pi} = \frac{t_{умі}}{r}. \quad (3.11)$$

Знайдемо прийняте число робочих місць по кожній  $i$ -ої операції  $C_{прі}$  через округлення  $c_{pi}$  до більшого цілого числа.

Обчислимо коефіцієнт завантаження робочих місць по кожній операції

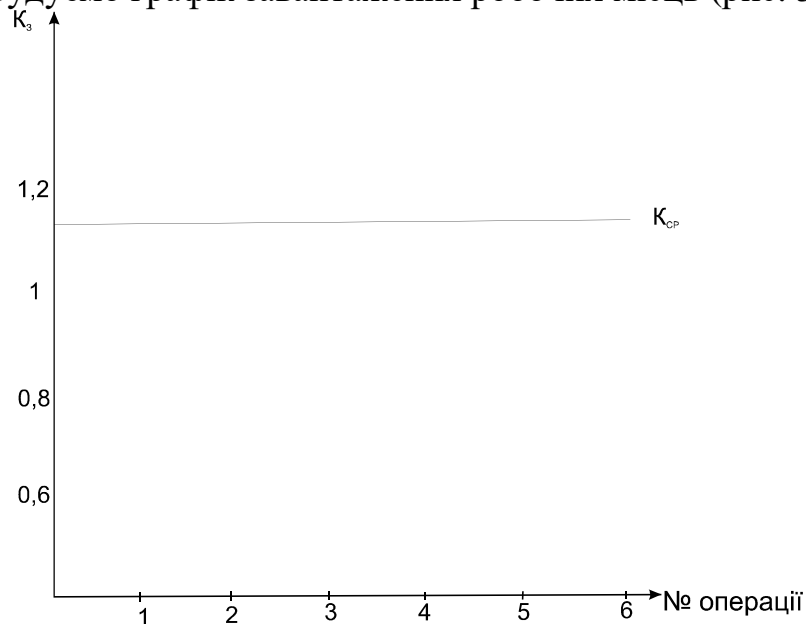
$$K_{zi} = \frac{C_{pi}}{C_{npi}}. \quad (3.12)$$

Дані розрахунків заносимо в таблицю 3.3.

**Таблиця 3.3 Параметри потокової лінії**

№ п.п.	Операція	$t_{umi},$ хв	Кількість робочих місць		Коефіцієнт завантаження робочих місць, $K_{zi}$
			$C_p$	$C_{np}$	
1					
2					
...					
m					

3.2.1.4 Будуємо графік завантаження робочих місць (рис. 3.2.)



**Рис. 3.2. Графік завантаження робочих місць**

3.2.1.5 Вибір і обґрунтування типу транспортних засобів  
Вибираємо стрічковий конвеєр. Розрахуємо його основні параметри.  
Знаходимо довжину робочої зони на кожній операції

$$l_i = c_{npi} \cdot l_0, \quad (3.13)$$

де  $l_0$  - шаг конвеєра,

$$l_0 = V_k \cdot r. \quad (3.14)$$

де  $V_k$  - швидкість руху конвеєра.  $V_k$  приймаємо рівною 2 -2,3 м/хв.

Довжина конвеєра знаходиться по формулі

$$L = \sum_{i=1}^m l_i, \quad (3.15)$$

де  $m$  - кількість операцій техпроцесу.

Знайдемо швидкість руху конвеєра

$$V_k = \frac{l_0}{r}. \quad (3.16)$$

3.2.1.6 Розрахуємо тривалість циклу виготовлення змінної партії деталей при паралельному виді руху продуктів праці і поштучній передачі деталей з операції на операцію.

$$T_{ц.пар.} = n_{пер} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{t_{умі}}{c_{прі}} + (n_{зм} - n_{пер}) \cdot \left( \frac{t_{умі}}{c_{прі}} \right)^{\max}, \quad (3.17)$$

де  $\left( \frac{t_{умі}}{c_{прі}} \right)^{\max}$  - час обробки деталі по найбільш тривалій операції техпроцесу, хв;  $n_{зм}$  - величина змінної партії деталей;  $n_{пер} = 1$  - передавальна партія деталей. Знайдемо величину змінної партії деталей:

$$n_{зм} = \frac{N_{зап}}{n_p \cdot n_{зм}}, \quad (3.18)$$

де  $n_{зм} = 2$  - кількість робочих змін на добу;  $n_p$  - кількість робочих днів в році.

$$n_p = n_k - n_v - n_c = 245 \text{ днів}, \quad (3.19)$$

де  $n_k, n_v, n_c$  - число календарних, вихідних і святкових днів в році.

### 3.2.2 Розрахунок чисельності промислово-виробничого персоналу (ПП) і організація заробітної плати

3.2.2.1 Знайдемо облікову чисельність основних робочих по кожній операції і їх сумарну чисельність

$$r_{осн.р.} = \frac{N_{зап} \cdot t_{умі}}{T_{эф} \cdot K_{бв} \cdot K_g \cdot 60}, \quad (3.20)$$

де  $t_{умі}$  - штучний час на виконання і-ої операції, хв;  $T_{эф} = 1860$  год - ефективний фонд часу роботи одного робочого;  $K_{бв}$  - коефіцієнт, що враховує можливість багатостаночного обслуговування. Приймаємо  $K_{мс} = 1$ ;  $K_g$  - коефіцієнт, що враховує виконання норм часу. Приймаємо  $K_g = 1$ .

Дані розрахунку заносимо в таблицю 3.4.

**Таблиця 3.4. Чисельність промислово-виробничого персоналу**

№ п.п.	Операція	Кількість робочих		Розряд
		$r_{осн.р.розр i}$	$r_{осн.р.пр i}$	
1				
2				
...				
m				

3.2.2.2 Чисельність допоміжних робочих не повинна перевищувати 40÷60% від загальної кількості основних робочих виробничої ділянки

$$r_{\text{доп.р.}} = 0.4 \cdot r_{\text{осн.р.}} \quad (3.21)$$

### 3.2.2.3 Чисельність ІТР і службовців.

На 25 чоловік основних і допоміжних робочих - 1 змінного майстра; на 3-х змінних майстрів - 1 старший майстер; на 3-х старших майстрів - 1 начальник ділянки; нарядник-обліковець - 1 людина; економіст - 1 людина або плановик-обліковець - 1 людина.

Випишемо чисельність ІТР і службовців.

### 3.2.2.4 Розрахунок заробітної плати основних робочих

Форма оплати основних робочих - відрядна. Вона складається з двох частин - тарифу і доплат з фонду заробітної плати.

Якщо всю заробітну плату прийняти за 100%, то тариф складає 80% і доплата 20%. Тариф на одиницю продукції по кожній операції знаходиться з виразу

$$\text{Тариф} = \frac{ГТС}{60} \cdot t_{\text{шти}} \quad (3.22)$$

де  $ГТС$  - годинна тарифна ставка, грн.

Розрахуємо відрядну заробітну плату для одиниці продукції по кожній операції. Приймаємо, що на ділянці працюють основні робочі III і IV розрядів.

$$ЗП_{vi} = \frac{ГТС}{60} \cdot t_{umi} + \frac{1}{4} \cdot \frac{ГТС}{60} \cdot t_{umi} \quad (3.23)$$

### 3.2.2.5 Фонд відрядної заробітної плати знайдемо з виразу

$$\Phi_{\text{в.зн}} = \left( \sum_{i=1}^m ЗП_{vi} \right) \cdot N_{\text{зан}} \quad (3.24)$$

де  $ЗП_{vi}$  - відрядна заробітна платня на  $i$ -й операції для одиниці продукції.

Дані розрахунку занесемо в таблицю 3.5.

**Таблиця 3.5. Розрахунок відрядної заробітної плати**

№ операції	Основні робочі (професії)	Розряд	Розрахунок, грн
1			$\frac{ГТС}{60} \cdot t_{umi} + \frac{1}{4} \frac{ГТС}{60} \cdot t_{umi} = ЗП_{vi}$
2			
...			
m			
$\Sigma$			

### 3.2.2.6 Середня зарплата основних робочих.

$$\overline{ЗП} = \frac{\Phi_{\text{с.зн}} + \Phi_{\text{м.з.осн}}}{r_{\text{осн}} \cdot 12 \text{місяців}} \quad (3.25)$$

де  $\Phi_{\text{м.з.осн}}$  - фонд матеріального заохочення основних робітників.

### 3.2.2.7 Організація заробітної плати допоміжних робочих

Допоміжні робочі - погодинники. Зарплата допоміжних робочих складається з тарифу і доплат з фонду зарплати. Якщо заробітну плату прийняти за 100%, то тариф складає 80%, а доплати - 20%.



Тариф для всієї партії деталей для кожної професії допоміжних знаходимо з виразу

$$\text{Тариф} = ГТС_i \cdot T_{ef} \cdot r_{дон.р} \quad (3.26)$$

Дані розрахунку заробітної плати допоміжних робочих і їх чисельності занесемо в таблицю 3.6.

**Таблиця 3.6. Розрахунок заробітної плати допоміжних робочих**

№ операції	Допоміжні робітники (професії)	Розряд	Кількість	Годинні тарифні ставки	Розрахунок, грн
1					$ГТС \cdot T_{ef} \cdot r_{дон.р} +$ $+\frac{1}{4} ГТС \cdot T_{ef} \cdot r_{дон.р} = ЗП_{дон.р}$
2					
...					
m					
$\Sigma$					

### 3.2.2.8 Фонд заробітної плати допоміжних робочих погодинників

$$\Phi_{зн.дон} = \sum_{i=1}^m ЗП_{донi} \quad (3.27)$$

### 3.2.2.9 Середня заробітна плата погодинників знайдеться з виразу

$$\overline{ЗП} = \frac{\Phi_{зн.дон} + \Phi_{м.з.дон}}{r_{дон.р} \cdot 12 \text{місяців}}, \quad (3.28)$$

де  $\Phi_{м.з.дон}$  - фонд матеріального заохочення допоміжних робітників.

### 3.2.2.10 Фонд заробітної плати ІТР і службовців розраховується, виходячи з чисельності, посадових окладів і 25% доплат:

$$\Phi_{ЗП_{НДР}} = \sum Q_i \cdot 15 \cdot r_i, \quad (3.29)$$

де  $Q_i$  - оклад за посадою;  $r_i$  - кількість чоловік на цій посаді.

$$\overline{ЗП_{НДР}} = \frac{\Phi_{ЗП_{НДР}}}{r_{НДР} \cdot 12}. \quad (3.30)$$

## 3.2.3 Розрахунок виробничих фондів

### 3.2.3.1 Розрахунок вартості виробничої ділянки

Загальна площа виробничої ділянки

$$S_{н.у.} = C_{np} \cdot g, \quad (3.31)$$

де  $g$  - питома площа на установку, верстат, робоче місце. Приймаємо  $g = 8 \text{ м}^2$ .

$$\text{Площа всього приміщення: } S_{уч} = 2S_{н.у.} + 4h \cdot \sqrt{S_{н.у.}}, \quad (3.32)$$

де  $h$  - висота будівлі. Приймаємо  $h = 4 \text{ м}$ .

Площа допоміжних приміщень

$$S_{дон} = r_{ППП} \cdot g_{\epsilon}, \quad (3.33)$$

де  $g_{\epsilon}$  - площа допоміжних приміщень на одного робочого,  $g_{\epsilon} = 4 \text{ м}^2$ ;

$r_{ППП}$  - чисельність промислово - виробничого персоналу в одну зміну (ІТР, основні і допоміжні робочі)

$$R_{ППП} = (r_{осн} + r_{НДР} + r_{доп})/2 \quad (3.34)$$

Площа всього допоміжного приміщення

$$S'_{доп} = 2S_{доп} + 4h\sqrt{S'_{доп}} \quad (3.35)$$

Загальна вартість всієї будівлі:

$$C_{б\ddot{y}д} = C_{осн} \cdot S_{уч} + C_{доп} \cdot S'_{доп}, \quad (3.36)$$

де  $C_{осн}$  - вартість  $1\text{м}^2$  основних виробничих приміщень;  $C_{доп}$  - вартість  $1\text{м}^2$  допоміжних приміщень.

### 3.2.3.2 Визначення вартості обладнання.

Визначення вартості конвеєра

$$C_{конв} = L_{конв} \cdot C_{конв}, \quad (3.37)$$

де  $L_{конв}$  - довжина конвеєра;  $C_{конв}$  - вартість 1 м конвеєра.

Вартість обладнання визначається по формулі:

$$C_{об} = \sum_{i=1}^m (C_{прі} \cdot C_i + S_{прі}), \quad (3.38)$$

де  $C_i$  - преіскурантна ціна одиниці обладнання, грн;  $C_{прі}$  - прийнята кількість робочих місць на і-й операції;  $S_{прі}$  - витрати на транспортування, підготовку фундаменту і монтаж і-го виду обладнання. Ці витрати можна прийняти у розмірі  $5\div 6\%$  від вартості обладнання, тобто

$$C'_{об} = (1,05 \div 1,06) \cdot \sum_{i=1}^m C_{прі} \cdot C_i. \quad (3.39)$$

**Таблиця 3.7 Вартість обладнання**

Тип обладнання	Модель	Кількість, шт		Коефіцієнт завантаження	Потужність електродвигуна, кВт	Ціна за одиницю $C_i$ , грн	Вартість обладнання із витратами на транспортування та монтаж, грн
		Розрахункове $C_p$	Прийняте $C_{пр}$				
1							
2							
...							
$m$							
Транспортний конвеєр							
$\Sigma$							

Вартість транспортних пристроїв:

$$C_{тр} = n_{мел} \cdot S_{мел}, \quad (3.40)$$

де  $S_{мел}$  - вартість візка;  $n_{мел}$  - кількість візків, що використовуються на ділянці.

Візки на ділянці застосовуються для:

- підвезення деталей із складу -  $1\div 2$ ;
- для відвезення деталей на склад готової продукції -  $1\div 2$ .

Вартість виробничого інвентарю складає 0,5÷1% від вартості обладнання

$$C_{\text{вир.інв}} = (0,005 \div 0,01)C_{\text{облад.}} \quad (3.41)$$

Вартість господарського інвентарю

$$C_{\text{вир.інв}} = C_{\text{вир.інв(осн+доп)}} \cdot r_{\text{осн+доп}} + C_{\text{госп.інв.НДР}} \cdot r_{\text{НДР}}, \quad (3.42)$$

де  $C_{\text{госп.інв.НДР}}$  - вартість господарського інвентарю, що доводиться на одного робочого з числа ІТР;  $C_{\text{госп.інв.роб.}}$  - вартість господарського інвентарю, що доводиться на одного робочого;  $r_{\text{осн+доп}}$  - чисельність основних і допоміжних робочих;  $r_{\text{НДР}}$  - чисельність ІТР.

Вартість інструментів і пристосувань

$$C_{\text{інс}} = 0,1 \cdot C_{\text{об.}} \quad (3.43)$$

Представимо зведену таблицю складу основних фондів.

**Таблиця 3.8 Склад основних фондів**

Склад основних фондів	Сума, грн	Структура у % до підсумку
1. Будівлі		
2 Обладнання (з урахуванням транспортування і монтажу)		
3. Інструменти і пристосування, що числяться в основних фондах		
4. Транспортні пристрої		
5. Виробничий інвентар		
6. Господарський інвентар		
Всього		

### 3.2.4 Оборотні засоби

3.2.4.1 Визначення потреби і розрахунок вартості основних матеріалів

$$C_{\text{осн.мат.}} = N_{\text{зан.}} \cdot (C_{\text{м.з.}} \cdot m_z - C_o \cdot m_o), \quad (3.44)$$

де  $C_{\text{м.з.}}$  - ціна 1 кг матеріалу заготовки з урахуванням транспортних витрат, грн;  $m_z$  - маса заготовки, кг;  $C_o$  - ціна 1 кг відходів, кг;  $m_o$  - маса відходів із однієї деталі.

3.2.4.2 Вартість напівфабрикатів

$$C_{\text{напівф}} = C_{\text{напівф}} - C_{\text{відх.напівф}} \cdot m_{\text{відх.напівф}}, \quad (3.45)$$

де  $C_{\text{напівф}}$  - ціна напівфабрикатів, що йдуть на одну деталь;  $C_{\text{відх.напівф}}$  - ціна 1 кг відходів напівфабрикатів з однієї деталі.

3.2.4.3 Розрахунок вартості допоміжних матеріалів

Витрати на допоміжні матеріали визначаються по укрупненому нормативу в грн/рік на один верстат -  $C_{\text{доп.м.}}$

$$C_{\text{доп.м.}} = C_{\text{пр}} \cdot C_{\text{доп.м.}} \quad (3.46)$$

### 3.2.5 Розрахунок собівартості одиниці продукції

3.2.5.1 Сировина і основні матеріали

$$C'_{\text{осн1}} = \frac{C_{\text{осн.мат.}}}{N_{\text{зан.}}} \quad (3.47)$$

Транспортні витрати на сировину і основні матеріали складають 5% від їх вартості

$$C_{осн.тр} = 0,05 \cdot C'_{осн1}.$$

Повна величина вартості сировини і основних матеріалів в собівартості продукції знайдеться із рівняння

$$C_{осн1} = C'_{осн1} + C_{осн.тр}. \quad (3.48)$$

Допоміжні матеріали з урахуванням транспортних витрат

$$C'_{доп.м.1} = 1,05 \cdot \frac{C_{доп.м.}}{N_{зан}}. \quad (3.49)$$

3.2.5.2 Основна заробітна плата основних робочих

$$C_3 = \frac{\Phi_{зн.осн.}}{N_{зан}}. \quad (3.50)$$

3.2.5.3 Додаткова заробітна плата виробничих робочих складає 30% від основної заробітної плати

$$C_4 = 0,2 \cdot C_3 \quad (3.51)$$

3.2.5.4 Відрахування на соціальне страхування складає 37,45 від основної і додаткової зарплати основних робочих

$$C_5 = (C_3 + C_4) \cdot 0,3745 \quad (3.52)$$

3.2.5.5 Витрати на підготовку і освоєння виробництва нових видів продукції. Ці витрати щомісячно погашаються в перебігу 2-х років у розмірі зразкового 5% від основної зарплати робітників

$$C_6 = 0,05 \cdot C_3 / 2 \quad (3.53)$$

3.2.5.6 Витрати на утримання та експлуатацію обладнання

$$C_{об} = C_{а.об.} + C_{а.тр.} + C_{а.інв} + C_{р.об} + C_{р.тр} + C_{р.осн} + \\ + C_{с.стр} + \frac{ЗП_{доп.р}}{N_{зан}} + \frac{C_{інстр}}{N_{зан}} + C_e + C_{в.техн} + C_{стис.п} + C_{ріж.інстр}. \quad (3.54)$$

Витрати на амортизацію обладнання

$$C_{а.об} = \frac{C_{перв.облад} \cdot N_{а.об}}{100 \cdot N_{зан}}, \quad (3.55)$$

де  $C_{перв.облад}$  - первісна вартість обладнання;  $N_{а.об}$  - норма амортизаційних відрахувань на заміну обладнання в рік,  $N_{а.об} = 24\%$

Витрати на амортизацію транспортних засобів:

$$C_{а.тр} = \frac{C_{тр} \cdot N_{а.тр}}{100 \cdot N_{зан}}, \quad (3.56)$$

де  $N_{а.тр}$  - норма амортизаційних відрахувань на транспорт.  $N_{а.тр} = 40\%$ .

Витрати на амортизацію інвентарю

$$C_{а.інв} = \frac{(C_{вир.інв} + C_{госп.інв}) \cdot N_{а.інв}}{100 \cdot N_{зан}}, \quad (3.57)$$

де  $N_{а.інв} = 24\%$ .

Витрати на ремонт обладнання

$$C_{p.об} = \frac{C_{об.перв} \cdot 7}{100 \cdot N_{зан}}. \quad (3.58)$$

Витрати на ремонт транспортних засобів

$$C_{p.мр} = \frac{C_{мр} \cdot 3}{100 \cdot N_{зан}}. \quad (3.59)$$

Витрати на поточний ремонт оснащення

$$C_{p.осн} = \frac{C_{інстр} \cdot 35}{100 \cdot N_{зан}}. \quad (3.60)$$

Основна і додаткова заробітна плата допоміжних робітників

$$\frac{ЗП_{доп.р}}{N_{зан}} = \frac{\Phi_{зн.доп} (\text{без}_\text{прибиральників}_\text{та}_\text{транспортників}) \cdot 37,45}{100 \cdot N_{зан}}. \quad (3.61)$$

Витрати на соціальне страхування

$$C_{с.стр} = \frac{ЗП_{доп.р} \cdot 37,45}{100 \cdot N_{зан}}. \quad (3.62)$$

Витрати на інструмент

$$C_{інстр} = \frac{C_{інстр}}{N_{зан}}. \quad (3.63)$$

Витрати на силову електроенергію

$$C_e = \frac{F_{\partial} \cdot \kappa_3 \cdot n_0 \cdot \text{Ц} \cdot \sum_{i=1}^m M_{\partial i}}{\kappa_c \cdot \text{ККД}}, \quad (3.64)$$

де  $F_{\partial}$  - річний фонд часу роботи обладнання,  $F_{\partial} = 3960$  год;  $\kappa_3$  - середній коефіцієнт завантаження обладнання,  $\kappa_3 = 1$ ;  $n_0$  - коефіцієнт одночасної роботи обладнання,  $n_0 = 1$ ;  $\text{Ц}$  - вартість 1Квт·год електроенергії,  $\text{Ц} = 0,25$ ;  $\kappa_c$  - коефіцієнт втрат в електромережі,  $\kappa_c = 0,95$ ;  $m$  - кількість споживачів електроенергії;  $M_{\partial i}$  - потужність електродвигунів;  $\text{ККД}$  - коефіцієнт корисної дії електродвигунів,  $\text{ККД} = 0,7$ .

Витрати на воду для технічних потреб

$$C_{в.техн} = \frac{\text{Ц}_в \cdot P_v \cdot \kappa_3 \cdot \eta_{зм} \cdot C_{пр}}{N_{зан}}, \quad (3.65)$$

де  $\text{Ц}_в$  - вартість 1м<sup>3</sup> водопровідної води;  $\eta_{зм}$  - кількість змін роботи обладнання,  $\eta_{зм} = 2$ ;  $P_v$  - річні витрати води на один верстат (25м<sup>3</sup>);  $\kappa_3$  - коефіцієнт завантаження обладнання,  $\kappa_3 = 1$ ;  $C_{пр}$  - прийнята кількість робочих.

3.2.5.7 Втрати від браку складають 1%:

$$C_{\partial} = 0,01 \cdot \frac{N_{зан}}{N_{вып}} \cdot C_{техн} \quad (3.66)$$

3.2.5.8 Цехові витрати

$$C_{ц} = C_{ИТР} + C_{с.стр.ИТР} + \frac{ЗП_{доп.р} (\text{транспортники та прибиральники})}{N_{зан}} + \quad (3.67)$$

$$+ C_{с.стр.мр.приб} + C_{рем} + C_{б\text{уд}} + C_u + C_{охр} + C_{пр} + C_{а.б\text{уд}}$$

Склад персоналу ділянки (ІТР і службовців)

$$C_{ITP} = \frac{\Phi_{зпITP}}{N_{зан}} \quad (3.68)$$

Витрати на соціальне страхування ІТР і службовців

$$C_{с.стр.ІТР} = 0.3745 \cdot C_{ITP} \quad (3.69)$$

Основна і додаткова заробітна плата транспортників і прибиральників

$$C_{тр,приб} = \frac{\Phi_{зп.тр.приб}}{N_{зан}} \quad (3.70)$$

Витрати на соціальне страхування транспортників і прибиральників

$$C_{с.стр.тр.,прибир} = C_{тр,приб} \cdot 0,3745. \quad (3.71)$$

Витрати на утримання будівель і споруд (води для побутових потреб і електроенергії)

$$C_{буд} = C_v + C_{осв} \quad (3.72)$$

де  $C_v$  - витрати на воду для побутових потреб;  $C_{осв}$  - витрати на світлову енергію:

$$C_{осв} = C_{св}^1 + C_{св}^2 + C_{св}^3 \quad (3.73)$$

де  $C_{св}^1$  - витрати на освітлення виробничої ділянки;  $C_{св}^2$  - витрати на додаткове освітлення кожного робочого місця;  $C_{св}^3$  - витрати на освітлення допоміжних приміщень.

Витрати на воду для побутових потреб

$$C_{води} = \frac{P \cdot T_{эф} \cdot r_{ППП} \cdot Ц_v}{8,2 \cdot N_{зан}}, \quad (3.74)$$

де  $P$  - витрати води на одну людину (100 л = 0.1 м<sup>3</sup>);  $T_{эф}$  - ефективний фонд часу робочого,  $T_{эф} = 1860$  год;  $Ц_v$  - вартість 1м<sup>3</sup> води, грн; 8,2 - тривалість зміни, год.

Розрахунок витрат на електроенергію для освітлення площі виробничої ділянки

$$C_{св1}^1 = \frac{\mu_0 \cdot F_2 \cdot \eta_0 \cdot Ц}{\kappa_c \cdot N_{зан}}, \quad (3.75)$$

де  $\mu_0$  - потужність освітлювальних точок;  $F_2$  - середня тривалість горіння кожної точки,  $F_2 = 3060$  год;  $\eta_0$  - коефіцієнт одночасного горіння,  $\eta_0 = 0,7$ ;  $\kappa_c$  - коефіцієнт втрат електроенергії,  $\kappa_c = 0,95$ ;  $Ц$  - ціна 1кВт·год електроенергії.

$$\mu_0 = \mu_1 \cdot 8 \cdot n_{круг}, \quad (3.76)$$

де  $\mu_1$  - потужність однієї освітлювальної точки;  $n_{круг}$  - кількість світлових кругів, що містять по 8 лампочок кожен;

$$\mu_1 = \frac{O_{св}}{C_{в.от}}, \quad (3.77)$$

де  $O_{св}$  - освітленість (оптимальна  $O_{св} = 2000$  лк);  $C_{в.от}$  - світлова віддача,  $C_{в.от} = 14$ ;

$$n_{круг} = \frac{S_{уч}}{4,25} \quad (3.78)$$

де  $S_{уч}$  - площа виробничої ділянки; 4,25 м<sup>2</sup> - площа освітлювана одним кругом.

Для додаткового освітлення кожне робоче місце має лампочку потужністю 60 Вт. Тоді вартість споживаної лампочками енергії, грн:

$$C_{св}^2 = \frac{0,06 \cdot 2600 \cdot 0,8 \cdot C_{np} \cdot Ц}{0,95 \cdot N_{зан}}. \quad (3.79)$$

Розрахунок витрат електроенергії на освітлення допоміжних приміщень ведемо аналогічно формулам 3.75 – 3.78 із заміною  $S_{уч}$  на  $S_{всп}$  (див. п. п. 3.2.3.1).

Додавши знайдені величини витрат на електроенергія для освітлення площі виробничої ділянки та допоміжних приміщень визначимо витрати електроенергії на освітлення приміщення будівлі. Додавши до них величину  $C_{води}$ , знайдемо витрати на утримання будівлі.

Витрати на поточний ремонт будівлі. Розраховується як 1% від вартості будівель і споруд

$$C_{рем} = \frac{C_{бюд} \cdot 0,01}{N_{вип}}. \quad (3.80)$$

Амортизація будівель

$$C_{а.бюд.} = \frac{C_{бюд} \cdot 0,08}{N_{вип}}. \quad (3.81)$$

Витрати на випробування, дослідження

$$C_u = \frac{(r_{осн} + r_{дон}) \cdot c_{u1}}{N_{вип}}, \quad (3.82)$$

де  $c_{u1}$  - витрати на одного працюючого в рік на заходи по випробуванню та дослідженню.

Витрати на охорону навколишнього середовища

$$C_{охр} = \frac{(r_{осн} + r_{дон}) \cdot c_{охр1}}{N_{вип}}, \quad (3.83)$$

де  $c_{охр1}$  - витрати на одного робітника в рік;  $r_{осн}$ ,  $r_{дон}$  - чисельність основних та допоміжних робітників.

Інші витрати. Визначаються в розмірі 5% від тарифної заробітної плати основних і допоміжних робочих

$$C_{інш} = \frac{0,05 \cdot (\Phi_{зн}^{осн} + \Phi_{зн}^{дон.р.})}{N_{зан}}. \quad (3.84)$$

3.2.5.9. Загальновиробничі витрати. Їх величина приймається у розмірі 80% від прямої зарплати робочих (визначаються планово-економічними службами підприємства)

$$C_{10} = \frac{80 \cdot (\Phi_{зн}^{осн} + \Phi_{зн}^{дон.р.})}{N_{вип} \cdot 100}. \quad (3.85)$$

Виробнича собівартість складається із витрат, що розраховані по формулам 3.47 – 3.85.

3.2.5.10. Накопичення підприємства, в тому числі, адміністративні витрати, витрати на збут, інші операційні витрати можуть бути прийняті у розмірі 5% від виробничої вартості (визначаються планово-економічними службами підприємства)

$$C_{11} = C_{\text{вир.с.}} \cdot \frac{5}{100}. \quad (3.86)$$

Витрати, що були визначені по формулам 3.47 – 3.87 формують в сумі повну собівартість

$$C_{\text{повн.с.}} = C_{\text{вир.с.}} + C_{11}. \quad (3.87)$$

### 3.2.6 Розрахунок оптової ціни виробу

Ціна - це грошовий вираз вартості, кількості грошей, що сплачується або одержується за одиницю товару або послуги. Гуртова (оптова) відпускна ціна при цьому розраховується так:

$$C_{\text{гурт}} = C_{\text{повн.с.}} \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right), \quad (3.88)$$

де  $p$  - рівень рентабельності машинобудівних заводів

$$p = \frac{Pr \cdot N_{\text{зан}}}{C_{\text{овф}} + C_{\text{ноз}}}, \quad (3.89)$$

де  $Pr$  - прибуток, потрібно прийняти 20% від повної собівартості продукції (визначається планово-економічними службами підприємства);  $C_{\text{овф}}$  - вартість основних виробничих фондів;  $C_{\text{ноз}}$  - загальна вартість нормованих оборотних засобів.

Представимо зведену інформацію про витрати у таблиці 3.9.

**Таблиця 3.9. Кошторис витрат на виробництво**

Найменування статей	Сума, грн.	% до підсумку
Основні матеріали		
Допоміжні матеріали		
Енергія		
Зарплата основна і додаткова		
Амортизація основних фондів		
Відрахування на соціальне страхування		
Інші грошові витрати		
Всього		

Фонд матеріального заохочення - перемінна частина складає 60% - 80% від фонду оплати праці (без контрактантів). До складу фонду матеріального заохочення включаються нараховані щомісячні премії за виконання показників господарської діяльності, одноразові заохочувальні виплати з Фонду матеріального заохочення підрозділів, а також заохочувальні виплати з фонду Генерального директора.

Розраховані техніко-економічні показники можна звести до таблиці 3.10.



**Таблиця 3.10. Техніко-економічні показники**

Найменування показників	Одиниця вимірювання	Величина показника
1. Випуск продукції		
1.1 Річний випуск продукції в натуральному виразі	шт	
1.2 Річний випуск продукції по трудомісткості	год	
1.3 Річний випуск продукції за повною собівартістю	грн	
1.4 Річний випуск продукції у вартісному виразі	грн	
2. Склад тих, що працюють		
2.1 Загальна кількість тих, що працюють:		
- основні робочі	чол	
- допоміжні робочі	чол	
- ІТР і службовці	чол	
3. Режим роботи		
3.1 Кількість змін		
3.2 Кількість годин роботи в зміну	год	
4. Загальна кількість обладнання		
- у натуральному вимірюванні	шт	
- у вартісному вимірюванні	грн	
- Кз.о.		
5. Площа ділянки:		
- основна	м <sup>2</sup>	
- підсобна	м <sup>2</sup>	
6. Продуктивність праці		
6.1. Вироблення продукції на одного працюючого (натуральний вираз)	шт/чол	
6.2. Вироблення продукції одного працюючого (вартісний вираз)	грн/чол	
7. Фонд заробітної плати		
7.1. Заробітна плата основних робочих	грн	
7.2. Заробітна плата допоміжних робочих	грн	
7.3. Зарплата ІТР і службовців	грн	
8. Показники використання основних фондів:		
- фондвіддача	шт/грн	
- фондоозброєність	грн/чол	
- енергозабезпеченість	кВтгод/чол	

### **3.2.7 Розрахунок капіталовкладень**

Значну частину фінансових коштів підприємств становлять інвестиції. **Інвестиції** - це довгострокові вкладення грошових коштів (капіталу) у підприємницьку діяльність з метою одержання певного прибутку. Юридичні та фізичні особи, що здійснюють вкладення капіталу (інвестування), називаються інвесторами.

Всі інвестиції можуть поділятися *на зовнішні і внутрішні*, тобто іноземні та вітчизняні, а вітчизняні, в свою чергу, поділяються на *реальні (виробничі) та фінансові*.

**Реальні інвестиції** - це вкладення капіталу у різні сфери діяльності і галузі народного господарства з метою створення нових та оновлення існуючих основних фондів ("капітальних" матеріальних благ). Реальні інвестиції називаються *виробничими*, оскільки вони спрямовані у виробництво, але частіше їх називають просто **капітальними вкладеннями**.

**Фінансові інвестиції** - це використання капіталу для придбання облігацій, акцій, інших цінних паперів, що випускаються державою або підприємствами. В умовах ринкової економіки найбільш поширеним видом фінансових інвестицій є купівля акцій з метою одержання доходу у вигляді дивідендів. **Капітальні вкладення** - це кошти, що направляються на розширене відтворення основних фондів та об'єктів соціальної інфраструктури підприємства. Вони складаються із затрат на реконструкцію, розширення, технічне переоснащення діючих та спорудження нових підприємств, заміни основних фондів, що вибули, новими.

У загальному випадку капітальні вкладення ( $K_{\Sigma}$ ), що враховуються при визначенні порівняльної економічної ефективності запропонованого заходу, визначається сумою виду

$$K_{\Sigma} = K_{\text{пр}} + K_{\text{спол}} + K_{\text{супут}} + K_{\text{ндр}}, \quad (3.92)$$

де  $K_{\text{пр}}$  - прямі капітальні вкладення в підприємство-виробника, грн;  $K_{\text{спол}}$  - сполучені капітальні вкладення, грн;  $K_{\text{супут}}$  - капітальні вкладення в супутні галузі, грн;  $K_{\text{ндр}}$  - капітальні вкладення, обумовлені виконанням науково-дослідних робіт, грн.

Прямі капіталовкладення ( $K_{\text{пр}}$ ) охоплюють вкладення в основні фонди (обладнання, споруди; пристрої, оснащення й інше) і оборотні кошти (запаси матеріалів, паливо, покупні напівфабрикати, малоцінне оснащення, заділи деталей тощо) підприємства-виробника.

У якості сполучених капіталовкладень ( $K_{\text{спол}}$ ) розуміють вкладення у підприємство, що забезпечує дане підприємство елементами оборотних фондів, що постійно відновлюються (сировина, паливо, матеріали, комплектуючі запчастини тощо), постачання даного підприємства будівельними матеріалами, конструкціями, обладнанням тощо.

Під супутніми ( $K_{\text{супут}}$ ) розуміються капіталовкладення в об'єкти, зв'язані територіально і функціонально з підприємством-виробником продукції. Це вкладення в під'їзні колії, лінії електропередач, газопровід, каналізацію, теплофікацію тощо, що забезпечує нормальний пуск і експлуатацію даного підприємства.

У разі потреби у складі супутніх вкладень враховують і вкладення в охорону навколишнього середовища, житлове і культурно-побутове будівництво, одноразові витрати на підготовку і перебазування робочої сили.

Капіталовкладення на виконання науково-дослідної роботи ( $K_{\text{ндр}}$ ), що передує створенню нового засобу, способу, охоплюють вкладення в лабораторне обладнання, експериментальні установки, апарати, прилади, будинки і спорудження лабораторій.

### 3.2.8 Розрахунок економічного ефекту

Економічний ефект виражається у різних вартісних та натуральних показниках, які характеризують проміжні та кінцеві результати виробництва у масштабі підприємства (об'єднання), галузі і народного господарства в цілому. До таких показників відносяться наприклад, обсяг валової, товарної, реалізуємої, іноді чистої продукції, маса отриманого прибутку, економія від зниження собівартості продукції, величина національного доходу і сукупного суспільного продукту.

Економічний ефект заходів НТП розраховується на всіх етапах реалізації і за весь період здійснення цих заходів і визначається як різниця між вартісною оцінкою результатів і вартісною оцінкою сукупних витрат ресурсів за цей період.

Залежно від завдань, які вирішуються, економічний ефект може обчислюватися в одній із двох форм:

а) народногосподарський (загальний ефект за умовами використання нововведень);

б) господаро-розрахунковий (комерційний ефект, який одержується окремо розробником, виробником і споживачем нововведень).

Народногосподарський економічний ефект обчислюється шляхом порівняння результатів за місцем використання нової техніки, інших нововведень і усіх витрат на їх розробку, виробництво і споживання.

Комерційний економічний ефект обчислюється на окремих стадіях «життєвого циклу» нововведення (стадії розробки, виробництва, експлуатації) і дає можливість оцінити ефективність технічних нововведень з врахуванням економічних інтересів окремих проектно-конструкторських організацій, підприємств-виробників і підприємств-споживачів.

Перша форма економічного ефекту використовується на стадії обґрунтування доцільності розробки та вибору найкращого варіанту проектного рішення, друга форма - у процесі реалізації заходів, коли є відомими ціни на нову науково-технічну продукцію, обсяги її виробництва, умови і строки застосування.

На стадії техніко-економічного обґрунтування і вибору найкращого варіанту, при формуванні планів наукових і дослідно-конструкторських робіт повинен бути витриманий народногосподарський підхід, який передбачає врахування при оцінці заходів НТП усіх можливих наслідків - економічних, соціальних, екологічних, зовнішньоекономічних. Етапи реалізації цього підходу зводяться до наступного:

- із потенційно можливих варіантів вибирають ті, які задовольняють заданим обмеженням;
- по кожному із вибраних варіантів обчислюють результати, втрати, економічний ефект;
- кращим визнається варіант, що забезпечує максимальну величину економічного ефекту, а при умові його тотожності по декількох варіантах - варіант з мінімальними затратами на його досягнення.

Сумарний економічний ефект від реалізації заходів НТП за певний розрахунковий період  $T$  ( $E_m$ ) обчислюється за формулою

$$E_T = P_T - Z_T, \quad (3.93)$$

де  $E_T$  - економічний ефект за розрахунковий період;  $P_T$  - вартісна оцінка результату за розрахунковий період;

$$P_T = \sum_{t=t_n}^{t=t_k} P_t \alpha_t, \quad (3.94)$$

де  $P_t$  - вартісна оцінка результатів у  $t$ -ом році розрахункового періоду;  $t_n$  - початковий рік розрахункового періоду;  $t_k$  - кінцевий рік розрахункового періоду;  $\alpha_t$  - коефіцієнт приведення до розрахункового року;

$$Z_T = \sum_{t=t_n}^{t=t_k} Z_t \alpha_t, \quad (3.95)$$

де  $Z_T$  - вартісна оцінка витрат за розрахунковий період;  $Z_t$  - вартісна оцінка витрат у  $t$ -ом році розрахункового періоду;  $t_n$  - початковий рік розрахункового періоду;  $t_k$  - кінцевий рік розрахункового періоду;  $\alpha_t$  - коефіцієнт приведення до розрахункового року.

$$\alpha_t = (1 + E_n)^{t_p - t}, \quad (3.96)$$

де  $E_n$  - норматив приведення різночасових витрат і результатів, чисельно рівний ефективності капітальних вкладень (наприклад,  $E_n = 0,1$ );  $t_p$  - розрахунковий рік;  $t$  - рік, витрати і результати якого приводяться до розрахункового року.

Такий спосіб визначення економічного ефекту є однаковим як при обчисленні - народногосподарського, так і комерційного ефекту від впровадження заходів науково-технічного прогресу.

У розрахункових та дипломних роботах студенти ведуть розрахунок по декількох варіантах проектів. Фактор часу так як і фактор ресурсів має суттєве значення в прийнятті рішень. Тому, важливим є знаходження розрахункового строку окупності капітальних витрат ( $T_{\text{ок.р}}$ ) по певному варіанту, що обчислюється

$$T_{\text{ок.р}} = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2},$$

де  $K_1, K_2$  - сума капіталовкладень по першому і другому варіантах, грн.;  $C_1, C_2$  - собівартість річного випуску продукції по першому та другому варіанту, грн.

Якщо варіантів більше двох, то кращий з них вибирають шляхом попарного співставлення зазначених величин.

У зв'язку із активним розвитком в Україні ринкових відносин, активним співробітництвом із різними країнами та міжнародними організаціями сучасні підприємства активно використовують у своєму обліку і аналізі діяльності міжнародні правила та принципи розрахунку ефективності інвестицій. В сучасній практиці оцінки ефективності інвестицій (капіталовкладень) широко використовуються такі методи як DPB, NPV, IRR, метод залишкової вартості та інші [2]. Оскільки всі процеси в організації пов'язані із поліпшенням якості на різних етапах виробничого процесу, то для розрахунку економічного ефекту можуть бути застосовані підходи, які викладені в [3].

### 3.2.9 Вимірювання продуктивності

Продуктивність - це найбільш загальний критерій ефективності, що використовується країною, галуззю промисловості або підприємством власних ресурсів

(або факторів виробництва). В найбільш широкому розумінні вона визначається наступним відношенням:

$$\text{Продуктивність} = \frac{\text{Сумарний\_вихід}}{\text{Сумарний\_вхід}}$$

Для того щоб підвишити продуктивність компанії необхідно намагатися до найбільшого збільшення цього відношення.

Продуктивність представляє собою відносний показник. Іншими словами, для того щоб він мав зміст, даний показник необхідно порівняти із будь-яким іншим.

Порівняти показники продуктивності можна двома способами. По-перше, компанія може порівняти себе із подібними їй фірмами, що працюють у тій же галузі промисловості або послуг, або використовувати дані по своїй галузі після їх друку.

По-друге, можна вимірювати показники своєї продуктивності на протязі тривалого часу. У даному випадку порівнюються дані по одній і тій же компанії за різні періоди.

Отже, продуктивність можна виразити у вигляді частинних, багатофакторних показників і загального показника (табл. 3.11).

**Таблиця 3.11. Приклади розрахунку показників ефективності**

Частинні показники	$\frac{\text{Вихід}}{\text{Затрати\_праці}}$ , $\frac{\text{Вихід}}{\text{Затрати\_капіталу}}$ ,
	$\frac{\text{Вихід}}{\text{Затрати\_матеріалів}}$ , $\frac{\text{Вихід}}{\text{Затрати\_енергії}}$ .
Багатофакторні показники	$\frac{\text{Вихід}}{\text{Затрати\_праці} + \text{Затрати\_капіталу} + \text{Затрати\_енергії}}$ ,
	$\frac{\text{Вихід}}{\text{Затрати\_праці} + \text{Затрати\_капіталу} + \text{Затрати\_матеріалів}}$
Загальний показник	$\frac{\text{Вихід}}{\text{Вхід}}$ , $\frac{\text{Виготовлені\_товари\_та\_послуги}}{\text{Всі\_використані\_ресурси}}$

Якщо визначається коефіцієнт співвідношення “виходу” та будь-якого окремого ресурсу на “вході”, то ми отримуємо частинний показник продуктивності. Якщо ми бажаємо знати, як співвідносяться “вихід” і певна група ресурсів на “вході” (але не всіх), то отримуємо багатофакторний показник продуктивності; при визначенні коефіцієнта співвідношення сумарного “виходу” до суми “входів” отримуємо загальний показник продуктивності, який можна використовувати для опису продуктивності організації в цілому або навіть всієї держави.

Зазначимо, що для отримання частинного і багатофакторного показників продуктивності у якості чисельника необов'язково використовується сумарний “вихід” виробництва. Досить часто метою буває визначення таких показників, які б відображали продуктивність у відношенні будь-якого конкретного “входу”.

Так, наприклад, виробничого менеджера може інтересувати загальний об'єм одиниць випущеної продукції його компанії, а технічного директора - загальний об'єм виробництва. Такий процес агрегування та дезагрегування показників продуктивності забезпечує аналіз діяльності фірми на будь-якому рівні управління, на якому оцінюється досягнення різних цілей.

### Питання до розділу 3

1. В чому полягає сутність економічної ефективності?
2. Які є види економічної ефективності?
3. В яких показниках виражається економічний ефект?
4. Що представляє собою техніко-економічне обґрунтування?
5. Що таке собівартість продукції (послуг)?
6. Що таке калькуляція продукції (послуг) і які статті до неї входять?
7. Що таке інвестиції і для чого вони використовуються?
8. Що таке капіталовкладення і як вони обраховуються?
9. Які існують підходи при розрахунку економічного ефекту?
10. Що таке продуктивність і які є підходи при визначенні продуктивності?

### Список рекомендованої літератури

Камалов, В.С. Производство космических аппаратов [Текст] / В.С. Камалов. – М.: Машиностроение, 1982. – 279 с.

Недайвода, А.К. Технологические основы качества ракетно-космической техники [Текст] / А.К. Недайвода. – М.: Машиностроение, 1998. – 240 с.

Алексєєв, Ю.С. Технологія виробництва ракетно-космічних літальних апаратів [Текст]: підруч. для вузів / Ю.С. Алексєєв [та ін.].– Д.: АРТ-ПРЕС, 2007. – 480 с.

Тарасов, В.А. Теоретические основы технологии ракетостроения [Текст]: учеб. пособие / В.А. Тарасов, Л.А. Кашуба.– М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 352 с.

Джур, О.Є. Інноваційний розвиток промислового підприємства [Текст]: навч. посібник / О.Є. Джур.–Д.:РВВ ДНУ. 2004, 72 с.

Міністерство економіки з питань європейської інтеграції України Н А К А З Про підвищення ефективності залучення та використання коштів міжнародних фінансових організацій (Порядок, п.1.2) 29.12.2004, № 451.

## Зміст

Вступ	3
1. Технологічні операції клепки та загальні відомості про отримання заклепувальних з'єднань	4
1.1. Позначення та типи заклепок	6
1.2. Утворення отворів під заклепки і гнізд під головки потайних заклепок	10
1.3. Розташування заклепок у клепаних з'єднаннях елементів конструкцій	12
1.4. Види і способи клепки, обладнання для клепання	13
1.5. Герметизація клепаних з'єднань	21
1.6. Технічні вимоги до клепаних з'єднань	22
1.7. Зміст і об'єм технологічних процесів складання клепанням елементів конструкцій в виробництві виробів	23
1.8. Точність складальних робіт при виготовленні клепаних елементів конструкцій	25
1.9. Типові деталі і вузли клепаних відсіків	27
1.10. Методи складання клепаних елементів конструкцій	30
1.11. Технічні умови на агрегатне складання	39
1.12. Складання-клепання вузлів агрегату	40
1.13. Розробка технологічних процесів складання-клепання	44
Питання до розділу 1	45
2. Виготовлення відсіків клепаної конструкції	46
2.1. Загальна схема технологічного процесу виготовлення клепаних відсіків	46
2.2. Виготовлення клепаних відсіків	50
2.2.1. Виготовлення клепаного відсіку панельно-стрингерної конструкції	50
2.2.2. Виготовлення клепаного відсіку непанельованої конструкції	52
2.2.3. Вимірювання геометричних параметрів клепаних відсіків	54
2.3. Виготовлення аеродинамічного обтічника	56
2.3.1. Виготовлення АДО клепаної конструкції	56
2.3.2. Загальне складання АДО, випробовування і заключні роботи	58
2.4. Експериментальне відпрацювання конструкцій і випробовування сухих відсіків і аеродинамічних обтічників	59
2.4.1. Експериментальне відпрацювання і випробовування сухих відсіків	59
2.4.2. Експериментальне відпрацювання і випробовування аеродинамічних обтічників	61
Питання до розділу 2	63
3. Економічна ефективність процесів складання-клепання	64
3.1. Постановка завдання	64
3.2. Розрахунок собівартості	67
3.2.1. Основи організації і розрахунок параметрів потокової лінії	69

3.2.2. Розрахунок чисельності промислово-виробничого персоналу (ППП) і організація заробітної плати	71
3.2.3. Розрахунок виробничих фондів	73
3.2.4. Оборотні засоби	75
3.2.5. Розрахунок собівартості одиниці продукції	75
3.2.6. Розрахунок оптової ціни виробу	80
3.2.7. Розрахунок капіталовкладень	82
3.2.8. Розрахунок економічного ефекту	83
3.2.9. Вимірювання продуктивності	84
Питання до розділу 3	86
Список рекомендованої літератури	86

Темплан 2010, поз.

Навчальне видання

Олексій Володимирович Кулик  
 Микола Миколайович Убизький  
 Ольга Євгенівна Джур  
 Дмитро Іванович Шевчук  
 Сергій Володимирович Манжеліївський  
 Афанасій Григорович Фесенко

**Технологія та організація виробництва  
 клепаних елементів конструкцій виробів**

Навчальний посібник

Редактор Л.В. Хом'як  
 Техредактор Л.П. Замятіна  
 Коректор А.А. Гриженко

---

Підписано до друку .03.11. Формат 60×84/16. Папір друкарський. Друк плоский.  
 Ум. друк. арк. . Ум. фарбовідб. . Обл.-вид. арк. . Тираж 200 пр. Зам. № .

---

РВВ ДНУ, просп. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010.  
 Друкарня ДНУ, вул. Наукова, 5, м. Дніпропетровськ, 49050