

DOI 10.36074/logos-03.03.2023.21

ЗАСТОСУВАННЯ БОЛТ-ЗАКЛЕПКИ В КОНСТРУКЦІЇ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

ORCID ID: 0000-0002-5274-5368

Шапар Сергій Вікторович
аспірант літакобудівного факультету
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

ORCID ID: 0000-0002-9689-6977

Воронько Ірина Олексіївна
канд. техн. наук, доцент кафедри технології виробництва літальних апаратів
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

УКРАЇНА

Створити літальний апарат не використовуючи кріплення неможливо, середньостатистичний комерційний літак має від 1,5 до 3 млн. з'єднань. Найпоширенішими типами кріпильних елементів є болти та заклепки. Заклепувальні та болтові з'єднання здійснюють шляхом постановки металевих стрижнів у суміщені отвори елементів, що з'єднуються [1].

Болти складаються з головки та різьбового стрижня. Різьблення може бути частковим або повним залежно від типу болта. Болти призначені для використання усередині різьбових отворів, їх неможливо встановити, вбивши в різьбовий отвір. Різьба отвору завадить це зробити. Установити з'єднання можна викруткою, не вдаючись до спеціального обладнання. Болти – це тимчасові кріплення, їх можна легко видалити після встановлення.

Як і у випадку з болтами, заклепки складаються з головки та зі стрижня, але без різьблення (стрижень типової заклепки гладкий). Заклепки можуть скріплювати кілька компонентів. Встановити з'єднання можна лише при застосуванні спеціального обладнання чи інструменту (пресів або ручних молотків). Заклепки є постійними кріпленнями, тому їх не легко видалити, вони зламуються під час процесу.

Заклепувальні та болтові з'єднання працюють переважно на зсув, при сприйнятті зовнішніх зусиль в них спостерігається кілька стадій роботи [2]:

1) перша стадія – пружна робота, що відбувається за рахунок сил тертя, що виникають у з'єднанні при охолодженні заклепок;

2) друга стадія – пружно-пластична робота після подолання зовнішнім зусиллям сил тертя. Після зсуву стрижень заклепки впирається в стінки отворів деталей, що з'єднуються і залучається безпосередньо в роботу. На цій стадії зусилля сприймається стрижнем, який під впливом зсуву починає згинатися, зрізатися і розтягуватися.

3) третя стадія – пластична робота, пов'язана з роботою стрижня заклепки, коли він значно деформується. У цей час початковий натяг заклепок слабшає, що веде до зменшення сил тертя.

Граничним станом заклепувального та болтового з'єднань вважається руйнування заклепок/болтів або руйнування деталей, що з'єднуються (викол).

Розрахунок міцності заклепувальних та болтових з'єднань проводиться у припущенні рівномірного розподілу зусиль між заклепками/болтами за такими формами:

– на зріз:

$$N/(n \cdot n_s \cdot \gamma_b \cdot A \cdot R_s) \leq 1 \quad (1)$$

– на зминання:

$$N/[(n \cdot d \cdot \gamma_b \cdot (\sum t_{\min}) \cdot R_p)] \leq 1 \quad (2)$$

– на розтягування:

$$N/(n \cdot A_n \cdot R_t) \leq 1 \quad (3)$$

де N – розрахункове значення поздовжньої сили, що діє на з'єднання;

n – кількість болтів або заклепок у з'єднанні;

n_s – число розрахункових зрізів одного болта/заклепки;

γ_b – коефіцієнт умов роботи болтового з'єднання. $A = d^2/4$ – розрахункова площа перерізу стрижня;

R_s, R_p, R_t – розрахункові опори на зріз, зминання та розтягування;

d – зовнішній діаметр стрижня;

$\sum t_{\min}$ – найменша сумарна товщина елементів, що зминаються в одному напрямку;

A_n – площа перерізу.

Конструкції літальних апаратів повинні відповідати високим вимогам що до жорсткості та міцності вузлів. Для поєднання кращих властивостей цих кріпильних елементів в з'єднанні пропонується застосовувати болт-заклепку.

Болт-заклепка дозволяє формувати особливо міцні монтажні вузли у виробках і конструкціях, які зазнають значних навантажень. Беззаперечна перевага таких елементів – підвищена стійкість до руйнування через зріз чи розрив. Крім цього, в порівнянні зі звичайними заклепками та болтами, є безліч інших переваг:

- 1) висока продуктивність процесу постановки;
- 2) безшумність процесу постановки та відсутність шкідливої для здоров'я робочого вібрації;
- 3) на поверхнях деталей, що з'єднуються, не утворюються вм'ятини і мікротріщини;
- 4) можливість постановки у місцях з обмеженим підходом;
- 5) якість виконання залежить лише від якості інструменту;
- 6) підвищення герметичності з'єднання завдяки щільному стиску пакета та виключенню заміни контрольних болтів на заклепки після закінчення процесу вулканізації герметика.

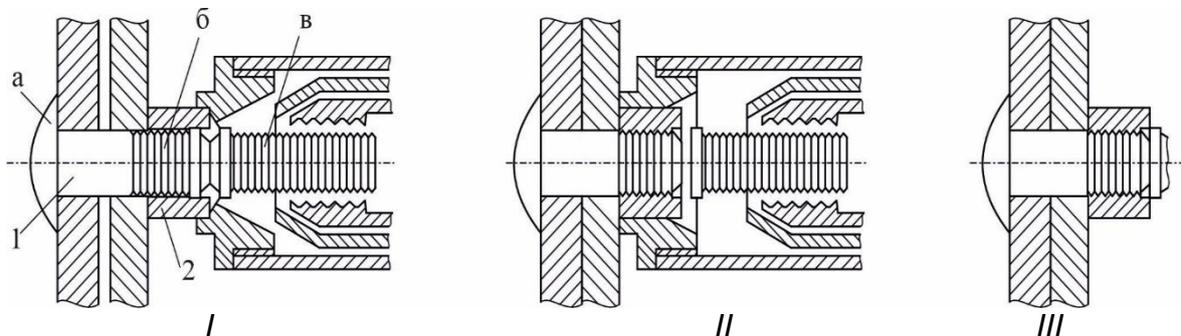


Рис. 1. Послідовність встановлення болт-заклепки:

I – установка преса на технологічний хвостовик; II – обтискання кільця пресом;

III – відрив технологічного хвостовика і знімання преса з обтисненого кільця

Поширений тип болт-заклепки складається зі стрижня з головкою **a**, робочою ділянкою **б** і технологічним хвостовиком **в** (рис. 1). Між робочою

ділянкою і хвостовиком виконана канавка, по якій після утворення замикаючої головки відбувається відрив технологічного хвостовика. Робоча ділянка включає в себе гладку циліндричну і профільну частини з кільцевими канавками, які заповнюються матеріалом кільця в процесі його обтягування пресом.

Болт-заклепки без технологічного хвостовика є більш прогресивними кріпильними елементами, так як мають в 2 рази меншу металоємність у порівнянні з болт-заклепками з технологічним хвостовиком [3]. Це гостро відчувається при їх виготовленні з дорогих і дефіцитних титанових сплавів, а також при масовому застосуванні в конструкціях такого типу кріплення.

Для встановлення болт-заклепок, як і для заклепок, потрібне спеціальне обладнання. А постановка болт-заклепки без технологічного хвостовика викликає складності при реалізації технологічного процесу через відсутність ефективного механізованого інструменту. Вирішення цих проблем можливе при використанні пристроїв високошвидкісної (імпульсної) дії.

Висновок. Болт-заклепки – заклепки посиленого типу – застосовують для створення основних нероз'ємних (структурних) з'єднань металоконструкцій. Використання болт-заклепок дозволяє зменшити трудомісткість процесу складання та знизити вартість виробу. Також збільшує термін служби літального апарату та гарантує безпеку експлуатації об'єктів аерокосмічної техніки.

Список використаних джерел:

- [1] CNCLATHING (2020) Compare Different Fasteners: Difference Between Bolt, Screw, Rivet and Nut. Available at: <https://www.cnclathing.com/>
- [2] Kulak G.L., Fisher J.W., Struik J.H.A. (2001) Guide to Design Criteria for Bolted and Riveted Joints. Chicago: American Institute of Steel Construction, 352.
- [3] Воробьев Ю.А., Воронько В.В., Степаненко В.Н. (2009) Исследование возможности образования болтозаклепочных соединений импульсным способом, Зб. наук. праць Харк. ун-ту Повітряних Сил, 1 (19), 129-132.