

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра технології виробництва літальних апаратів

Пояснювальна записка

ДО дипломної роботи
(тип кваліфікаційної роботи)
магістра
(освітній ступінь)

на тему «Розробка технології складання стабілізатора літака типу Ан-148
та аналіз механічної обробки деталей з полімерних композиційних
матеріалів»

ХАІ.104.163.23О.134.1901113 ПЗ

Виконав: здобувач(ка) 2 курсу групи № 163
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
(код та найменування)

Спеціальність 134 «Авіаційна та ракетно-
космічна техніка»
(код та найменування)

Освітня програма «Технології виробництва та
ремонту літальних апаратів»
(найменування)

Дудко Денис Віталійович

(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Катерина МАЙОРОВА
(ім'я та прізвище)

Рецензент: Юрій ЧОРНИЙ
(ім'я та прізвище)

Харків – 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет _____ літакобудування _____

Кафедра _____ технології виробництва літальних апаратів _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Галузь знань _____ 13 «Механічна інженерія» _____
(код та найменування)

Спеціальність _____ 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» _____
(код та найменування)

Освітня програма _____ «Технології виробництва та ремонту літальних апаратів» _____
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Катерина МАЙОРОВА _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«_____» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

_____ Дудко Денис Віталійович _____

(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема кваліфікаційної «Розробка технології складання стабілізатора літака типу Ан-148 та аналіз механічної обробки деталей з полімерних композиційних матеріалів»

керівник кваліфікаційної роботи Майорова Катерина Володимирівна, к.т.н.,
доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № 2036-уч від « 23 » 11 2023 року

2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи _____ 15 січня 2024 р. _____

3. Вихідні дані до роботи Графік виконання кваліфікаційної роботи; державні та галузеві стандарти; креслення базової конструкції стабілізатора літака типу Ан-148 та аналіз механічної обробки деталей з полімерних композиційних матеріалів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)

Виконати конструктивно-технологічний аналіз конструкції пасажирського літака і обробку композиційних матеріалів, розробку технології виготовлення та складання стабілізатора літака типу Ан-148, економічні розрахунки та аналіз.

5. Перелік графічного матеріалу Складальне креслення стабілізатору літака типу Ан-148, схема складання, складальні креслення.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конструкторський розділ	Трубаєв С.В., зав. каф.103	20.11.2023	11.01.2024
Технологічний розділ	Майорова К.В., зав. каф.104	20.11.2023	11.01.2024
Економічний розділ	Майорова К.В., зав. каф.104	20.11.2023	11.01.2024
Спеціальний розділ	Майорова К.В., зав. каф.104	20.11.2023	11.01.2024

Нормоконтроль _____ « ____ » _____ 20__ р.
(підпис) (ім'я та прізвище)

7. Дата видачі завдання « ____ » _____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Конструкторський розділ	11.01.2024	
2	Технологічний розділ	11.01.2024	
3	Економічний розділ	11.01.2024	
4	Спеціальний розділ	11.01.2024	

Здобувач

(підпис)Дудко Д.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)Катерина МАЙОРОВА

(ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

АННОТАЦІЯ	8
ВСТУП.....	9
ЦЕЙ ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СКЛАДАЄТЬСЯ З П'ЯТИ ЧАСТИН: ПРОЕКТНОЇ, ТЕХНОЛОГІЧНОЇ, ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСОБЛИВОЇ ЧАСТИНИ ПРОЕКТУ.	9
1. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	11
1.1. ТЕХНІЧНИЙ ОПИС І КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ БАЗОВОГО СТАБІЛІЗАТОРА, ШЛЯХИ ЙОГО ВДОСКОНАЛЕННЯ.....	12
1.2. Розробка удосконаленого варіанту складання. ПРОЕКТ	17
1.3. Обґрунтування прийнятих рішень розрахунками.....	19
1.4. Технічні умови на виготовлення стабілізатора.....	32
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	35
2.1. Розробка технології складання.	36
2.1.1. Оцінка технологічності конструкції стабілізатора та його частини	36
2.1.2. Аналіз існуючих виробничих, технологічних заходів щодо підвищення якості продукції та ефективності виробництва	39
2.1.3. Схема конструктивно-технологічного поділу стабілізатора. Визначення ступеня комплектності складання стабілізатора та його вузлів	39
2.1.4. Схема складання стабілізатора і маршрутний (директивний) технологічний процес.....	41
2.1.5. Обґрунтування способів складання та складу монтажних пристосувань для стабілізатора та його вузлів.	42
2.1.6. Розробка схеми зчеплення стабілізатора, обґрунтування прийнятих методів і засобів забезпечення взаємозамінності шляхом розрахунку точності контурів або з'єднань агрегату.....	44
2.1.7. Технічні умови на поставку вузлів стабілізатора	47
2.1.8. Технічні умови на конструкцію вузлового складального пристосування ...	48
2.1.9. Розробка технологічного процесу складання стабілізатора	49
2.2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ЗБІРКА ЗАПОВНЮВАЧА.....	50
2.2.1. Схема базування при складанні стабілізатора	50
2.2.2. Розробка конструкції монтажного пристосування	54
2.2.3. Розробка конструкції представника оснастки другого порядку (за схемою зчеплення)	59

2.2.4. Технічне проектування засобів механізації (автоматизації) складального процесу	62
2.3. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ	62
2.3.1. Уточнення виду продукції	62
2.3.2. Вибір організаційної форми збірки агрегату	63
2.3.3. Складання циклічного графіка складання агрегату	64
2.3.4. Опис робочого місця та заходів охорони праці	66
2.4. ГАРАНТІЯ ЯКОСТІ ЗБРАНОВОГО ВИРОБУ	68
2.4.1. Характеристика об'єктів, методів і засобів контролю якості	68
2.5. ПРОЕКТУВАННЯ АГРЕГАТНО-СКЛАДАЛЬНОГО ЦЕХУ	71
2.5.1. Технологічні розрахунки проектного цеху	72
2.5.1.4 Визначення складу цеху.....	83
3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	86
3.1. РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СКЛАДАЛЬНОГО ЦЕХУ ХВОСТОВОГО ОПЕРЕННЯ	87
3.1.2 Визначення вартості основних фондів цеху	95
3.1.3. Розрахунок непрямих витрат на обслуговування обладнання та управління цехом	98
3.1.4. Розрахунок витрат на управління цехом	101
3.1.5. Розрахунки кошторису собівартості продукції.....	102
3.1.6. Розрахунок нормованої вартості оборотних коштів та узагальнюючі економічні показники цеху.....	106
3.1.7. Розрахунок точки беззбитковості.....	108
4. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	110
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА	134
ДОДАТКИ	137

АННОТАЦІЯ

Дипломний проект містить:

сторінок - 139;

малюнків - 25;

Є 23 таблиці.

Перелік ключових слів: технологія, технологічний процес, носова частина фюзеляжу, технологічність, артикуляція, схема складання та зчеплення, стандартизація, схема базування, складально-складальні роботи, обладнання з ЧПУ, пристосування, трудомісткість, цикл, хід, загальні витрати.

Даний дипломний проект містить наступні розділи:

- Конструктивний розділ, в якому модернізовано стабілізатор пасажирського літака середнього класу Ан-148. Були проведені розрахунки на міцність, дано технічний опис і конструкторсько-технологічний аналіз.

- Технологічний розділ, який включає в себе розробку збірки, розбір можливих варіантів збірки, схеми складання і зв'язку оснастки. На основі точних і економічних розрахунків була обрана оптимальна схема складання і зв'язування заготовки і монтажної оснастки. Обрана схема монтажного пристосування, складено технічні умови на його конструкцію. Проведено технологічні розрахунки проектного агрегатно-складального цеху. Розроблено методи організації робочих місць, механізації та автоматизації праці. Розроблено систему управління якістю продукції.

- Економічна частина включає в себе розрахунок техніко-економічних показників цеху по складанню хвостового оперення, розрахунок кошторису собівартості продукції і точок беззбитковості.

ВСТУП

В даний час KiAZ Aviant виробляє пасажирський літак Ан-148. Цей літак замінить застарілі Ан-24 та Ту-134. Ан-148 розрахований на 70 пасажирів з дальністю польоту 4 000 км. Його аналогом є літак Ан-74ТК300, але на відміну від нього новий літак зможе перевозити більшу кількість пасажирів на більші відстані, при приблизно рівних експлуатаційних витратах.

Повітряне судно повинно відповідати ряду вимог: надійність, технологічність, економічність, безпека і т.д. Для того, щоб повітряне судно відповідало вищезазначеним вимогам, необхідно розробити різноманітну конструкторську, технологічну та дослідницьку документацію.

На сучасному етапі розвитку авіації важливу роль відіграє технологія складально-монтажних робіт. Льотні та експлуатаційні якості літальних апаратів безпосередньо залежать від якості технологічного обладнання, прийнятого у виробництві. Переважання в конструкції планера нежорстких просторових форм вимагає особливого підходу до проектування складальної техніки. Він полягає в розробці складних схем зв'язування оснастки і складання агрегату. Жорсткі допуски на розмірні відхилення змушують створювати цілі системи контролю їх відповідності, як на етапі проектування, так і на етапі виробництва.

Цей дипломний проект складається з п'яти частин: проектної, технологічної, економічної безпеки життєдіяльності та особливої частини проекту.

У конструкторській частині ми модернізуємо конструкцію стабілізатора пасажирського літака. Розраховуємо стабілізатор під впливом повітряних сил, що діють на нього в польоті. Складаємо технічні умови на збірку стабілізатора пасажирського літака.

Технологічна частина проекту спрямована на вдосконалення технології та обладнання виробництва стабілізаторів, підвищення якості виробів і скорочення циклу складання. Також в технологічній частині виконується проектування хвостового цеху: проводяться необхідні розрахунки, схема і компоновання проектованого цеху і схема вантажопотоків.

В економічній частині розраховуються техніко-економічні показники проектованого цеху і визначається точка беззбитковості.

Розділ безпеки життєдіяльності включає визначення і методи зниження шкідливих факторів виробничих приміщень, а також дається розрахунок заземлення в цеху.

У спеціальній частині проекту розглядаються способи клепки композиційних матеріалів. Ця тема актуальна для процесу складання стабілізатора, так як в його конструкції присутні деякі елементи, які виготовлені з КМ.

1. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1. Технічний опис і конструкторсько-технологічний аналіз конструкції базового стабілізатора, шляхи його вдосконалення

Хвостове оперення літака консольне однокілеве, Т-подібне. Оперення складається з двох консолей-стабілізаторів, двох половин ліфта, плавника і керма.

Оперення є органом стійкості і керованості літака. Як правило, горизонтальне оперення забезпечує поздовжню стійкість і керованість літака, а вертикальне - гусеничну стійкість. Ефективність хвоста (крім швидкості і висоти польоту) також залежить від площі хвоста і деталей, до яких він кріпиться. Компонування оперення на літаку і його конструктивні параметри повинні забезпечувати його достатню ефективність у всіх режимах польоту, включаючи зліт і посадку.

По висоті оперення розташовують так, щоб у всіх основних режимах польоту воно не затінювалося крилом і фюзеляжем і так, щоб ухили потоку в районі оперення були мінімальними. Якщо не брати до уваги струменя газів від двигунів, то цій вимозі найкраще відповідають схеми з горизонтальним хвостовим оперенням, розташованим нижче осі фюзеляжу або на верхній частині оперення. Вважається, що низький хвіст більш ефективний при великих кутах атаки, так як при збільшенні кута атаки він рухається вниз від області максимальних нахилів потоку за крилом.

На вибір розміщення оперення великий вплив робить розташування двигунів на літаку. Якщо струмінь газу від двигуна проходить близько до хвостової частини, результуюча сила всмоктування негативно позначається на роботі хвостового оперення.

Горизонтальне хвостове оперення, розташоване над кілем, яке є кінцевою шайбою для кіля, підвищує його ефективність. При цьому, однак, кіль додатково навантажується з горизонтального хвоста, і розкид маси, викликаний такою схемою, несприятливий з точки зору флаттера. Раціональність такої схеми з точки зору ваги залежить від розмірів і загальної аеродинамічної компоновки літака. У ряді випадків, в тому числі і в розглянутому, вона виявляється більш вигідною, ніж схема з горизонтальним хвостовим оперенням на фюзеляжі. Пояснюється це зменшенням необхідного розміру площі горизонтального хвоста, розташованого на стрілоподібному кілі,

за рахунок збільшення його плеча, а площі вертикального хвостового оперення - за рахунок підвищення його ефективності.

При визначенні розмірів і компоновання оперення слід враховувати наступне:

- оперення у всьому діапазоні швидкостей і висот у всіх режимах польоту має бути достатньо ефективним;
- повинні забезпечувати балансування при несиметричному навантаженні в разі односторонньої зупинки двигунів з одного боку, перехресного намотування і т.д.;
- У конструкції та компованні оперення необхідно виключити причини, які можуть спричинити вібрації, такі як тріпотіння та удари під час повітряного потоку.

Основними геометричними характеристиками горизонтального хвоста є:

Квадрат:	18,87м ²
Свінг:	9,40 хв
Подовження:	4,61
Звуження:	2,51
Розгортка на 0.25 акорд:	32°
Коефіцієнт статичного моменту:	0,937
Кут установки:	+1°
Відносна товщина:	
- Корінь	9,8%
- Кінець	9,8%

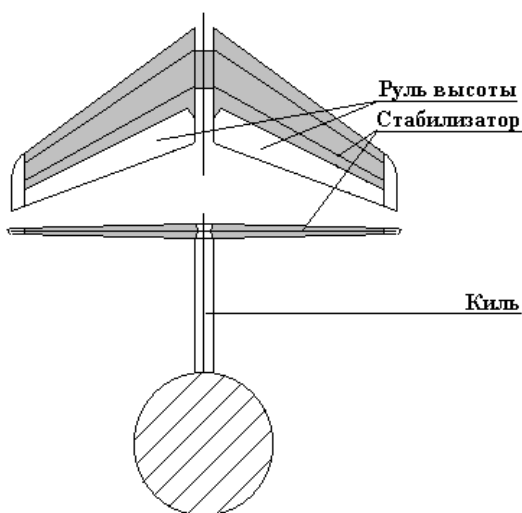


Рисунок 1.1 – Форма горизонтального хвостового оперення в плані і при огляді з передньої частини літака

Форма горизонтального хвоста, як і крила, характеризується видом у плані, видом спереду, профілем.

У нашому випадку горизонтальний хвіст зметений і має трапецієподібну форму в плані.

У виді спереду хвіст характеризується кутом ψ г.о. поперечний V . У цьому випадку $\psi_{г.о.} = +1^\circ$.

При розташуванні горизонтального хвоста у верхній частині вертикального хвоста конструкція точок кріплення ускладнюється (за рахунок маленької кріпильної основи) і значно збільшується їх вага. Однак при такому розташуванні горизонтального хвоста підвищується ефективність вертикального хвоста і збільшується плече горизонтального хвоста L .

У даному проекті розглядається конструкція стабілізатора, що представляє собою нерухому частину горизонтального хвоста.

Проектування несучої конструкції є частиною завдання проектування літального апарату. Тому високі вимоги до досконалості літака в плані ваги в повній мірі поширюються і на окремі елементи конструкції.

При виборі конструкції і проектуванні агрегату проектувальник повинен враховувати, з одного боку, вимоги до конструкції (навантаження, задана геометрія і форма, зв'язок з сусідніми конструкціями, умови експлуатації, економічні міркування і т. Д.), З іншого - технологічні можливості виготовлення, наявність необхідних матеріалів, надійність експлуатації.

У нашому випадку стабілізатор і кіль дволонжеронної конструкції з робочою дюралюмінієвою обшивкою. Ліфт і кермо мають осьову аеродинамічну компенсацію і стовідсоткове балансування ваги.

До складу стабілізатора входить кесонна секція, носова секція, хвостова частина.

Кесонна частина стабілізатора являє собою конструкцію, що складається з 2-х лонжеронів, 15 ребер, верхньої і нижньої панелей.

Основними елементами лонжерона є стрічки з екструдованого профілю D16hTP T-подібного перерізу, вони поглинають поздовжні зусилля, і стінки, які пра-

цюють в основному на зсув від зсувних сил. При виборі форми секції стрічки керуються завданням отримання максимального моменту інерції лонжерона при заданій площі його перетину, міркуваннями простоти його виготовлення, зручності обслуговування профілю, економії матеріалу ремня для отворів під болти і заклепки, а також зручність кріплення обрешітки і стін. Завдяки наявності лапок площа ремнів, зайнятих отворами для заклепок, невелика, а кріплення обшивки і стінки до ремня спрощується.

На одному кінці ремня є штуцери для з'єднання центральної та консольної частин стабілізатора.

Стіни виконані з листового матеріалу D16 товщиною 1,5 мм. Тонкі стінки підтримуються пресованими цибулинними кутовими стійками з матеріалу D16T, за допомогою яких до лонжерона кріпляться ребра. Основне призначення стійок полягає в тому, щоб розділити стіну на панелі і за рахунок цього збільшити критичні зсувні напруги локального викривлення, які залежать від співвідношення h/a і відносної товщини стінки. Крок стійок - 150 мм (одна стійка між ребрами).

П'ять стрингерів рівномірно розташовані між першим і другим лонжеронами. Стрингер - це поздовжній елемент, який зміцнює шкіру. Він навантажується осьовими силами від згинального моменту стабілізатора і поперечними зусиллями від місцевого повітряного навантаження. Основними навантаженнями, що визначають міцність стрингера, є поздовжні сили. Крок стрингерів становить 150 мм. З'єднувальні стрингери механічно фрезеруються і мають Т-подібний переріз зі змінним по ширині горизонтальним фланцем. Решта стрингери мають цибулинно-кутовий поперечний переріз.

В цьому випадку обшивка панелей стабілізатора виконується з дюралюмінієвих листів товщиною 0,8 мм, в місцях між ребрами, стрингерами і діафрагмами наклеюються підкладкові стрічки для армування. Листи обшивки стикуються між собою в стик.

Нижня панель складається з передньої, середньої, задньої обшивки і стрингерів. Середня частина панелі знімна, вона розташована між 1-м і 3-м стрингерами, кріпиться до обшивки за допомогою гвинтів і анкерних гайок. Панелі кріпляться до лонжеронів 2-рядним швом в шаховому порядку.

Верхня панель складається з цільної обшивки і стрингерів з цибулинного кутового екструдованого профілю. Стрингери кріпляться до обшивки за допомогою заклепок. Матеріал стрингерів - Д16Т.

Ребра збірки і клепана конструкція.

Корінь, торець і силові ребра мають пояси з пресованого Т-подібного перерізу Д16Т, стінки з освітлювальними отворами з листів Д16АМ, стійки з пресованого профілю Д16Т цибулинного кутового перерізу. Ремені силових ребер кріпляться до обшивки болтами і заклепками.

Типові ребра мають стінки з листа Д16АМ з фланцевими освітлювальними отворами, стрічками Т-подібного перерізу та опуклими кутовими стійками. Вони кріпляться до обшивки болтами і заклепками за допомогою компенсаторів.

Носок кожної консольної частини стабілізатора розташований між ребрами 1 і 15 і складається з обшивки, внутрішньої балки і 13 діафрагм. Щоб запобігти обмерзанню, на носову частину подається гаряче повітря, що нагріває обшивку. З носової частини повітря виходить в атмосферу через жалюзі торцевого обтічника стабілізатора.

Носова частина кріпиться до секції кесона за допомогою гвинтів і анкерних гайок.

Хвостова частина консольної частини стабілізатора складається з обшивки, що підтримується мембранами і кутами жорсткості. Обшивка виконана з композитного матеріалу.

Торцевий обтічник (наконечник) консолі стабілізатора має складну форму подвійної кривизни, виготовлений методом склеювання з композитних матеріалів.

Наконечник підтримується ребрами і діафрагмами.

Місця з'єднання консолей стабілізатора з кілем та центральною частиною закриті знімними панелями.

Вузли кріплення ліфта передбачені на кожній консолі стабілізатора і встановлюються на другому лонжероні по ребрах 5, 9, 13. Вузол зчеплення складається з декількох компонентів. Кронштейн, виготовлений методом штампування з АК-6 і вилки з хромансилу. У вилку запресований підшипник для кріплення ліфта.

Правильний вибір будівельного матеріалу дозволяє значно поліпшити вагові і льотно-тактичні характеристики, а також знизити матеріальні витрати на його виробництво і експлуатацію.

При виборі матеріалу враховуються його механічні властивості. Однак при виборі матеріалу найбільша увага приділяється виконанню вимоги щодо забезпечення необхідної міцності та жорсткості конструкції при найменшій вазі, забезпечення рентабельності ваги або вагової ефективності матеріалу.

1.2. Розробка удосконаленого варіанту складання. Проект

У базовому варіанті конструкції більшість панелей складаються з обшивки і підкладкових стрічок, які служать для посилення обшивки, де встановлюються стрингери і ребра жорсткості. Обшивка і стрічки-підкладки з'єднуються між собою за допомогою склеювання.

Застосування клейових складів в даний час обмежена порівняно низькою термостійкістю клеїв. Ще однією особливістю клейових з'єднань є їх схильність до незворотних змін властивостей, як в результаті підвищених температур, так і температур при нормальних умовах експлуатації.

Для того щоб забезпечити оптимальний зазор склеювання, необхідно значно підвищити точність виготовлення і підгонки деталей. Одним із способів також є збільшення тиску під час склеювання. Нежорсткі деталі стискаються під тиском до товщини склосітки, яка в даному випадку виконує роль обмежувача зазору. Саме з цієї причини практично повністю виключається склеювання жорстких деталей.

Раніше вважалося, що клейові з'єднання надійно захищають від корозії. Останнім часом все частіше зустрічаються випадки, коли всередині цього з'єднання корозійні процеси протікають активніше, ніж біля стику. Крім того, було виявлено, що плакований матеріал піддається корозії всередині клейового з'єднання набагато швидше, ніж неплакований, тобто якраз навпаки.

У модифікованій конструкції в цьому випадку ми будемо виготовляти не зібрані, а цільні панелі з листа товщиною 2,8 мм, між стрингерами і ребрами робимо вирізи шляхом послідовного хімічного фрезерування або швидкісного фрезерування з ЧПУ.

Якщо вирізи робляться методом послідовного хімічного фрезерування, то після цього необхідна деформація поверхні на міцність, так як хімічне фрезерування знижує ресурс металу. Підтримка тиску може проводитися на піскоструминних, дробоструминних та інших установках.

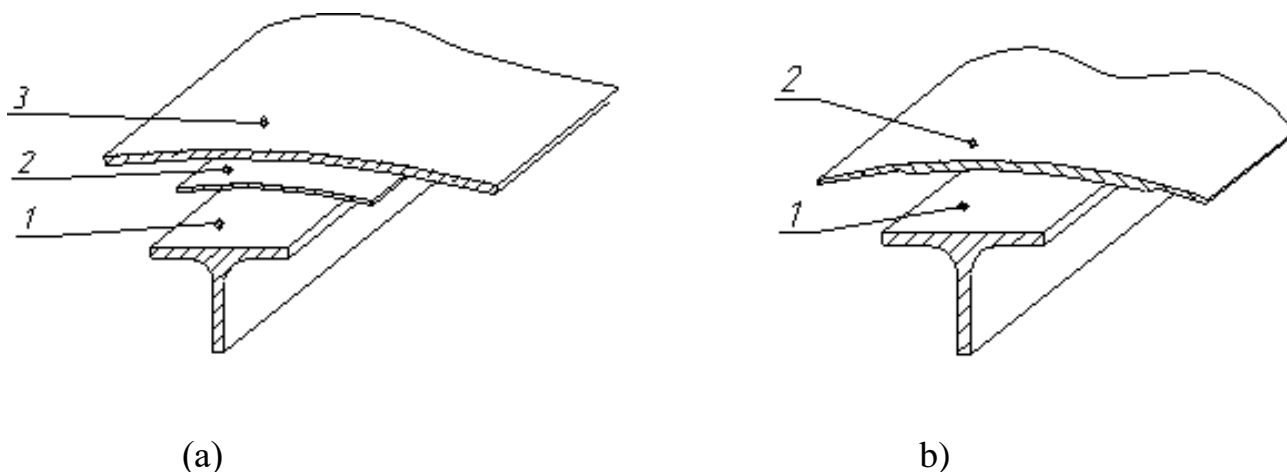


Рисунок 1.2 – З'єднання елементів конструкції:
а) Основна конструкція: 1 – стрингер; 2 – стрічка-підкладка; 3 – облицювання;
б) Оновлена конструкція: 1 – стрингер; 2 – Обшивка

Потовщення шкіри зберігається в місцях з'єднання обшивки з каркасом стабілізатора. Такий спосіб виробництва обшивки дозволяє з високою точністю витримувати необхідну товщину обшивки, тим самим досягаючи економії ваги, особливо для малонавантажених деталей. Крім того, при фрезеруванні трохи скорочується обсяг складальних робіт.

Також було прийнято рішення про заміну схеми кріплення ліфта: в базовому варіанті використовувалася шеститочкова схема кріплення ліфта, в модернізованому варіанті ми приймаємо триточкову схему. Це пов'язано з ускладненням компенсації технологічних і виробничих неточностей при складанні, особливо при стрілоподібної конструкції стабілізатора. Складнощі додаються конструкції самих опор у зв'язку з необхідністю виконання рухливості опор по прольоту агрегату (дві в модернізованому виконанні і п'ять в базовій), дотриманням обмежень по допустимих кутах перекосу (не більше 7°) внутрішніх кілець підшипників щодо зовнішніх.

На рисунку 1.3 показана нова конструктивна схема стабілізатора.

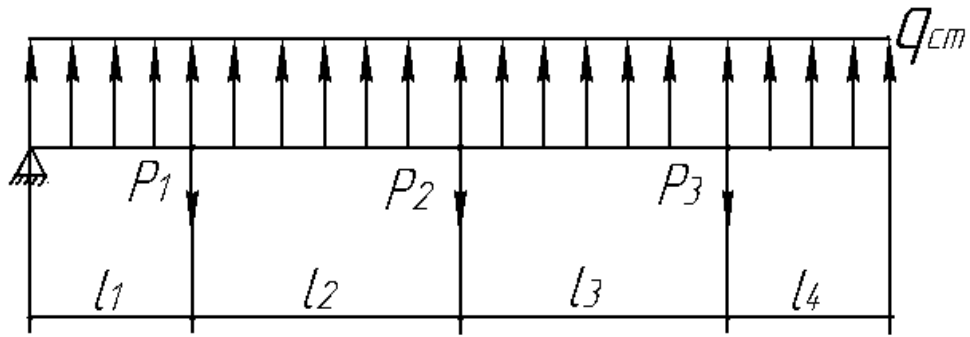


Рисунок 1.3 – Конструктивна схема стабілізатора

Так як опори кріплення елеватора встановлюються уздовж ребер 5, 9, 13, то ці ребра в модернізованому виконанні будуть посилені, їх конструкція буде відповідати конструкції корінного і кінцевого ребер.

1.3. Обґрунтування прийнятих рішень розрахунками

Стабілізатор зазвичай являє собою двопідшипникову балку, навантажену розподіленими аеродинамічними силами і опорними реакціями у вузлах підвіски ліфта.

Необхідно визначити, які навантаження приймає стабілізатор.

Зовнішні навантаження, що діють на горизонтальне хвостове оперення в польоті, передбачені нормами міцності. У практиці проектування і стандартизації при визначенні зовнішніх навантажень зазвичай використовуються формули, які пов'язані з їх умовним питомим навантаженням на крило і $n^3 m_0 g / S_{кр.}$ площею хвостового оперення.

При визначенні навантажень на горизонтальний хвіст розглядають три основні конструктивні випадки:

- балансування навантажень;
- маневрені вантажі;
- при польоті в бурхливому повітрі.

У стаціонарному прямолінійному польоті врівноважуюче навантаження на ВО розраховується з умови рівності двох моментів сил відносно центру мас літака.

$$M_{z_{ГО}} + M_{z_{без ГО}} = 0, \quad (1.1)$$

де $M_{z_{ГО}} = P_{ур.ГО}^3 \cdot L_{ГО}$ – поздовжній момент ВО;

$P_{ур.ГО}^3$ – збалансування оперативної потужності цивільної оборони;

$L_{ГО}$ – відстань від центру мас повітряного судна до центру тиску аеродинамічного навантаження повітряного судна;

$M_{z_{без ГО}}$ – поздовжній момент літака без ВО;

Поздовжній момент $M_{z_{без ГО}}$ визначається відношенням до:

$$M_{z_{без ГО}} = m_{z_{без ГО}} \cdot S_{ГО} \cdot b \cdot q \quad (1.2)$$

де $m_{z_{без ГО}}$ - коефіцієнт крутного моменту літака без ВО щодо його центру мас при заданому куті атаки, розрахований за результатами продувок аеродинамічної моделі або, теоретично, на основі аеродинамічних співвідношень;

$S_{ГО}$ – горизонтальна хвостова зона;

b – середня аеродинамічна хорда горизонтального хвостового оперення;

q - розрахункове значення швидкісного напору;

$$q = \frac{\rho \cdot V^2}{2}, \quad (1.3)$$

$V = 240 \text{ м/с}$ - Крейсерська швидкість

$\rho \approx \rho_0 (20 - H)/(20 + H)$ - щільність повітря на крейсерській висоті; (1.4)

$\rho_0 = 1,225 \text{ кг/м}^3$ - щільність повітря;

$H = 11 \text{ км}$ - крейсерська висота польоту;

Вставте значення в формули (3.3) і (3.4):

$$\rho \approx 1,225(20 - 11)/(20 + 11) = 0,356 \text{ кг/м}^3;$$

$$q = \frac{0,356 \cdot 240^2}{2} = 10,25 \text{ кН/м}^2;$$

У стаціонарному рівневому польоті, коли коефіцієнт перевантаження оперативного маневру близький до нуля, вирішальне значення має навантаження за рахунок швидкісного напору. То:

$$m_{z \text{ без } GO} \approx m_{z 0};$$

де $m_{z 0} = 0,07$ - значення коефіцієнта моменту при $C_y = 0$

При цьому розрахункове значення балансуєчого навантаження ГО дорівнює:

$$P_{ур.ГО}^p = f \cdot P_{ур.ГО}^3 = m_{z \text{ без } GO} \cdot S_{ГО} \cdot b \cdot q \cdot f / L_{ГО}; \quad (1.5)$$

$f = 2$ - коефіцієнт запасу міцності.

$$P_{ур.ГО}^p = 0,07 \cdot 18,87 \cdot 1,45 \cdot 10,25 \cdot 10^3 \cdot 2 / 9,4 = 369,1 \text{ (кН)}$$

Балансуєче навантаження розподіляється між стабілізатором і елеватором пропорційно їх площам:

$$P_{ур.ГО}^p = P_{ур.ГО}^p \cdot \frac{S_{PB}}{S_{ГО}}, \quad (1.6)$$

$$P_{ур.ст.}^p = P_{ур.ГО}^p \cdot \frac{S_{ГО} - S_{PB}}{S_{ГО}}; \quad (1.7)$$

де $P_{ур.РВ}^p$, $P_{ур.ст.}^p$, - розрахункове балансуєче навантаження елеватора і стабілізатора відповідно. З урахуванням площ РШ і стабілізатора (див. пункт 1) підставте:

$$P_{ур.ГО}^p = 369,1 \cdot \frac{5,37}{18,87} = 105,03 \text{ (кН)}; \quad P_{ур.ст.}^p = 369,1 \cdot \frac{18,87 - 5,37}{18,87} = 264,5 \text{ (кН)}.$$

Маневрове навантаження на КД створюється в початковий момент маневру літака і визначається за приблизною формулою:

$$P_m^3 = \pm k \cdot n_{\max}^3 \cdot m_0 \cdot g \cdot S_{ГО} / S_{кр} \quad (1.8)$$

$k = 0,33$ - коефіцієнт, що визначається в залежності від швидкісного напору і конструктивного випадку крила за таблицями, приблизно;

$n_{\max}^3 = 3$ - максимальне значення експлуатаційного перевантаження;

$m_0 = 24000$ кг - злітна маса повітряного судна;

Замінити:

$$P_M^3 = \pm 0,33 \cdot 3 \cdot 24 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 18,87 / 87,29 = 51,3 \text{ (кН)}$$

$$P_M^p = f \cdot P_M^3 = 2 \cdot 51,3 = 102,6 \text{ (кН)}; \quad (1.9)$$

Маневрене навантаження необхідно підсумувати з балансуючим навантаженням

$$P_{\text{сум}}^p = P_{\text{ур.ГО}}^p + P_M^p = 369,1 + 102,6 = 471,7 \text{ (кН)}; \quad (1.10)$$

і розподілятися між елеватором і стабілізатором пропорційно їх площам:

$$P_{PB}^p = P_{\text{сум}}^p \cdot \frac{S_{PB}}{S_{ГО}}, \quad (1.11)$$

$$P_{\text{ст.}}^p = P_{\text{сум}}^p \cdot \frac{S_{ГО} - S_{PB}}{S_{ГО}}; \quad (1.12)$$

$$P_{PB}^p = 471,7 \cdot \frac{5,37}{18,87} = 134,2 \text{ (кН)}; \quad P_{\text{ст.}}^p = 471,7 \cdot \frac{18,87 - 5,37}{18,87} = 337,5 \text{ (кН)}.$$

Навантаження на горизонтальне хвостове оперення при польоті в турбулентному повітрі визначається як сума рівноважного навантаження для рівного режиму польоту і навантаження, обумовленого дією поривів повітря

$$P_{\text{н.в.}}^3 = 1,5cV_{o\text{max}}S_{\text{з.о.}}, \quad (1.13)$$

де c - коефіцієнт, який приймається приблизно рівним 1,4 при $M > 0,8$,
 $M = 0,012\sqrt{q} > 0,8$,

$$\text{то } P_{\text{н.в.}}^3 = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 240 \cdot 13,5 = 6804 \text{ (Н)}.$$

Розрахункове навантаження в бурхливому повітрі

$$P_{\text{н.в.}}^p = P_{\text{н.в.}}^3 \cdot f = 6804 \times 2 = 13,61 \text{ (кН)}.$$

Сумарне розрахункове навантаження при польоті в турбулентному повітрі на горизонтальний хвіст:

$$P_{\text{сум}}^p = P_{\text{ур.ГО}}^p + P_{\text{нв}}^p = 369,1 + 13,61 = 382,71 \text{ (кН)};$$

$$P_{\text{сумPB}}^p = P_{\text{сум}}^p \cdot \frac{S_{PB}}{S_{ГО}} = 382,71 \cdot \frac{5,37}{18,87} = 108,9 \text{ (кН)};$$

$$P_{\text{сум.ст.}}^p = P_{\text{сум}}^p \cdot \frac{S_{ГО} - S_{PB}}{S_{ГО}} = 382,71 \cdot \frac{13,5}{18,87} = 273,8 \text{ (кН)};$$

Вибираємо максимальне розрахункове навантаження на стабілізатор з отриманих:

$$P_{ман}^p > P_{н.в.}^p > P_{ур}^p, т.е.$$

$$337,5 > 273,8 > 264,5 \text{ (кН)}.$$

У розглянутому випадку навантаження горизонтального хвоста розподіл навантаження по хорді згідно з рекомендаціями нормативів міцності буде наступним:

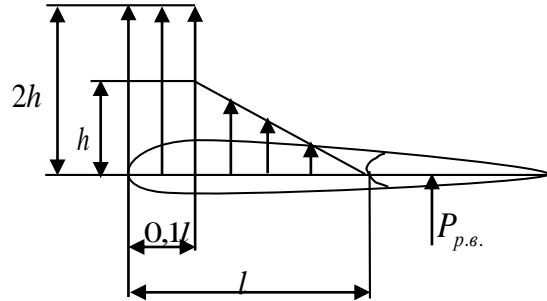


Рисунок 1.4. Діаграма навантаження ГО

Відповідно до розмаху оперення навантаження розподіляється пропорційно його хорд. Результати розрахунку наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Розрахунок розподіленого ходового навантаження ракети

Стабілізатор		Ліфт					
$b(z), м$	$b_{корн.}$	$b_{конц.}$	$b_{корн.}$	b'	b''	b'''	$b_{конц.}$
	2,04	0,86	1,2	1,1	1,05	0,95	0,9
$q, кН/м$	51	21,5	28,25	26	24,72	22,37	21,2

Визначення реакцій в вузлах підвіски елеватора

Давайте подивимося на завантаження ліфта і знайдемо реакції в вузлах зв'язку. Для трапецієподібного Р.В. ходове навантаження розподіляється пропорційно хордам (див. Табл. 1.1).

Несуча схема РВ являє собою трьохопорну, статично невизначену балку.

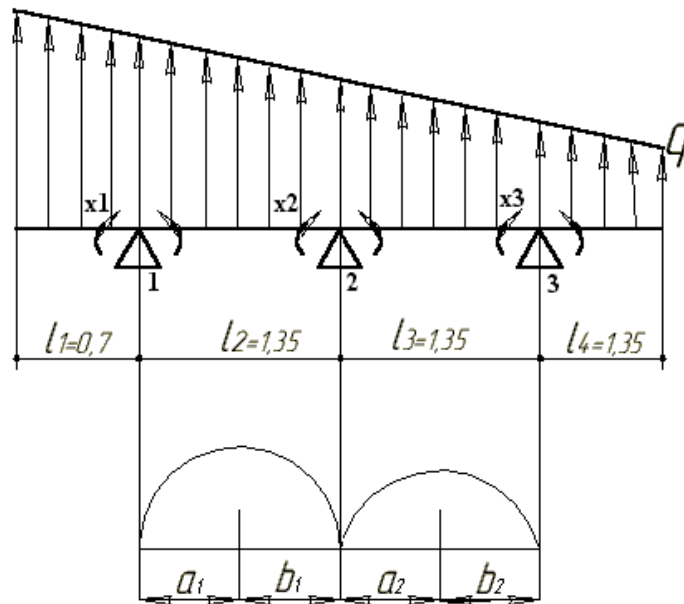


Рисунок 1.5 Схема живлення автофургону

Основна система являє собою систему з закладними з'єднаннями в опорах і прикладеними крутними моментами (рис. 2.3.1.), що замінюють відкинута з'єднання між з'єднаними прольотами.

Система канонічних рівнянь буде виглядати так:

$$\begin{cases} \delta_{21}x_1 + \delta_{22}x_2 + \delta_{23}x_3 + \Delta_{2p} = 0 \\ \delta_{31}x_1 + \delta_{32}x_2 + \delta_{33}x_3 + \Delta_{3p} = 0 \end{cases} \quad (1.14)$$

Після перетворень система буде виглядати так:

$$\begin{cases} x_1l_1 + 2x_2(l_1 + l_2) + x_3l_3 = -6\left(\frac{F_1a_1}{l_1} + \frac{F_2b_2}{l_2}\right), \\ x_2l_2 + 2x_3(l_2 + l_3) + x_3l_3 = -6\left(\frac{F_2a_2}{l_2} + \frac{F_3b_3}{l_3}\right), \end{cases} \quad (1.15)$$

де F_1, F_2, F_3 - площа графіка згинального моменту від зовнішніх навантажень,

a_1, b_1, a_2, b_2 - відстань від центру ваги до відповідних опор,

l_1, l_2, l_3 - Відстань між відповідними опорами.

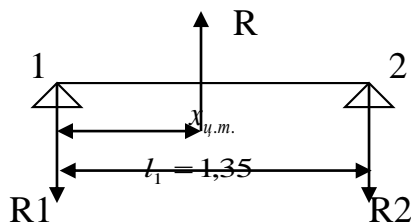
Для визначення F_1, a_1, b_1 розглянемо проліт 1-2 (рис. 1.3.2.). Визначимо положення центру ваги ділянок або координату прикладання результуючої розподіленого навантаження

$$x_{ц.м.} = \frac{\sum S}{\sum F}, \quad (1.16)$$

де $\sum S$ - сумарний статичний момент,

$\sum F$ - загальна площа.

З умови рівності моментів від результуючої сили і реакцій опор визначаємо реакції опор в суперечках 1 і 2 (рис. 1.3.2.).



$$x_{ц.м.} = \frac{q_2 l_1 \frac{1}{2} l_1 + \frac{1}{2} (q_1 - q_2) l_1 \frac{1}{3} l_1}{q_2 l + \frac{1}{2} (q_1 - q_2) l_1}; \quad (1.17)$$

Рисунок 1.6.

$$x_{ц.м.} = 0,667 \text{ (м)}$$

$$R = q_2 l_1 + (q_1 - q_2) l = 35,1 \text{ (кН)}, \quad (1.18)$$

де R - результуюче розподілене навантаження.

За умови, що $\sum M = 0$;

$$R x_{ц.м.} = R_2 l_1;$$

$$R_2 = \frac{R x_{ц.м.}}{l_1} = \frac{35,1 \cdot 0,667}{1,35} = 17,32 \text{ (кН)}; \quad (1.19)$$

$$R_1 = R - R_2 = 35,1 - 17,32 = 17,78 \text{ (кН)}.$$

Рівняння згинальних моментів має вигляд

$$M_{изг} = R_2 x - \frac{q_2 x^2}{2} - \frac{1}{6} (q_x) x^2, \quad (1.20)$$

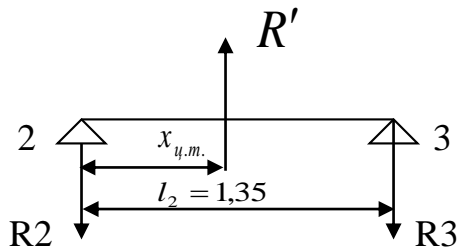
Де $q_x = \frac{q_1 - q_2}{l_1} x = 0,95 \cdot x \text{ (кН / м)}$;

$$F_1 = \int_0^{l_1} M_{узз} dx = \left(R_2 \frac{x^2}{2} - \frac{q_2 x^3}{6} - \frac{1}{6} \cdot 0,95 \cdot \frac{x^4}{4} \right) \Big|_0^x \quad (1.21)$$

$$F_1 = \int_0^{l_1} M_{узз} dx = \left(17,32 \cdot \frac{x^2}{2} - \frac{24,72 \cdot x^3}{6} - \frac{1}{6} \cdot 0,95 \cdot \frac{x^4}{4} \right) \Big|_0^{1,35} = 21,4 \text{ (кН} \cdot \text{м)}$$

$$a_1 = x_{у.м.} = 0,667 \text{ м}, \quad b_1 = l_1 - a_1 = 1,35 - 0,667 = 0,683 \text{ (м)}.$$

Аналогічний розрахунок проводиться і для секції 2-3



$$x_{у.м.} = \frac{q_3 l_2 \frac{1}{2} l_2 + \frac{1}{2} (q_2 - q_3) l_2 \frac{1}{3} l_2}{q_3 l_2 + \frac{1}{2} (q_2 - q_3) l_2};$$

Рисунок 1.7.

$$x_{у.м.} = 0,658 \text{ (м)}$$

$$R' = q_3 l_2 + \frac{1}{2} (q_2 - q_3) l_2 = 31,78 \text{ (кН)};$$

$$R' x_{у.м.} = R_3 l_2;$$

$$R_3 = \frac{R' x_{у.м.}}{l_2} = 15,6 \text{ (кН)};$$

$$R_2 = R' - R_3 = 16,18 \text{ (кН)};$$

$$M_{узз} = R_3 x - \frac{q_3 x^2}{2} - \frac{1}{6} (q_x) x^2 \text{ Де } q_x = \frac{q_2 - q_3}{l_2} x = 1,74 \cdot x;$$

$$F_2 = \int_0^{l_2} M_{узз} dx = \left(R_3 \frac{x^2}{2} - \frac{q_3 x^3}{6} - \frac{1}{6} 1,74 \frac{x^4}{4} \right) \Big|_0^{1,5} = 19,02 \text{ (кН} \cdot \text{м)};$$

$$a_2 = x_{у.м.} = 0,658 \text{ м}, \quad b_2 = l_2 - a_2 = 1,35 - 0,658 = 0,692 \text{ (м)}.$$

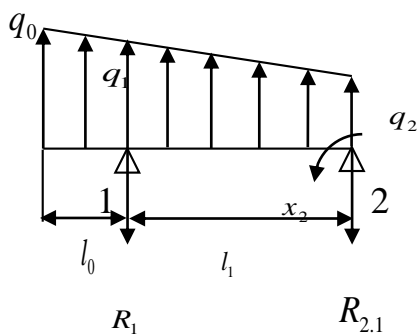
Давайте визначимося x_1 і x_3

$$\begin{cases} x_1 = \frac{q_1 l_0^2}{2} + (q_0 - q_1) \frac{1}{2} l_0 \frac{2}{3} l_0, \\ x_3 = \frac{q_3 l_4^2}{2} + (q_3 - q_4) \frac{1}{2} l_4 \frac{2}{3} l_4 \end{cases} \begin{cases} x_1 = 6,74 \text{ (кН} \cdot \text{м)}; \\ x_3 = 5,7 \text{ (кН} \cdot \text{м)} \end{cases}.$$

Підставляємо всі обчислені величини в систему рівнянь (3.15) і визначаємо x_2
 $x_2 = -6,42 \text{ Нм};$

Знак мінус вказує на те, що напрямок x_2 потрібно змінити на протилежний.

Визначимо реакції опор у шарнірних вузлах елеватора на стабілізатор. Розглянемо розділ 1-2 разом з консоллю (рисунок 1.8).



$$R_1 = \frac{\frac{1}{2}(l_0 + l_1)^2 \left[q_2 + (q_0 - q_2) \frac{2}{3} \right] - M_2}{l_1}; \quad (1.22)$$

Рисунок 1.8.

$$R_1 = 37,67 \text{ (кН)};$$

$$R_{2.1} = \frac{q_2 l_1^2 \frac{1}{2} + \frac{(q_1 - q_2)}{2} l_1 \frac{1}{3} l_1 + M_2 - q_1 l_0^2 \frac{1}{2} - \frac{(q_0 - q_1)}{2} l_0 \frac{2}{3} l_0}{l_1} = 48,41 \text{ (кН)}. \quad (1.23)$$

Розглянемо розділ 2-3 з консоллю 3-4:

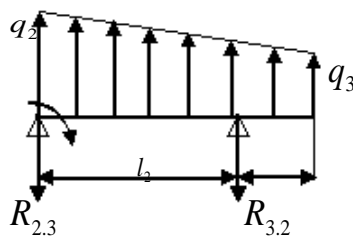


Рисунок 1.9.

$$R_{2.3} = \frac{q_3 l_2^2 \frac{1}{2} + (q_2 - q_3) \frac{1}{2} l_2^2 \frac{1}{3} + M_3 - M_2}{l_2};$$

$$R_{2.3} = 24,37 \text{ (кН)};$$

$$R_{3.2} = \frac{q_3 l_2^2 \frac{1}{2} + (q_2 - q_3) \frac{1}{2} l_2^2 \frac{2}{3} - M_3 + M_2}{l_2} = 46,3 \text{ (кН)}.$$

Реакція опори в точці 2 складається з $R_{2,1}$ і $R_{2,3}$, тобто $R_2 = R_{2,1} + R_{2,3}$; $R_2 = 64,78H$.

$$R_3 = \frac{\frac{1}{2}(l_3 + l_4)^2 \left[q_5 + (q_3 - q_5) \frac{2}{3} \right] + M_2}{l_3} = 36,5;$$

Розрахунок поперечних сил, згинальних зменшених моментів стабілізатора

Розрахунок буде проводитися на основі поперечних перерізів. Для розрахунку будемо враховувати аеродинамічні і масові навантаження кесона, а також реакції в вузлах кріплення ліфта.

Визначимо значення $q_y^{возд}$ і в поперечних перерізах $q_y^{см.}$. Виберемо п'ять секцій відповідно до розмаху стабілізатора. При побудові Q , $M_{изг.}$ графіка проліт $M_{прив}$ розподіляється пропорційно хордам секцій.

$$q_y^{возд} = \bar{P}_{ст.конс}^p b(z), \text{ де } b(z) - \text{хорда стабілізатора.}$$

$q_y^{см.} = P_y^{см.} b(z)$, де $P_y^{см.}$ - компонента уздовж осі Y результуючої масового навантаження,

$$P_y^{см.} = \frac{G_{конс}^{см} n^3 f}{S_{конс}^{см}}, \quad (1.24)$$

де $G_{конс}^{см}$ - вага стабілізатора (однієї консолі), $G_{конс}^{см} = 1740H$, , , $S_{конс}^{см} = 6,75m^2$ $n^3 = 2,5$. $f = 2$

$$P_y^{см.} = \frac{348 \times 2,5 \times 2}{13,5} = 1289 \frac{H}{m}.$$

Загальне робоче навантаження на консоль стабілізатора

$$q^\Sigma = q_y^{возд} - q_y^{см.} \quad (1.25)$$

Побудуємо графік зсувних сил і згинальних моментів, що діють на стабілізатор в польоті, для цього всі розрахунки занесемо в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2. Результати дії зсувних сил і згинальних моментів.

$l, (m)$	$b, (m)$	$q_y^{возд}, (кН/м)$	$q_y^{см.}, (кН/м)$	$q^\Sigma, (кН/м)$	$Q, (кН)$	$M, (кН \cdot м)$
----------	----------	----------------------	---------------------	--------------------	-----------	-------------------

0	2,04	688,3	2,5092	690,81	0	0
0,7	1,34	452,12	1,6482	453,76	317,63 281,13	111,172229
2,05	1,1	371,14	1,353	372,49	763,61 698,83	733,4259163
3,4	0,9	303,66	1,107	304,77	1036,21 999,71	1575,55026
4,1	0,86	290,16	1,0578	291,22	1194,01	2122,344229

Побудуйте графік зсувних сил і згинальних моментів (див. Рисунок 1.5).

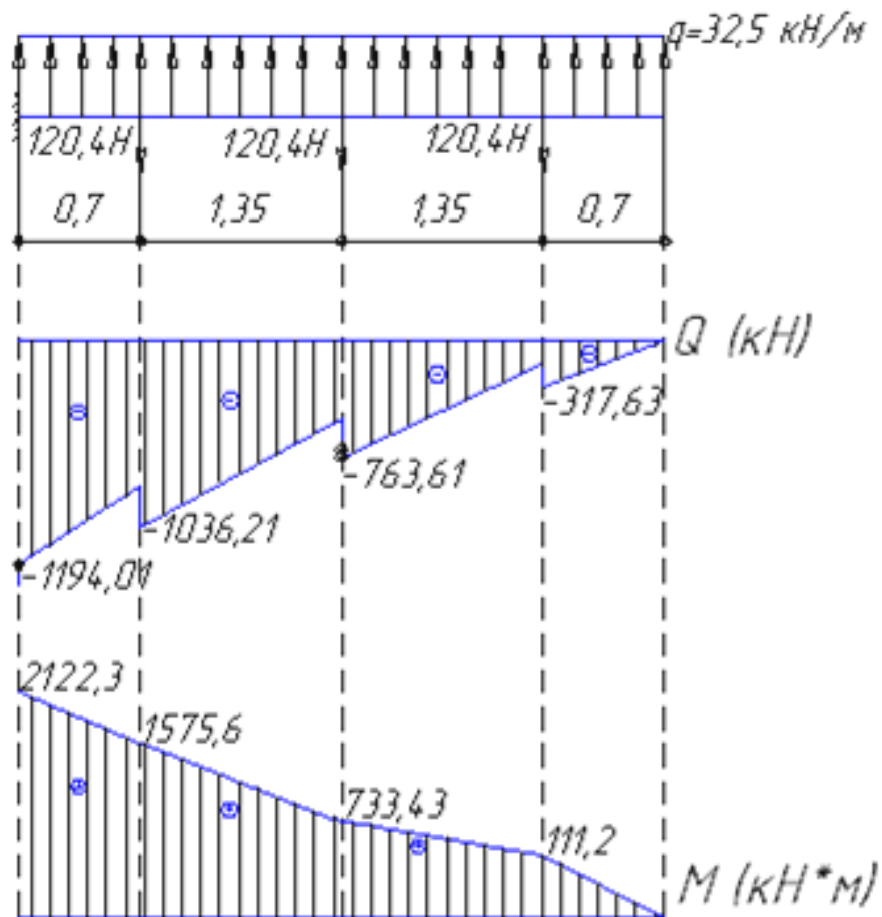


Рисунок 1.10 Діаграми зсувних сил і згинальних моментів стабілізатора.

Так як ми змінили схему підвіски ліфта і маємо три ніжки замість шести, необхідно розрахувати кронштейни підвіски ліфта відповідно до нових даних.

Конструктивна схема кронштейна являє собою плоску раму зі стінкою. Задача визначення зусиль в елементах дужок статично невизначена. Розглядаючи кронштейн

як двострічкову тонкостінну балку, припустимо, що хорди кронштейна повністю поглинають згинальний момент і працюють на розтяг-стиснення, полотно працює на зсув від сили різання. У цьому випадку розрахункова схема стає статично визначеною і являє собою раму АВСД (рисунок 1.6, а), закріплену на двох опорах А і D. Опорами служать болти, що кріплять підшву кронштейна до лонжерона. Розглядаючи рівновагу частини рамки А'BCD' (рисунок 1.6, б), знайдемо:

$$N_{AB} = \frac{P \cdot x}{H_x \cdot \cos \alpha}, N_{CD} = \frac{P \cdot x}{H_x \cdot \cos \beta} \quad (1.26)$$

$$H_x = B - (l - x)(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta) \quad (1.27)$$

$$q_x = P \left[\frac{1}{H_x} - \frac{x}{H_x^2} (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta) \right] \quad (1.28)$$

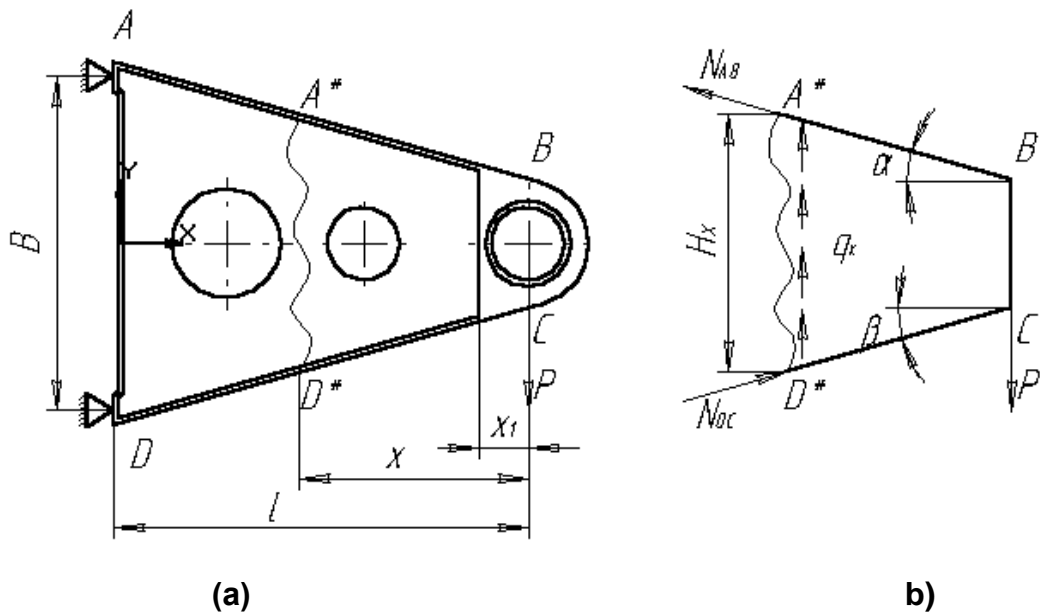


Рисунок 1.11. Конструктивна схема кронштейна.

$$B = 194 \text{ мм};$$

$$l = 392 \text{ мм};$$

$$x = 248 \text{ мм};$$

$$\alpha = \beta = 16^\circ;$$

Підставляючи вихідні дані в коефіцієнти, отримуємо:

$$H_x = 186 - (392 - 248)(\operatorname{tg} 16^\circ + \operatorname{tg} 16^\circ) = 111,5;$$

$$N_{AB} = N_{CD} = \frac{64780 \cdot 248}{111,5 \cdot 0,961} = 149,2 \text{ (кН)};$$

$$q_x = 64,78 \left[\frac{1}{111,5} - \frac{248}{111,5^2} (\operatorname{tg}16^\circ + \operatorname{tg}16^\circ) \right] = 741 \text{ (Н / м)};$$

Необхідні поперечні перерізи елементів кронштейна визначаються з наступних умов:

$$F_{AB} = F_{CD} = \frac{N}{\sigma_{\text{разр}}}; \quad (1.29)$$

$$\delta_{cm} = \frac{q_x}{\tau_{\text{разр}}}; \quad (1.30)$$

За статистичними даними $\sigma_{\text{разр}} = 640 \text{ МПа}$; $\tau_{\text{разр}} = 180 \text{ МПа}$.

$$\text{То } F_{AB} = F_{CD} = \frac{149,2 \cdot 10^3}{640 \cdot 10^6} = 3,6 (\text{см}^2);$$

$$\delta_{cm} = \frac{741}{180 \cdot 10^6} = 0,04 (\text{мм}).$$

Таким чином, нам знадобиться кронштейн з поковок змінної довжини Т-подібного перерізу з хордами площею не менше 4,35 см² і товщиною стінки не менше 1 мм в проектному розрізі.

У базовій конструкції стабілізатора використовуються кронштейни, які повністю задовольняють наш розрахунок (див. Рисунок...)

Таким чином, навіть після приблизного розрахунку видно, що модифікований варіант конструкції має свої переваги перед базовим: це зниження ваги конструкції за рахунок заміни клейової обшивки на монолітну, за рахунок зменшення кількості вузлів кріплення РВ.

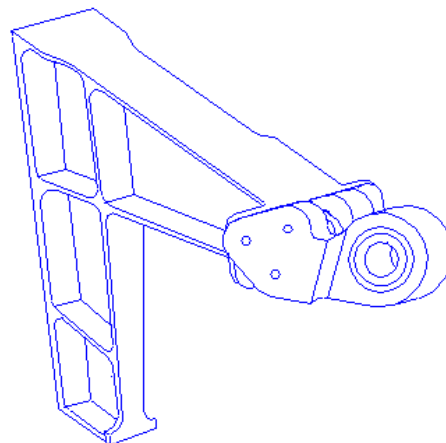



Рисунок 1.12.

Також модифікована конструкція є більш технологічною, так як спрощується процес кріплення РВ за рахунок зменшення необхідності компенсації технологічних і виробничих неточностей при виготовленні деталей і складанні конструкції.

Також технологічність знижується при виготовленні монолітних фрезерованих панелей.

1.4. Технічні умови на виготовлення стабілізатора

1. Теоретичне креслення 148.00.0080.551.002.РМ;
2. Форма і якість зовнішньої поверхні згідно з інструкцією 148.00.1101.001 І;
3. Невизначені граничні відхилення розмірів, форми і розташування поверхонь згідно ОСТ 1000.20-80;
4. Допустиме відхилення на розташування осей лонжеронів, ребер жорсткості 1, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 16 щодо їх теоретичного положення ± 1 мм, інших ребер ± 2 мм;
5. Допустиме відхилення осі обертання ПБ від прямої, що проходить через крайні опори (опори 1 і 6):
для опор 2, 3: $\pm 0,05$ мм;
для опор 4, 5: $\pm 0,5$ мм;
6. Кріплення ребер показано на кресленнях ребер;
7. Герметизація проводиться згідно з інструкцією 148.ТІ 16-501-02. Перед встановленням панелей і центральних панелей .3105.000.000; .3106.000.000 нанесіть валик $\varnothing 2 \dots 3$ мм, забезпечуючи при цьому знімність знімних панелей. Решта місця - згідно з кресленням.
8. Канавки отворів під болти згідно РТМ 1.4.1935-89. Для d-I-Ап.Ох-OST1 12085-77; d-I-Ап.Ох-OST1 від 12086-77 до Н9 $\sqrt{1.6}$. Для d-I-Ап.Ох-OST1 від 10571-75 до Н11 $\sqrt{1.6}$.
Установка болтів поз. 104, 106, 108 по РТМ 1.4.1941-89 по мастилу АМС-3 ГОСТ 2712-75. Решта - на землі ЕП-0215 ТУ 6-10-1966-84, при цьому покрити ґрунтовкою опорну поверхню головки болта, її гладку і різьбову частини, посадочні поверхні шайби і різьбову частину гайки;

9. Затягування болтів:
- $\varnothing 5 - M_{cr} = (5,6 \pm 0,6) N \cdot m; (0,57 \pm 0,06) \text{ кГс} \cdot \text{м};$
- $\varnothing 6 - M_{cr} = (5,8 \pm 0,58) N \cdot m; (0,6 \pm 0,06) \text{ кГн} \cdot \text{м};$
- $\varnothing 8 - M_{cr} = (14,5 \pm 1,45) N \cdot m; (1,48 \pm 0,15) \text{ кГс} \cdot \text{м};$
10. Клепка на вологій землі
- заклепки ОСТ 134055-92 згідно ТУ 36-53-94;
- заклепки ОСТ 134076-85,
- заклепки ОСТ 134100-85 по ІП 249-2000;
11. Покриття головок заклепок GrEP-0215-470 ОСТ 190055-85;
12. Металізація заклепками по ОСТ 101025-85. Підготовка та захист ділянок металізації згідно ТУ 36-8-91;
13. Канавки для торцевих отворів [$\varnothing 16H9^*$]; [$\varnothing 16,1H9$]; [$\varnothing 18N9$]; [$\varnothing 18,1H9$] та з'єднання стабілізатора з кілем слід виконувати згідно з кресленням .3100.050.000.000;
14. Розташування, виконання та позначення точок датуму повинні здійснюватися відповідно до креслень 148.00.0080.050.000.РМ;
15. Виготовлення та транспортування стабілізатора згідно з інструкцією 148.00.3400.000.000.І;
16. Покриття зібраного стабілізатора за колірною гамою виробу;
17. Для виготовлення знака 2-22-ОСТ 100212-76 використовують самоклеящуся плівку «Фоскаль 900 СМ». Наклейки виготовляються методом термодруку з прозорим захисним шаром. Нанесення наклейок по ГТВ 16-604-99.
18. * Розміри для довідки;
19.  датум-точки;
20. Шліци на болтах $\varnothing 8$ мм на ременях 1 і 2 лонжерони заповнюють поз. 230 за ТП6-501-83.
21. Сприйміть відсутню інформацію для лівої консолі з правим виглядом консолі як дзеркальну.
22. У місцях установки кронштейнів підвіски РВ нанесіть герметик ВІТЕФ-ІНТ по ТП 16-501-02 згідно з кресленням.

23. *Інгібовані сполуки типу «Дінітрол» слід застосовувати для покриття внутрішньої поверхні нижньої панелі, стінок лонжеронів і ребер 1, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 15, а також зовнішніх лонжеронів, бустерного відсіку і опор 1, 4, 5 відповідно до інструкції ПІ 1.2.449-91.*
24. *Лікування слід проводити зі знятим носком, знятою знімною панеллю центральної секції, знімною центральною частиною нижньої панелі, зі знятими кришками бустерного відділення.*
25. *Обробивши внутрішню поверхню стабілізатора захисними складами, очистіть дренажні отвори.*
26. *При обробці поверхонь вживати заходів щодо захисту електричних та інших установок від контакту із захисними покриттями.*

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Розробка технології складання.

2.1.1. Оцінка технологічності конструкції стабілізатора та його частини

Літак оцінюється як за рівнем льотно-тактичних характеристик, так і за рівнем виробничих показників. Останні залежать від технологічного вдосконалення основної продукції серійного заводу і технологічності конструкції виробничого об'єкта. Для підвищення ефективності виробництва вирішальне значення має технологічність конструкції.

Технологічність конструкції - це сукупність властивостей і характеристик конструкції, що дозволяють використовувати найсучасніші технологічні процеси з мінімальними витратами і трудомісткістю за умови забезпечення якості.

Технологічність конструкції закладена в конструкцію і дозволяє отримати виріб заданої якості і з високими техніко-економічними показниками виробництва.

Технологічність конструкції літака визначається рядом факторів: формою деталей, вузлів, агрегатів; обшивка панелями і точність при виготовленні вузлів; проектування з'єднань, способів з'єднання деталей, вузлів і відсіків між собою; матеріал заготовок і точність виготовлення деталей; використання нормалізованих деталей і т.д.

Розробляючи конструкцію виробу, конструктор адаптує його під виготовлення найбільш економічними технологічними процесами. Велике значення при відпрацюванні технологічності виробу має вид виробництва і обсяг випуску, а також умови виробництва конкретного підприємства, де планується випускати продукт.

Конструкція зібраного виробу повинна забезпечувати можливість максимальної механізації складальних і клепувальних операцій.

Конструкція деталей повинна забезпечувати можливість використання високопродуктивних технологічних процесів і складатися з легкооброблюваних матеріалів. Простота конструктивних форм деталей полегшує виготовлення заготовки і зменшує її кількість.

Оцінка технологічності може бути якісною і кількісною. Якісна оцінка (за принципом «гірше-краще») використовується для порівняння різних варіантів конструк-

ції, при виборі оптимального конструктивного рішення не вимагає визначення ступеня відмінності між порівнюваними варіантами. Для кількісної оцінки використовуються основні показники технологічності (показники рівня технологічності конструкції за трудомісткістю $k_{c.t.}$ і за вартістю $k_{c.c.}$) і додаткові показники технологічності (коефіцієнти стандартизації продукції k_{st} , коефіцієнт використання матеріалу $k_{i.m}$ і т.д.).

Якісна оцінка технологічності:

Проведемо якісну оцінку технологічності стабілізатора та його деталей:

2. Простота форм поверхні агрегату.

Планер і його вузли, утворені лінійними поверхнями, безумовно, простіше у виготовленні, ніж планер, у якого фюзеляж, крила і оперення утворені більш складними нелінійними поверхнями другого порядку.

Стабілізатор має досить просту форму поверхні.

2. Раціональна артикуляція конструкції.

Доцільний поділ агрегату істотно впливає на трудомісткість і собівартість продукції. Раціональний поділ має визначати мінімальний цикл складально-монтажних робіт, низьку трудомісткість робіт, мінімальну кількість робочих і виробничих площ.

Узагальненим показником ефективності раціональної схеми зчленування є питома трудомісткість, людино-годин/кг

$$\emptyset = \sum T_i / G$$

де T_i - загальна трудомісткість виготовлення;

G - вага виробу;

Чим нижче коефіцієнт \emptyset , тим технологічніше обрана схема зчленування;

3. Використання стандартних вузлів і деталей в конструкції.

У конструкції стабілізатора широко використовуються стандартні деталі кріплення: болти, шайби, гайки, заклепки. Для монтажних кронштейнів ліфта використовуються стандартні підшипники та маслянки. Стандартні екструдовані профілі також широко використовуються для виготовлення різних деталей, що в свою чергу робить істотний вплив на технологічність конструкції.

4. Уніфікація конструктивних елементів.

Уніфікація - це раціональне скорочення номенклатури деталей або матеріалів одного функціонального призначення. Це сприяє зменшенню потреби в оснащенні,

інструментах, обладнанні, дозволяє розширити серійне виробництво, знизити собівартість продукції. У конструкції стабілізатора номенклатура деталей і матеріалів досить вузька, це добре видно зі складально-навішувальної схеми (див. пункт 2.1.6.). Більшість деталей виробляється за схожими технологічними процесами, на одному і тому ж обладнанні.

5. Максимальне використання в дизайні матеріалів з високими технологічними властивостями.

В основному всі матеріали, які використовуються для виготовлення стабілізатора - це алюмінієві сплави, що легко обробляються. Також широко використовуються композитні матеріали, які не поступаються за своїми технологічними і міцнісними властивостями металам, але мають набагато меншу вагу.

6. Відсутність надмірно високих вимог до точності розмірів і обробці поверхні елементів конструкції.

Високі вимоги пред'являються тільки до деталей, які йдуть в потік, для всіх інших немає надмірних вимог до точності і чистоті обробки поверхні.

7. Наявність достатніх підходів до з'єднань для забезпечення зручності виконання і використання компенсаторів.

Для зниження вимог до точності зчеплення верхньої і нижньої панелей стабілізатора з ребрами жорсткості в конструкції ребер передбачені компенсатори. При цьому ребра з'єднуються з панелями не через верхні і нижні хорди, а через компенсатори. На додаток до зниження вимог до точності сполучення, компенсатори також розроблені таким чином, щоб забезпечити монтаж на місці без монтажу.

Для поліпшення доступності місць складання і установки в конструкції стабілізатора передбачена знімна панель. У процесі складання він забезпечить нам хороший підхід до встановлення та клепки всіх елементів конструкції стабілізатора.

Для кваліфікованого вибору основних показників технологічності конструкції використовується статистика по раніше випущеної авіаційної продукції. Для розрахунку трудомісткості і технологічної вартості новосконструйованої машини слід використовувати відомі емпіричні формули розрахунку, в яких враховуються різні укрупнені показники питомої трудомісткості і витрат окремих об'єктів конструкції літального апарату.

Досягнення різних рівнів технологічності конструкції на різних етапах розвитку літального апарату у виробництві також свідчить про відносність поняття технологічності конструкції. Зі збільшенням серійного виробництва підвищується рівень технологічності конструкції. Специфічні умови виробництва літаків мають значний вплив на рівень технологічності продукції.

2.1.2. Аналіз існуючих виробничих, технологічних заходів щодо підвищення якості продукції та ефективності виробництва

Існуюче виробництво стабілізатора не серійне. На цьому етапі триває підготовка до виробництва серії літаків, що в свою чергу має великий вплив на технологічний процес. У процесі складання виникає потреба у великій кількості оздоблювальних робіт. Уточнюється конструкція монтажних пристосувань, усуваються всі неточності і невідповідності в конструкції зібраного стабілізатора.

У таких виробничих умовах необхідно залучати в процес складання робітників більш високої кваліфікації, які мають великий досвід роботи в передвиробничому процесі.

Для того щоб підвищити якість продукції, що випускається і ефективність виробництва, необхідно на початковому етапі вирішити всі питання, пов'язані з підготовкою продукції. Також дуже важливо розробити технологічні процеси складання вузлів і агрегатів, які б характеризувалися простотою і низькими трудовитратами. Передбачають використання автоматизованих і механізованих інструментів. Удосконалити складальні пристрої, щоб працівники мали зручні підходи до всіх частин агрегату, це дозволить скоротити час складання, підвищити якість виробу, знизити трудомісткість робіт і залучити до виконання робіт низькокваліфікованих працівників.

2.1.3. Схема конструктивно-технологічного поділу стабілізатора.

Визначення ступеня комплектності складання стабілізатора та його вузлів

Для ефективності виробництва планер літака розділений на вузли, секції, панелі і агрегати. Раціональний поділ конструкції дозволяє отримати ряд істотних переваг при проектуванні та експлуатації літальних апаратів.

1. Можливість здійснювати розробку конструкції на широкому фронті в спеціалізованих бригадах конструкторського бюро, що сприяє підвищенню якості і скорочення термінів проектування.

2. Забезпечення можливості транспортування великогабаритних повітряних суден, розділених на одиниці залізничним транспортом.

3. Спрощення ремонту за рахунок вийшли з ладу складальних одиниць з такими ж із запасного комплекту.

4. Підвищена надійність і термін служби в результаті використання високоресурсних методів клепки, які не використовуються в разі складання «закритої» конструкції, а також за рахунок кращого контролю з'єднань.

Велике значення має зчленування конструкції для виробництва. «Відкриття» конструкції шляхом поділу відсіків на панелі покращує доступ до стиків і місць кріплення, дозволяючи механізувати і автоматизувати виробництво складальних одиниць і монтажних одиниць, а також можливість виконувати ручну роботу в зручному положенні і при хорошому освітленні.

Таким чином, підрозділ дає виробництву такі переваги:

1. Значне підвищення продуктивності і поліпшення умов праці за рахунок механізації та автоматизації процесу підключення, а також за рахунок ручної роботи в зручному положенні;

2. Скорочення виробничих циклів за рахунок підвищення продуктивності та використання паралельних схем складання

3. Зниження собівартості продукції за рахунок підвищення продуктивності праці і зниження витрат на оснащення виробництва.

Поряд з перевагами, надмірний поділ конструкції має і свої недоліки:

1. збільшення маси тіла;

2. Знижується надійність і термін служби через збільшення кількості з'єднань.

3. погіршення техніко-економічних показників.

Ступінь артикуляції залежить від економічних і виробничих умов.

Прийнята схема зчленування стабілізатора показана на плакаті
K104.ДП.165.600.000.

2.1.4. Схема складання стабілізатора і маршрутний (директивний) технологічний процес

Залежно від ступеня поділу планера і бортових систем літака на складальні одиниці і ступеня диференціації складальних, складальних і стикових робіт на об'єкті цикл складально-монтажних робіт може здійснюватися за трьома стандартними складальними схемами: послідовно-паралельної і **паралельно-послідовної**. Розглянемо ці типові схеми і проведемо їх техніко-економічний аналіз.

- **Схема послідовної збірки.** Застосовується для складання конструкцій авіаційних агрегатів на дрібносерійному виробництві, коли панелі не виділені в схемі зчленування; Деталі і невеликі складальні одиниці послідовно базуються на базовій деталі або базовому блоці. Потім послідовно збираються секції, відсіки, агрегати, які з'єднуються в єдиний планер, а потім на ньому послідовно виконуються всі установки, вони з'єднуються і, нарешті, проводиться їх розробка і випробування.

За такою схемою складання роботи проводяться в умовах обмеженого для монтажника умовах, де складно застосувати продуктивну механізацію для формування з'єднань, обсяг робіт вузький, що значно розтягує цикл складально-монтажних робіт і підвищує трудомісткість такої конструкції, що не розділена на панель.

Послідовна схема складання в серійному виробництві часто використовується для складання невеликих технологічних вузлів.

- **Схема збірки *side-by-side*.** Використовується для складання авіаційних агрегатів і відсіків, розділених на панелі, вузли і деталі. Збірка окремих панелей і агрегатів здійснюється незалежно один від одного - паралельно під час загального циклу складання відсіку або агрегату в їх складальних пристосуваннях. Монтажні роботи повністю або частково виконуються на панелях або підвузлах. При цьому для складання панелей або вузлів поставляються деталі і вузли в заданій послідовності з урахуванням схеми базування, Вони скріплюються між собою, а потім встановлюються необхідні установки і випробовуються на випробувальних стендах.

Потім зібрані паралельно панелі і вузли з'єднуються в відсіки і агрегати, з яких збирається весь планер.

При паралельній схемі складання різко збільшується фронт складально-монтажних робіт, збірка клепаних і зварних панелей здійснюється високопродуктивними

механізмами і автоматами, поліпшуються умови праці і якість роботи. При цьому значно знижується як трудомісткість складально-монтажних робіт, так і загальний цикл складання.

- **Паралельно-последовна схема складання.** Він відповідає збірці розчленованих на панелі відсіків і агрегатів, які збираються паралельно за часом, потім з'єднуються в відсік (агрегат), послідовно поставляючи деякі рамні блоки для стикування, а монтажні роботи проводяться в остаточно зібраному блоці. Дана схема, в порівнянні з послідовною, має перевагу по загальній трудомісткості складально-монтажних робіт і тривалості їх циклу, але значно поступається паралельній схемі.

Таким чином, проаналізувавши всі перераховані вище схеми складання вузла стабілізатора, вибираємо паралельно-последовну схему.

2.1.5. Обґрунтування способів складання та складу монтажних пристосувань для стабілізатора та його вузлів.

Збірка - це сукупність технологічних операцій, пов'язаних з установкою складальної одиниці в складальне положення, і з'єднанням її в вузли, панелі, відсіки, агрегати. Послідовність складальних операцій багато в чому залежить від типу конструкції, її габаритів і жорсткості зібраних елементів. Залежно від того, як базуються деталі в процесі складання, можливі дві різні групи способів складання. В авіабудуванні найбільш поширені такі способи складання:

- 1) монтажні або базові отвори;
- 2) по розмітці на базовій частині;
- 3) в пристрої з базуванням деталей і вузлів по контурах;
- 4) в пристрої з базуванням деталей і вузлів за спеціальними отворами (КФО, БФО).

Методи 1 і 2 характеризуються низькими витратами на оснащення і порівняно коротким циклом підготовки до виробництва. Зазвичай їх використовують для малогабаритних виробів з високою жорсткістю. Недоліком цих способів є низька точність в поєднанні з високою трудомісткістю складання.

Методи 3 і 4 є більш точними і більш продуктивними, але вимагають складних, високоточних пристосувань (більш складна конструкція затискачів), що призводить до більш високих витрат і передвиробничих циклів.

Так як стабілізатор є дуже відповідальним вузлом, то і вимоги до точності його виготовлення високі. Тому необхідно відмовитися від більш дешевих способів складання і використовувати метод складання в пристосуванні, комбінуючи спираючись на поверхні і на спеціальні отвори для установки різних деталей і вузлів.

Таким чином, використовуємо спосіб складання в пристосуванні з підставою «від каркаса».

За основу приймаються:

- поверхня рами;
- внутрішня поверхня шкірного покриття;
- отвори під торцеві болти;
- базові отвори;
- планка стапеля в місці з'єднання консолей стабілізатора з центральною частиною;

Для забезпечення стабільної якості літальних апаратів, що випускаються в серійному виробництві, необхідно забезпечити високий рівень взаємозамінності елементів конструкції, скоротивши при цьому обсяг слюсарних робіт в основному виробництві

При виготовленні стабілізатора можливе використання наступних варіантів зв'язування обладнання: ПШМ, КШМ, ЕШМ, МКАУ.

Застосування ЕСМ дозволяє отримати найвищу точність зв'язування об'єктів оснащення і конструкції контурами і з'єднаннями. Однак цикл препродакшену виявляється найдовшим.

КШМ забезпечує високу точність оснащення по контурах, але менш точна при зв'язуванні контурів і стиків об'єктів авіаційної конструкції. Таким чином, знижується цикл підготовки до виробництва та витрати.

РНМ простий і дешевий, але найменш точний.

МКАУ - це метод координатно-аналітичного зв'язку. Цей метод заснований на поєднанні принципу узгодженого зв'язку складальних баз агрегатів з аналітичними

методами розрахунку складних аеродинамічних поверхонь. Використання системи CFR в даному методі забезпечує єдину технологічну базу на всіх етапах виробництва: монтажні бази для обробки деталей на верстатах з ЧПУ; складальні основи при складанні вузлів; вимірювальний – при прокладанні комунікацій і монтажі бортового обладнання; стикування – коли об'єднання стикуються. МДАУ дає можливість виключити виробництво поверхневих еталонів та іншого тривимірного обладнання.

Щоб визначити, який спосіб складання вузла, потрібно порівняти похибку складання з допуском для вузла.

2.1.6. Розробка схеми зчеплення стабілізатора, обґрунтування прийнятих методів і засобів забезпечення взаємозамінності шляхом розрахунку точності контурів або з'єднань агрегату

З метою досягнення заданої точності і економічних показників при проведенні монтажних робіт проектуються комбіновані схеми складання і зчеплення. Такі схеми включають в себе блок структури послідовності складання агрегату з елементів прийнятого поділу об'єкта і блок структури геометричного з'єднання цих елементів.

Для визначення того чи іншого способу складання агрегату необхідно порівняти похибку складання з допуском для агрегату за технічними умовами.

Похибка складання агрегату в пристосуванні визначається наступними складовими:

1. Помилка δ_{np} габаритного носія, тобто пристосування.
2. Помилка в $\delta_{баз}$ базуванні деталі, що встановлюється.

Величина похибки базування характеризується зазором між перемикачем пристосування і поверхнею деталі (ребрами, стрингером, обшивкою і т.д.). Цей зазор можна зменшити, притиснувши деталь до поверхні вимикача. В цьому випадку деталь фіксується заклепками або болтами.

3. Помилки, $\delta_{проч}$ пов'язані з лідерами і зміщеннями, викликані утворенням з'єднань, прогинами пристосування в процесі складання та іншими причинами, що не залежать від способу складання.

$$\delta_{сб} = \delta_{np} + \delta_{баз} + \delta_{проч}. \quad (2.1)$$

Тут $\delta_{проч}$ вона становить близько 40 відсотків від загальної похибки, тобто.

$$\delta_{проч} = 0.4\delta_{сб}$$

Так як зазор між викрійкою і деталлю дорівнює похибці зчеплення пристосування і деталі $C_{контур.пр-дет}$, то без затиску

$$\delta_{баз_1} = C_{контур.пр.-дет} \quad (2.2)$$

Фактичний зазор (якщо є затискач) буде меншим, тому

$$\Delta_{БАЗ2} = K_{Шр} Контур Ave-det. \quad (2.3)$$

Величина $K_{береться}$ в залежності від кроку затискачів.

Отже, допуск збірки в компенсованому пристосуванні визначається за формулою

$$\delta_{сб} = \delta_{пр-т} + K_{Шр} Контур Ave-det. + \delta_{Тоццо} \quad (2.4)$$

- Метод координатного шаблону

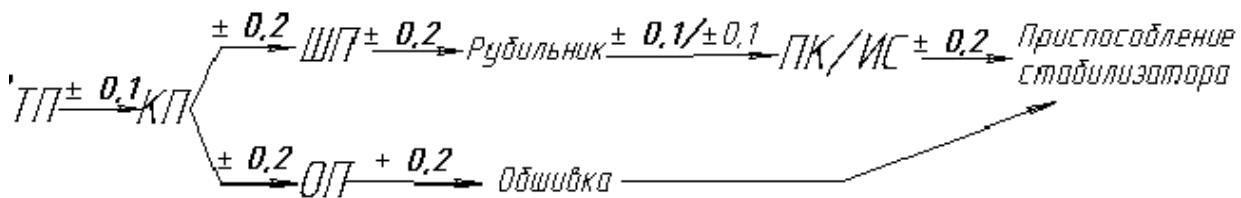


Рисунок 2.1. Схема зчеплення стапеля в зборі стабілізатора і деталі при КШМ

$$\frac{\delta_{пр}}{2} = \sqrt{\sum \left(\frac{\delta_{ТП-присп.}}{2} \right)^2} = \sqrt{0,1^2 \cdot 3 + 0,2^2 \cdot 3} = \pm 0,387 \text{ мм}$$

$$C_{конт.пр-дет} = \pm \sqrt{\sum \left(\frac{\delta_{несвяз.этапов}}{2} \right)^2} = \pm \sqrt{0,2^2 \cdot 6 + 0,1^2 \cdot 2} = \pm 0,51 \text{ мм}$$

Враховуючи, що $\delta_{проч} = 0,4 \frac{\delta_{сб}}{2}$ отримаємо

$$\frac{\delta_{сб}}{2} = 0,387 + 0,51k_{приж} + 0,4 \frac{\delta_{сб}}{2},$$

Оскільки компенсації немає, то $K_{Ргij} = 1$.

У підсумку отримуємо $\delta_{sb} = 1,495$ мм. Порівняємо цей допуск з допуском для вузла, умова δ_{sb} вузла повинна бути виконана. $\delta < \delta_{sb}$ ($1,495 > 2$). Як бачите, умова виконується, тому цим способом можна зібрати стабілізатор в пристосуванні без компенсації похибки.

- Метод координатно-аналітичного зв'язку

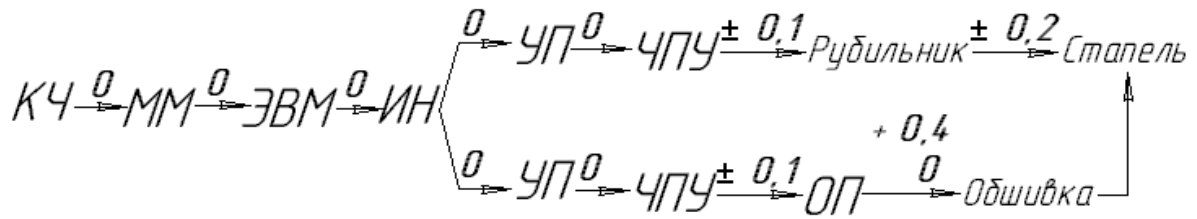


Рисунок 2.2. Схема зчеплення стапеля вузла стабілізатора та деталі на МКАУ.

$$\frac{\delta_{пр}}{2} = \pm \sqrt{\sum \left(\frac{\delta_{ТП-прис}}{2} \right)^2} = \pm \sqrt{0,2^2 + 0,1^2} = \pm 0,224 \text{ мм}$$

$$C_{контур пр-дет} = \pm \sqrt{\sum \left(\frac{\delta_{несвязан.этап}}{2} \right)^2} = \pm \sqrt{0,1^2 \cdot 2 + 0,2^2 \cdot 2} = \pm 0,316 \text{ мм}$$

Враховуючи, що $\delta_{проч} = 0,4 \frac{\delta_{сб}}{2}$, ми отримуємо

$$\frac{\delta_{сб}}{2} = 0,224 + 0,316 k_{приж} + 0,4 \frac{\delta_{сб}}{2};$$

$$k_{приж} = 1$$

При цьому виконується умова задоволення зазначеного допуску:

$$\delta_{сб} = \pm 0,9 \text{ мм}; \delta_{узлаТУ} = \pm 2 \text{ (мм)}; \delta_{сб} < \delta_{узлаТУ}$$

Таким чином, метод МСАУ, так само як і КШМ, повністю задовольняє вимогам точності складання, але він більш простий і прогресивний.

Суть цього методу полягає в тому, що елементи заготовки і монтажної оснастки, що відповідають елементам конструкції виробу (контури, контури, поверхні з'єднувачів і з'єднань, системи технологічних отворів), виконуються на обладнанні з ЧПУ, програма якого отримана на основі аналітично заданих даних. Першоджерелом

зв'язування елементів і деталей оснащення є правильно розроблені математичні моделі поверхні деталей планера і з'єднань виробів. Відсутні параметри, характерні тільки для даної конструкції, вносяться у вигляді уточнюючих параметрів ММ. У пам'яті комп'ютера зберігаються дані ММ, за допомогою яких складають програми для роботи обладнання з ЧПУ. Ці програми відтворення форм і розмірів служать першоджерелами для самостійного виготовлення і зв'язування інструментів і деталей. Одночасно за допомогою керуючих програм на верстатах з ЧПУ обробляю поверхні і контури деталей, заготівельного обладнання, вимикачів, складальних пристроїв.

Схема збірки і зчеплення заготовки і монтажного оснащення представлена в додатку. Вихідною інформацією є аналітично задані параметри конструкції і складені на їх основі конструкторські креслення.

2.1.7. Технічні умови на поставку вузлів стабілізатора

Для реалізації розробленого технологічного процесу необхідно скласти технічні умови на поставку вхідних деталей і вузлів.

У технічних умовах на поставку вузлів при їх доставці в складальний цех встановлюється ступінь комплектності: комплектність даного вузла, наявність стикувальних отворів на агрегаті і їх готовність, припуски на деталі з листів і профілів або їх відсутність, наявність технологічних отворів і т. Д.

Технічні умови на поставку деталей і вузлів представлені нижче у вигляді таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Технічні умови на поставку вузлів і деталей для складання

Частина та вузли		Ступінь повноти	Наявність технологічних отворів
Назва та номер креслення	Кількість.		
Лонжерон 1 К104.ДП.163К.010.000	1	Збирається за схемою складання	СО – 30 шт. $\varnothing 2,55$ мм у стійках у напрямку до стінок ребер; А $\varnothing 2,6$ – 60 шт слід призначити згідно з кресленням.
Лонжерон 2 К104.ДП.163К.020.000	1	Збирається за схемою складання	OSB – 3 шт. в кронштейнах для монтажу автофургону; - 2 шт в кронштейнах кріплення бустерного відсіку. СО – 30 шт. $\varnothing 2,55$ мм у стійках у напрямку до стінок ребер; А $\varnothing 2,6$ – 60 шт слід призначити згідно з кресленням.
Ніс К104.ДП.163К.030.000	1	Збирається за схемою складання	А $\varnothing 2,6$ – 312 шт. слід призначити згідно з кресленням, припуск на контур не менше 10 мм.

Хвостова частина К104.ДП.163К.050.000	1	Збирається за схемою складання	НО $\varnothing 2,6$ – 312 шт. присвоюється згідно з кресленням,
Верхня панель К104.ДР.163с.070.000	1	Збирається за схемою складання	БО – 4 шт $\varnothing 6$ мм; НО $\varnothing 2,6$ – 1036 шт. присвоюється згідно з кресленням; Припуск на контур не менше 10 мм.
Нижня панель К104.ДП.163к.090.000	1	Збирається за схемою складання	БО – 4 шт. $\varnothing 6$ мм; НО $\varnothing 2,6$ – 986 шт. присвоїти згідно з кресленням; Припуск на контур не менше 10 мм.
Ребро К104.ДП.163К.110.000 К104.ДП.163К.130.000 К104.ДП.163К.150.000 К104.ДП.163К.170.000 К104.ДП.163К.190.000 К104.ДП.163К.210.000 К104.ДП.163К.230.000 К104.ДП.163К.250.000 К104.ДП.163К.270.000 К104.ДП.163К.290.000 К104.ДП.163К.310.000 К104.ДП.163К.330.000 К104.ДП.163К.350.000 К104.ДП.163К.370.000 К104.ДП.163К.390.000	15	збирається за схемою складання; Не встановлюйте компенсатори.	СО $\varnothing 2,55$ мм – 4 шт. в стінах до 1-го і 2-го лонжеронних стовпів.
Кінець К104.ДР.163С.410.000	1	Збирається за схемою складання	НІ - $\varnothing 2,6$ – 48 шт. присвоюють згідно з кресленням;

2.1.8. Технічні умови на конструкцію вузлового складального пристосування

У технічних умовах конструкція складального пристосування вказується його призначенням, переліком вузлів, способами складання і установочними базами, порядком складання, напрямком і засобами укладання вузлів і зняття виробу, положенням зібраного виробу в апараті, засобами проведення складальних робіт, необхідною механізацією пристрою і т.д.

Технічні умови на конструкцію складального пристосування для вузла стабілізатора представлені нижче у вигляді таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Специфікація на конструкцію монтажного пристосування

<i>№</i>	<i>Параметри ТУ</i>	<i>Реалізації</i>
1	Призначення монтажного пристосування	Пристосування призначене для складання стабілізатора.
2	Вузли, що входять до складу проєктованого елемента	Лонжерони 1 і 2; стабілізатор носка; струнотримач; 15 ребер; Верхня та нижня панелі
3	Способи збірки, підстави установки	Спосіб складання: паралельно-послідовний Монтажні основи: OSB, ВО, КФО, поверхні фіксаторів і вимикачів
4	Порядок складання	Монтаж лонжеронів 2 і 1, ребер, верхньої і нижньої панелей, компенсаторів ребер, хвостової частини, носової секції, наконечника.
5	Напрямок, в якому вставляються вузли і виймається готовий виріб.	Всі вузли укладаються збоку від себе.
6	Інструменти для встановлення та зняття вузлів	Електричний підйомник; Вручну.
7	Положення зібраного виробу в кріпленні	Вертикально.
8	Інструменти для монтажу	Ручний механізований інструмент.
9	Механізація пристосування	Відсутні.

2.1.9. Розробка технологічного процесу складання стабілізатора

Технологічний процес складання стабілізатора являє собою послідовність установки складальних одиниць, вузлів, деталей і панелей в складальний прилад в потрібному положенні, їх фіксацію і з'єднання між собою способами, передбаченими кресленням, визначення спеціальності, категорії і кількості робітників, а також норм часу, підбір інструментів і обладнання.

Розробка складального технологічного процесу для серійного виробництва з програмою запуску 63 комплектів на рік здійснюється відповідно до креслень конструкції виробу та схеми складання

1. Сутність операцій і переходів технологічного процесу. Їх послідовність повинна відповідати певному плану. В цілому процес збірки виконується в наступному порядку:

- підготовка деталей до складання;
- установка деталей в зазначене в кресленнях положення;

- фіксація деталей;
- підготовка деталей до з'єднання і з'єднання;
- контроль точності і якості з'єднань;
- Заключні роботи.

2. Інструменти та обладнання, необхідні для кожної операції.

3. Норми часу за видами виконуваних робіт. Стандартизація складальних робіт враховує стан складання, вагу і габарити виробу, а також деталі і вузли, що з'єднуються. Нормування проводиться відповідно до норм НІАТ.

4. Спеціальність, чисельність і категорія робітників. Визначення категорії здійснюється за тарифно-кваліфікаційним довідником.

5. Інспекційні операції. Технолог розробляє контроль на підставі креслення і технічного завдання в такій послідовності:

- вибір параметрів, що підлягають контролю;
- Підбір засобів і методів боротьби.

Технологічний процес складання стабілізатора представлений в «Додатку».

2.2. Проектування технологічного обладнання збірка заповнювача

2.2.1. Схема базування при складанні стабілізатора

Основа - це сукупність точок, ліній, поверхонь, щодо яких визначається положення будь-яких інших точок, ліній, поверхонь, що відносяться до зібраних деталей або складальних одиниць. За сферою застосування основи поділяються на конструкторські, технологічні та вимірювальні. Далі ми розглянемо тільки технологічні основи, які в свою чергу поділяються на монтажні та складальні.

Інсталяційні основи - це поверхні, лінії, точки, які використовуються для додання деталі або виробу необхідного положення щодо обраної системи координат, інших деталей і оснащення.

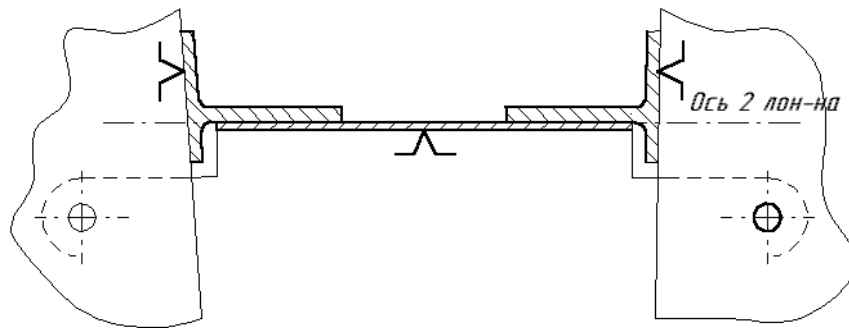
Складальні основи - це поверхні, лінії, точки, які належать деталям, що збираються, і беруть безпосередню участь у формуванні з'єднання. Характер процесу складання залежить від узгодження складальних основ (чи буде потрібно підгонка деталей чи ні).

При виборі підстав необхідно прагнути дотримуватися принципів єдності, сталості і збігу підстав.

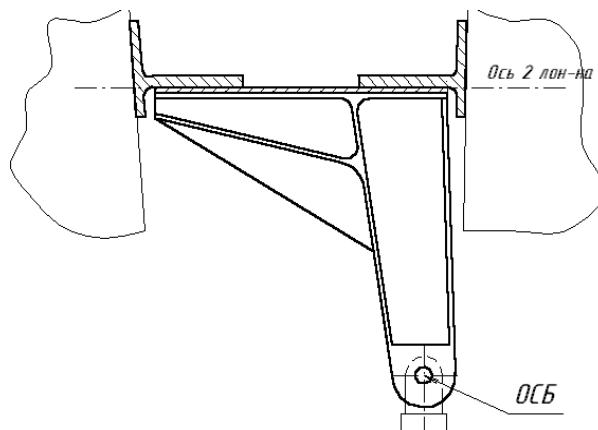
Монтажний стапель повинен бути обладнаний:

- 1) Перемикається по зовнішньому контуру з урахуванням контуру носа, хвоста і кінчика;
- 2) Рівновіддалені шаблони для контролю форми і якості зовнішньої поверхні;
- 3) Люльки для установки 1 і 2 лонжеронів;
- 4) • Фіксатори кронштейнів підвіски ліфта;
- 5) Кондуктор для формування фідуціальних точок, що забезпечують нівелювання стабілізатора.
- 6) Пристрої для підвіски, кочення і віддачі вузлів стабілізатора в стапелі.
- 7) Підлогове покриття, драбини, тумби, верстаки і т.д.

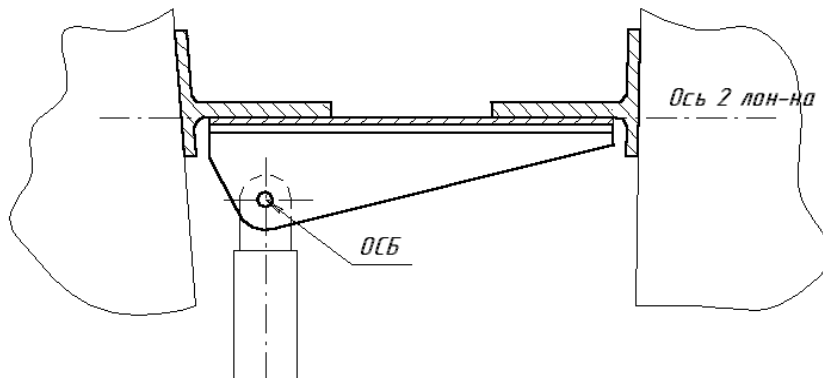
Другий лонжерон базується на люльках, встановлених на всіх вимикачах пристрою; кріплення OSB петлі ліфта і бустерного відсіку; (Див. Рисунок 2.3.)



а)



б)



в)

Рисунок 2.3. Компонування 2-х лонжеронів:

а – базування лонжерона уздовж люльок; б – ОСП основа підвісних кронштейнів автофургонів; с - б – базування кронштейнів кріплення бустерного відсіку відповідно до OSB

Перший лонжерон стабілізатора встановлюється на люльки всіх перемикачів і притискається замками (див. Рисунок 2.4.).

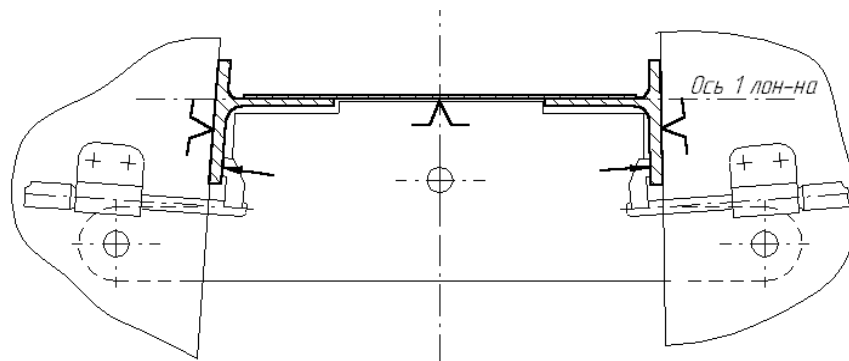


Рисунок 2.4. Компонування 1 лонжерона

Ребра встановлюються на лонжерони згідно з СО (див. Рисунок 2.5.).

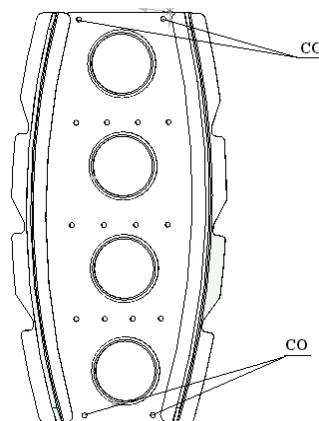


Рисунок 2.5. Схема базування ребер

Кореневе ребро спирається на пластину стапеля (див. Рисунок 2.5.).

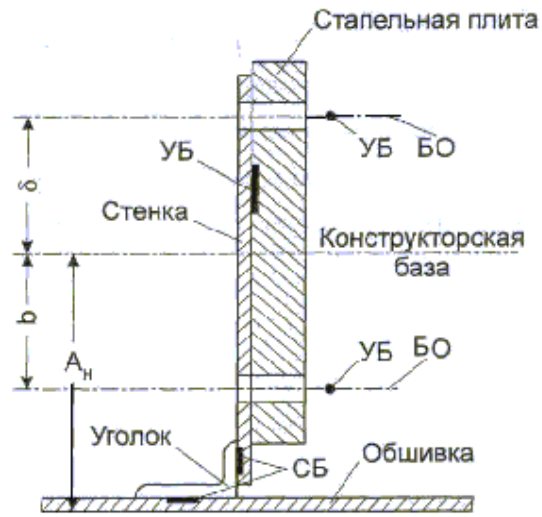


Рисунок 2.6. Основа кореневого ребра

Верхня і нижня панелі встановлюються по БО, установка управляється по контуру, притискається перемикачами (див. Рисунок 2.5).

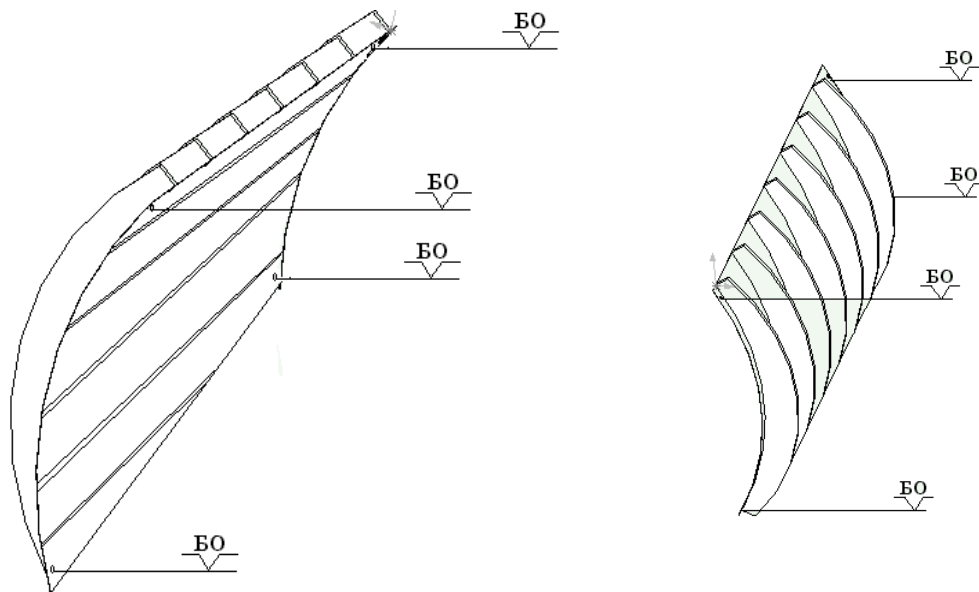
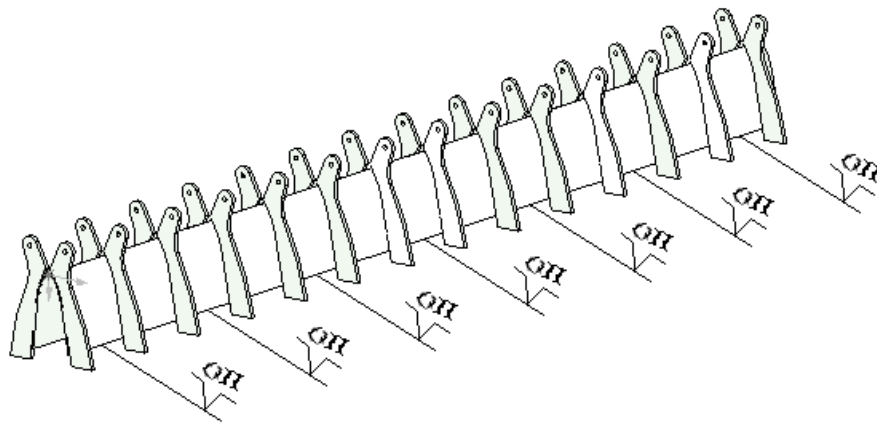
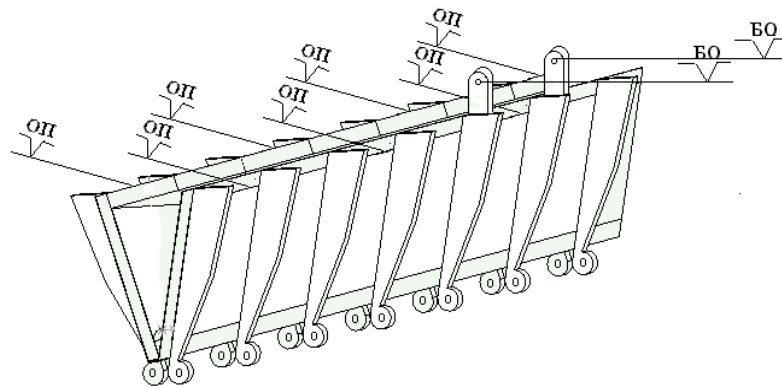


Рисунок 2.7. Схема базування панелей

При установці хвостова частина і ніс підганяються під ремені лонжеронів (ОП) і фіксуються перемикачами. Хвостова частина також базується на кронштейнах кріплення бустерного відсіку OSB (див. Рисунок 2.6.).



(a)



b)

Рисунок 2.8. Схема базування а - носова секція; б - хвостова частина

При установці наконечник регулюється на ремені 15 ребра і фіксується останнім перемикачем (див. Рисунок 2.6.).

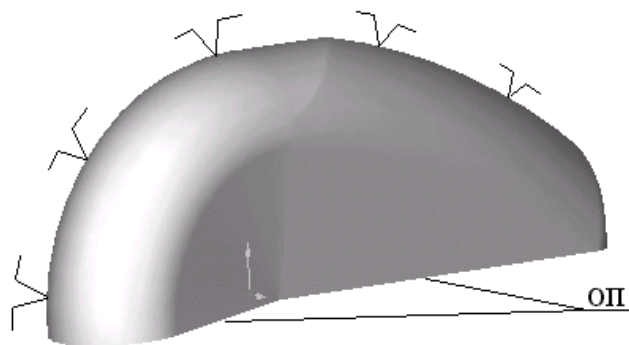


Рисунок 2.9. Схема базування наконечників

2.2.2. Розробка конструкції монтажного пристосування

Каркас і кріпильні елементи пристосування можуть і повинні бути стандартними або виконаними зі стандартних заготовок.

Стандартизація елементів оснащення дозволяє багаторазово використовувати одні й ті ж функції для розташування різних монтажних пристосувань. Оборотноість оснащення вкрай важлива з урахуванням зміни складальних об'єктів в результаті модифікації і модернізації випускається літака або переходу на новий виріб. Агрегація дає можливість різко скоротити витрати часу, праці і коштів на проектування і виготовлення складальної техніки, а в кінцевому підсумку і на всю підготовку серійного виробництва нового літака.

Точність монтажу пристосування при достатній жорсткості його каркаса визначається точністю виготовлення окремих пристосувань і точністю їх взаємної установки при монтажі.

Стабілізатор складається з деталей, що характеризуються відносно невеликими габаритами, деякі з них мають невелику жорсткість. Після того, як вони зібрані в кріпленні, вони повинні відповідати заданій точності. Тому одним з основних призначень монтажного пристосування є забезпечення необхідної точності і взаємозамінності зібраного виробу. Точність складання в монтажному пристосуванні забезпечується струбцинами і струбцинами, встановленими в певному положенні щодо осей конструкції на елементах каркаса пристосування. Каркасно-затискна система повинна мати достатню жорсткість, витримувати навантаження, що виникають в процесі складання і вага зібраного виробу. Досягнення високої продуктивності праці і зручності монтажних робіт - друге призначення монтажного пристосування. Для цього монтажне пристосування повинно забезпечувати: вільний доступ до робочих зон; швидкий монтаж і кріплення деталей; зручне розташування деталей для складання і т.д. Технологічне оснащення повинно бути нормовано. Керуючись викладеними вище вимогами та іншими рекомендаціями, була розроблена схема пристосування для складання рампи вантажного люка.

У нашому випадку монтажне пристосування буде складатися з: каркаса, на який кріпляться всі елементи пристосування, вимикачів і хомутів для установки і фіксації деталей в монтажному положенні.

Каркас монтажного пристосування з'єднує всі елементи конструкції в єдине ціле. Його жорсткість визначає точність положення всіх вузлів пристрою, проте він не

повинен охоплювати робочі зони. Каркас складається з наступних елементів: двох вертикальних і двох горизонтальних балок. Горизонтальні балки несуть в собі точки підключення вимикачів. Перемикачі використовуються для визначення зовнішнього контуру стабілізатора.

Відповідно до прийнятої схемою зчеплення монтаж ЛП здійснюється в системі ІС (стійка для інструментів) і ПК (плаз джиг).

Зібрані за кресленням рами світильників або балка з привареними під хомути чашками встановлюються на стіл ІС. Рама спирається на ті ж поверхні, що і при монтажі або встановленні стапеля в майстерні. Положення рами або балки регулюється домкратами. Якщо опорні площини необроблені, то між рамою і площиною столу залишають зазор в 3-5 мм, який заповнюють цементним розчином. Після застигання цементу раму кріплять до столу, не допускаючи деформації каркаса в місцях кріплення. Після перевірки положення рами на столі верстата початкову точку установчих розмірів вил поєднують з початком відліку координатних лінійок. Для цього використовують дистанційний упор.

Для утримання заглушки фіксатора в зазначеному положенні використовуються перехідні штуцери, які закріплюються в пазах координатних лінійок. Кріплення, що підтримується фітингом, фіксується заливкою цементу НІАТ-МТС. Після витримки протягом 7-12 хвилин штуцер звільняють і переналаштовують стіл для установки наступних фіксаторів.

Плаз-кондуктор призначений для з'єднання осей кріпильних отворів кріпильних елементів (перемикачів і т.д.) з їх робочим контуром. Плаз-кондуктор має координатні лінійки, в отвори яких \varnothing запресовані загартовані втулки 8А з кроком $50 \pm 0,01$ мм. Поперечні лінійки переміщаються щодо поздовжніх; При цьому отвори лінійок збігаються.

Зчеплення осей кріпильних гільз кріпильних елементів з їх контурами досягається наступним чином. На столі плаз-провідника на БО каліброваними штирями закріплені дві поперечні лінійки Шаблон. До нього притискається вимикач або люлька. Перевірте зазор щупом і зафіксуйте положення шаблону і перемикача болтами або притискними планками. За кресленнями вимикача визначають міжосьові відстані

вводів перемикачів і через отвори в лінійках просверлюються настановні отвори в вимикачах. У ці отвори запресовуються втулки, і перемикачі готові.

За допомогою плаз-кондуктора в стапелях і монтажних пластинах також сверд-лять підставні і монтажні отвори, а уздовж головних пластин заливають втулки або розгортають отвори в стапелях.

Після обв'язки положень кріпильних отворів і контурів кріпильних елементів (перемикачів) на плаз-кондукторі встановлюються кріплення.

Фіксатори визначають і фіксують деталі стабілізатора, що збираються, в необ-хідному положенні. Їх розташування, кількість, конструкція визначають точність і взаємозамінність складальної одиниці. Фіксатори повинні відповідати таким вимо-гам:

- забезпечити швидку фіксацію зібраних деталей;
- гарантувати надійність роботи затиску і неможливість його мимовільного відведення під впливом зовнішніх збурюючих сил, що супроводжують процес скла-дання;
- виключити можливість пошкодження поверхонь або деформації нерухомих деталей;
- відрізняються конструктивною простотою і технологічністю виготовлення при достатній міцності і жорсткості, а також можливістю повторного використання;
- Включати максимальну кількість нормованих елементів в збірки.
- Забезпечте мінімальне затінення робочих зон.

Для забезпечення необхідної точності установки фіксаторів використовується плаз-кондуктор (установка фіксаторів через компенсатор шляхом заливки цементу НІАТ - МС).

Склад цементу НІАТ-МЦ по вазі:

цемент марки 500 - $65\pm 5\%$;

будівельний гіпс - $35,5\pm\%$;

вода - 35% від загальної маси цементу і гіпсу;

хлористий літій (добавка - 0,1 - 0,5% від маси цементу).

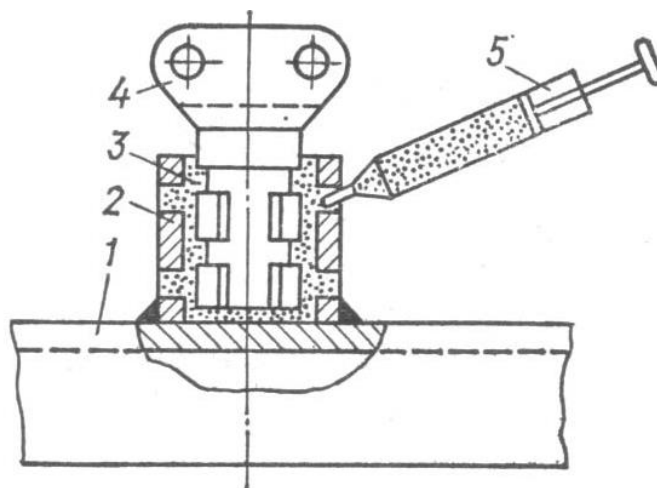


Рисунок 2.9. Схема заливки вил в чашки балки стапеля:
1 - балка стапеля; 2 - скло; 3 - цемент НІАТ-МЦ; 4 - вилка; 5 - шприц.

Витримка від заливки до фіксації становить 7 - 12 хвилин, час затвердіння - 2 - 3 дні.

Після завершення монтажу пристосування збирається на інструментальному стенді з хомутів.

Креслення монтажного пристосування, призначеного для складання стабілізатора, наведено в додатку до цієї пояснювальної записки.

При проектуванні монтажного пристосування проектувальник повинен забезпечити:

- простота і легкість підходів до всіх вузлів, агрегатів і систем при мінімальних габаритах пристрою;
- точність аеродинамічного контуру $\pm 0,05$ мм;
- взаємозамінність в аеродинамічних контурах, з'єднувачах і з'єднаннях;
- легке (вручну) кріплення всіх засувок і зчіпок перемикачів;
- наявність підходів для роботи на стапелі;
- обладнати стапель вбудованим свердлильним і зенкерним вузлом, подачею стисненого повітря, електрики, освітлення;
- легке і швидке зняття готового агрегату;

Конструкція стапеля в зборі стабілізатора показана на кресленні (Додатки до диплому).

2.2.3. Розробка конструкції представника оснастки другого порядку (за схемою зчеплення)

Оснастка 2-го порядку - це фізичний носій розмірів і форми, якому повинна відповідати виробнича оснастка в встановлених межах точності. Виробнича оснастка, в свою чергу, є фізичним носієм розмірів і форм, які також повинні бути підібрані по деталі або виробу з певною точністю.

Стандартом за формою і розміром є набір взаємно нез'єднаних з'єднувальних датчиків. Калібр роз'єму складальної одиниці являє собою спеціальний шаблон, який відтворює геометрію всіх поверхонь (відсіків, агрегатів), що сполучаються при стикуванні з поверхнями, що сполучаються (складальними базами) іншої взаємно зібраної складальної одиниці.

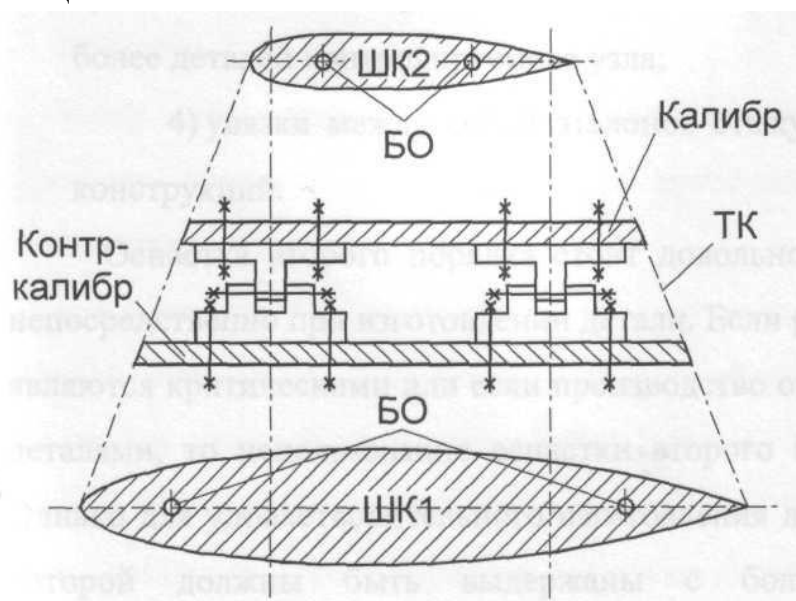


Рисунок 2.10. Протикаліберний шарнір

Взаємно нестикованими називаються два з'єднувальних калібру, всі сполучаються поверхні яких узгоджені (пов'язані) один з одним з необхідною точністю. Таке відстикування здійснюється слюсарно-інструментальним методом в процесі нарощування калібру і копіювання розміру на контркалибр.

До калібрів плоского з'єднання відноситься майстер-пластина, яка є моделлю такого з'єднання і виходить шляхом розмітки і побудови розмірів (наприклад, центрів базових отворів або торцевих отворів) на плаз-кондукторі за допомогою шаблону пристосування (ШП) або монтажно-кріпильного шаблону (СМФ). Форма і розміри майстер-плити переносяться шляхом копіювання на стапелі монтажного пристосування

Така оснастка є носієм розмірів і форм для виготовлення і контролю виробничої оснастки, за якою встановлюється співвідношення між отворами, поверхнями або контурами певного вузла.

Вузлові калібри використовуються для виготовлення елементів з'єднувальних конструкцій, а також для узгодження з'єднань при монтажі фіксаторів з'єднувачів в монтажних пристосуваннях.

Оснащення другого порядку використовується для:

1) забезпечення взаємозамінності між деталями або вузлами конструкції літального апарата в тих випадках, коли необхідні допуски не можуть бути досягнуті звичайними методами виготовлення;

2) виготовлення та інспекція виробничого та інспекційного обладнання, що використовується в авіаційній промисловості, особливо у випадках, коли потрібне дублювання оснастки;

3) Визначте розташування отворів, контурів, поверхонь і критичних точок кріплення Як правило, оснащення відтворює одну або кілька частин тестованого агрегату;

4) взаємозв'язок стандартів стикувальних або спряжених конструкцій.

Оснастка другого порядку досить дорога і не використовується безпосередньо при виготовленні деталі. Якщо розміри даної деталі не критичні, або якщо виробництво обмежене декількома деталями, то застосування оснастки другого порядку не виправдано. Однак для задовільного виготовлення навіть однієї деталі може знадобитися еталон, розміри якої повинні бути витримані з великою точністю.

Використання такого обладнання дає наступні переваги:

1) Собівартість виробничої оснастки знижується за рахунок використання інспекційної оснастки;

2) Зниження витрат на технічне обслуговування при перевірці виробничого оснащення

3) Загальна стандартизація дозволяє розділити виробничі операції між різними підприємствами (кришка дверей або люка може бути виготовлена на одному заводі, а конструкція, до якої вона кріпиться, - на іншому);

4) Включається індивідуальна інтерпретація технічних параметрів;

5) Забезпечується вузьке дублювання.

До недоліків використання оснастки другого порядку можна віднести наступне:

- 1) Збільшується первісна вартість оснащення (збільшується кількість оснастки);
- 2) продовжується початкова тривалість виробничого процесу;
- 3) потрібне транспортування та обслуговування;
- 4) Щоб внести зміни, потрібно переробити більше інструментів.

5) При виробництві декількох (або сполучних) стандартів поглинається частина загальних виробничих допусків (іноді це може бути перевагою).

Проектувальник повинен враховувати загальні допуски на деталі або вузли кінцевого продукту, обумовлені допусками для окремих деталей або матеріалів. Вплив допусків на номінальне розташування відповідальних поверхонь або точок необхідно враховувати при виборі матеріалів для оснащення другого порядку.

Вибір матеріалів. При виборі матеріалу для оснащення другого порядку необхідно ретельно враховувати розміри, вагу і допуски матеріалу, що використовуються для виготовленого виробу. При виборі матеріалу необхідно також передбачити зносоміцність при тривалому використанні, а також те, щоб еталон і оснастка або еталон і деталь мали однакове розширення при нагріванні.

Виробництво оснастки другого порядку

Фіксація отворів є основною функцією референсів. Розміри отворів в еталоні не обов'язково повинні збігатися з розмірами технологічних отворів. Спосіб фіксації отворів повинен дозволяти використовувати змінні втулки скрізь, де це можливо.

Для фіксації отворів краще використовувати напрямні втулки у всіх стандартах, причому з таким внутрішнім діаметром, щоб вони підходили під комплект змінних втулок. Це дасть можливість використовувати прямі або ступінчасті шпильки для установки деталей у виробничу оснастку за еталоном. Направні втулки забезпечують довший термін служби в стандартах м'якої сталі та майже завжди використовуються в стандартах алюмінію та магнію.

Замість напрямних гільз часто використовуються запресовані втулки для розмітки отворів за еталоном.

Креслення оснастки другого порядку - зустрічного калібру з'єднання центральної і консольної частин стабілізатора наведено в графічній частині дипломного проекту під номером *K104.ДП.163к.750.000*.

2.2.4. Технічне проектування засобів механізації (автоматизації) складального процесу

Механізація і автоматизація здійснюються в основному для підвищення продуктивності праці, зниження собівартості продукції, поліпшення її якості, полегшення умов і поліпшення культури праці. У деяких випадках автоматизація дає можливість здійснювати процеси, які неможливі при ручному управлінні.

Підвищення продуктивності праці при автоматизації та механізації забезпечується, перш за все, інтенсифікацією режимів виконання технологічного процесу, скороченням часу, що витрачається на спостереження за ходом і контроль процесу.

У більшості випадків технологічний цикл складання вузлів і агрегатів складається з подачі зібраних елементів, їх орієнтації, фіксації і кріплення, власне обробки, розкріплення, контролю результатів обробки і транспортування виробів із зони обробки.

Для механізації та автоматизації технологічного процесу складання стабілізатора та його вузлів пропонується впровадити клепку на клепувальних верстатах, використовувати свердлильно-зенкерний вузол для формування гнізд під заклепки в панелях, що йдуть у потік. Використання групових і одиночних заклепувальних пресів. Спеціальні протяжні пристрої для вирізання отворів, переносні клеपालні хомути для зменшення ручного заклепування.

2.3. Організація процесу складання.

2.3.1. Уточнення виду продукції

Вид виробництва як загальна організаційно-технічна характеристика виробництва визначається головним чином ступенем спеціалізації робочих місць, розмірами і сталістю деталей і складальних одиниць, а також формою переміщення деталей між робочими місцями.

Залежно від обсягу виробництва і виробничої програми розрізняють три основних види виробництва: масове, серійне і одноразове.

Масове виробництво характеризується вузьким асортиментом і великим обсягом продукції, яка безперервно виготовляється або ремонтується протягом тривалого періоду часу.

Серійне виробництво характеризується обмеженим асортиментом продукції, що випускається або ремонтується періодично повторюваними партіями, і порівняно великим обсягом продукції, що випускається.

Одиничне виробництво характеризується широким асортиментом продукції, що випускається або ремонтується, і невеликим обсягом продукції, що випускається.

Таким чином, для складання стабілізатора з виробничою програмою 65 одиниць на рік найбільш підходящим є серійне виробництво.

Для нього характерні:

- поетапна розробка технологічних процесів;
- На кожному робочому місці виконується кілька повторюваних операцій;
- Устаткування на виробничому майданчику розташовується відповідно до послідовності етапів технологічного процесу по групах операцій.

У серійному виробництві робітники в основному середньої кваліфікації і використовуються в основному універсальне обладнання, що пояснюється необхідністю переналаджень.

2.3.2. Вибір організаційної форми збірки агрегату

Для складання стабілізатора вибираємо командну форму організації роботи. Це пов'язано з тим, що стабілізатор є досить великим вузлом, збірка якого складається з численних операцій і переходів, більшість з яких не може бути виконана однією людиною (клепка, установка і зняття вузлів). У таких випадках роботу виконують два і більше працівника, дії яких повинні бути чітко скоординовані, щоб уникнути травм і неякісного виконання поставлених завдань.

У кожній бригаді повинен бути свій бригадир, більш досвідчений працівник, який розподіляє роботу між членами своєї бригади, координує їх дії і, в деяких випадках, виконує найскладнішу роботу.

2.3.3. Складання циклічного графіка складання агрегату

Графік циклу є основним технологічним і організаційним документом діючої і виробничої складальної лінії. Він складається з переліку складальних завдань і об'єднань, складених на основі технологічного процесу.

Складальне завдання - це група операцій, виконаних одним робітником або декількома (бригадою) на одному робочому місці протягом періоду часу, кратного циклу. Якщо не створювати графік циклів для потоку, тривалість роботи може бути будь-якою залежно від кількості операцій, об'єднаних у ньому.

Складальне об'єднання - це група складальних завдань, що виконуються декількома робітниками або бригадами на одному стенді виробничої лінії в циклі, кратному циклу.

Його мета - регулювати порядок завдань і комбінацій в часі і просторі, нести інформацію про необхідні ресурси і їх якості при реалізації технології; Встановити розрахунковий цикл потоку і встановити постійний технологічний цикл складальних і монтажних робіт на лінії.

Побудуємо циклічний графік вузла стабілізатора на основі раніше розробленого процесу складання.

Цикл - це тривалість рівних проміжків часу між випуском послідовних продуктів.

$$\tau = \frac{\Phi_p}{N}; \quad (2.5)$$

де Φ_r - розрахунковий фонд робочого часу в році;

N - програма виробництва продукції на рік (65 виробів на рік).

$$\Phi_p = s \cdot t \cdot m \quad (2.6)$$

де m - кількість робочих днів у році;

s - кількість робочих змін в день;

t - тривалість однієї зміни.

Візьмемо: $s=1, t=8 (h)$,

$$m=365-105=260; (105 - \text{кількість вихідних днів}).$$

$$T_0 \Phi_p = 1 \cdot 8 \cdot 260 = 2080 (ч)$$

$$\text{Цикл випуску: } \tau = \frac{2080}{65} = 32 (ч/шт)$$

Графік циклу характеризується тривалістю циклу складання виробу.

Технологічний цикл - це робочий час , протягом якого виготовляється виріб від початку до кінця (частка ділення трудомісткості виробництва об'єкта на кількість людей, що працюють одночасно). Результати обчислень будуть відображені в циклової діаграмі.

$$Ц = \frac{T}{n}; \quad (2.7)$$

$T = 192$ (н/год) – трудомісткість виготовлення об'єкта з урахуванням специфіки клепальних операцій;

$n=4$ - кількість людей, що працюють на збірці одночасно.

$$Ц = \frac{192}{4} = 64 \text{ (н/ч)};$$

Таким чином, за результатами розрахунку, готовий виріб повинен бути зібраний в 8 змін.

Реалізація зазначеної програми випуску продукції повинна бути забезпечена необхідною кількістю приладів і робітників. Як показано в пункті 2. Для виконання заданої програми потрібно 4, 2 світильники.

Циклічний графік вузла стабілізатора показаний на кресленні *K104.ДП.163к.650.000*.

За циклічним графіком технологічний цикл вузла стабілізатора становить $C = 64$ години. Величина циклу випуску кратна значенню циклу: $64/32=2$

2.3.4. Опис робочого місця та заходів охорони праці

Робоче місце - це частина виробничого приміщення з розташованим на ньому обладнанням і обладнанням, яке використовується групою працівників для виконання певної роботи. Раціональна організація робочого місця спрямована на створення максимальної зручності, що дозволяє виконувати операції з найменшою кількістю робочого часу (раціональне обладнання, зручне планування робочого місця, створення нормальних санітарно-технічних умов на робочому місці). Визначимо конкретні вимоги до оснащення місця, де збирається кільвий наконечник.

Місце складання повинно бути обладнане:

- пристрій для складання стабілізатора;
- монтажний стіл для підготовчих робіт і робіт поза пристосуванням;
- стелаж для зберігання деталей;
- повітропровід для підключення електроінструменту;
- набір інструментів для монтажних робіт (слюсарні молотки, гайкові ключі, викрутки, лінійки, свердла, зенкери, перфатори і пневматичні дрилі).

Монтажне пристосування має бути зручним у роботі. Для цього:

- розташування впускних клапанів повітряної мережі повинно бути на відстані не більше 1,5 м від пристрою;
- Стелаж і верстак повинні знаходитися на відстані не менше 0,5 м від пристосування, але планування робочого місця повинна бути компактною (тобто робоче місце повинно займати якомога менше виробничої площі).

Схема компоновки робочого місця для збірки стабілізатора показана на рисунку 4.2.

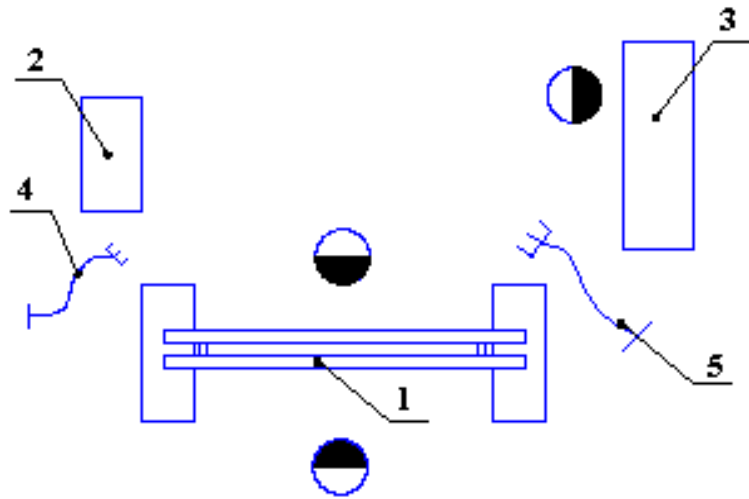


Рисунок 2.11. Планування робочого місця.

1 - монтажне пристосування; 2- набір інструментів для монтажних робіт, верстак для підготовчих і нестapelьних робіт; 3- Стелаж для зберігання деталей; 4- повітропровід для підключення електроінструменту; 5- Електричний дріт.

Контроль якості робіт здійснюється без відриву основних працівників від процесу складання. Опалення, вентиляція, освітлення, санітарно-технічні умови в цеху забезпечують високу продуктивність праці.

Стандарти передбачають наступний порядок утримання робочого місця:

1. Розподіл і видача нарядів-нарядів здійснюється майстром перед зміною.
2. Деталі та вузли доставляються на робоче місце дистриб'ютором на початку зміни та в міру виконання роботи.
3. Інструмент і ТП приймаються самим працівником перед початком зміни і здаються в кінці.
4. На робочому місці необхідно тримати постійний інструмент.
5. Прибирання робочого місця проводиться робітником після закінчення зміни.

Заходи безпеки:

1. Свердлильні роботи слід проводити в захисних окулярах.
2. Дотримуйтесь технічних правил безпеки.
3. Дотримуйтесь правил безпеки під час роботи з клепки.
4. Робоче місце має бути добре освітленим і провітрюваним.

5. Забороняється очищати робоче місце від стружки стисненим повітрям із заводської пневмосистеми.

6. Забороняється проводити роботи, якщо є пошкодження фундаменту і опор стапеля.

2.4. Гарантія якості зібраного виробу

2.4.1. Характеристика об'єктів, методів і засобів контролю якості

При сучасних високих швидкостях польоту до поверхонь, обтічних повітряним потоком, пред'являються високі вимоги, тому відхилення контурів агрегатів від теоретичних контурів обмежуються дуже малими допусками. Як наслідок, висуваються також високі вимоги до точності деталей, оснащення, контрольно-вимірювальних приладів і методів вимірювання.

Методи контролю якості заклепувальних з'єднань:

Необхідні розміри і допустимі відхилення параметрів, що характеризують заклепувальний шов, встановлюються в технічних умовах, які враховують призначення літака.

В процесі виготовлення клепаних вузлів контролюється якість внутрішніх поверхонь і розмірів отворів, форма і розміри гнізд заклепок, форма і розміри заставних і замикаючих головок, а також герметичність деталей, що з'єднуються в готовому шві, герметичність з'єднання.

Так як в нашій конструкції використовуються композитні матеріали, то відповідно до вимог до якості клепаних з'єднань КМ і з урахуванням специфіки властивостей заклепувальних з'єднань КМ необхідно провести перевірку на предмет виявлення наступних дефектів:

- відкол в'язучого і відкол верхніх шарів КМ при утворенні отворів і гільз;
- вставка в КМ закладних і замикаючих головок;
- випинання шкіри в області змикаються головок;
- наявність тріщин і розшарування в СМ.

Огляд контурів агрегатів:

1. Огляд контурів в монтажному пристосуванні - простий метод, який не вимагає спеціального обладнання, але дає низьку точність

2. контроль контурів за рівновіддаленими шаблонами набагато точніше попереднього, але має ряд істотних недоліків: вплив похибок при установці контршаблону на результати вимірювання всього контуру, неможливо перевірити положення контуру однієї ділянки щодо іншого;

3. контроль за контрольними точками під час нівелювання.

4. Огляд за допомогою контрольної-вимірювальної апаратури є найбільш просунутим методом, що дозволяє вимірювати відхилення контурів з точністю до 0,1 мм і визначати напрямок і величину загального скручування агрегату.

Перш за все, знадобиться наступний інструмент:

- набір плоских стилусів для контролю точності аеродинамічного контуру;
- індикатор з насадкою для контролю виступу потайних головок заклепок;
- екранна лупа;
- Шаблони для перевірки висоти і діаметра головки закривання заклепок.

2.4.2. Сутність прийнятої системи управління якістю продукції

Якість продукції - це сукупність її властивостей, що визначають її придатність до задоволення певних вимог відповідно до призначення даного товару.

Попередня оцінка якості спроектованого або експлуатованого виробу можлива за одним або декількома основними властивостями даного виробу. При аналізі якості товару використовують 7 груп показників якості:

1) показники призначення, які визначають спосіб виконання виробом функцій відповідно до сучасних досягнень науки і техніки;

2) показники надійності, які характеризують здатність виробу виконувати поставлене завдання протягом заданого терміну служби при дотриманні заданих вимог;

3) показники технологічності, що визначають ступінь досконалості конструкції виробу з точки зору вимог виробництва;

4) економічні показники, що визначають витрати на проектування і виготовлення виробу і визначають його економічну ефективність в експлуатації;

5) ергономічні показники, що визначають ступінь досконалості системи «людина – машина – навколишнє середовище»;

6) показники стандартизації та уніфікації, що визначають ступінь використання в конструкції стандартних і уніфікованих деталей, складальних одиниць, кріпильних виробів, матеріалів;

7) патентно-правові показники, що визначають патентний допуск, продукцію та авторські свідоцтва на рішення, використані в його розробці.

Технологія має найбільш істотний вплив на показники призначення, надійності, технологічності та економічності. Суть прийнятої системи менеджменту якості полягає в наступному:

– Система управління якістю починає працювати під час підготовки серійного виробництва. На цьому етапі розробляється технологічний процес виготовлення виробу. При цьому вносяться індивідуальні зміни в конструкцію виробу і використання передових процесів складання;

– детально розробляються всі операції контролю якості виробу на етапі складання, при цьому вносяться пропозиції щодо вдосконалення окремих елементів конструкції, спрямовані на застосування найбільш ефективних методів контролю якості;

– Проектується і виготовляється все технологічне і контрольно-вимірювальне обладнання, а також нестандартне обладнання, необхідне для реалізації розробленого технологічного процесу.

Таким чином, основним завданням системи менеджменту якості є недопущення випуску незавершеної продукції з низькою надійністю в серійному виробництві. Під час виготовлення дослідних зразків проводяться дослідження та випробування для виявлення виявлених дефектів та відповідного доопрацювання конструкції. Головним критерієм якості роботи виконавців є єдиний показник - відсоток готової продукції з першої презентації.

У проектованому цеху передбачені наступні заходи щодо підвищення якості продукції, що випускається.

1. Розширення рівня безударної односторонньої клепки (сердечникові заклепки, заклепки з високою стійкістю до зсуву);
2. впровадження імпульсної клепки;
3. впровадження свердління отворів на свердлильному верстаті;
4. введення свердління двох і більше отворів спеціальними насадками;

5. впровадження реберного складання та клепки, малих вузлів на свердлильно-клепувальних верстатах АК-22-0,5;
6. на пресах КП-503М встановлюють ремені і рейки для переміщення преса з консолі;
7. Розширte використання інтерференційних болтів і високопродуктивних заклепок
8. забезпечувати контроль якості на об'єктах;
9. підвищувати якість перевірок вузлів і агрегатів, розробляти і впроваджувати технологічні процеси контролю на базі агрегатів;
10. При огляді зібраного стабілізатора використовуйте набір рівновіддалених шаблонів.

2.5. Проектування агрегатно-складального цеху

Проектування авіаційних заводів - це складний творчий процес, в якому необхідно знаходити раціональні рішення різних технічних питань. Вона базується на сучасних науково-технічних досягненнях і вимагає комплексу знань з різних галузей науки і техніки. На основі цих знань повинні бути знайдені раціональні рішення питань, необхідних для практичних цілей проектування.

Конструктору-технологу доводиться вирішувати широке коло питань, пов'язаних з розрахунком виробничих потужностей і облаштуванням цеху. У процесі проектування визначаються необхідні для виробництва матеріально-технічні ресурси - тип і кількість обладнання, кількість виробничих робітників, розміри площ, енергетичні потужності, ступінь автоматизації виробничих процесів, а також створюються технології руху основних вантажопотоків - матеріалів, напівфабрикатів, деталей, вузлів, панелей, агрегатів - на всіх стадіях виробничого процесу.

Основними вихідними даними для проектування агрегатно-складального цеху є:

- виробнича програма з випуску агрегатів;
- креслення загального вигляду агрегату;
- директивна технологія виготовлення агрегату;

- схема технологічного і експлуатаційного поділу агрегату на секції, панелі і агрегати;
- креслення комплекту монтажних пристосувань;
- технічні умови на збірку агрегату;
- вага агрегату;
- Трудомісткість монтажних робіт з розбивкою за видами, обладнанням і стапелями.

2.5.1. Технологічні розрахунки проектного цеху

2.5.1.1. Визначення трудомісткості за видами виробів (вузлів) і видами робіт

Основою для визначення трудомісткості в цеху є розроблені технологічні процеси всіх робіт, що виконуються на виробництві.

Трудомісткість технологічного процесу складання хвостового оперення літака складається з суми трудомісткості технологічних процесів складання його частин: стабілізатора, плавника, ліфтів і керма. Їх сумарна трудомісткість складання, в свою чергу, складається з трудомісткості технологічних процесів по складанню вузлів, панелей, секцій, складанню стапеля і нековзання (див. Табл. 2.3).

Доопрацювання стабілізатора поза стапелями проводиться на спеціальних стендах з фрезерним верстатом ФР-20.

Таблиця 2.3.

ВИД РОБІТ	T, н/год	P, па кс	Ср., шт.	Спр, шт.	PΣ, рах	Нпр	Об'є м, м2	FΣу д., м2
Вузловий вузол стабілізатора								
Збірка 1 лонжерона	48,4	2	0,85	1	2	0,85	10	10
Збірка 2-х лонжеронів	52,6	2	0,93	1	2	0,93	10	10
Ребро і діафрагма в зборі	211,3	1	7,5	8	8	0,94	8	64
Збірка панелей	143,3	2	1,8	2	4	0,9	28	56
збірка носа	74	2	1,3	2	4	0,65	24	48
Збірка хвостової частини	57	2	1	1	2	1	24	24
Збірка наконечника	25	1	0,88	1	1	0,88	10	10
	611,6	12		16	23			222
Агрегатний вузол стабілізатора	114,9	4	1,1	2	8	0,68	55	110
Позасліпний стабілізатор в зборі	77,1	3	0,9	1	3	0,9	60	60
Підсумки лівої та правої консолі	1530	33		37	61	0,859		724

ВИД РОБІТ	Т, н/год	Р, па кс	Ср., шт.	Спр, шт.	РΣ, рах	Нпр	Об'є м, м2	ФЗу д., м2
Вузловий вузол кіля								
Збірка 1 лонжерона	38	2	0,7	1	2	0,7	10	10
Збірка 2-х лонжеронів	46	2	0,81	1	2	0,81	10	10
Ребро і діафрагма в зборі	206	1	7,3	8	8	0,91	8	64
Збірка панелей	98,8	2	1,7	2	4	0,85	18	36
збірка носа	81	2	1,4	2	4	0,7	18	36
Збірка хвостової частини	48	2	0,85	1	2	0,85	18	18
Збірка наконечника	26	1	0,9	1	1	0,9	8	8
	543,8			16	23	0,817		182
Агрегатний кіль в зборі	108,6	2	1,9	2	4	0,95	56	112
Зведення	652,4			18	27	0,884		294
Вузловий ліфт в зборі								
Збірка лонжерона	27	2	0,47	1	2	0,47	8	8
збірка ковпачків	14	1	1,2	2	2	0,6	8	16
Ребро і діафрагма в зборі	94,3	1	3,33	4	4	0,83	7	28
збірка шкарпеток	41	2	1,1	2	4	0,55	10	20
	176,3			9	12	0,613		72
Агрегатний вузол елеватора	64	2	1,13	2	4	0,57	38	76
Тотал для правого та лівого	480,6			22	32	0,591		296
Вузловий ліфт в зборі								
Збірка лонжерона	31	2	0,5	1	2	0,5	8	8
збірка ковпачків	16,4	1	1,1	2	2	0,55	6	12
Ребро і діафрагма в зборі	88,3	1	3,12	4	4	0,78	7	28
збірка носка	39	2	0,7	1	2	0,7	10	10
	174,7			8	10	0,633		58
Агрегатне кермо в зборі	56	2	0,98	1	2	0,98	40	40
Зведення	230,7			9	12	0,806		98
Взагалі	2894			86	132	0,785		141 2

Згідно зі статистичними даними, трудомісткість за видами робіт, що виконуються в агрегатно-складальному цеху, розподіляється у відсотках від загальної трудомісткості.

У таблиці 2.4 наведено розподіл трудомісткості за видами робіт у цеху складання хвостових агрегатів.

Таблиця 2.4. Розподіл трудомісткості за видами робіт

ВИДИ РОБІТ	ТРУДОМІСТКІТЬ, н/год
Слюсар і монтаж	961,9

Клепка і збірка	1179,2
Клепка на пресах	281,76
Свердління і зенкування	375,95
Інший	95,19
Взагалі	2894

2.5.1.2. Розрахунок необхідної кількості робітників, кількості оснащення та обладнання

До штату агрегатно-складального цеху входять: виробничі робітники-складальники, підсобні робітники, молодший обслуговуючий персонал, інженерно-технічні працівники, обліковий та офісний персонал.

Чисельність виробничих робітників залежить від трудомісткості складальних робіт і фактичного річного фонду робочого часу робітника і визначається за формулою:

$$n = \frac{T \cdot N}{\Phi_{\text{д.р}}} \quad (\text{див. табл. 2.3}) \quad (2.8)$$

Розрахунок кількості стапелів визначається для кожного стапеля окремо відповідно до номенклатури, прийнятої для проєктованого цеху.

$$K_p = \frac{T \cdot N}{\Phi_{\text{д.р}} \cdot m \cdot n} \quad (2.9)$$

де T - трудомісткість виконуваних робіт, н/год;

N - Річна програма виробництва вузлів або комплектуючих в комплекті;

$\Phi_{\text{д.р}}$ - фактичний (розрахунковий) річний фонд робочого часу працівника, ч;

$$\Phi_{\text{д.р}} = 1840 \quad (\text{ч})$$

n - кількість робітників, що працюють на стапелі одночасно, або щільність робіт;

приймається відповідно до технічного процесу.

$m = 1$ - кількість змін;

Дані про необхідну кількість приладів для всіх видів робіт наведені в таблиці 1.

Беручи до уваги, що стабілізатор складається з двох консолей: правої і лівої, які зібрані в окремі пристрої, множимо кількість і конкретну площу пристроїв для скла-

дання однієї консолі на 2, а також кількість робочих (примітка не відноситься до нековзного вузла стабілізатора). Також на один стабілізатор навішується 2 ліфта, тобто кількість приладів, робітників і необхідних площ множиться на 2.

Тимчасовий коефіцієнт завантаження світильників можна визначити як відношення розрахункового числа світильників до прийнятого:

$$\eta_{np} = \frac{C_p}{C_{np}} \text{ (див. табл. 2.3);} \quad (2.10)$$

Механізований інструмент в агрегатних і складальних цехах розраховують у відсотках від чисельності виробничих робітників (табл. 1). 2.5.)

Таблиця 2.5. Розрахунок електроінструменту

Назва інструменту	Кількість знярядь праці у % від кількості виробничих робітників	Орієнтовна кількість інструментів, шт.	Прийнята кількість інструментів, шт.
Пневматичні дрилі	27	35,64	36
Пневматичні молотки	24	31,68	32
Пневматичні викрутки	9	11,88	12
Пневматичні гайковерти	6	7,92	8

У агрегатному і складальному цехах, крім основного технологічного обладнання, визначеного калькуляцією, приймаються додаткові непроєктні верстати, преси і верстаки, необхідні для оздоблювальних робіт.

До категорії допоміжного обладнання в агрегатно-складальних цехах відносяться верстати, вузли цехової групи механіків по ремонту устаткування і приладів.

До складу додаткового нерозрахункового і допоміжного обладнання приймається відповідно до статистичних даних в залежності від кількості виробничих робітників в цеху:

Нерозрахункове обладнання:

Кількість квадрат

• Настільний свердлильний верстат	3 шт.	
• Заклепувальний прес	2 шт.	18м ² ;
• Наждачний точильний камінь		1 шт.
• Верстак з ящиками для інструментів до стапелів, до місць поза стапелями Модифікація і установка великогабаритних агрегатів	6 шт.	
4м ²		
• Свердлильний верстат для зенкера	1 шт.	20м ² ;

Допоміжне обладнання для ремонту майстерні та арматури:

• Токарно-гвинторізний верстат	1 шт.	14м ²
• Вертикально-свердлильний верстат	1 шт.	
15м ²		
• Універсальний фрезерний верстат	1 шт.	19м ²
• Наждачний точильний камінь		2 шт.
• Маркувальна табличка	1 шт.	
• Слюсарний верстак	10 шт.	2м ²
Підсумок	24шт.	140м².

За даними таблиці 1 можна визначити загальну кількість виробничих робітників у хвостовому складальному цеху

Помноживши кількість робітників на кількість пристосувань для кожного виду робіт і підсумувавши, отримуємо кількість виробничих робітників в цеху:

$$R=132 \text{ чел.}$$

Зазвичай кількість підсобних робітників, інженерів, КА і МОС приймається за штатним розкладом. Виходячи з досвіду, можна прийняти цю групу працівників у відсотках від чисельності виробничих робітників. Причому відсоток повинен коригуватися в залежності від рівня механізації та автоматизації виробничих процесів.

У нашому випадку ми припускаємо, що якщо кількість виробничих робітників у цеху становить до 200 осіб:

Допоміжні працівники:

$$P_{ec} = \frac{P}{100} \cdot 25\% = \frac{132}{100} \cdot 25\% = 33; \quad (2.11)$$

Приймати $P_{ec} = 33 \text{ чел.}$

Уточнимо чисельність підсобних робітників цеху за посадами в залежності від тарифу обслуговування (табл. 2.6).

Таблиця 2.6. Розрахунок допоміжних робітників за посадами

Пункт No	Пост	Тариф на обслуговування	Кількість робітників, чол.	Розряду
1	Слюсар Обладнані.	120	4	4
2	Електрик	100	3	3
3	Слюсар ПРИН	80	4	4
4	Машинник ПРИН	200	2	4
5	Комірник IRC	120	2	4
6	Дозатор креслення	20	1	4
7	Комірник PROSK	30	4	4
8	Працівники транспорту	25	4	4
9	Кранівник	15	1	4
10	Контролер	18	6	4
11	Вибору	15	3	4
12	Прибиральник майстерні	10	2	2
	Підсумок		36	

Кількість інженерів, співробітників і МОС можна визначити по-різному:

- за числовими нормами;
- стандарти керованості та обслуговування;
- емпіричними залежностями або агрегованими у відсотках від числа виробничих робітників.

Розрахуємо кількість інженерів, службовців та ГУП у відсотках від працівників виробництва.

$$\text{ІНЖЕНЕРІВ: } P_{ИТР} = \frac{P}{100} \cdot 20\% = \frac{132}{100} \cdot 20\% = 26,4; \quad (2.12)$$

Приймати $P_{ИТР} = 27$ чел.

$$\text{КШ може відноситися до: } P_{КСХ} = \frac{P}{100} \cdot 3\% = \frac{132}{100} \cdot 3\% = 3,96; \quad (2.13)$$

Приймати $P_{КСХ} = 4$ чел.

$$\text{СС: } P_{МОП} = \frac{P}{100} \cdot 1,5\% = \frac{132}{100} \cdot 1,5\% = 1,98; \quad (2.14)$$

Приймати $P_{МОП} = 2$ чел.

Отримані розрахункові дані про чисельність працівників інженерів, службовців і МУП будуть скориговані шляхом розрахунку їх за посадами (див. табл. 2.7.).

Таблиця 2.7. Кількість інженерів, працівників та ГУП у цеху

	Пост	n, рах
Лідерів	Керівник магазину	1
	Депутат. Начальник виробничого цеху	1
	Депутат. Начальник цеху підготовки виробництва	1
Фахівців	Старший змінний майстер	2
	Керівник Технічного бюро	1
	Технолог	6
	Інженер-інструментальник	1
	Майстер ПРИН	1
	Голова. ХНН	1
	Керівник PDB	1
	Планувальник	3
	Диспетчер	2
	Технолог матеріалів	1
	Керівник VT&Z	1
	Встановлювач ставок	2
	Економіст	1
	Механік цеху	1
	Технік з обладнання	1
	Керівник БТК	1
	Старший начальник управління	1
	Майстер управління	2
	Змінний бригадир	8
Співробітників	Комод	1
	Діловод	1
	Бухгалтер	1
	Архіваріус	1
	Секретар-друкарка	1
	Керуючий	1
	Хронометрист	1
СС	Прибиральниця офісу	2
Підсумок		49

Тоді загальна чисельність робітників цеху становить:

$$P\Sigma = 132 + 36 + 40 + 7 + 2 = 217 \text{ (осіб)}.$$

2.5.1.3 Розрахунок необхідної площі

Після визначення необхідної кількості обладнання та виробничих робітників починається розрахунок площі ділянок цеху.

За функціональним призначенням зони цеху класифікуються на виробничі та допоміжні.

Розрахунок виробничих площ:

Виробнича площа - це площа, зайнята складальним обладнанням, стендами, верстакami, майданчиками для зберігання вузлів і деталей, робочими місцями для майстрів і інспекторів з урахуванням проходів і основного проїзду.

Виробнича площа включає також площі, зайняті лабораторним обладнанням, місця для приготування розчинів, лаків, фарб, клеїв.

При попередньому вивченні схеми планування, виробничої площі виробничого цеху Φ . Визначаємо згідно з таблицею 1, де наведені статистичні норми конкретних районів Фуда .

Так як в нашій майстерні ми використовуємо велику кількість різних монтажних пристосувань, то для того, щоб розрахувати загальну виробничу площу цеху, ми розраховуємо площі, які припадають на конкретні види світильників, з урахуванням їх кількості.

Загальна площа для кожного виду світильників та обладнання:

$$F_{\Sigma yd} = F_{yd} \cdot C_{np} \quad (2.15)$$

Потім підсумовуємо отримані значення площ з урахуванням площ безрозрахункового і допоміжного обладнання, і отримуємо загальну виробничу площу цеху:

$$F_{\Sigma} = \sum F_{\Sigma yd} = 1412 + 140 = 1552 \text{ (м}^2\text{)}$$

Цей показник залежить від габаритних розмірів використовуваних приладів і транспортних засобів, останні визначають ширину проходів між приладами.

Норми конкретних виробничих площ на одне робоче місце або одиницю обладнання в агрегатних і складальних цехах визначаються за графіками [10, с. 254-256.].

Таким чином, виробнича площа, необхідна для розміщення світильників та обладнання, становить 1552 м². Для того щоб врахувати проходи і проходи між світильниками, отриману площу множать на 1,2. Тоді отримуємо:

$$F_{\text{произв}} = F \cdot 1,2 = 1552 \cdot 1,2 \approx 1863 \text{ (м}^2\text{)};$$

Остаточний розмір площі визначається після розкладки обладнання робочих місць і транспортних пристроїв з урахуванням відстаней між пристроями і ширини проходів і проїздів, а також після розміщення всіх допоміжних служб відповідно до правил безпеки і нормами технологічного проектування.

Розрахунок допоміжних площ:

Після розрахунку виробничої і загальної площі починається розподіл площ, необхідних для допоміжних і складських служб.

До допоміжних площ відносяться ділянки, зайняті ділянками для ремонту обладнання та оснащення, майстернями з ремонту приладів, інструменту; приміщення для чергових слюсарів, електриків тощо; для контролю; для цехових силових і санітарно-технічних установок; магістральні під'їзні шляхи.

Допоміжні площі складають 25-27% виробничих площ:

Визначимо допоміжну область:

$$F_{\text{вспом}} = \frac{F_{\text{произв}}}{100} \cdot 25\% = \frac{1863}{100} \cdot 25\% = 466 \text{ (м}^2\text{)}; \quad (2.16)$$

Тоді: загальна площа цеху, розташованого у виробничому корпусі, дорівнює:

$$F_{\text{общ}} = F_{\text{вспом}} + F_{\text{произв}} = 1863 + 466 = 2329 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Як правило, розподіл допоміжних площ здійснюється наступним чином:

- майстерня механіка цеху: 60м²;
- склади матеріалів: 50м²;
- CRF: 0,25 м² на одного виробничого працівника.

$$\text{Для нашої майстерні: } F_{\text{ИРК}} = 0,25 \cdot 132 = 33 \text{ (м}^2\text{)};$$

Всі ці площі складаються і від допоміжних і складських площ віднімається кількість.

$$F_{\text{ИРК}} + F_{\text{МЦМ}} + F_{\text{МС}} = 60 + 50 + 33 = 143 \text{ (м}^2\text{)}$$

Отримана різниця розподіляється в таких пропорціях:

$$F = 466 - 143 = 323 \text{ (м}^2\text{)};$$

- звичайний склад - 5%;

$$F_{\text{скл.норм}} = \frac{323}{100} \cdot 5\% = 17 \text{ (м}^2\text{)} \quad (2.17)$$

- Склад запчастин (PROSC) – 65%;

$$F_{\text{ПРОСК}} = \frac{323}{100} \cdot 65\% = 210 \text{ (м}^2\text{)} \quad (2.18)$$

- складське приміщення для малого технологічного обладнання – 10%;

$$F_{\text{кл.м.техн.осн}} = \frac{323}{100} \cdot 10\% = 33 \text{ (м}^2\text{)} \quad (2.19)$$

- Місця складання – 20%

$$F_{\text{м.подсб.}} = \frac{323}{100} \cdot 20\% = 65 \text{ (м}^2\text{)} \quad (2.20)$$

Розрахунок площі адміністративно-технічних приміщень:

Склад адміністративно-технічних приміщень визначається на основі заздалегідь розроблених схем управління. Розмір площі цих приміщень залежить від складу і штату адміністративно-технічних служб цеху.

Адміністративно-технічна структура включає в себе приміщення технологічного, проектно-конструкторського, планово-диспетчерського та інших бюро, цехову лабораторію, приміщення для змінних майстрів, кімнату обліку робочого часу, кабінет керівника, його заступників, представника замовника і т.д.

Площі адміністративно-технічних приміщень приймаються в залежності від кількості працівників в найчисельнішій зміні.

➤ Кабінет керуючого магазином:

30м²;

➤ Кабінет заступника начальника виробничого відділу: 17м²;

➤ Кабінет заступника начальника виробничого цеху: 17м²;

➤ Секретарська кімната: 10м²;

➤ Табелі обліку робочого часу:

10м²;

➤ Приміщення БТК: 12м²;

➤ Технологічне бюро: 32м²;

- Управління праці та заробітної плати: 12м2;
- Планово-диспетчерське бюро та економіст: 20м2;
- Кабінет механіка цеху: 10м2;
- Архів технічної документації 14м2;
- Диспетчерська консоль 16м2;
- Представництво Замовника 16м2;

Кімнати повинні мати природне освітлення і висоту не менше 3,3 м.

Розрахунок площі побутових приміщень:

При розрахунку площі побутових приміщень він виходить з необхідності створення не тільки нормальних умов праці для працівників, а й нормальних умов життя на виробництві. Це відбивається на розширенні складу побутових приміщень, збільшенні нормативів площі на одного працівника, в зручності приміщень і їх взаємному розташуванні. Побутові приміщення цеху необхідні для надання санітарно-гігієнічних, медичних, культурних та інших послуг, а також для надання послуг громадського харчування.

Розміри, склад і оснащення побутових приміщень встановлюються санітарними нормами при проектуванні промислових підприємств. Санітарно-гігієнічні послуги включають умивальники, гардеробні, душові, кімнати жіночої гігієни, кімнати для сушіння, дезактивації та знепилювання одягу, пральні, курильні та ін.

На першому поверсі розташовані туалети, душові, вбиральні, медпункти. Другий і третій поверхи використовуються для гардеробних, адміністративно-технічних приміщень, червоних кутів, їдалень тощо.

Вбиральні розташовуються в окремих приміщеннях, що примикають до гардеробних.

Вбиральні розташовуються таким чином, щоб відстань від найвіддаленіших місць не перевищувало

Курильні кімнати надаються в тих випадках, коли в силу умов виробництва і пожежної безпеки куріння у виробничих приміщеннях не допускається. Кімната для куріння розташовується в приміщенні, що примикає до туалету, на відстані не більше 75 м від робочого місця.

Для розрахунку площі побутових приміщень можна використовувати нормативи, наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8. Співвідношення працівників за статтю та місцем роботи для розрахунку площі побутових та офісних приміщень агрегатно-складального цеху

Категорія працівників	Чоловіків	Жінок	В офісі	У майстерні
Працівники виробництва	80	52	—	132
Допоміжні працівники	2	13	—	37
ІНЖЕНЕРІВ	24	16	30	10
Друкована плата	2	5	6	1
СС	—	2	2	

З урахуванням всіх вимог і нормативів розрахунку побутових приміщень розраховуємо площу побутових приміщень (див. Табл. 2.9.).

Таблиця 2.9. Розрахунок площі побутового приміщення

Найменування приміщення	Конкретна об'ємна площа	Прийнята норма	Орієнтовна кількість осіб	Р, пакс	Площа приміщення, м ²	
Гардеробні з закритими шафами для зберігання	0,6	На одного працівника	Загальна кількість робітників	217	131	
Вбиральні	1,2	Для одного крана	Кількість робітників в найчисленнішій зміні - 15 чоловік на 1 кран	217	18	
Вбиральні:	Жінок	2,8	за унітаз	один унітаз на 15 осіб, кількість жінок у найчисленнішу зміну	17	16
	Чоловіків	3,3	за унітаз	один туалет і один пісуар на 30 осіб, кількість чоловіків у найчисленнішій зміні.	29	27
Душ	2,5	на один душ (включаючи тамбур)	15 осіб на душ. Кількість працівників у найбільшу зміну	217	37	
Кімнати для куріння	0,02	на одного працівника	Кількість робітників у найбільшу зміну	217	5 Прийняти 8	
Загальна площа, м ²					240	

2.5.1.4 Визначення складу цеху

До складу цеху складання хвостового оперення входять:

- Вузловий складальний цех: збираються ребра, діафрагми, лонжерони та інші дрібні складальні одиниці (кронштейни, штуцери, кришки тощо).
- відділення по збірці малих вузлів і панелей в складі секції складання панелей, секції складання лонжеронів, відділення складання носа, хвоста і наконечника;
- юнітний відсік для складання стабілізатора, кіля, керма та елеватора в зборі;
- Відділ ревізії стапелів;

Управління цехом будується на основі принципів, що забезпечують чіткість і ефективність управління. Основними з них є:

- Єдність командування,
- Пряме підпорядкування,
- Оперативна автономність ділянок.

Під організаційною структурою адміністративного апарату слід розуміти форми побудови управлінських зв'язків з визначенням їх функцій, взаємозв'язків і підпорядкування.

Правильна побудова організаційної структури повинна сприяти злагодженій і точній роботі всього апарату, не бути багатоступінчастою, знижувати витрати на управління виробництвом.

Начальник цеху - це повноцінний керівник, який відповідає за адміністративну, господарську та технічну роботу цеху.

Начальник цеху повинен мобілізувати персонал цеху на виконання виробничого плану, виявити внутрішні резерви, поліпшити організацію виробництва.

Заступник начальника виробничого відділу забезпечує управління виробництвом, контролює роботу бригадирів.

Заступник начальника цеху підготовки продукції забезпечує своєчасну передвиробничу підготовку. Він керує технічним бюро та інструментальним цехом.

Технічне бюро розробляє технологічні процеси, удосконалює і впроваджує у виробництво найбільш передові з них, постійно стежить за дотриманням технологічної дисципліни.

Бюро праці та заробітної плати (БТЗ) займається нормуванням, тарифікацією, розробкою форм оплати праці, розрахунком заробітної плати, організацією самофінансування, розробкою та аналізом техніко-економічних показників роботи цеху та його ділянок.

Планово-диспетчерське бюро (ПБД) розробляє календарні плани виробничих ділянок - завдання, перевіряє наявність плану і вживає заходів щодо його виконання, організовує видачу матеріалу на робочі місця і доставку готової продукції, виписує робочу документацію на виробничі ділянки, здійснює оперативне регулювання виробництва.

Механік цеху керує експлуатацією, обслуговуванням і плановим ремонтом обладнання в цеху. Під його керівництвом знаходиться механічна майстерня.

Бюро технічного контролю контролює якість виконаних робіт.

3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Розрахунок техніко-економічних показників складального цеху хвостового оперення

Необхідні дані для розрахунку техніко-економічних показників цеху, такі як виробнича програма цеху, часові фонди, кількість обладнання, кількість працівників, розраховуються в розділі «Технологічна частина».

3.1.1. Розрахунок фонду заробітної плати

Фонд оплати праці розраховується за категоріями цехового персоналу: окремо для основних виробничих робітників, для підсобних робітників і для інженерів, УЗК, МОС.

При розрахунку фондів заробітної плати за основу береться їх загальноприйнята структура: поділ фондів на пряму (тарифну), основну (пряму з погодинною доплатою) і додаткову (денні та щомісячні доплати) заробітну плату.

Рисунок 3.1. Показано структуру фондів заробітної плати працівників.



Рисунок 3.1. Структура заробітної плати

Розрахунок заробітної плати основних працівників

Пряма заробітна плата основних виробничих робітників (ПЗОР) розраховується за формулою

$$ПЗОР = T_{обц} \cdot \bar{e} \left(1 + \frac{\bar{k}_{ум} + \bar{k}_{ум}}{100} \right), \quad (3.1)$$

де $T_{обц}$ загальна трудомісткість роботи в цеху за річною програмою запуску, нормовані людино-години; $T_{обц} = \sum t_j \cdot N_{зан} = 2894 \cdot 65 = 188110$ (чел.час);

\bar{e} - середня погодинна тарифна ставка для цеху;

$$\bar{e} = 95 \left(\frac{грн}{час} \right)$$

$\bar{k}_{ум}, \bar{k}_{ум}$ - середні нормативи доплат за умови і інтенсивність роботи в цеху,

$$\bar{k}_{ум} + \bar{k}_{ум} = 12\%.$$

Середньогодинна ставка \bar{e} розраховується за формулою:

$$\bar{e} = \frac{\sum_{\kappa=1}^8 e_R \cdot n_R}{\sum_{\kappa=1}^8 n_R}; \quad (3.2)$$

де e_R - годинна ставка R-го розряду;

n_R — чисельність робітників R-го розряду.

Середня погодинна ставка визначається шляхом інтерполяції через середню цифру:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{\kappa=1}^8 R \cdot n_R}{\sum_{\kappa=1}^8 n_R}; \quad (3.3)$$

де R - числове значення цифри;

Середня цифра може бути дробовим числом.

Дані для розрахунку середнього розряду і середньої погодинної ставки наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Дані для розрахунку середнього розряду і середньої погодинної ставки

Звільнення працівників p_i	Кількість робітників даної категорії в цеху n_i , чол.	Погодинна ставка e_i , грн/год	Орієнтовні дані	
			$P_i n_i$	$E_i n_i$
3	95	4,17	246	341,94
4	100	5,2	152	197,6
5	115	5,95	60	71,4
Підсумок	132	—	3,5	4,7

$$ПРЗОР = 2894 \cdot 65 \cdot 4,7 \cdot \left(1 + \frac{12}{100}\right) = 990211,04(\text{грн}) - \text{Річний фонд прямої заробітної}$$

плати робітникам виробництва.

Для того щоб розрахувати повний фонд заробітної плати, крім безпосередньої заробітної плати, необхідно розрахувати додаткову заробітну плату виробничих робітників. Премії плануються в розмірі 20 відсотків фонду прямої оплати праці, тобто суми фонду оплати праці. $0,2 \cdot 990211,04 = 198042,2\text{грн}$.

Погодинні, щоденні та щомісячні доплати можуть бути визначені відповідно до прийнятих норм цих доплат.

Додаткова заробітна плата без урахування премій розраховується за формулою

$$ДЗОР = ПЗОР \cdot \frac{K_{\text{час}} + K_{\text{дн}} + K_{\text{мес}}}{100}, \quad (3.4)$$

де $ПЗОР$ – безпосередня заробітна плата основних працівників у плановому періоді, грн;

$K_{\text{час}}, K_{\text{дн}}, K_{\text{мес}}$ – прийняті нормативи погодинних, денних і щомісячних доплат, $K_{\text{час}} = 10\%, K_{\text{дн}} = 12\%, K_{\text{мес}} = 16\%$.

$$\text{То } ДЗОР = ПЗОР \cdot \frac{10 + 12 + 16}{100} = 990211,04 \cdot 0,38 = 376280,2\text{грн}.$$

Фонд оплати праці основних працівників:

$$ФОТ_{\text{оп}} = ПЗОР + ДЗОР = 990211,04 + 198042,2 + 376280,2 = 1564533,4\text{грн}.$$

Розрахунок заробітної плати підсобних робітників

Пряма заробітна плата підсобних робітників i -ї за професією ($XЗВР_i$) при погодинній оплаті праці розраховується за формулою

$$ПЗВР_i = \Phi_{\partial i} \cdot \bar{e}_i \cdot n_i \left(1 + \frac{K_{ym_i} + K_{um_i}}{100} \right), \quad (3.5)$$

де $\Phi_{\partial i} = 1840$ – фактичний фонд часу підсобних робітників

\bar{e}_i – середня погодинна ставка допоміжних робітників, грн/год;

n_i – кількість допоміжних робітників i -ї за професією;

$\bar{K}_{ym}, \bar{K}_{um}$ – середні нормативи доплат за умови і інтенсивність роботи в цеху,

$$\bar{K}_{ym} + \bar{K}_{um} = 12\%.$$

Пряма заробітна плата підсобних робітників i -ї за професією (ЗОЗ), що виплачується на основі посадових окладів, визначається так:

$$ПЗВР_i = \Phi_{\partial i} \cdot \bar{O}_i \cdot n_i \left(1 + \frac{K_{ym_i} + K_{um_i}}{100} \right), \quad (3.6)$$

де \bar{O}_i – середня посадова заробітна плата допоміжних працівників i -ї професії, грн/міс.

Додаткова заробітна плата допоміжних працівників i -ї професії без урахування премій за результатами роботи розраховується за формулою

$$ДЗВР = ПЗВР \cdot \frac{K_{час} + K_{\partialн} + K_{мес}}{100}, \quad (3.7)$$

де $ПЗВР$ – безпосередня заробітна плата підсобних робітників у плановому періоді, грн;

$K_{час}, K_{\partialн}, K_{мес}$ – прийняті нормативи погодинних, денних і щомісячних доплат,

$$K_{час} = 10\%, K_{\partialн} = 12\%, K_{мес} = 16\%.$$

То $ДЗВР = ПЗВР \cdot 0,38$.

Фонд оплати праці допоміжних робітників:

$$\Phi OT_{\text{ер}} = ПЗВР + ДЗВР. \quad (3.9)$$

Результати розрахунку заробітної плати допоміжних робітників зведені в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2. Заробітна плата підсобним робітникам

Професія	н, чол.	Розряду	о, грн/міс	е, грн/год	ФДІ, ч	КУТ+КІТ, %	ЛЗВР, грн/рік	Ставки доплат			Премії, % від ПКС,	ДЗВР, грн	Повний золотий запас, грн
								Хр, %	Кдн, %	Кдн, %			
Слюсар Обладнані.	4	4	-	4,68	1840	12	38578,2	10	12	16	20	14659,8	60953,7
Електрик	3	3	-	3,74	1840	12	23122,2	10	12	16	20	8786,5	36533,2
Слюсар ПРИН	4	4	-	3,17	1840	12	26131	10	12	16	20	9929,8	41287
Машинник ПРИН	2	4	-	3,59	1840	12	14796,6	10	12	16	20	5622,8	23378,8
Комірник ІРС	2	-	362	-	1840	12	4121,6	10	12	16	20	1566,3	6512,3
Дозатор креслення	1	-	397	-	1840	12	2060,8	10	12	16	20	783,2	3256,2
Комірник PROSK	4	-	397	-	1840	12	8243,2	10	12	16	20	3132,5	13024,4
Працівники транспорту	4	4	-	2,85	1840	12	23493,2	10	12	16	20	8927,5	37119,4
Кранівник	1	4	-	3,35	1840	12	6903,7	10	12	16	20	2623,5	10908
Контролер	6	4	-	3,54	1840	12	43771,4	10	12	16	20	16633,2	69158,9
Вибору	3	-	362	-	1840	12	6182,4	10	12	16	20	2349,4	9768,3
Прибиральник майстерні	2	1	-	1,97	1580	12	6972,3	10	12	16	20	2649,5	11016,3
Підсумок	36						204376,6					77664	282040,6

Нарахування заробітної плати керівникам, спеціалістам, співробітникам та молодшому обслуговуючому персоналу

Пряма заробітна плата працівникам цих категорій розраховується наступним чином:

$$ПЗП_i = \Phi_{\partial i} \cdot \bar{O}_i \cdot n_i \left(1 + \frac{K_{ym_i}}{100} \right), \quad (3.10)$$

де $\Phi_{\partial i}$ – річний фонд діючого часу, місяців;

\bar{O}_i – середня заробітна плата працівників i -ї посади, грн/міс;

n_i – кількість працівників на i -ї посаді;

\bar{K}_{ym} – норматив доплат за умови праці.

Керівники, спеціалісти та службовці можуть отримувати надбавки до посадового окладу, що не перевищують 50 відсотків посадового окладу. Ці ж категорії працівників та GUP мають право на доплати до 12% до офіційних доплат.

Додаткові заробітні плати керівникам, фахівцям, співробітникам і МОС визначаються за формулою

$$ДЗП_i = ПЗП_i \cdot \frac{K_{час i} + K_{дн i} + K_{мес i}}{100}, \quad (3.11)$$

де $K_{час}, K_{дн}, K_{мес}$ – прийняті норми погодинних, денних і щомісячних доплат,

$K_{час i} = 10\%, K_{дн i} = 12\%, K_{мес i} = 16\%$.

Результати нарахування заробітної плати керівникам, фахівцям, працівникам і МРС наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Розрахунок заробітної плати інженерам, співробітникам і службовцям

Пост	n, рах	Ой, грн	ФД, ч	КУТ, %	Заробітна плата, грн/рік.	Ставки доплат			ДЗП, грн	Премії, % від ПКС	Загальна заробітна плата, грн/рік
						Хр, %	Кдп, %	Кмес, %			
Лідерів											
Керівник магазину	1	1071	1840	12	14394,3	10	12	16	5469,9	40	25621,9
Депутат. Начальник виробничого цеху	1	963	1840	12	12942,8	10	12	16	4918,3	30	21743,9

Депутат. Начальник цеху підготовки виробництва	1	960	1840	12	12902,4	10	12	16	4903	30	21676,1
Фахівців											
Старший змінний майстер	2	794	1840	12	21342,8	10	12	16	8110,3	20	33721,7
Керівник Технічного бюро	1	869	1840	12	11679,4	10	12	16	4438,2	20	18453,5
Технолог	6	733	1840	12	59109,2	10	12	16	22461,5	20	93392,5
Інженер-інструментальник	1	737	1840	12	9905,3	10	12	16	3764,1	20	15650,5
Майстер ПРИН	1	780	1840	12	10483,2	10	12	16	3983,7	20	16563,5
Голова. ХНН	1	612	1840	12	8225,3	10	12	16	3125,7	20	12996,1
Керівник PDB	1	856	1840	12	11504,7	10	12	16	4371,8	20	18177,4
Планувальник	3	638	1840	12	25724,2	10	12	16	9775,2	20	40644,2
Диспетчер	2	578	1840	12	15536,7	10	12	16	5904	20	24548
Технолог матеріалів	1	622	1840	12	8359,7	10	12	16	3176,7	20	13208,3
Керівник VT&Z	1	856	1840	12	11504,7	10	12	16	4371,8	20	18177,4
Встановлювач ст-вок	2	673	1840	12	18090,3	10	12	16	6874,4	20	28582,8
Економіст	1	712	1840	12	9569,3	10	12	16	3636,4	20	15119,6
Механік цеху	1	796	1840	12	10698,3	10	12	16	4065,4	20	16903,4
Технік з обладнання	1	782	1840	12	10510,1	10	12	16	3993,9	20	16606
Керівник БТК	1	856	1840	12	11504,7	10	12	16	4371,8	20	18177,4
Старший начальник управління	1	712	1840	12	9569,3	10	12	16	3636,4	20	15119,6
Майстер управління	2	630	1840	12	16934,4	10	12	16	6435,1	20	26756,4
Змінний бригадир	8	657	1840	12	70640,7	10	12	16	26843,5	20	111612
Співробітників											
Комод	1	390	1840	12	5241,6	10	12	16	1991,9	20	8281,82
Діловод	1	392	1840	12	5268,5	10	12	16	2002,1	20	8324,3
Бухгалтер	1	788	1840	12	10590,8	10	12	16	4024,6	20	16733,6
Архіваріус	1	397	1580	12	5335,7	10	12	16	2027,6	20	8430,44
Секретар-друкарка	1	397	1840	12	5335,7	10	12	16	2027,6	20	8430,44
Керуючий	1	430	1756	12	5779,2	10	12	16	2196,1	20	9131,14
Хронометрист	1	390	1840	12	5241,6	10	12	16	1991,9	20	8281,82
СС											
Прибиральниця офісу	2	1,97	1580	12	6972,3	10	12	16	2649,5	20	11016,3
Підсумок	49				440897,2				167542		696619

Отримані дані про оплату праці зведені в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4. Показники заробітної плати в цеху

Категорія працівників	Кількість осіб	PZP, грн/рік	DZP, грн/рік	Бонуси, грн/рік	Фонд оплати праці, грн/рік	Середній щомісячний платіж, грн
1. Основні працівники	132	990211,04	376280,2	198042,2	1564533,44	987,8
2. Допоміжні працівники	36	204376,6	77664	40875,32	322915,92	747,5
3. Керівники	3	40239,5	15291,2	8047,9	63578,6	1766,1
4. Спеціалісти	37	350892,3	133339	70178,46	554409,76	1248,7

5. Працівники	7	42793,1	16261,4	8558,62	67613,12	805
6. Обслуговуючий персонал	2	6972,3	2649,5	1394,46	11016,26	459,1
Взагалі	217	1635484,84	621485,3	327096,96	2584067,1	1002,4

3.1.2 Визначення вартості основних фондів цеху

До основних фондів цеху відносяться:

- будівлі та споруди;
- силові машини та робоче обладнання;
- вимірювальні та регулюючі прилади;
- Транспортних засобів;
- Цінні універсальні інструменти та приладдя
- Цінний виробничий і господарський інвентар.

Первісна вартість будівлі розраховується за формулою

$$C_{зд} = V_k \cdot C_k + V_n \cdot C_n, \quad (3.12)$$

де V_k, V_n – знаходяться обсяги, зайняті у виробничому корпусі та його прибудові;

C_k, C_n – Вартість 1 м3 виробничої будівлі та прибудови.

Визначення об'єму будівлі цеху:

$$V_i = 1,1 \cdot \sum_i S_i \cdot H_i, ; \quad (3.13)$$

де S_i – i – площа виду, м2;

H_i – Висота i – приміщення, м;

H_i – 1,1 – коефіцієнт, що враховує товщину стін і ширину проходу і т.д.

Визначення ціни площі:

$$Ц_i = V_i \times c_i, ; \quad (3.14)$$

де ціна c_i – за 1м3 i – площі виду.

Розрахунок вартості площ представлений в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Вартість приміщення майстерні

Найменування району	Відсоток виробничої площі	Площа, м ²	Висота, м	Об'єм, м ³	Ціна, мЗ, грн	Вартість будівлі, грн
Виробництво	100	2329	12	42564	110	4682040
Будівництво	25	466	12	10644	110	1170840
Офіс та побутова техніка	14	256	3,3	1547,7	200	309540
Підсумок		3251		54755,7		6162420

Первісна вартість обладнання та підйомно-транспортних засобів розраховується наступним чином:

$$C_{\text{оборуд.}} = 1,1 \sum_{i=1}^m n_i \cdot C_i (1 + \kappa_{\text{тр}}), \quad (3.15)$$

де n_i – прийнята кількість обладнання i -го типу, шт;

C_i – оптова ціна одиниці обладнання типу i -го, грн/шт;

$\kappa_{\text{тр}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування і монтаж обладнання (для придбаного обладнання $\kappa_{\text{тр}} = 0,1$);

m – кількість видів основного обладнання, встановленого в цеху;

1.1 - коефіцієнт, що враховує балансову вартість підйомно-транспортного обладнання, додаткового і допоміжного обладнання.

Розрахунок первісної вартості обладнання зведений в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6. Вартість обладнання

Найменування обладнання	Кількість, шт	Вартість одиниці обладнання, грн	Загальна вартість, грн
Кріплення в зборі стабілізатора	4	25000	121000
Пристосування для монтажу кіля	2	24500	59290
Пристосування для складання РВ і РН	5	18000	108900
Пристосування для складання лонжеронів	9	9000	98010
Панельні монтажні світильники	8	2100	20328
Пристосування для монтажу хв. і ніс. Частина	9	2800	30492

Пристосування для складання вінглетів	3	4200	15246
Слюсарні верстаки	47	400	22748
Прес клепувальний КП-503м	2	5900	14278
Настільний свердлильний верстат	3	2130	7731,9
Токарно-гвинторізний верстат	1	2415	2922,15
Вертикально-свердлильний верстат	1	1700	2057
СЗУ	1	5000	6050
Бурильно-пневматичний апарат (СПА-20)	1	800	968
Пневматичні дрилі	36	600	26136
Пневматичні скоби, пневматичний молоток	32	900	34848
Пневматичний гайковерт	8	900	8712
ФР-20	1	3800	4598
Універсальний фрезерний верстат	1	3200	3872
Електромобілі	4	4000	29040
Балковий кран	2	5000	12100
Підсумок			629327,05

Первісну вартість вимірювальних і регулюючих приладів для складального цеху можна прийняти рівною 3% від балансової вартості обладнання.

Первісна вартість цінного універсального інструменту і пристосувань приймається рівною 15% від балансової вартості обладнання майстерні.

Первісні витрати на виробництво і господарські запаси приймаються рівними 3% від балансової вартості обладнання цеху.

Результати розрахунку наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7. Вартість основних засобів

Ні п/н	Види капіталу	Уд. Частина у % від вартості обладнання.	Початковий Вартість в гривнях	Рік. Морт. у %	Рік. Морт.
1.	Будівля	-	6162420	5	308121
2.	Обладнання	-	318357,05	15	47753,558
3.	Вимірювальні та регулюючі прилади	3	9550,7115	15	1432,6067

4.	Інструменти та пристосування	15	47753,558	15	7163,0336
5.	Інвентаризації	3	9550,7115	15	1432,6067
	Взагалі:	-	6541775,6		365024,34

3.1.3. Розрахунок непрямих витрат на обслуговування обладнання та управління цехом

Стаття перша. Враховує амортизаційні відрахування на робоче обладнання та торговельну техніку, вимірювальні та регулюючі прилади, цінні універсальні інструменти та пристосування (див. таблицю).

$$A_{200} = 365024.3 \text{ грн.}$$

Стаття друга. Враховує витрати на експлуатацію обладнання.

Характеристика витрат:

1) Приймаємо матеріали для обслуговування обладнання 20 грн за робоче місце: $20 \cdot 182 = 3640 \text{ грн.}$

2) Заробітна плата та внески до фондів (36% до фонду соціального страхування, 1,5% до зайнятості) з фонду оплати праці допоміжних робітників, зайнятих поточним обслуговуванням обладнання:

$$0,375 \cdot 60953.7 = 22857.6 \text{ грн.}$$

3) Вартість електроенергії можна прийняти за 30 грн. на рік за 1 кВт встановленої потужності при однозмінному режимі роботи: 60000 грн;

4) Інші витрати приймаються в розмірі 2% від суми вищевказаних витрат на об'єкт:

$$0,02 \cdot (3640 + 22857.6 + 30000) = 1130 \text{ грн.};$$

У третьому пункті враховуються витрати цеху на поточний ремонт виробничого обладнання, цехової техніки та цінного інструменту.

Характеристика витрат:

1) Матеріали, напівфабрикати, запчастини, витрачені на поточний ремонт, дорівнюють 3% від первісної вартості обладнання, транспортних засобів та цінного інструменту:

$$0,03 \cdot 375661.32 = 11269.8 \text{ грн.};$$

2) Заробітна плата та внески на соціальне страхування допоміжних робітників, зайнятих на ремонті:

$$0,375 \cdot 101199 = 37949.6 \text{ рн.};$$

3) Вартість послуг інших майстерень з поточного ремонту дорівнює 3% від початкової вартості робочого обладнання, транспортних засобів та цінного інструменту: $0,03 \cdot 375661.32 = 11269.8 \text{ грн.}$

Четвертий пункт враховує витрати цеху на внутрішньозаводський рух товарів: доставку матеріалів, напівфабрикатів із заводських складів та інших цехів тощо.

Ця стаття включає:

1) Заробітна плата та внески до фондів транспортників:

$$0,375 \cdot 37119.4 = 13919.8 \text{ грн};$$

2) оплата послуг транспортному відділу за користування транспортним засобом.

Вартість послуг транспортному цеху дорівнює 50% від загального фонду оплати праці працівників транспорту: $0,5 \cdot 37119.4 = 18559.7 \text{ грн.}$

$$13919,8 + 18559,7 = 32479,5 (\text{грн})$$

У п'ятому пункті враховуються витрати на відшкодування зносу та відновлення малоцінних і швидкозношуваних інструментів і приладів загального користування.

Характеристика витрат:

1) Витрати на відшкодування зносу та відновлення малоцінних і швидкозношуваних інструментів і пристосувань загального призначення прирівнюються до 10 грн. за 1000 нормо-годин:

$$\frac{188110}{1000} \cdot 10 = 1881.1 \text{ грн.};$$

2) на послуги майстерень із заточування, ремонту та відновлення малоцінного та зношеного інструменту та пристроїв загального призначення дорівнює 2 грн. за 1000 нормо-годин:

$$\frac{188110}{1000} \cdot 2 = 376.22 \text{ грн.}$$

У пункті шостому враховуються інші витрати на утримання та експлуатацію обладнання, що дорівнює 5% від суми попередніх статей.

Результати розрахунків зведені в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8. Розрахунок витрат на обслуговування та експлуатацію обладнання

Ні п/н	Найменування статей витрат	Підсумок; грн.
1.	Амортизація обладнання, транспорту, засобів, буде міряти, інструменти, інструменти та пристосування.	365024,3
2.	Технічне обслуговування та експлуатація обладнання	1130
3.	Поточний ремонт обладнання	60489,2
4.	Переміщення вантажів на заводі	32479,5
5.	Заміна зношеності та відновлення малоцінних інструментів і пристосувань	2257,32
6.	Інші витрати	23069,02
Загальні витрати:		484449,3

3.1.4. Розрахунок витрат на управління цехом

У першому пункті враховуються витрати на утримання керівного персоналу цеху: заробітна плата і внески на соціальне страхування керівників, фахівців (крім працівників технологічного бюро), службовців і ГУП: $0,375 \cdot 584773 = 219289,87 \text{ грн.}$

У другому пункті враховуються витрати на оплату праці та внески на соціальне страхування працівників технологічного кабінету цеху та допоміжних працівників, не пов'язаних з експлуатацією та обслуговуванням обладнання (укладачів, комірників, контролерів):

$$0,375 \cdot (111846 + 160763,8) = 102228,7 \text{ грн.}$$

У третьому пункті враховуються амортизаційні відрахування на будівлі, споруди, цінності та господарський інвентар.

$$308121 + 1432,61 = 306688,4$$

Четвертий пункт враховує витрати на утримання будівель, споруд, цінного і побутового обладнання.

Характеристика витрат:

1) Витрати на опалення, вентиляцію, освітлення будівель, водопостачання та каналізацію дорівнюють 10% від вартості будівлі цеху:

$$0,1 \cdot 6162420 = 616242 \text{ грн.};$$

2) Вартість матеріалів дорівнює 1% від вартості будівлі цеху:

$$0,01 \cdot 6162420 = 61624,2 \text{ грн.}$$

3) Заробітна плата та внески на соціальне страхування прибиральників магазинів: $0,375 \cdot 11016,3 = 4131,1 \text{ грн}$

У п'ятому пункті враховується вартість поточного ремонту будівель і споруд, що дорівнює 3% вартості будівлі цеху:

$$0,03 \cdot 6162420 = 184872,6 \text{ грн.}$$

Стаття 6 враховує витрати на випробування, експерименти та дослідження, раціоналізацію та винахідництво, ці витрати дорівнюють 50 гривень на рік на одного працівника: $50 \cdot 217 = 10850 \text{ грн.}$

Стаття 7 враховує витрати на охорону праці та виробничу санітарію, огорожу, спецодяг тощо; ці витрати дорівнюють 15 грн на одного працівника на рік:

$$15 \cdot 217 = 3195 \text{грн.}$$

У статті 8 враховуються витрати на відшкодування амортизаційних відрахувань малоцінного та зношеного обладнання, що дорівнюють 10 грн на рік на одного працівника: $10 \cdot 213 = 2130 \text{грн.}$

У пункті 9 враховуються інші загальноцехові витрати (канцтовари, перевірка кваліфікації робітників тощо), що дорівнюють 5% суми попередніх статей цехових витрат.

Розрахунки витрат на управління цехом представлені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9. Розрахунок витрат на управління цехом

Ні п/н	Найменування статей витрат	Підсумок; грн.
1.	Технічне обслуговування адміністративного апарату	219289,87
2.	Утримання іншого персоналу	102228,7
3.	Амортизація будівель, споруд та інвентарю	306688,4
4.	Обслуговування будівель, споруд та інвентарю	681997,5
5.	Поточний ремонт будівель і споруд	184872,6
6.	Тестування, дослідження, раціоналізація, дослідження	10850
7.	Охорона праці та промислова санітарія	3195
8.	Відшкодування амортизаційних відрахувань малоцінних запасів	2130
9.	Інші витрати	75562,604
Взагалі:		1586814,7

3.1.5. Розрахунки кошторису собівартості продукції

При розробці плану собівартості продукції проводяться розрахунки річного кошторису витрат на виробництво і калькуляція собівартості продукції.

Кошторис витрат на виробництво цеху відображає всі витрати цеху за річною програмою і ділиться на дві категорії: за економічними елементами і за калькуляційними статтями витрат.

Всі витрати на виробництво діляться на прямі і непрямі. Прямі витрати - це витрати, які обчислюються на одиницю конкретного об'єкта. Непрямі витрати в цеху - це витрати, на які не можна розраховувати для конкретних товарів.

Після складання річного кошторису витрат на виробництво визначаємо собівартість виробу.

Розрахуємо статті калькуляційних витрат:

1. Витрати на сировину і основні матеріали.

Вартість основних матеріалів для річної програми дорівнює:

$$C_{\text{мат.}} = 1,05 \sum H_p \cdot Ц \cdot N, \quad (3.16)$$

де H_p - норма витрати матеріалу на один комплект;

$Ц$ - оптова ціна 1 кг матеріалів, грн/кг;

N - Річна програма запуску.

Коефіцієнт 1,05 враховує витрати на транспортування і заготівлю.

Норма витрати матеріалу розраховується наступним чином:

$$H_p = \frac{G}{КИМ}, \quad (3.17)$$

де G - вага готової продукції, кг;

$КИМ$ - Коефіцієнт використання матеріалу (для складальних цехів $КИМ = 0,7$).

$$\text{То } H_p = \frac{406,14 + 303}{0,7} = 1013,1 \text{ кг};$$

$$C_{\text{мат.}} = 1,05 \cdot 1013,1 \cdot 3,5 \cdot 65 = 242004,3 \text{ грн.}$$

2. Витрати на покупні речі і напівфабрикати обчислюються так само, як і витрати на основні матеріали. Покупні і напівфабрикати, що використовуються в цеху, представлені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10. Вартість напівфабрикатів і покупних виробів

№ п/п	Покупна продукція і напівфабрикати	Одиниця виміру	Норма витрати на один продукт	Оптова ціна, грн
1.	Ущільнювач УЗОМЕС-5	Кг	3,2	12,5
2.	Бензин БР-1	l	2,2	0,8
3.	Ацетон	l	4,8	1,5
4.	Грунтовка FL-086	Кг	3,2	11,6
5.	Грунт ВЛ-02	Кг	5,6	12,2
6	Грунтовка АК-069	Кг	5,6	12,3
7.	Маслоробна промисловість. І-40	l	3,2	1,2
8.	Емаль	l	1,4	8,0

$$C = 1,05 \cdot 238,32 \cdot 65 = 16265,4 \text{ грн.}$$

3. Пряма заробітна плата виробничих робітників.

Ця стаття включає пряму заробітну плату:

$$ПЗОР = 990211,04 \text{ грн.}$$

4. Додаткова заробітна плата ДЗОР = 376280,2 грн.

5. Відрахування із заробітної плати виробничих робітників.

Внески на соціальне страхування із заробітної плати виробничих робітників становлять 36 відсотків фонду заробітної плати виробничих робітників. Фонд оплати праці основних працівників: $\Phi OT_{op} = 1564533,44 \text{ грн.}$

$$0,36 \Phi OT_{op} = 0,36 \cdot 1564533,44 = 563232,02 \text{ грн.}$$

Внески до фонду зайнятості становлять 1,5 відсотка фонду оплати праці виробничих робітників.

$$0,015 \Phi OT_{op} = 0,015 \cdot 1564533,44 = 23468 \text{ грн.}$$

6. Витрати на підготовку і освоєння виробництва.

До передвиробничих і пускових витрат відносяться витрати на підготовку і освоєння нових видів продукції і нових технологічних процесів. Приймаємо їх рівними 10% фонду оплати праці робітників виробництва:

$$0,1 \Phi OT_{op} = 0,1 \cdot 1564533,44 = 156453,34 \text{ грн.}$$

7. Знос інструменту і пристосувань спеціального призначення (спеціальний таке-лаж).

Амортизація спеціального таке-лажу, списаного на вартість j -го виробу за 2 роки, визначається за формулою:

$$P_{oc_j} = \frac{3_{co_j}}{2 \cdot N_{зан_j}}, \quad (3.18)$$

де 3_{co_j} – вартість спеціального оснащення, що використовується для виготовлення j -го виробу, грн;

$$P_{oc_j} = \frac{212476}{2 \cdot 65} = 1634,4 \text{ грн.}$$

8. Витрати на обслуговування та експлуатацію обладнання.

Ця стаття є вичерпною. Результати його розрахунку наведені в таблиці 3.8. Вони становлять 484449,3 грн.

9. Витрати на управління майстернею.

Дана стаття є комплексною і результати її розрахунку зведені в таблицю 1.7.4. Вони становлять 1586814,7 грн.

10. Загальнозаводські витрати.

Загальнозаводські витрати приймаємо в розмірі 80% фонду оплати праці виробничих робітників:

$$0,8\Phi OT_{op} = 0,8 \cdot 1564533,44 = 1251626,7 \text{ грн.}$$

11. Витрати на медичне страхування становлять 2,6% фонду оплати праці виробничих робітників:

$$0,026\Phi OT_{op} = 0,026 \cdot 356326,4 = 9264,5 \text{ грн.}$$

12. Витрати на обов'язкове страхування майна. На їх частку припадає 6,5% фонду оплати праці виробничих робітників:

$$0,065\Phi OT_{op} = 0,065 \cdot 356326,4 = 23161,2 \text{ грн}$$

13. Невиробничі витрати складають 2,5% суми витрат на виробництво (зазначені вище 12 пунктів):

$$0,025 \cdot 1973921 = 49348 \text{ грн.}$$

Результати калькуляції статей і розрахунку ціни одного комплекту представлені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11. Розрахунок ціни товару

Пункт No	Статті витрат	Сума витрат на набір, грн	Сума витрат на рік, грн
1	Сировинні та основні матеріальні витрати	3723,143077	242004,3
2	Витрати на покупні товари і напівфабрикати	250,2369231	16265,4
3	Пряма заробітна плата виробничих робітників	15234,016	990211,04
4	Додаткова заробітна плата	5788,926154	376280,2
5	Відрахування із заробітної плати виробничих робітників	9026,154154	586700,02
6	Витрати на підготовку і освоєння виробництва	2406,974462	156453,34
7	Знос інструментів і приладдя спеціального призначення	25,14461538	1634,4
8	Витрати на обслуговування та експлуатацію обладнання	7453,066154	484449,3
9	Витрати на управління цехом.	24412,53385	1586814,7
10	Загальнозаводські витрати.	19255,79538	1251626,7
11	Витрати на медичне страхування	142,5307692	9264,5
12	Витрати на обов'язкове страхування майна	356,3261538	23161,2
13	Невиробничі витрати	2201,871192	143121,6275
14	Загальна собівартість	90276,71888	5867986,728
15	Прибуток (25%)	22569,17972	1466996,682
16	Оптова ціна	112845,8986	7334983,409
17	ПДВ (20%)	22569,17972	1466996,682
18	Повна оптова ціна	135415,0783	8801980,091

3.1.6. Розрахунок нормованої вартості оборотних коштів та узагальнюючі економічні показники цеху.

До нормованих оборотних активів належать: основні матеріали, покупна продукція та напівфабрикати, паливно-енергетичні засоби, запасні частини для ремонту обладнання, малоцінний та зношуваний інструмент, прилади, інвентар, спеціальне обладнання, незавершене виробництво, готова продукція на складі.

Вартість основних матеріалів, покупних виробів і напівфабрикатів, спеціального обладнання слід брати з кошторису витрат на виробництво (річна потреба):

- вартість основних матеріалів – 242004,3 грн;
- Вартість покупної продукції та напівфабрикатів становить 16265,4 грн.
- Річна вартість допоміжних матеріалів береться з кошторису витрат на утримання та експлуатацію обладнання, витрат на управління цехом:
 - 643131 грн.

Річна вартість запасних частин, що використовуються для ремонту обладнання, береться з кошторису витрат на утримання та експлуатацію обладнання: 11269,8 грн.

Річну вартість малоцінних і швидкозношуваних інструментів, пристосувань, інвентарю можна прийняти рівною 3% від вартості обладнання:

$$0,03 \cdot 375661,32 = 11269,8 \text{ грн.};$$

Значення незавершеного виробництва для кожної j -го позиції розраховується за формулою:

$$C_{нзп_j} = N_{сум_j} \cdot c_j \cdot T_{uj} \cdot k_n, \quad (3.19)$$

де $N_{сум_j}$ – середньодобовий випуск j -го продукції, шт.;

c_j – заводська вартість планової одиниці j -го виробу, грн/шт;

T_{uj} – тривалість виробничого циклу планованої одиниці товару j -го, календарний день;

k_n – Коефіцієнт нарахування вартості.

$$C_{нзп_j} = 0,25 \cdot 90276,72 \cdot 4 \cdot 1 = 90276,72 \text{ грн.}$$

Вартість спецтехніки 212476 грн.

Сума нормованих обігових коштів становить 1215423,2 грн.

Показники за призначенням поділяються на абсолютні і відносні. До абсолютних показників відносяться: річний дохід від реалізації, вартість основних фондів, величина нормованих оборотних коштів, чисельність працівників, річний дохід від

заробітної плати, площа будівель компанії. До відносних показників відносяться: середня заробітна плата, випуск продукції на одного працівника, рентабельність капіталу, рентабельність, рентабельність.

Розрахунок нормованої величини оборотних коштів і узагальнюючих техніко-економічних показників цеху представлений в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12. Техніко-економічні показники цеху

Пункт No	Показників	Одиниць. Вимірювання	Розмір
1	Річний дохід від продажів	грн.	8801980,091
2	Орієнтовні витрати на виробництво	грн.	5867986,728
3	Балансовий прибуток	грн.	6778711
4	Вартість основних засобів	грн.	365024,34
5	Кількість працівників	Народ	217
6	Щорічний фонд заробітної плати	грн.	2584067,1
7	Площа будівлі цеху	м2	4903
8	Середньомісячна заробітна плата:		
	(а) Основні працівники	грн.	987,8
	б) допоміжні працівники	грн.	747,5
	В) Інженерія та інжиніринг	грн.	1507,4
	Г) наймані працівники	грн.	805
	Д) МРС	грн.	459,1
9	Продуктивність	грн/особа	40562,12
10	Рентабельність капіталу	-	24,1
11	Рентабельність власного капіталу	%	45
12	Рентабельність товарообігу	%	35
13	Оборот		1,34
14	Рентабельність		1,5

3.1.7. Розрахунок точки беззбитковості.

Точка беззбитковості - це мінімальний розмір партії, при якому забезпечується «нульовий прибуток», тобто дохід від реалізації дорівнює собівартості продукції.

Визначити його можна за формулою:

$$N_B = \frac{P_n}{C - C_{пер}}, \quad (3.20)$$

де - P_n постійні витрати (вони визначаються кошторисом витрат на виробництво за річний обсяг робіт);

C - оптова ціна товару, $C = 135415,08 \text{ грн.}$

$C_{пер}$ - змінні витрати (вони визначаються статтями собівартості продукції).

Постійні витрати визначаються кошторисними витратами виробництва на річний обсяг робіт. До таких витрат належать: витрати цехів, загальнозаводські витрати, витрати на обслуговування та обслуговування обладнання, витрати на невиробничі витрати. Вони дорівнюють . $P_n = 3466012,3 \text{ грн.}$ Змінні витрати визначаються статтями калькуляції. До таких витрат належать ті статті калькуляції, які не включаються до складу постійних витрат: $C_{пер} = 36953,45 \text{ грн.}$

За формулою отримуємо:

$$N_B = \frac{3466012,3}{135415,08 - 36953,45} = 35,2 \text{ комплекта. .}$$

4. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

У сучасному світі полімерні композиційні матеріали (ПКМ) замінюють металеві завдяки своїм чудовим властивостям: мала вага при заданій міцності, що забезпечує надійність та низьку швидкість зношування з подовженням ресурсу експлуатації [10]. Накопичений досвід експлуатації ПКМ замість металевих у відповідальних авіаційних конструкціях (АК) показав зниження маси конструкції на 30-50 %, підвищення ресурсу експлуатації у 2-5 разів, зниження трудомісткості на 20-40 % і матеріалоемності до 50 % [100-111]. Наприклад, в американському літаку В-787 використовується до 50 % КМ від загальної ваги виробу, з якої 35 т складають вуглепластики. У вітчизняному авіабудуванні у літаку Ан-70 обсяг застосування КМ становить до 22 % від маси планера. У виробках Ан-148, Ан-158 та Ан-178 їх застосування в інтегральних силових агрегатах дозволило знизити масу на 2550 кг або від їх сухої маси, вони становлять в них до 17 % [112].

Широке впровадження деталей АК з ПКМ стримується через складність забезпечення високої ефективності обробки різанням через їх пружні властивості порівняно з металами.

Серед методів обробки різанням деталей АК з ПКМ найбільш розповсюджено використання механічної лезвійної обробки, яка створює поверхневий шар на деталях з ПКМ, що суттєво впливає на їх фізико-механічні показники. Для якісної лезвійної обробки важливим фактором є розташування і зв'язок наповнювача з матрицею в ПКМ, а також властивості матричної речовини й матеріалу проміжного шару (апрета), що забезпечує спільну роботу елементів, які є складовими композита. Неоднорідність структури і різні характеристики міцності ПКМ сприяють у процесі лезвійної обробки утворенню мікротріщин і сколів [113].

При механічній обробці ПКМ необхідно використовувати інструменти зі спеціальним твердосплавними та алмазними покриттями ріжучої кромки інструмента (рис. 1), а також враховувати якість, способи заточки, конструкцію робочих зон і геометричну форму ріжучих кромок, які б забезпечували обробку двох складників ПКМ – матриці і наповнювача.

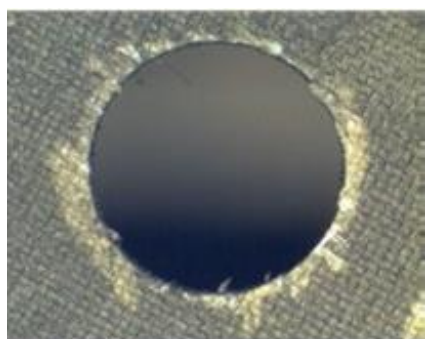


Рисунок 4.1. Зображення прикладів інструментів для механічної обробки ПКМ [114]

Чим більше зернистість в інструменті з алмазним напиленням, тим більша кількість матеріалу, що знімається за один прохід, але при цьому знижується чистота поверхні, що оброблюється. Для отримання якісного розрізу необхідно, щоб було обрано саме такий інструмент, який забезпечить потрібні якість і швидкість різання при оптимальній продуктивності.

Одним із масових процесів механічної лезвійної обробки при виготовленні деталей АК із ПКМ є свердління. Для забезпечення необхідної якості отворів необхідно враховувати їх призначення: для складання силових елементів конструкцій; для переливу палива, отвори в шумопоглинаючих панелях, отвори зливу конденсату тощо; технологічні отвори. У плитах і пластинах – це свердління різних отворів під кріпильні елементи й для інших експлуатаційних цілей; в оболонках – це головним чином свердління великої кількості наскрізних і глухих отворів для штифтово-болтового з'єднання оболонки з іншими елементами конструкції. Трудомісткість свердлильних операцій на деяких виробках досягає 70...80 % від загальної трудомісткості процесу механічної обробки. Свердління отворів у ПКМ виконують як у напрямку армувальних волокон, так і перпендикулярно до них. У більшості випадків застосовують свердління твердосплавними свердлами або свердлами із швидкорізальних сталей, а також із застосуванням інструментів з надтвердих матеріалів. Вимоги до точності отворів відносно невеликі й не перевищують, як правило, 11–12-го квалітетів; параметр шорсткості поверхні повинен відповідати $Rz \geq 20$ мкм. У кожному з випадків вимоги щодо якості отворів визначаються вимогами конструкторської документації.

Якість отворів по вхідних і вихідних кромках, точність і чистота поверхні циліндричної частини отвору надзвичайно важливі з погляду надійності, довговічності та працездатності конструкції. Максимальну продуктивність та стабільну якість наскрізних отворів ПКМ забезпечує правильно підібрані інструмент (стійкість та геометрична форма ріжучих кромки) та режими свердління (глибина, швидкість, частота обертання та ін.) (рис. 4.2).



а



б

Рисунок 4.2. Зображення місцевого відшарування (деламінації) ПКМ: а – при порушенні режимів різання осьової подачі інструменту при свердлінні; б – фрагментів волокон (сколи) на внутрішній поверхні отвору із-за зносу ріжучої кромки і порушенні режимів свердління [114]

Зважаючи на переваги використання АК із ПКМ порівняно з металами, виробництво АК із ПКМ стримується недостатністю досліджень технологій їх створення механічним оброблюванням. Особливо це стосується сумісного свердління комбінованих пакетів композит-метал АК, де спостерігається швидке зношення різальних кромки інструменту.

При свердлінні отворів у товщині ПКМ утворюється велика кількість пилоподібної та дрібної стружки. При глибині свердління більш ніж 2,5 діаметрів отвору свердло слід витягати з отвору для видалення стружки та охолодження.

Слід зауважити, що параметри процесу свердління отворів в ПКМ змінюються в залежності від властивостей наповнювача. Науковий досвід з цієї проблеми містить дуже суперечливу інформацію щодо технології свердління отворів ПКМ, пов'язаних з режимами різання, технологічними переходами, геометричними параметрами ріжучого інструменту тощо. При неправильно обраних геометричних параметрах свердел

і роботі зі зносом свердла по задній поверхні, особливо в перпендикулярному напрямку армувальних волокон, можуть з'явитися розшарування, тріщини або відколи ПКМ.

Якість (чистота) поверхні отвору ПКМ залежить від шпindelної швидкості й подачі. При занадто високій подачі збільшується шорсткість отвору в ПКМ, тому що свердла мають тенденцію тягнути волокна замість того, щоб їх різати (відбувається розрив волокон). При високих шпindelних швидкостях зростає температура і при 270°C у зоні різання відбувається руйнування матриці. Спочатку граничний шар «матриця-волокно» розпушується, а потім ПКМ зовсім руйнується. Також має місце розплавлення, яке призводить до зменшення шорсткості. Однак, якщо волокна витягнуті з матриці, то це викликає ушкодження, збільшуючи тим самим шорсткість.

Тому комплексне дослідження якості отворів ПКМ свердлінням, що визначається не тільки якістю і шорккістю, а й станом отворів на вході й виході свердла, є актуальним.

4.2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Велику роль у забезпеченні якості поверхні отвору ПКМ грає стійкість та геометрична форма ріжучих кромки інструменту як показано в аналізі роботи [115]. Основними дефектами, що виникають при механічній обробці ПКМ є: розтріскування сполучника, розшарування, висмикування волокон, непроріз волокон, термічна деструкція сполучника [17-117]. Як показано у роботі [118], зазвичай на вході свердла спостерігаються розшарування та розрив ПКМ, а на виході – додаткові розшарування та не прорізання волокон. Ріжуча кромка тенденційно руйнує матрицю (сполучник) і зрізає армуючі волокна. Так, в роботі [19] запропоновано методику на базі аналітичного моделювання, яка враховує властивості ПКМ з подальшою оптимізацією геометричної форми ріжучого інструменту – свердла, але це не підтверджено практичними впровадженнями та реалізацією. Слід зазначити, що якщо мова йде про з'єднання невеликих товщин пакетів ПКМ (до 3 мм), то необхідності в свердлінні отворів немає. В публікації [20] показано реалізацію з'єднання пакету ПКМ товщиною 1,5 та 2,4 мм без отворів в комбінованих пакетах алюмінію та вуглецевого волокна шляхом постановки заклепок спеціальним клепальним інструментом. Спеціальним клепальним інструментом може бути сучасний імпульсний інструмент тих же авторів [21]. Незважаючи на існуючу практичну значущість безотворного методу з'єднання пакетів

ПКМ, його використання на більш товстих пакетах з іншими ПКМ відсутнє і має бути в перспективі подальших досліджень. Тому на сьогодні зберігається основна тенденція досліджень у пошуку нових КТР серед АК із ПКМ, що потребує додаткового вивчення режимів їх обробки (свердління, фрезерування, точіння тощо). Так, у роботі [22] експериментально досліджено вплив геометрії спірального свердла та параметрів свердління пакету ПКМ з вуглецевого волокна та алюмінію товщиною 3,6 мм. В якості параметрів для цього дослідження були обрані швидкість подачі, швидкість шпинделя, кут спіралі, первинний зазор, кут наконечника та кут краю зубила. Нажаль з восьми виконаних комплексних експериментів було встановлено як адекватний лише один з найкращою комбінацією параметрів свердління, точності діаметра отвору, шорсткості поверхні. З практичної точки зору такі комплексні дослідження в порівнянні з аналітичним моделюванням, як пропонується в [19], більш достовірні, але коштовні і потребують спеціального обладнання. У роботі [24] порівняні позитивні результати аналітичного моделювання в ANSYS з натурними експериментами створення отворів в склопластику свердлінням. Однак слід зазначити, що в даній роботі якість отворів оцінено шляхом встановлення залежностей геометричних параметрів отворів та їх розташування в зразках з утвореною зменшеною міцністю ПКМ вздовж отвору. Незважаючи на позитивні результати в [24], вони не достатні для оцінювання якості отвору по таким важливим параметрам як шорсткість та точність отвору АК із ПКМ. На думку авторів [24], запропонований спосіб електроімпульсного свердління, дозволить вирішити проблему обробки ПКМ (розтріскування матриці, розшарування і розриви волокна) та підвищить точність та шорсткість отворів АК із ПКМ. Цей винахід можна розцінювати як нове КТР для свердління отворів в ПКМ, але відсутні дані щодо утворення незрізаних волокон та розшарування ПКМ на вході та виході отвору. Очевидно утворення незрізаних волокон та розшарування ПКМ пов'язано з його складною будовою і залежить від різноманітності схем армування. В роботі [25] ця проблема вирішена на прикладі свердління вуглепластику товщиною 8 мм свердлом із новим КТР з розташуванням в ньому допоміжних різальних кромок паралельно осі в порівнянні зі стандартним SECO SD290A-7.963. Завдяки новому КТР свердла забезпечується висока якість отвору ПКМ за показниками шорсткості та руйнування вздовж отвору. Однак на підтвердження цього КТР не наведені відповідні методики та розрахунки і

тому потребує подальших досліджень для різних властивостей, схем армування, товщин ПКМ тощо. Тому є підстави вважати, що недостатня теоретична та практична визначеність залежностей параметрів якості поверхні отвору (точність та шорсткість) від структури ПКМ при свердлінні обумовлюють необхідність проведення комплексних досліджень в цьому напрямку.

4.3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – забезпечення заданої шорсткості отвору АК з ПКМ. Це дасть можливість гарантувати надійність, ресурсність та ефективність складання АК з ПКМ.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні задачі:

- встановити характерні зони контакту при свердлінні отвора ПКМ з урахуванням кінематичної схеми контакту свердла з поверхнею ПКМ;
- розрахувати потрібні зусилля на процес різання та висоту шорсткості при свердлінні ПКМ;
- провести експериментальне дослідження з усадки отвору ПКМ із встановлення їх характерних зон.

4.4. Матеріали та методи досліджень

Дослідження базуються на загальних основах технології авіаційного виробництва конструкцій з ПКМ та на загальних положеннях теорії машин і механізмів. Під час виконання роботи застосовано загальнонаукові та спеціальні методи досліджень з аналізу та синтезу – для попереднього аналізу з формуванням проблеми, визначенням напрямків досліджень, визначенням припущень області пошуку.

4.4.1. Кінематичний метод визначення обгинаючих сімейства поверхонь

Процес лезвійної кругової обробки внутрішньої поверхні суцільного матеріалу зі зняттям стружки за допомогою ріжучого інструменту – свердла, що здійснює обертальний і поступальний рухи щодо своєї осі, називається свердління отворів. Процес свердління пояснюється кінематичним методом визначення обгинаючих сімейства поверхонь.

Кінематичний метод визначення обгинаючих сімейства поверхонь – це створення сімейства поверхонь, які утворюються в результаті певного руху заданої поверхні [26].

Якщо поверхня D здійснює рух і утворює обгинаючи поверхню I , то характеристику в загальному випадку можна визначити як лінію, в кожній точці якої вектор відносної швидкості направлений по дотичній до поверхні D . Аналітично це положення записується таким чином [27]:

$$\bar{N} \cdot \bar{V} = 0. \quad (4.1)$$

Тобто скалярний добуток вектора нормалі \bar{N} поверхні D і вектора швидкості \bar{V} відносного руху поверхні D в точках характеристики E , розташованої на поверхні D , має дорівнювати нулю. Отже, характеристика E залежить не тільки від форми і розмірів поверхні D , а й від рухів, які вона робить. При різних рухах характеристика E може визначатися, виходячи з властивостей частинних рухів. Рухи поверхні деталі можуть бути приведені до миттєвого прямолінійно-поступального, обертового або гвинтового руху. Так, якщо довільна поверхня D здійснює поступальний рух, то крива контакту – характеристика E – буде геометричним місцем точок цієї поверхні, для яких нормаль до поверхні D лежить в площині, перпендикулярній осі миттєвого поступального руху.

4.4.2. Кінематичні схеми формоутворення поверхонь деталей

Формоутворення поверхонь деталей – це процес перетворення заготовки в деталь після видалення з неї припуску. Здебільшого різальний інструмент не здатний відразу видалити весь припуск. Він зрізується частинами у вигляді стружки. Послідовність перетворення припуску на стружку залежить від кінематичної схеми формоутворення поверхонь деталей.

Проектування різальних інструментів охоплює визначення вихідних поверхонь I , спряжених з поверхнею D деталі, та перетворення тіла, обмеженого поверхнею I , у працездатний різальний інструмент. Визначаючи вихідну поверхню та відповідні різальні інструменти, необхідно розглядати різні варіанти рухів поверхні деталі D відносно інструменту [27].

Сукупність рухів поверхні деталі відносно інструмента вважатимемо кінематичною схемою формоутворення.

З погляду процесу формоутворення немає різниці якими поєднаннями рухів заготовки та інструменту отримано на верстаті відносний рух. Так, при свердленні отво-

рів на токарному та свердлильному верстаті форма оброблюваної поверхні деталі виходить ідентичною, хоча гвинтовий рух свердла відносно заготовки забезпечується при цьому різним поєднанням рухів інструмента та деталі.

Обираючи різні рухи поверхні D відносно інструмента при визначенні вихідної поверхні I , можна утворювати різні кінематичні схеми формоутворення. Обертальний та поступальний рухи свердла, швидкість якого перпендикулярна до осі обертання, відносять процес свердління до другого класу, першого типу схеми формоутворень поверхонь.

4.5. Результати досліджень щодо забезпечення заданої геометричної точності та шорсткості отвору АК із ПКМ

4.5. 1. Аналіз кінематики лезвійної обробки АК із ПКМ

Процес утворення стружки при будь-якій лезвійній обробці отвору в ПКМ з вуглецевого волокна, склопластика та боропластика значною мірою відрізняється від металів, у яких сходиться в основному зливна стружка [24]. Для розуміння повної картини утворення стружки при лезвійній обробці ПКМ розглянемо кінематичну схему утворення стружки ПКМ ріжучим клином (рис. 4.3).

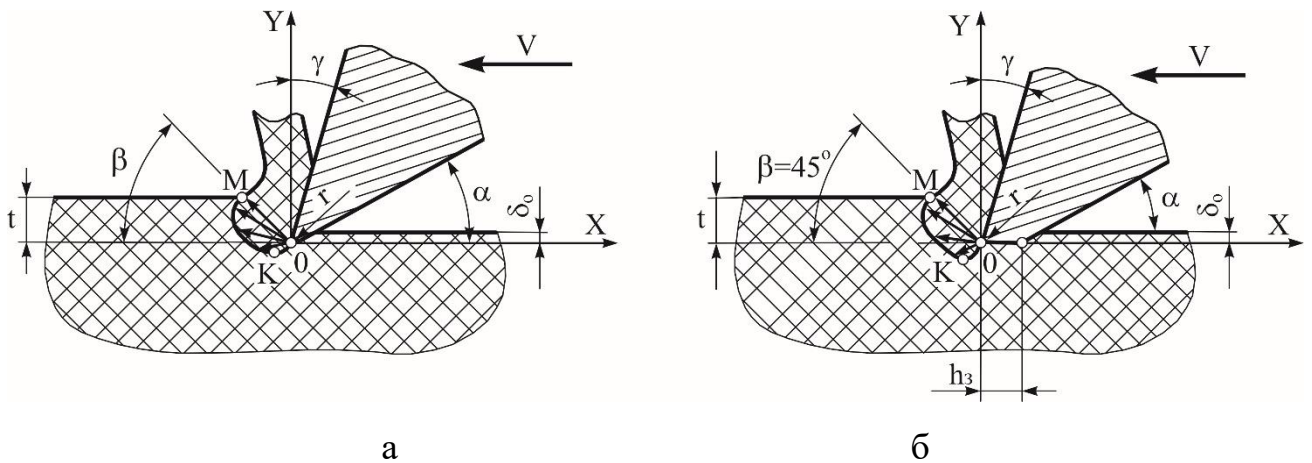


Рисунок 4.3. Зображення кінематичної схеми утворення стружки ПКМ ріжучим клином: а – створення стружки незношеного різця; б – створення стружки зі зношеним різцем

Набутий досвід зрізання ПКМ встановив, що зузв здеформованого матеріалу ПКМ відбувається під кутом $\beta \approx 45^\circ$ [26]. На рисунку 3 позначені наступні позиції

клин: β – кут сколювання стружки; α – задній кут; γ – передній кут; r – радіус ріжучого; t – глибина різання, мм; ОКМО – контур деформування зони ПКМ; h_3 – довжина зношення по задній грані; δ_0 – величина пружної деформації композита, (1...2) %.

Під час руху в напрямку відносно волокна зі швидкістю V на передній поверхні ріжучого клину утворюється зона деформації матеріалу в контурі ОКМО. Під дією сил різання пиловидна стружка утворюється шляхом відколювання ПКМ в зоні ОКМО.

Слід зазначити, що при роботі зі зносом свердла по задній поверхні при $h_3 > 0,3$ мм (рис. 4.3, б), особливо в перпендикулярному напрямку армувальних волокон, з'являються розшарування, тріщини та відколи ПКМ безпосередньо в товщі матеріалу під клином.

При лезвійній обробці ПКМ, у процесі утворення стружки, відбувається порушення цілісності поверхневого шару, який істотно впливає на точність і шорсткість, а в подальшому на експлуатаційні властивості: міцність, ресурс, вологопоглинання тощо.

Важливим фактором в процесі лезвійної обробки ПКМ є розташування ріжучого клину інструмента відносно орієнтації волокон наповнювача та розташування ріжучого клину відносно структури матеріалу ПКМ.

Кінематична схема дії сил різання і площина зсуву стружки при деформуванні ПКМ поперек волокон наведено на рисунку 4.4.

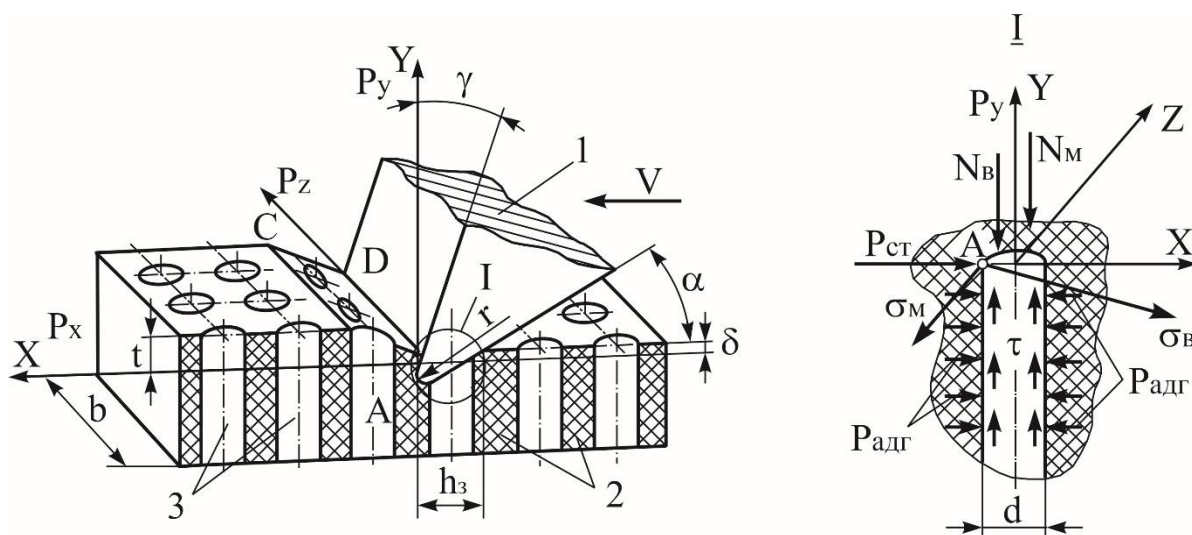


Рисунок 4.4. Зображення кінематичної схеми дії сил різання і площина зсуву стружки при деформуванні ПКМ поперек волокон

На рисунку 4.4 позначені наступні позиції: 1 – ріжучий клин; 2 – матриця; 3 – наповнювач (волокна); V – швидкість різання, м/хв; b – ширина леза клину, мм; N_B , N_M – нормальні зусилля у волокні і матриці, МПа; σ_B , σ_M – напруги, що виникають у волокні і матриці; $OKCD$ – площа зсуву стружки (S_3), mm^2 . В залежності від сили сти-скання змінюються сили тертя P_x , що змінюють інтенсивність зносу інструмента за розміром h_3 . Ріжучий інструмент – клин 1 задньою поверхнею (у тому числі h_3), під тиском складової сили різання P (сума сил P_x , P_y , P_z), контактує з волокнами 3 матриці 2 та відрізає їх. Одночасно формується шорсткість оброблюваної поверхні.

4.5. 2. Аналіз кінематики процесу свердління АК із ПКМ

Проаналізуємо вплив кінематики руху інструменту на сили різання, геометрію ріжучого клину та шорсткість отвору ПКМ, враховуючи той факт, що різні деформаційні зусилля у композиті сприймаються в основному волокнами наповнювача. Для спрощення аналізу зазначимо характерні зони різання **A, B, C, D** (рис. 4.5).

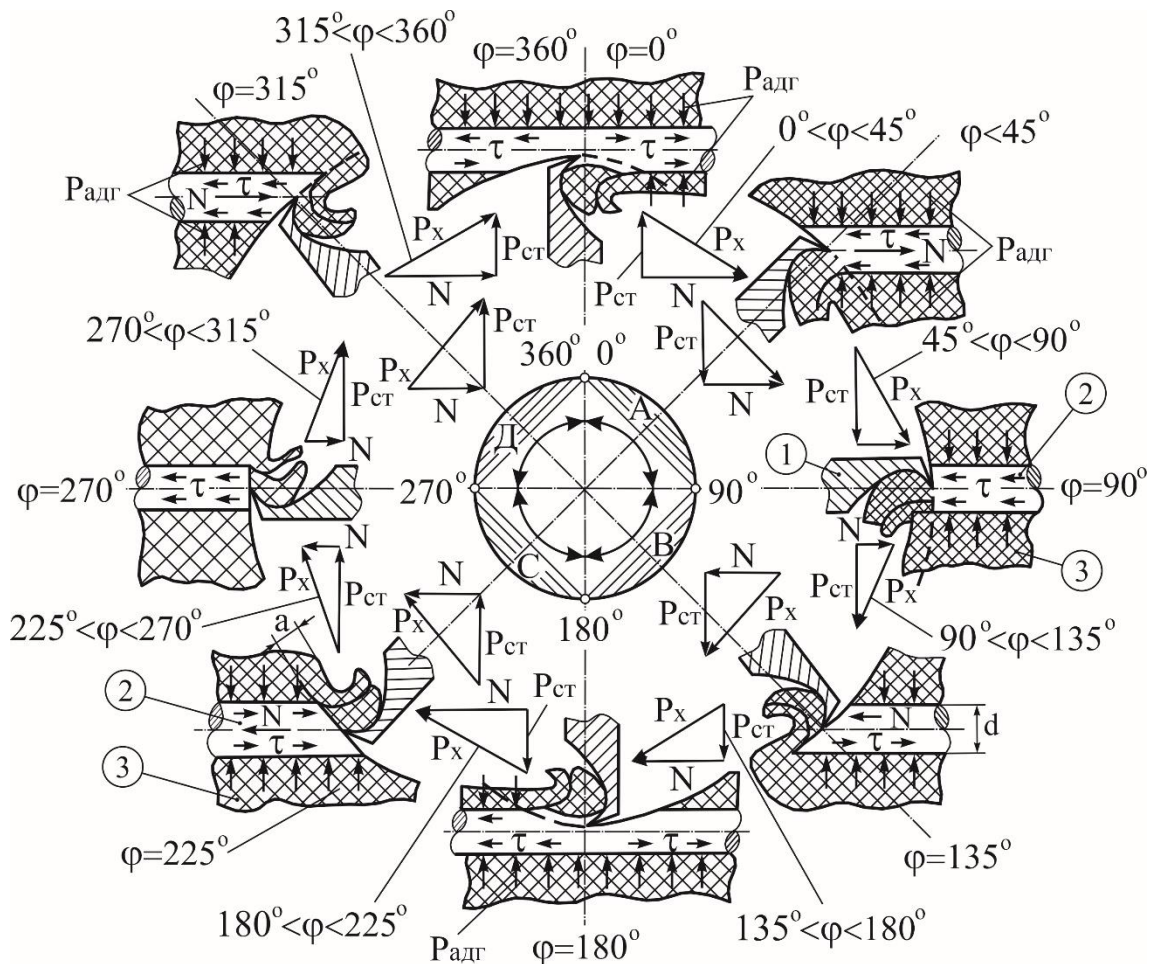


Рисунок 4.5. Умовна схема сил різання діючих в ПКМ при свердлінні:

P_x , P_y , N – зовнішні зусилля різання, МПа;

$P_{адг}$, τ – зусилля зчеплення волокна з матрицею, МПа

При обертанні свердла ріжучий клин контактує з волокнами композита, при цьому у точках з кутами φ від 0° до 360° відбувається зміна зусиль розтягування на зусилля стиснення, де φ – кут обертання свердла. В зонах кутів А, В, С, D інструмент задньою поверхнею контактує по максимальній еліпсоїдній площині з волокнами ПКМ, тобто по площині зрізу, що впливає на шорсткість та збільшує інтенсивність зносу ріжучого клину. У зонах контакту інструмента з кутами $\varphi=90^{\circ}$ і $\varphi=270^{\circ}$ за допомогою зусиль різання P_y відбувається зсув волокон перпендикулярно їх розташуванню та утворенню тріщин. При свердлінні ПКМ при $\varphi=0^{\circ}$ і $\varphi=180^{\circ}$ шари композиційного матеріалу, які попадають на різальну кромку піддаються місцевій деформації на вигин, що є також причиною розтріскування та розшарування матеріалу навколо отвору. Загалом розтріскування та розшарування спостерігаються частіше при невеликих осьових зусиллях та невеликих товщинах незрізаного шару ПКМ. У роботах [26-29] підтверджується фізика виникнення мікротріщин за рахунок зусиль різання, що діють в зоні деформації поверхневого шару матеріалу.

Розмір отвору ПКМ і шорсткість його поверхні визначаються кінематикою руху в оброблюваному матеріалі (рис. 4.6). В зоні контакту задньої поверхні ріжучого клину з ПКМ, що має структуру з різними характеристиками міцності, розвивається високий контактний тиск і температура. В наслідок чого виникають великі дотичні напруги, які визивають міжшарові руйнування (тріщини) поверхні ПКМ та спруження ПКМ після різання на δ_0 .

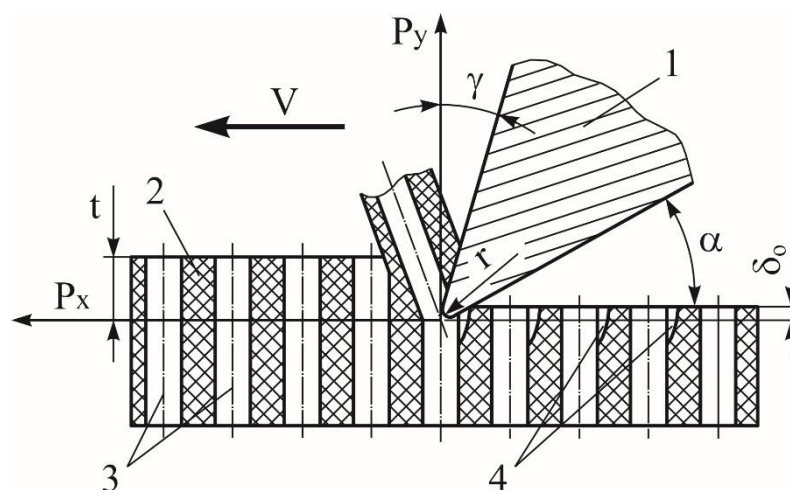


Рисунок 4.6. Кінематична схема утворення тріщин поверхневого шару ПКМ: 1 – ріжучий клин зі швидкістю V , об/хв.; 2 – матриця (сполучник); 3 – волокно (армувальник); 4 – зона утворення тріщини біля волокон

Правильно підібрані сили різання ПКМ дозволяють ріжучому клину контактувати за мінімальною площею, що дорівнює площі зсуву по діаметру волокна. При цьому забезпечується точність заданих розмірів, покращується шорсткість, у порівнянні з другими зонами різання. Якщо контактна площа ріжучого клину збільшується по задній грані, де $h_3 > 0,3$ мм, то сили різання зменшуються за рахунок збільшення сили тертя і якість поверхні погіршується. При цьому не забезпечується точність заданих розмірів отвору та шорсткість.

На рисунку 4.7 наведено графік розподілу сил різання P_x , N , P_y , діючих на волокна. У межах зон А ($\varphi = 0^\circ \div 90^\circ$) і С ($\varphi = 180^\circ \div 270^\circ$) на волокна наповнювача при зрізуванні діють зусилля стиснення. Ріжучий клин задньою поверхнею вдавлює волокна в матрицю матеріалу. За такою схемою контакту інструмента зменшуються сили різання і покращуються показники якості поверхні, зменшується шорсткість поверхні, збільшується точність обробки. В зонах В ($\varphi = 90^\circ \div 180^\circ$) та D ($\varphi = 270^\circ \div 360^\circ$) під дією сил різання передбачається невисока якість поверхні, що оброблюється. Це спостерігається в зменшенні дійсних виконавчих розмірів отвору та у збільшенні утворення тріщин і шорсткості, порівняно з зонами різання А і С.

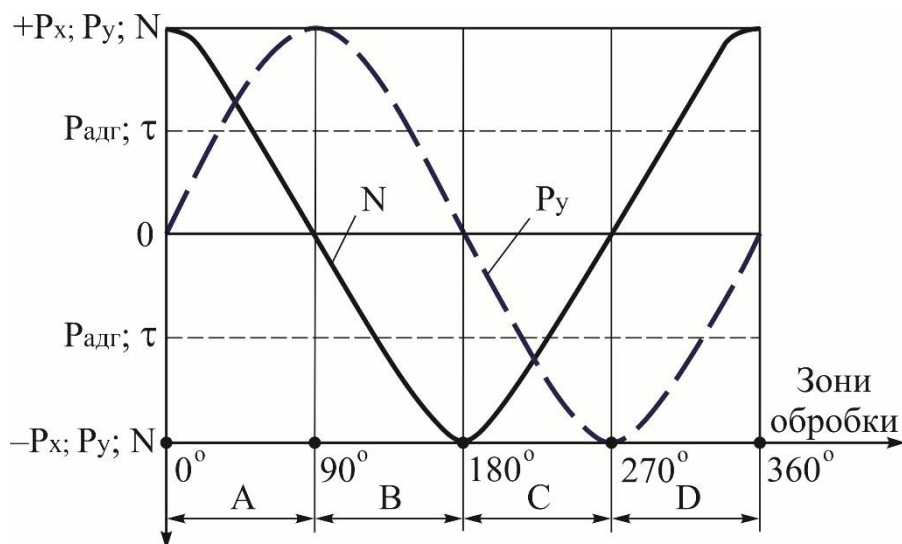


Рисунок 4.7. Графік дії сил різання P_x , N , $P_{сж}$ на волокна

У зонах кутів φ близьких до 90° і 270° нормальні сили N прагнуть до нуля, а стискаючі збільшуються до P_x . Така зміна сил різання позитивно впливає на процес різання. У цих зонах відбувається поперечний зсув волокон, а контакт ріжучого клина з волокном по задній поверхні відбувається по мінімальній площі, що знижує абразивне зношування і сприяє підвищенню стійкості інструменту.

Витягування волокон наповнювача з матриці може бути у зонах В і D та пояснюється на значному збільшенні сил різання N над адгезійними $P_{адг}$ та тангенціальними зусиллями зчеплення τ , тобто $N \gg P_{адг}$.

4.5. 3. Розрахунки потрібних зусиль різання та висоти шорсткості при свердлінні

4.5. 3. 1. Аналіз класичних типів свердел, що використовують для ПКМ

Розглянемо найпоширеніші типи свердел, які використовують для свердління отворів у АК із ПКМ, конструктивно-геометричні параметри яких наведено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Конструкторсько-геометричні параметри свердел

Тип свердла	Марка ріжучої частини	Конструкторсько-геометричні параметри							Допустима величина
		d, мм	$\gamma, ^\circ$	$\alpha, ^\circ$	$2\phi, ^\circ$	$\beta, ^\circ$	$\omega, ^\circ$	Δ , мкм	
	P18	5	18	15	110	–	–	–	0,25
	BK8	5	18	15	110	–	–	–	0,25
	P18	5	18	12	120	45	–	–	0,26

Найпростішу конструкцію свердла має перове свердло. Основною перевагою перового свердла (П) є простота конструкції, а недоліком – погане відведення стружки із зони різання. Найбільш розповсюджений тип – спіральне свердло (С) відрізняється від перового тим, що плоскі передні поверхні лез перетворені на гвинтові поверхні, що спрощує відведення стружки при свердлінні. Спіральне свердло з підрізною ріжучою кромкою (ПРК) не має ріжучої частини в центрі свердла, що полегшує позиціонування над центром отвору та забезпечує високу чистоту поверхні для ПКМ. Однак при затупленні свердла ПРК, розшарування та розшматування інтенсивніше, ніж для традиційного спірального свердла з кутом при вершині 90° .

Процес свердління з теорії різання матеріалів, являє загальним випадком косокутового різання. Для схеми косокутового різання вектор швидкості не перпендикулярний ріжучій кромці та утворює деякий кут з нею за рахунок кінематики руху у зоні стружкоутворення. При цьому, статичні кути заточки свердла, відносно оброблюваної поверхні матеріалу змінюються у сторону зменшення кутів γ , α . На рисунку 8 наведено зміни статичних кутів (γ_N , α_N – кути по нормалі і γ_V , α_V – кути в площині різання ріжучого клину) для перового та спірального типів свердел для скло- і вуглепластиків.

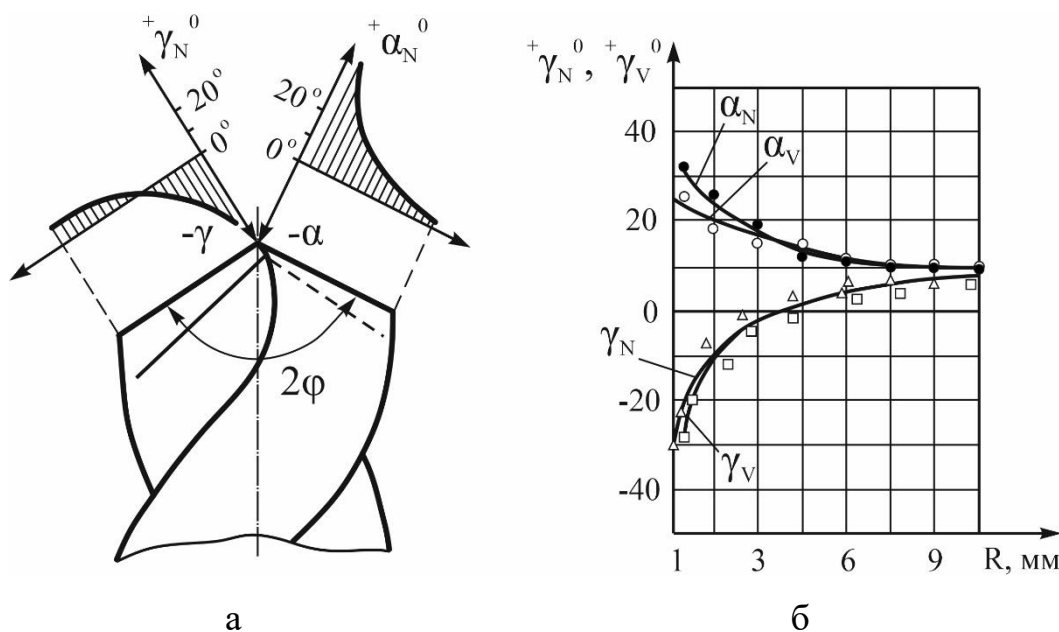


Рисунок 4.8. Зображення графіку зміни статичних кутів заточки при кінематиці обертання перового або спірального свердел: а – вздовж ріжучої кромки; б – в залежності від величини радіуса свердла R ;

Δ і \bullet – позначення значень кутів по нормалі до ріжучого клину;

\square і \circ – позначення значень кутів в площині різання ріжучого клину

З графіку зміни статичних кутів заточки при кінематиці обертання свердла (рис. 8) видно, що кут α завжди позитивний в порівнянні з γ . Слід зауважити, що основне призначення кута α є зменшення зусилля тертя, яке виникає при свердлінні не тільки ПКМ, а й металу. Основна функція кута γ полягає у відведенні стружки, тому його значення можуть бути як позитивними, так і негативними, і залежать від властивостей матеріалу. Зі збільшенням діаметру отвору кути α і γ зменшуються.

Експериментальні дослідження зі свердлення скло- та вуглепластиків показує, що найкращі показники якості отворів ПКМ отримуються свердлами типу С та П з кутами α більше, ніж 10° [28]. Отвори малого діаметра (менше 10 мм) в ПКМ виконують свердлами з кутом заточення 2φ (рис. 4.8, б). Отвір діаметром більше 10 мм слід попередньо розсвердлити діаметром свердла 5...6 мм з відповідними кутами α і γ (рис. 4.8, а), а потім поступово розсвердлювати діаметрами свердел збільшеними діаметрами до заданого розміру отвору. В сукупності кути α і γ допомагають виконувати роботу свердла – лезвійне оброблення поверхні ПКМ, формуючи параметри її якості, тобто якості отвору ПКМ. При виборі режимів свердління слід враховувати існуючі емпіричні рекомендації і співвідношення виробників свердел.

Для забезпечення заданої геометричної точності отвору важливо правильно призначити допуски на геометрію інструменту. Якщо точність виготовлення геометричних параметрів істотно не впливає на точність оброблення, то відхилення кутів робочої частини інструменту призначають $\pm 1^\circ \dots 2^\circ$. Для малих кутів (до 3°) відхилення дорівнює $\pm 30'$. Якщо точність виготовлення інструменту впливає на точність деталі й на тривалість експлуатації інструменту, то допуск ще менший. Наприклад, відхилення на кути α і γ зуборізних гребінок становить $\pm 10'$ [27].

4.5. 3. 2. Розрахунок потрібних зусиль різання

Розрахунок потрібних зусиль різання базується на припущенні, що механічні властивості ПКМ низькі при поперековому навантаженні до волокон та при зрушенні ПКМ вздовж волокон. Низькі механічні властивості ПКМ поперек волокон пояснюються недостатньою міцністю матриці-сполучника та армуючих волокон на границі розділу компонентів.

Теоретично механічні характеристики компонентів ПКМ у напрямку армування визначають за правилом сумішей:

$$\sigma_{\kappa} = V\sigma_{\epsilon} - (1 - V_{\epsilon})\sigma_{\mu}; \quad (4.2)$$

$$E_{\kappa} = VE_{\epsilon} - (1 - V_{\epsilon})E_{\mu}; \quad (4.3)$$

$$\rho_{\kappa} = V\rho_{\epsilon} - (1 - V_{\epsilon})\rho_{\mu}, \quad (4.4)$$

де V, V_{ϵ} – об'ємна частка ПКМ і об'ємний вміст волокна;

$\sigma_{\epsilon}, E_{\epsilon}, \rho_{\epsilon}$ – граничні напруга, модуль пружності при розтягуванні та щільність волокон;

$\sigma_{\mu}, E_{\mu}, \rho_{\mu}$ – граничні напруга, модуль пружності при розтягуванні та щільність матриці.

Для кожного матеріалу є свої оптимальні значення величини V_{ϵ} , які дорівнюють 0,7...0,72 для склопластику та боропластику і 0,60 ... 0,65 для органо- та вуглепластику.

Межа міцності для композиту визначається як:

$$[\sigma] = V\sigma_{\epsilon} - (1 - V)\sigma_{\mu}. \quad (4.5)$$

У відповідності з кінематичною схемою дії сил різання (рис. 3 та рис. 4) напруження у волокнах та матриці ПКМ при свердлінні становить:

$$\sigma_{\epsilon} = \frac{4NS}{bt \sin \beta \pi d^2 i}, \quad (4.6)$$

$$\sigma_{\mu} = \frac{N}{bt \sin \beta (1 - \pi d^2 i)}, \quad (4.7)$$

де S – площа зсуву стружки, мм²;

N – зусилля, що діють вздовж волокна, МПа;

i – кількість волокон в межах площі зсуву, шт;

β – кут сколювання стружки, град.;

d – діаметр волокна, мм;

t – глибина різання, мм;

b – ширина ріжучого клина, мм.

Відповідно до наведених формул (2) – (7) можна розрахувати зусилля в будь-якій точці зони різання з урахуванням кута повороту φ .

4.5. 3. 3. Визначення шорсткості отвору ПКМ

Під час одночасного обертання і подачі ріжучого клину на обробленій поверхні матеріалу утворюються гребінці шорсткості. Проаналізуємо кінематику утворення гребінців шорсткості (рис. 9).

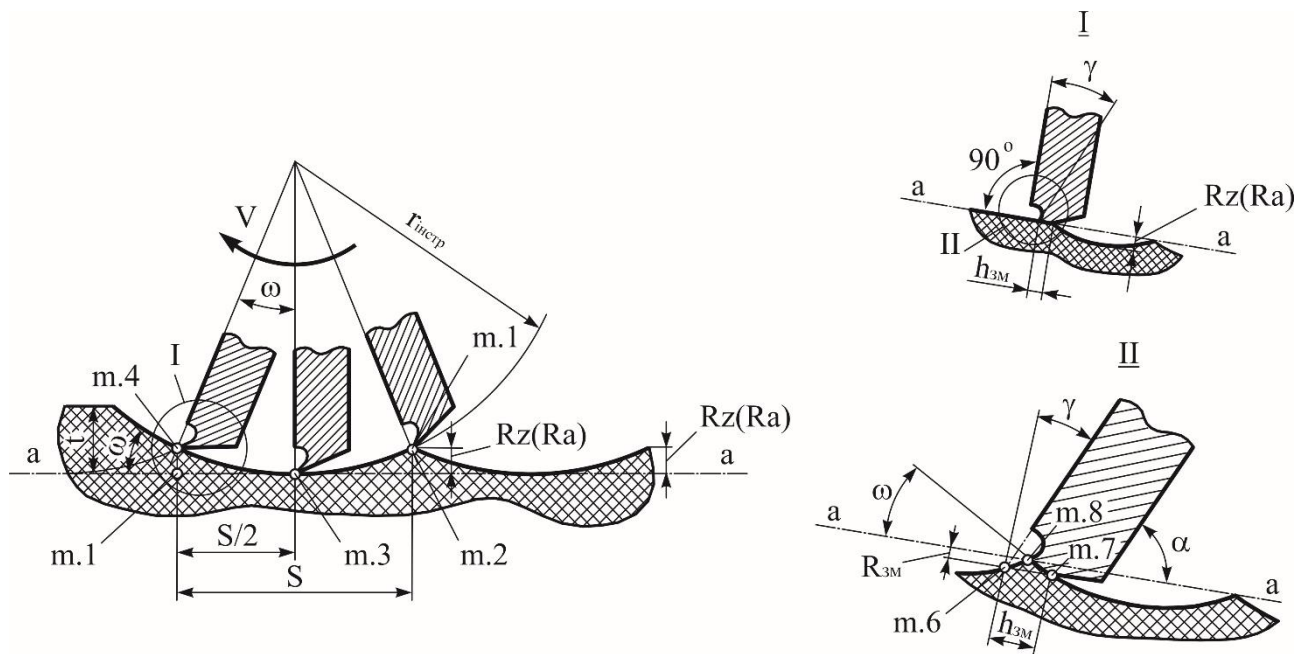


Рисунок 4.9. Зображення кінематичної схеми формоутворення шорсткості $R_z(R_a)$

На рисунку 4.9 позначені наступні позиції:

- 1 та 4 – точки заходу та виходу ріжучого клину інструмента;
- 1-2-3 та 3-4-5 – точки трикутника для розрахунку величин теоретичної шорсткості R_1 з прогнозуванням на загальну $R_z(R_a)$;
- 6-7-8 – точки трикутника щодо розрахунку величини гребенів змінання, R_{3M} ;
- h_{3M} – змінання/знос по задній грані ріжучого клину, мм;
- a – a – площа різання (циліндрична поверхня різання умовно розгорнута в площину);
- ω – кут між радіусами при подачі $S/2$.

Враховуючи малі значення кута ω і подачі S , приймаємо наступне: пряма між точками 3 та 4 перпендикулярна у точці 5 до радіуса свердла. При цьому допущені висоти шорсткості R_1 , без урахування зношеності ріжучого клину, дорівнює:

$$R_1 = \frac{S}{2 \operatorname{tg} \omega}. \quad (4.8)$$

Площину шорсткості обмежену за допомогою геометричної побудови точками 6-7-8 назвемо гребенем шорсткості. З малою долею похибки, приймаємо кут нахилу прямої 7-8, що дорівнює куту ω (рис 4.9).

З урахуванням величини зносу ріжучого клину по передній площині $h_{п}$ та кінематики руху наступним за попереднім ріжучим клином формується зниження висоти шорсткості R_1 , на величину змінання гребенів шорсткості R_{3M} , яка дорівнює:

$$R_{zm} = \frac{h_{zm}}{2} \operatorname{tg} \omega . \quad (4.9)$$

Загальна геометрична висота шорсткості, з прийнятими припущеннями, при свердлінні дорівнює:

$$R_z = \frac{S}{2} \operatorname{tg} \omega - \frac{h_{zm}}{2} \operatorname{tg} \omega + \Delta d = \frac{1}{2} \operatorname{tg} \omega (S - h_{zm}) + \Delta d . \quad (4.10)$$

4.5. 4. Аналіз впливу усадки ПКМ на геометричну точність отвору

Класичне уявлення зі свердлення отворів ПКМ складається з низької швидкості подачі та високої швидкості різання, що збільшують якість поверхні отвору, знижуючи ризики утворення розшарування. Однак при низькій швидкості подачі і високій частоті обертання свердла з'являється інтенсивний нагрів у зоні різання, що провокує термічну деструкцію матриці і погіршення свердління і усадку ПКМ в зоні оброблення. В технічній літературі прийнято вважати, що коефіцієнт усадки для ПКМ знаходиться в межах 2 – 20% [27-28]. Коефіцієнт усадки для кожного типу ПКМ різний та найбільш достовірні його показники встановлюються експериментальним шляхом. На рисунку 9 наведено графік залежності усадки отворів діаметром 6 мм вуглепластика в залежності від швидкості свердління для трьох типів свердел С, П та ПРК.

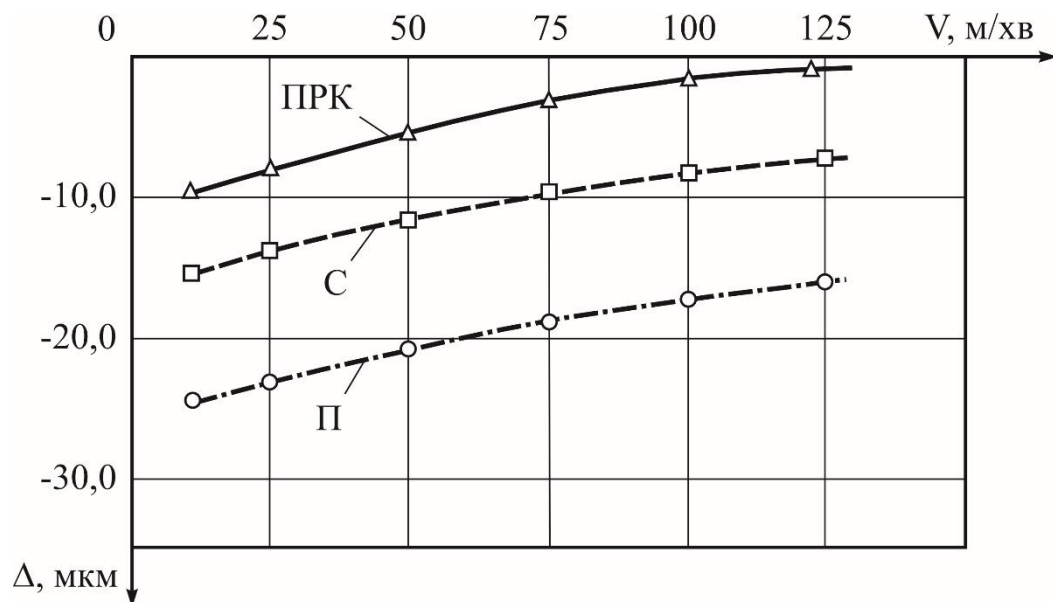


Рисунок 4.9. Графік залежності усадки отворів Δ , мкм у вуглепластику в залежності від швидкості свердління V , м/хв [30]

Аналіз даних графіка дозволив стверджувати, що:

- при свердлінні вуглепластику свердлами ПРК утворюються отвори з мінімальною усадкою (Δ , мкм);
- при збільшенні швидкості різання до 100 м/хв відбувається незначне зниження усадки отворів (V , м/хв.);

– при свердлінні перовими свердлами утворюється максимальна усадка отворів (до 0,25...0,30 мкм).

На рисунку 10 представлено циклограму усадки отворів у вуглепластику свердлами С, П та ПРК за характерними зонами різання А, В, С, D, де Δ – для ПРК, □ – для С, ○ – для П.

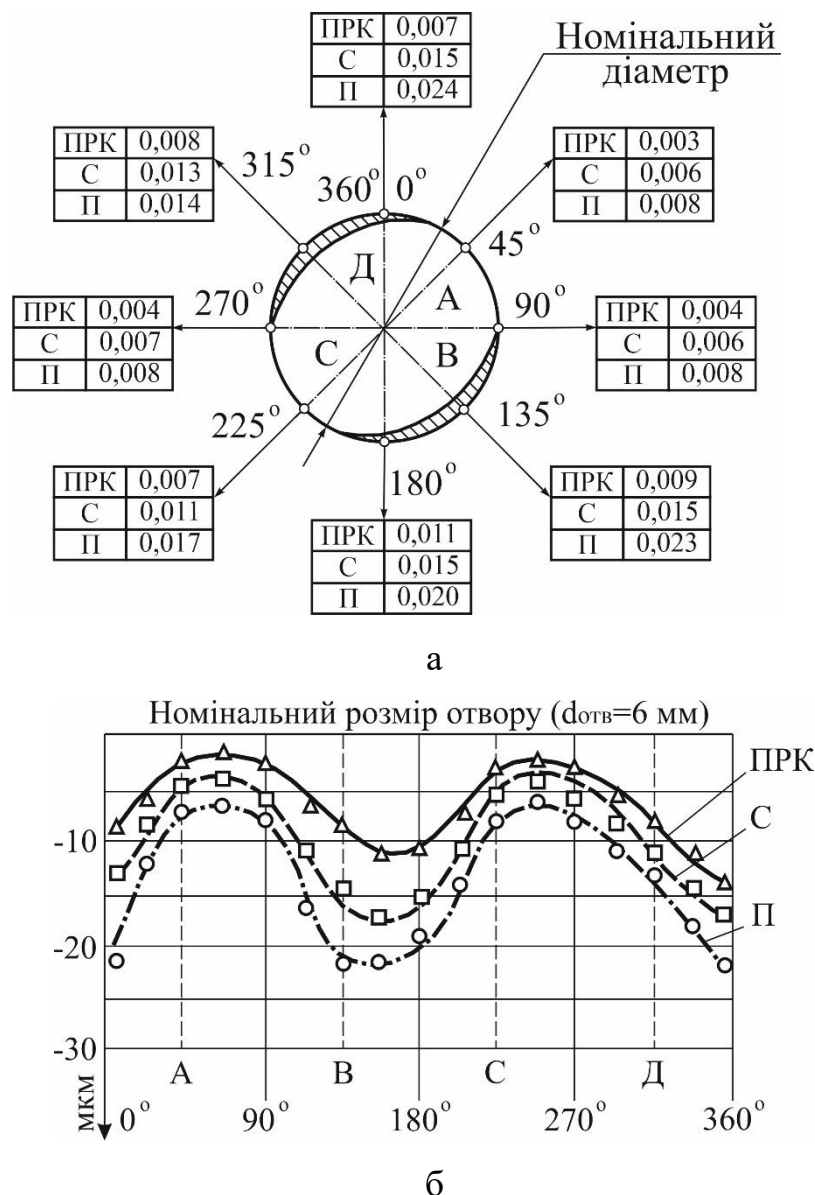


Рисунок 4.10. Циклограма усадки отворів у вуглепластику за характерними зонами різання А, В, С, D: а – кругова; б – розгорнута

Результати експериментальних досліджень з усадки отворів із вуглепластику діаметром 6 мм показали ідентичність результатам теоретичних досліджень з розподілу зон А, В, С, D (рис. 4.5). З циклограми (рис. 4.10, а) видно, що розподіл усадки від 0° до 360° відбувається відповідно розподілу сил різання діючих в ПКМ при свердлінні (рис. 4.7). Мінімальна усадка спостерігається в діапазонах від 0° до 90° і від 180° до 270°, а максимальна – від 90° до 180° і від 270° до 360°. Так у межах зон роботи свердла

від 0° до 90° і від 180° до 270° зменшуються сили різання, що саме і поліпшує показники усадки, якості поверхні, шорсткості та геометричної точності отвору ПКМ. В зонах від 90° до 180° і від 270° до 360° – навпаки збільшуються сили різання, що пояснює невисоку якість поверхні в цих діапазонах. Слід зауважити, що тенденція усадки отворів у вуглепластику за характерними зонами різання А, В, С, D однакова для всіх дослідних свердел П, С і ПРК.

Виходячи з результатів експериментальних досліджень з усадки отворів із вуглепластику діаметром 6 мм можна надати наступні рекомендації:

- найбільш ефективним типом свердел серед досліджених П, С та ПРК для забезпечення якості отвору ПКМ є ПРК;
- для компенсації усадки отвору типами свердел П та С слід використовувати розмір свердел на $0,1 \dots 0,25$ мм більше, ніж указано в кресленнику.

4.6. Обговорення результатів досліджень щодо забезпечення заданої геометричної точності та шорсткості отвору АК з ПКМ

Встановлені характерні зони контакту свердла та поверхні отвору ПКМ з урахуванням кінематичної схеми контакту свердла та поверхні ПКМ дозволили проаналізувати та спрогнозувати зону деформації матеріалу. Встановлено, що зона деформації для утворення стружки знаходиться в зоні ОКМО (рис.4. 3). Стружка утворюється шляхом відколювання ПКМ в зоні ОКМО під клином і не тільки на вході і виході свердла, як показано в роботі [118]. Встановлення зони деформації ОКМО дає розуміння стартової зони для розшарування, тріщин та відколів ПКМ в товщі матеріалу і в перпендикулярному напрямку армувальних волокон.

Відповідно до кінематичної схеми контакту свердла та поверхні ПКМ спрощується розуміння кінематики руху інструменту та утворення сили різання, геометрії ріжучого клину і якості та шорсткості отвору ПКМ. Кінематика руху свердла в ПКМ, що описана за характерними зонами різання А, В, С, D (рис. 4.5), доповнює запропоновану методику в [19] і може бути використана для уточнення аналітичної моделі.

Дійсно, з рис. 4.5 видно, що в зонах кутів А, В, С, D інструмент задньою поверхнею контактує по максимальній площині з волокнами ПКМ, що впливає на шорсткість та збільшує інтенсивність зносу ріжучого клину. У зонах контакту інструмента з кутами $\varphi=90^\circ$ і $\varphi=270^\circ$ відбувається зсув волокон перпендикулярно їх розташу-

ванню та утворенню тріщин. При свердлінні ПКМ при $\varphi=0^\circ$ і $\varphi=180^\circ$ шари композиційного матеріалу, які попадають на різальну кромку піддаються місцевій деформації на вигин, що є причиною розтріскування та розшарування матеріалу навколо отвору. Загалом розтріскування та розшарування спостерігаються частіше при невеликих осьових зусиллях та невеликих товщинах незрізаного шару ПКМ. Витягування волокон наповнювача з матриці може бути у зонах В і D та пояснюється на значному збільшенні сил різання N над адгезійними $P_{адг}$ та тангенціальними зусиллями зчеплення τ , тобто $N \gg P_{адг}$. Це не розходиться з практичними даними роботи [22], автори яких експериментально встановили зони деформації ПКМ при свердлінні вуглецевого волокна з алюмінієм товщиною 3,6 мм. Такі висновки можуть вважатися за доцільні з практичної точки зору, тому що дозволяють обґрунтовано підходити до параметрів свердління, точності діаметра отвору та шорсткості його поверхні.

Особливість запропонованого підходу щодо розрахунків потрібних зусиль різання та визначення якості і шорсткості отвору для ПКМ полягає в тому, що він базується на:

- врахуванні усадки отворів ПКМ, що в сукупності з напрацюваннями роботи [24], дозволить оцінювати якість отворів не тільки за параметрами шорсткості та геометричної точності отвору ПКМ, а й за параметрами міцності;

- комплексному підході щодо якості отвору ПКМ, який засновано на першочерговому аналізі кінематики руху інструменту в ПКМ. Це може бути використано для уточнення результатів електроімпульсного свердління роботи [24] щодо їх уточнення особливо для незрізаних волокон та розшарування ПКМ на вході та виході отвору;

- використанні класичних типів свердел таких, як: П, С та ПРК і може бути використаним і для стандартного свердла SECO SD290A-7.963 і свердла з новим КТР роботи [25].

Слід зазначити, що представлений у даній статті розрахунок потрібних зусиль різання виконується відповідно до встановленої кінематичної схеми дії сил різання (рис. 4.3 та рис. 4.4) і не враховує знос свердла. Це проявиться, в першу чергу, в збільшенні сил тертя при свердлінні та погіршенні якості поверхні отвору ПКМ. Вирішенням проблеми можуть бути подальші дослідження в автоматичному регулюванні параметрів свердління різних за товщиною і діаметрами та складів АК з ПКМ.

4.7. Висновки

1. Проведеними дослідженнями встановлено особливості та характерні зони контакту при свердлінні отвора ПКМ з урахуванням кінематичної схеми контакту свердла та поверхні ПКМ. Встановлено, що у межах зон роботи свердла від 0° до 90° і від 180° до 270° зменшуються сили різання і покращуються показники якості поверхні, шорсткості та геометричної точності отвору ПКМ. В зонах від 90° до 180° і від 270° до 360° – навпаки передбачається невисока якість поверхні, що оброблюється. Це спостерігається в зменшенні дійсних виконавчих розмірів отвору та у збільшенні утворення тріщин і шорсткості, порівняно з зонами різання А і С.

2. Запропоновано розрахунок потрібних зусиль різання та розрахунок висоти шорсткості свердління отворів ПКМ. Розрахунок потрібних зусиль різання враховує площину зсуву стружки відповідно до встановленої зони деформації матеріалу від дії роботи клина за кінематичною схемою різання. Розрахунок висоти шорсткості свердління отворів ПКМ враховує площу зминання стружки під дією роботи клина відповідно до кінематичної схеми різання.

3. Результати експериментальних досліджень з встановлення характерних зон усадки при свердлінні ПКМ підтвердили результати теоретичних досліджень за кінематичним схемами роботи свердла в ПКМ. Розподіл якості, шорсткості та геометричної точності отвору за характерними зонами обертання свердла від 0° до 360° залежать комплексно від параметрів свердління та властивостей ПКМ. В ході аналізу даних, мінімальна усадка отворів діаметром 6 мм з вуглепластику є при свердлінні свердлами ПРК і максимальна усадка отворів – при свердлінні перовими свердлами. Результати збільшення швидкості різання до 100 м/хв. показали незначне зниження усадки отворів з вуглепластику. Це свідчить про можливість адекватного діапазону зі збільшення швидкості різання з мінімальними ризиками на втрату якості поверхні отвору ПКМ.

ВИСНОВКИ

В ході виконаної роботи була модернізована конструкція пасажирського літака, розрахована конструкція на міцність проти дії повітряних навантажень для трьох варіантів завантаження, а також проведений розрахунок, що підтверджує зниження ваги модернізованої конструкції, що також є більш технологічним, так як знижуються вимоги до якості деяких елементів і спрощується технологія стикування стабілізатора з ліфтами.

У технологічній частині були розглянуті і запропоновані заходи щодо поліпшення якості, технологічності, економічності, зниження трудомісткості і циклу складання стабілізатора. Був спроектований агрегатно-складальний цех хвостового оперення, в якому відбувається збірка розглянутого стабілізатора. При проектуванні цеху був визначений штат цеху, необхідне обладнання і необхідна площа для нормальної роботи співробітників і випуску високоякісної продукції.

В економічній частині визначалася оцінка витрат на виробництво, собівартість однієї одиниці продукції, середня заробітна плата робітників, інженерів, службовців і ГУП в цеху. Також ми визначили точку безбитковості виробництва, яка склала 35,2 комплекту хвостових частин, що є хорошим показником.

В спеціальному розділі проаналізовано особливості механічної обробки полімерних композиційних матеріалів, а саме утворення отворів. Досліджено усадку, шорсткість на обраних режимах свердління та типах свердел.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Технологія виготовлення літальних апаратів (курсове проектування). Під редакцією В.Г. Кононенка. – Київ: Видавниче об'єднання «Вища школа», 1974. – 224 с. (російською мовою).
2. Бабушкін А. І., Букін Ю. М. Проектування і виготовлення складальної техніки (підручник). – ХАІ, 1983. – 92 с. (російською мовою).
3. Довідник технолога-механіка. У 2-х т. Т.2/ За редакцією А.Г.Косілової та Р.К.Мещерякова. – 4-е вид., перероблене і доповнене – Видавництво «Машинобудування», 1985. – 496 с.
4. Проектування технологічних процесів у виробництві літальних апаратів і двигунів: підручник з курсового та дипломного проектування / Набатов А.С. – Харків: Харк. Авіації. Ін-Т, 1987. – 98 с.
5. А.І. Бабушкін, В.Д. Кравченко, В.М. Гавва, Л.Н. Голованова, Ю.В. Сафронів. – Досліджень. Довідник з лаб. Практикум.- Харків: Гос. Жуковський Аерокосмічний університет «ХАІ», 1999. – 118 с.
6. Степанов А.А. Механічна обробка високоміцних композиційних полімерних матеріалів. – Київ : Знання, 1980. – 176 с.
7. Кривцов В.С., Сикунський В.Т., Дяченко Ю.В., Кирієнко А.П. Технологія виготовлення деталей літальних апаратів зі зняттям припуску. –Досліджень. надбавка. – Харків: Нац. Аерокосмічної. Харк. Авіації. Ін-Т, 2004. – 182 с. (російською мовою).
8. 77ТУ 36-8-90 "Механічна обробка деталей ПКМ" – ДП КиАЗ "Авіант".
9. Кривов Г.А. Технологічна технологія аеробудування. Київ, Видавництво КВІТС, 1997. 459 с. (російською мовою).
10. Islam, Shyha, Dehong, Huo. (2021). Advances in Machining of Composite Materials. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-71438-3>
11. Бычков, С. А. & Коцюба, А. А. (2016). Состояние и проблемы применения новых конструкционных материалов в отечественных гражданских самолетах в современных условиях. Сообщение 1. Подходы к выбору металлических конструкционных материалов самолетов. Авиационно-космическая техника и технология, 5 (132), 4-14. <http://nti.khai.edu:57772/csp/nauchportal/Arhiv/АКТТ/2016/АКТТ516/Bychkov.pdf>
12. Андреев, О. В. (2020). Наукові основи підвищення ефективності створення конструкцій транспортних літаків з полімерних композиційних матеріалів на етапах

життєвого циклу виробу (дисс. ... доктора техн. наук). Державне підприємство «Антонов», Державний концерн «Укроборонпром», Національний авіаційний університет, Київ, Україна.

13. Tjahjanti, P. H., Firdaus, R., Iswanto & Ahnan M. F. (2020). Study of Crack Connections in Materials Composite Based on Polymer. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, (874), 1-6. DOI: 10.1088/1757-899X/874/1/012026

14. Раскутин, А. Е., Хрульков, А. В. & Гирш, Р. И. (2016). Технологические особенности механообработки композиционных материалов при изготовлении деталей конструкций (обзор). Электронный научный журнал «Труды ВИАМ», (9). [dx.doi.org/10.18577/2307-6046-2016-0-9-12-12](https://doi.org/10.18577/2307-6046-2016-0-9-12-12). Вилучено із http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=1013

15. Глоба, О. В. & Бондаренко, А. С. (2009). Метод удосконалення геометрії різальної частини свердел. Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування, (37), 92-97.

16. Хавин, Г. Л. (2015). Образование дефектов при сверлении слоистых композитов и механизм появления расслаивания. Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування, (4), 96-100.

17. V. Sai, Srikanth. Drilling of composite materials – a review. (2015). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/320685560_Drilling_of_Composite_Materials-A_Review

18. Punit, Patel & Vijay, Chaudhary. (2021). Delamination evaluation in drilling of composite materials – A review. Materials Today: Proceedings. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.267>

19. Pierre Rahme, Yann Landon, Frédéric Lachaud, Robert Piquet & Pierre Lagarrigue. (2011). Analytical models of composite material drilling. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 52(5), 609-617. DOI: 10.1007/s00170-010-2773-5

20. Vorobiov, I., Nechyporuk, N. & Maiorova, K. Experimental and numerical investigations on impulse self-pierce riveting of lightweight aircraft aluminium and mixed structures. Proceedings of 22nd International Scientific Conference Transport Means 2018, (pp. 121-128). October, 2018, Trakai, Lithuania: Kaunas University of Technology.

21. Vorobiov, I., Maiorova, K., Voronko, I., Boiko, M. & Komisarov O. (2022) Creation and Improvement Principles of the Pneumatic Manual Impulse Devices. In: Nechyporuk M., Pavlikov V., Kritskiy D. (eds). Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2021. ICTM 2021. (Vol. 367, pp. 178-191), October 28-29, 2021, Kharkiv, Ukraine: National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5_17

22. Muhammad, Hafiz, Hassan, Jamaluddin, Abdullah, Gérald, Franz & Reza, Mahmoodian. (2021). Effect of Twist Drill Geometry and Drilling Parameters on Hole Quality in Single-Shot Drilling of CFRP/Al7075-T6 Composite Stack. *Journal of composite science*, (5, 189), 1-14. <https://doi.org/10.3390/jcs5070189>

23. Leta, Tesfaye, Jule, Krishnaraj, Ramaswamyac, Nagaraj, Nagaprasad, Vigneshwaran, Shanmugam & Venkataraman, Vignesh. (2021). Design and analysis of serial drilled hole in composite material. *Materialstoday: Proceedings*, (Vol. 45, part 6), 5759-5763. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.587>

24. Chevychelov, S. A., Snopkov, M. V., Bondartsev, I. V. & Maslennikov, A. V. (2017). Diagram of fixture for vibration drilling of holes in composite materials. *Proceedings of the Southwest State University*, (21(6)), 76-84. (In Russ.) DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-6-76-84 https://www.researchgate.net/publication/329967891_DIAGRAM_OF_FIXTURE_FOR_VIBRATION_DRILLING_OF_HOLES_IN_COMPOSITE_MATERIALS

25. Andrii, Hrechuk, Aleksandr, Globa & Leonid, Devin. (2017). Increasing the quality of drilling holes in fiber reinforcement composite materials. *Bulletin of Kiev Institute. Series Instrument Making*, 54(2), 80-85. (In Ukr.) [https://doi.org/10.20535/1970.54\(2\).2017.119556](https://doi.org/10.20535/1970.54(2).2017.119556)

26. Hocheng H. *Machining technology for composite materials*. (2011). 488 p. Taiwan: Woodhead Publishing. <https://www.elsevier.com/books/machining-technology-for-composite-materials/hocheng/978-0-85709-030-0>

27. Равська, Н. С., Мельничук, П. П., Мамлюк, О. В., Ніколаєнко, Т. П. & Охріменко, О. А. (2013). Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці. 215 с.

28. Моделирование процессов ресурсосберегающей обработки слитковых, порошковых, наноструктурных и композиционных материалов. (2021). 360 с.

29. Лупкин, Б. В., Мамлюк, О. В., Драник, А. И. & Касс, А. Л. (2016). Влияние технологических параметров процесса сверления КМ на прочность. *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии*, (71), 125-135. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vikt_2016_71_13

ДОДАТКИ