

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 кваліфікаційної роботи
(тип кваліфікаційної роботи)

магістра
(освітній ступінь)

на тему «Удосконалення технології супроводу ремонту та конвертації з
пасажирських у вантажні літаки транспортної категорії в системах Soft-
engineering»

ХАІ.104.163н.21В.134.1701071 ПЗ

Виконав: здобувач(ка) 2 курсу групи №163н

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність _____

134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

(код та найменування)

Освітня програма Технології виробництва

та ремонту літальних апаратів

(найменування)

Чередніченко С.С.

(прізвище та ініціали студента (ки))

Керівник: Сікульский В.Т.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Лисих М.О.

(прізвище та ініціали)

Харків – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ім. М.С. ЖУКОВСЬКОГО
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет _____ літакобудівний _____

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 104
Бичков І. В.

« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА СТУДЕНТА

Чередніченко Сергій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Удосконалення технології супроводу ремонту та конвертації з пасажирських у вантажні літаки транспортної категорії в системах Soft-engineering»

керівник кваліфікаційної роботи

Сікульський Валерій Терентійович, д-р техн. наук, проф. каф. 104,

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ _____ ” _____ 2021 року № _____

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

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

5. Перелік графічного матеріалу _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

Нормоконтроль _____ « ____ » _____ 20__ р.
 (підпис) (ініціали та прізвище)

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка

Здобувач _____ Чередніченко С. С.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Сікульський В. Т.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ СУПРОВОДУ РЕМОНТУ ТА КОНВЕРТАЦІЇ ЛА. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ РЕМОНТУ ЛА	8
1.1 Організація ремонту ЛА	8
1.2 Види ремонту ЛА.....	9
1.3 Основна документація в авіаремонтній системі.....	9
<i>1.3.1 Номенклатура експлуатаційних документів</i>	<i>10</i>
1.4 Порядок зміни ремонтної документації.....	11
1.5 Конвертування ЛА.....	13
2 ПИТАННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ МЕТОДОМ ПОВЕРХНЕВО- ПЛАСТИЧНОГО -ДЕФОРМІРОВАННЯ.....	16
2.1 Вплив поверхневого зміцнення на ресурс високонавантажених авіаційних деталей	16
2.2 Порівняльний аналіз існуючих методів динамічного поверхневого- пластичного деформування.....	22
<i>2.2.1 Технологічні особливості віброзміцнення</i>	<i>23</i>
<i>2.2.2 Пневмодінамічний метод зміцнення</i>	<i>26</i>
<i>2.2.3 Барабанно-ударний метод зміцнення.....</i>	<i>27</i>
<i>2.2.4 Віброударний метод зміцнення довгомірних деталей.....</i>	<i>29</i>
<i>2.2.5 Дробильноструменевий метод зміцнення.....</i>	<i>30</i>
2.3 Технологія і зміцнення ударно-барабанним методом.....	32
2.4 Існуючі методики визначення ПДВ при динамічному зміцненні ..	34
3 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ РЕМОНТУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОНВЕРТУВАННЯ ЛІТАКІВ.....	36
3.1 Приймання в ремонт	36

3.2 Формування, поточний стан і перспективи розвитку світового і регіональних ринків конвертованих літаків.....	38
<i>3.2.1 Конвертовані вантажні літаки в структурі світового парку вантажних літаків на початку XXI століття.....</i>	<i>38</i>
3.3 Перспективи розвитку світового та регіональних ринків конвертованих літаків на період до 2037 року	40
3.4 Світовий і регіональний ринок послуг з конвертації пасажирських літаків в вантажні	43
<i>3.4.1. Провідні світові і регіональні компанії що спеціалізуються на конвертації літаків.....</i>	<i>43</i>
3.5 Поточні та прогностичні показники вартості робіт по конвертації літаків	44
4 ЗАХОДИ ПО ЗАПОБІГАННЮ ПРОБЛЕМ КОНВЕРТУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ЛА.....	48
4.1 Типові організаційні моделі діяльності центрів конвертації.....	48
4.2 Проблема збору інформації та пропозиція вирішення	49
ВИСНОВКИ.....	51
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	53

ВСТУП

У даній кваліфікаційній роботі магістра були розглянуті питання пов'язані з удосконаленням технологій супроводу ремонту літальних апаратів (далі - ЛА) та конвертації з пасажирських у вантажні літаків транспортної категорії в системах Soft-engineering.

Пояснювальна записка даної кваліфікаційна роботи складається з трьох розділів.

У першому розділі даної роботи описані основні відомості та особливості супроводу ремонту та конвертації ЛА. Описані технологічні процеси ремонту основні етапи конвертування ЛА.

У другому розділі описано один з найбільш прогресивних видів обробки в технології машинобудування, поверхневе пластичне деформування (ППД). В результаті обробки ППД знижується шорсткість і створюється поверхневий наклепаного шар зі стискають залишковими напруженнями і підвищеною твердістю. Безсумнівним достоїнством ППД являється можливість створення зміцненого поверхневого шару, в якому забезпечується плавність переходу від зміцненого до незміцнене матеріалів, що виключає його відшарування.

У третьому представлені результати аналітичного огляду стану і перспектив розвитку світового, а також регіональних ринків конвертованих вантажних літаків. Розглянуто основні організаційно-технічні принципи і досвід функціонування окремих виробничих структур цього сектору цивільної транспортної авіації. Проаналізовано необхідні передумови для створення та успішної діяльності на ринку нових проектно-виробничих структур, що спеціалізуються на виконанні робіт з конвертації пасажирських літаків в вантажні.

У четвертому розділі описані та виявлені проблемні зони конвертування та розроблені кроки по їх усуненню

Технічне обслуговування повітряних суден - роботи, що виконуються на стадії експлуатації літальних апаратів (ЛА) і спрямовані на підтримку їх

льотної придатності і готовності до польоту. Технічне обслуговування повітряних суден є одним з факторів безпеки польотів.

Коли літак майже «досягає свого віку» і завершує свою корисну експлуатаційну службу в якості пасажирського лайнера, його можна або списати, або заново відтворити в іншому сегменті. Конвертування пасажирського літака в вантажний - це спосіб продовжити термін служби літака. Досить багато вантажних авіакомпаній вважають за краще експлуатувати переобладнані вантажні судна з перших рук. Переобладнані вантажні судна відповідають вимогам високої надійності відправки, вони більш економічні для компанії і можуть отримувати такий ж прибуток, не використовуючи дороге серійне вантажне судно.

Більшість конвертувань припадає на повний грузовий тип, далі літаки які конвертуються на комбінований тип (вантаж і пасажир на головній палубі) і менше на швидку зміну (літаки подвійного призначення, які перевозили пасажирів вдень, а вантажі вночі).

Традиційно серійні вантажні літаки позначаються літерою F. Переобладнані пасажирські літаки позначаються буквами SF. В останні роки 3 переобладнання використовують власне позначення:

BCF - Boeing Converted Freighter.

BDSF - Спеціальне вантажне судно Bedek.

PCF - Фрахтувальник прецизійних перетворень.

Небувалий криза в світовій цивільній авіації через пандемію привела до кратного зростання цін на повітряні перевезення вантажів, які, на відміну від пасажирських перевезень, не піддаються обмеженням через коронавірус. Змінна кон'юнктура змушує авіакомпанії закуповувати дефіцитні вантажні повітряні судна, що подорожчали майже на третину, або конвертувати в вантажні незатребувані пасажирські літаки.

Термін software engineering «програмна інженерія» з'явився вперше в 1968 році на конференції НАТО і призначався для стимулювання пошуку рішень відбувалося в той час «кризи програмного забезпечення». З тих пір це

переросло в професію програмного інженера (англ. Software engineer) і область досліджень, присвячених створенню програмного забезпечення, більш якісного, доступного, краще підтримуваного і швидше розробляється. Програмна інженерія це додаток систематичного, дисциплінованого, вимірного підходу до розробки, функціонування та супроводження програмного забезпечення, а також дослідженню цих підходів; тобто, додаток дисципліни інженерії до програмного забезпечення

1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ СУПРОВОДУ РЕМОНТУ ТА КОНВЕРТАЦІ ЛА. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ РЕМОНТУ ЛА

1.1 Організація ремонту ЛА

В процесі експлуатації літальних апаратів технічний стан їх деталей, вузлів (складальних одиниць) і агрегатів змінюється в результаті необоротних процесів, пов'язаних з впливом факторів (температур, навантажень, вібрацій, термоциклування і так далі) Слідство цього є поява відмов.

В основі процесу підтримки ЛА в справному, а в деяких випадках, в працездатному стані за допомогою ремонту, лежить один з показників якості-ремонтпридатність (властивість об'єкта, що полягає в пристосованості до попередження і виявлення причин виникнення відмов, пошкоджень, підтримці і відновленню працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування і ремонтів.).

До ремонтпридатності відносяться наступні властивості виробів.

Контролепридатність, це властивість, що характеризує пристосованість до проведення контролю заданими засобами. Задля цих цілей в процесі розробки виробу виробляються проектні рішення з метою забезпечення можливості ранньої діагностики процесів руйнування з метою попередження і виявлення причин відмов. Доступність-конструкція і розміщення агрегату на ЛА забезпечувати зручний доступ до нього при технічному обслуговуванні для демонтажу самого агрегату або його складових частин з метою ремонту.

Легкознімність передбачає можливість швидкого демонтажу агрегатів з використанням найпростіших пристосувань механізації без надмірних зусиль в будь-яких погодних умовах. Взаємозамінність-знову встановлюються агрегати і їх частини повинні бути повністю взаємозамінні, тобто вони не повинні вимагати спеціальної підгонки за місцем установки, налагодження та налаштування об'єкта після заміни. Для забезпечення безвідмовності, довговічності і збереженості (властивості надійності) у виріб при проектуванні

та виготовленні закладається певний запас працездатності. Видавцем експлуатації закладені запаси зменшуються (витрачаються). Ремонтпридатність забезпечує відновлюваність витрачених запасів працездатності. Для цього в експлуатації діє система технічного обслуговування та ремонту.

1.2 Види ремонту ЛА

Під час поточного ремонту несправності виправляються заміною або відновленням пошкоджених або швидкозношуваних деталей. При середньому ремонті відновлення експлуатаційних характеристик проводиться заміною або відновленням зношених або пошкоджених деталей з перевіркою технічного стану інших частин виробу з усуненням виявлених несправностей. Капітальний ремонт полягає в повному розбиранні і дефектації, в заміні або відновленні всіх складових частин виробу, збірки і випробувань.

Організаційні системи ремонтів:

- планово-попереджувальний - виробам призначаються ресурси, за їх закінчення виробу направляються в ремонт незалежно від їх технічного стану;
- регламентований - весь обсяг капітального ремонту розбивається на кілька етапів, кожен з яких за визначенням представляє собою середній ремонт. За сукупністю виконання всіх етапів утворюється повний обсяг капітального ремонту.
- ремонт за фактичним станом - для всіх перерахованих систем ремонту характерно те, що напрацювання до чергового ремонту задається заздалегідь і не пов'язана з технічним станом об'єкта авіатехнік. Якщо ремонт здійснюється при напрацюванні, що відповідає деякому граничному стану ЛА, при якому потрібно усунення несправностей - то це ремонт за фактичним станом.

1.3 Основна документація в авіаремонтній системі

В авіації в цілому і в авіаремонтному виробництві зокрема головним засобом забезпечення безпеки польотів є безумовне виконання вимог експлуатаційної та ремонтної документація. Для зміни документації існують певні процедури.

Єдина система конструкторської документації - комплекс державних стандартів, що встановлюють взаємопов'язані правила та положення щодо порядку розроблення, оформлення та обігу конструкторської документації, що розробляється і застосовується організаціями та підприємствами.

Єдина система технологічної документації - комплекс державних стандартів, що встановлюють взаємопов'язані правила та положення щодо порядку розроблення, оформлення та обігу технологічної документації, що розробляється у всіх галузях промисловості.

1.3.1 Номенклатура експлуатаційних документів

Технічний опис. Інструкція з експлуатації. Інструкція по технічного обслуговування. Інструкція по монтажу, пуску, регулювання і обкатці виробу на місці його застосування. Формуляр. Паспорт. Відомості запасних частин, інструменту, приладдя та матеріалів. Навчально-технічні плакати. Відомість експлуатаційних документів. Інші документи.

Ремонтні документи.

Загальне керівництво по ремонту. Складають у разі, коли загальні вказівки по організації і технології ремонту, а також загальні технічні вимоги до ремонту виробів даного класу доцільно викласти в окремому документі, виключаючи зазначені в ньому відомості з керівництва по ремонту виробів даного конкретного найменування. Загальне керівництво є ремонтним документом, вимога якого поширюється на вироби певного класу, підкласу або групи. Керівництво повинно містити загальні вказівки щодо організації та технології ремонту, загальні технічні вимоги, показники і норми, яким вироби повинні задовольняти після ремонт.

Загальні технічні умови на ремонт - є загальним ремонтним документом, вимоги якого поширюються на всі вироби даного класу, підкласу або групи. У загальних ТУ наводять загальні технічні вимоги, показники і норми, яким повинні задовольняти всі ці відремонтовані вироби. В загальні ТУ не включаються показники, що відносяться до організації виробництва і технологічного процесу ремонту виробів.

Керівництво по капітальному ремонту (далі – КР). Відноситься до конкретного типу техніки. Є основним ремонтним документом на виконання ремонтних робіт, дотримання вимог якого обов'язково при виконанні капітального ремонту виробу. Керівництво по КР має складатися з розділів, які повністю регламентують всі стадії технологічного процесу і організації ремонту.

Технічні умови на ремонт. Відносяться до конкретного типу техніки. Містять тільки спеціальні вимоги, що відносяться до ремонту зазначених виробів. ТУ не дублюють вимоги, викладені в інших ремонтних документах.

Каталог деталей і складальних одиниць.

Він містить перелік і ілюстрації всіх складальних одиниць і деталей. Відомості про їх розташуванні у виробі і кількості. Дані про конструкційні матеріалах, з яких виготовлені деталі. Відомості про взаємозамінності і конструктивних особливостях деталей і складальних одиниць. Каталог призначений для складання заявок на запасні частини.

Норми витрати запасних частин. Складається у вигляді відомості, містить норми витрати запасних частин для ремонту одного, десяти або ста виробів.

Норми витрати матеріалів. Складаються у вигляді відомості, містить норми витрати матеріалів для ремонту одного, десяти або ста виробів.

Відомість документів для ремонту. Встановлює комплект конструкторських документів, необхідних для виконання цілей ремонту. У відомість повинні входити ремонтні документи, комплект робочих конструкторських документів, експлуатаційні документи, конструкторські документи на нестандартне або спеціальне обладнання, спеціальні стенди, пристосування, інструмент.

1.4 Порядок зміни ремонтної документації

Ремонтна документація розробляється конструкторським бюро (розробником авіатехніки) і заводом - виробником. На авіаційно ремонтних підприємствах (далі - АРП) вона надходить в готовому вигляді в період освоєння ремонту. Оскільки при розробці документації неможливо врахувати

всі особливості майбутньої експлуатації виробу, появи знову виниклих дефектів особливо при великих термінах напрацювання, виникає потреба в коригуванні основного комплексу документів. Крім того, від моменту розробки документації до її впровадження на АРП проходить значний час, що обчислюється роками. За цей час технологічна наука розробляє нові перспективні технологічні процеси відновлення деталей, поліпшення експлуатаційних параметрів при проведенні ремонту, знаходить способи розширення номенклатури відновлюваних деталей. Технологи АРП відчують необхідність коригування документації не мають права самостійно її змінювати. Для зміни документації існує спеціальна процедура випуску бюлетенів промисловість. Ці бюлетені розробляються підприємствами розробником і виробником, проходять необхідні узгодження і надходять на АРП як невід'ємна частина керівництва по виконувannya капітального ремонту.

Залежно від причини випуску бюлетенів вони можуть містити операції конструктивного доопрацювання ЛА, зміни порядку її експлуатації або безпосередньо зміни технології ремонту.

Дії персоналу АРП у разі виявлення аварійного або нового дефекту виробу ЛА.

В цьому випадку необхідно терміново повідомити підприємства-розробник і виробник і вищі інстанції. При цьому не можна приймати самостійних рішень і відновлювати роботу до отримання чітких недвозначних інструкцій від зазначених організацій.

У внутрішньому обороті АРП знаходиться багато документації, де фіксуються всі стадії контролю і відновлення ремонтваної техніки. Після закінчення ремонту вся ця документація зшивається в справу ремонту, яке є документом суворого зберігання і яке є єдиним документом, що підтверджує при необхідності суворе дотримання вимог технології ремонту. Тому необхідно ретельно оформляти кожен документ і не допускати різночитання відображених у ньому фактів.

Інша документація

Як і на всякому підприємстві на АРПІ ведеться і інша документація диспетчерська, фінансова, виробнича, постачальницька. Ця документація не відображається в справі ремонту але також потребує акуратному веденні.

1.5 Конвертування ЛА

Більшість конвертувань припадає на повний вантажний тип, далі літаки які були конвертовано на комбінований тип (вантаж і пасажирів на головній палубі) і менше на швидку зміну (літаки подвійного призначення, які перевозили пасажирів вдень, а вантажі вночі) На Рис. 1 представлений типовий конвертований літак 737-800BCF компанії Boeing.



Рис 1. Конвертований літак 737-800BCF

Конвертування включає:

- Зміну типу та конфігурації літака та адаптація його до нового ринку.
- Основні структурні зміни, необхідні для нової конфігурації.
- Встановлення специфічних систем, необхідних для нового типу.
- Сертифікація (додатковий сертифікат типу) або зміна сертифікату типу.

Типове завдання конвертування включає, але не обмежується:

- Видалення з пасажирського літака всього, що більше не потрібно, наприклад, обладнання та меблі інтер'єрів (сидіння, камбуз, туалети, контейнери для зберігання речей, бічні та стельові підкладки, килимове покриття, кисень, накладні консолі, розважальна система).

- Зняття або заміна пасажирських дверей.

- Заміна або зміцнення балок перекриття відповідно до вимог щодо вантажних навантажень.

- Встановлення головних палубних вантажних дверей із заміною або посиленням силової конструкції літака. Якщо немає причин, що перешкоджають цьому, вантажну розміщують на фюзеляжі ліворуч перед крилом.

- Встановлення гідравлічної / електричної системи роботи (як правило, гідравлічної).

- Встановлення жорсткого бар'єру / сітки.

- Модифікація зони за кабіною для місць для сидіння.

- Модифікація вантажного відсіку (нова вантажна накладка, стеля та освітлення, підлога, система зливу тощо)

- Модифікація вантажного відсіку до "класу E".

- Встановлення однохвилинної системи виявлення диму.

- Встановлення немеханізованої або механізованої вантажно-завантажувальної системи, що дозволяє завантажувати різний вантаж на основну палубу.

- Модифікація обладнання кабіни та авіоніки за необхідності.

- Встановлення легких віконних пробок.

Параметри придатності типу літального апарату

- Обсяг кабіни.

- Корисне навантаження / об'єм

- Дальність

- Вагові / структурні обмеження

- Наземна стабілізація

- Електричні / гідравлічні / положення системи.
- Висока кількість виробництва
- 10 - 20 років.
- Надійний планер / двигун.
- Низькі капітальні витрати.
- Шумостійкість.
- Сумісність з іншими вантажними суднами.
- Виробнича версія як модель для конструювання може стати перевагою.
- Спільність інфраструктури

Деякі ключові критерії яким повинен відповідати літак для здійснення конвертування.

- Вік літака (бар'єр у певних країнах), годин / циклів.
- Спільність флоту - сестринський корабель.
- Залишковий термін експлуатації (години, цикли, вік).
- Стан технічного обслуговування та “історія експлуатації”.
- Вантажопідйомністю, конструктивні обмеження.
- Модифікації або інші програми.
- Вплив на існуючі бюлетені.

Як правило, роботи з конвертації пасажирських літаків в вантажні виконують:

- компанії-виробники літаків (Original equipment manufacturer);
- компанії, що здійснюють конвертацію літаків за ліцензією компаній-виробників;
- компанії, що не мають угод з компаніями-виробниками літаків на їх конвертацію, які самостійно виконують конвертацію літаків.

2 ПИТАННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ МЕТОДОМ ПОВЕРХНЕВО-ПЛАСТИЧНОГО -ДЕФОРМУВАННЯ

2.1 Вплив поверхневого зміцнення на ресурс високонавантажених авіаційних деталей

Поняття якості продукції має комплексний характер. Під якістю продукції розуміється сукупність властивостей, що обумовлюють її придатність задовольняти певним потребам відповідно до її призначення [5].

Основними показниками якості є працездатність і надійність. Під працездатністю розуміється такий стан виробу, при якому воно здатне виконувати задані функції, зберігаючи значення заданих параметрів в межах, встановлених нормативно-технологічною документацією. Надійність - властивість виробу виконувати задані функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в певних межах при заданих режимах роботи та умови використання. Надійність забезпечує технічну можливість використання виробу за призначенням в потрібний час і з необхідною ефективністю. Надійність виробу - це узагальнене властивість, яке включає такі поняття, як безвідмовність і довговічність. Безвідмовність - властивість виробу безупинно зберігати працездатність протягом деякого періоду часу або деякого напрацювання. Довговічність - властивість виробу зберігати працездатність до настання граничного стану, тобто протягом усього періоду експлуатації при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту.

В процесі експлуатації деталі машин відчувають різні навантаження, і для більшості з них втрата працездатності відбувається за умовами опору втоми, зносостійкості і контактної витривалості.

Поступове накопичення пошкоджень в металі під дією циклічних навантажень, що призводять до утворення тріщин та руйнування, називають втомою, а властивість металів чинити опір витривалості (опором втоми). Одним з показників опору втоми є живучість, під якою розуміють довговічність деталі від моменту зародження першої макроскопічної тріщини втоми розміром 0,5 ... 1,0 мм до остаточного руйнування. Умови виникнення тріщини залежать в

основному від дотичних напружень, а її розвиток пов'язаний в більшості випадків з впливом нормальних напружень.

Опір втоми характеризується межею витривалості, під яким розуміють найбільшу напругу, яке може витримувати матеріал без руйнування при заданому числі циклічних впливів.

Істотний вплив на опір втоми надають:

- масштабний фактор;
- концентрація напружень;
- якість обробки поверхні і стан поверхневого шару (хімічний склад, механічні властивості, залишкові напруги);
- експлуатаційні фактори.

Чим більше розмір зразка (вироби), тим більше в ньому різних дефектів (неметалевих включень, субмікроскопічних тріщин) і запас пружної енергії, що полегшує утворення і розвиток втомних тріщин. Наявність концентраторів напружень, збільшення мікронерівностей після механічної обробки, обезвуглерожування також знижують опір втоми. При експлуатації деталей збільшення частоти випробувань підвищує межу витривалості до 10 ... 15%, а виникнення корозії може знизити його на 50 ... 60% і більше. Збільшення опору втоми зазвичай досягається за рахунок підвищення міцності і створення стискають залишкових напружень в поверхневому шарі відповідної механічної обробкою.

При терті поверхонь, що сполучаються має місце зношування. Результатом зношування є знос - зміна розмірів, форми, маси виробу або стану його поверхні внаслідок залишкової деформації від постійно діючих навантажень або руйнування (зношування) поверхневого шару при терті. Знос виробів залежить від умов тертя і властивостей матеріалу виробу. Властивість матеріалу чинити опір зношування, що оцінюється величиною зворотної швидкості зношування, прийнято називати зносостійкістю.

В результаті зношування змінюються розміри деталі, збільшуються зазори між поверхнями, що труться, що викликають биття і стукіт. Розрізняють такі

види зношування: механічне, корозійно-механічне і електроерозійне (зношування при дії електричного струму).

Найбільш часто в техніці зустрічається абразивне зношування, яке відбувається в результаті ріжучого або дряпає дії твердих тіл і (або) абразивних частинок. Ці частинки потрапляють між контактуючими поверхнями з мастильним матеріалом або з повітря, а також можуть з'явитися в результаті розвитку інших видів зношування (схоплювання, викришування, окислення). Абразивне зношування може мати місце з переважанням процесів окислення (окислення і подальше руйнування оксидних плівок) і з переважанням механічного руйнування (впровадження абразивних частинок) і руйнування поверхні.

Абразивне зношування є типовим для багатьох деталей гірських, бурових, будівельних, дорожніх, сільськогосподарських та інших машин, що працюють в технологічних середовищах, що містять абразивні частинки (грунт, розбурювання породи).

Зношування, що відбувається в результаті впливу частинок, захоплюється потоком.

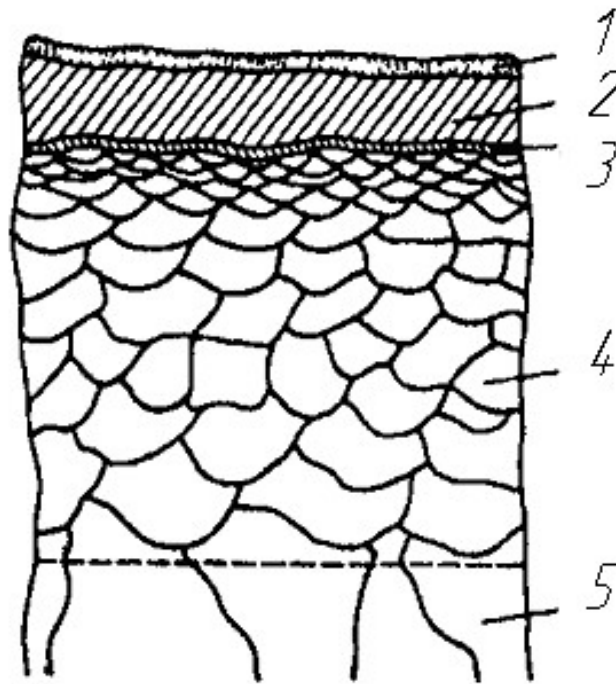


Рисунок 2.1 – Зони поверхневого шару деталі: 1 - адсорбційна; 2 - оксидів; 3 - гранична металу; 4 - металу зі зміненою структурою, фазовим і хімічним складом; 5 - основного металу

Товщина і стан зазначених верств поверхневого шару можуть змінюватися в залежності від складу матеріалу, методу обробки, умов експлуатації. Оцінка цього стану здійснюється методами хімічного, фізичного або механічного аналізу. Різноманіття параметрів стану поверхневого шару і методів їх оцінки не дозволяє виділити єдиний параметр, визначальний якість поверхневого шару. Тому в науковій і інженерній практиці стан поверхневого шару оцінюється набором одиничних або комплексних параметрів, з тієї чи іншої сторони оцінюють якість поверхневого шару.

Укрупнене ці параметри характеризують: геометричні параметри нерівностей поверхні; мікроструктуру і хімічний склад; механічне стан.

Геометрія поверхні складається з макровідхилень хвилястості, шорсткості і шорсткості

Єдина нерівність поверхні по всій її довжині або ширині відноситься до макровідхилень (опуклість, увігнутість, конусність). Висота таких нерівностей в

залежності від точності і розмірів деталі змінюється від десятих часток мікрометра до декількох міліметрів. Всі проміжні нерівності між шорсткістю і макровідхиленням відносяться до хвилястості поверхні. Хвилястість являє собою сукупність періодичних, регулярно повторюваних, близьких за розмірами виступів і западин заввишки $10^2 \dots 10^3$ мкм, відстані між якими (крок хвиль) значно більше їх висоти (до 40 разів). Під шорсткістю поверхні розуміється сукупність мікронерівностей висотою $10^2 \dots 10^3$ мкм з відносно малим кроком ($2 \dots 800$ мкм), меншим базової довжини, що використовується для її вимірювання. Мікронерівності, співмірні з розмірами кристалічної решітки і розташовані на шорсткості, відносяться до субшорсткості [7].

Мікроструктура - це будова металу або сплаву, яке визначається за допомогою металографічних мікроскопів. Мікроструктурний аналіз дозволяє визначити наявність, кількість і форму структурних складових сплаву, що мають однакову будову. Структурні складові визначаються не тільки хімічним складом матеріалу деталі, але і способом зміцнюючої обробки. Як правило, до цих способів відноситься зміцнення, пов'язане з нагріванням зміцнюваного металу.

Мікроструктура істотно впливає на можливості зміцнення матеріалів. Особливо це проявляється при зміцненні поверхневим пластичним деформуванням.

Поряд з тиском структурний стан і властивості сталей є вирішальними факторами, що визначають залишкові напруження поверхневого шару.

Питома обсяг структурних складових (в порядку зменшення) наступний: Тетрагональна мартенсит, мартенсит з кубічної ґратами, перліт (сорбіт, троостит), аустеніт. Якщо при обробці проходять структурні перетворення, що супроводжуються збільшенням питомої обсягу (наприклад, перехід аустеніту в мартенсит), то утворюються стискають залишкові напруження, при зворотному процесі - розтягування.

Механічне стан металу визначається наступними параметрами:

- опором деформації - межами пружності, пропорційності, плинності і міцності, твердістю;
- пластичністю - відносним подовженням і звуженням, ударною в'язкістю і іншими, що встановлюються спеціальними випробуваннями зразків.

З усіх цих параметрів твердість може служити загальною характеристикою, що дозволяє наближено оцінити якість поверхневого шару. Твердість має зв'язок з такими показниками якості поверхневого шару, як залишкові напруги, структура.

Твердістю називають властивість матеріалу чинити опір пластичної деформації при контактному впливі в поверхневому шарі. Вимірювання твердості внаслідок швидкості і простоти здійснення, а також можливості без руйнування виробу оцінити його властивості, набуло широкого застосування для контролю якості металу в металевих виробках і деталях [6].

За поданням фізики твердого тіла, напруги в металі або сплаві, незалежно від причин, що їх викликають, розглядаються як наслідок спотворення кристалічної решітки. Фізичною моделлю механізму утворення технологічних напружень стосовно до деталей, поверхневий шар яких деформований в процесі механічної обробки, є атомна або дислокаційна модель.

Значення макронапружень визначається, перш за все, щільністю однорідних дислокацій, а знак макронапружень залежить від характеру розташування однорідних дислокацій по відношенню до поверхні деталі. Стискають макронапружень виникають в разі переважного розташування біля поверхні безлічі позитивних дислокацій на паралельних площинах ковзання. Переважна розташування біля поверхні негативних дислокацій сприяє виникненню макронапружень розтягування.

Наявність надлишку дислокацій одного знака визначається не тільки схемою деформації, але і температурою, при якій відбувається деформація, а також складом сплаву, що визначає схильність до поперечному ковзанню [7].

2.2 Порівняльний аналіз існуючих методів динамічного поверхневого-пластичного деформування

Поверхнєве пластичне деформування (ППД) - обробка тиском, при якій пластично деформується тільки поверхневий шар матеріалу (ГОСТ 18295-72).

Ударне поверхнєве пластичне деформування - поверхнєве пластичне деформування при ударній дії деформованого матеріалу з інструментом, робочими тілами або середовищем [8].

Метод зміцнення вибирають в залежності від форми і розмірів деталі, умов її роботи і стану поверхневого шару, технологічних можливостей (рисунок 2.2), а також економічної доцільності.

Стиснене повітря

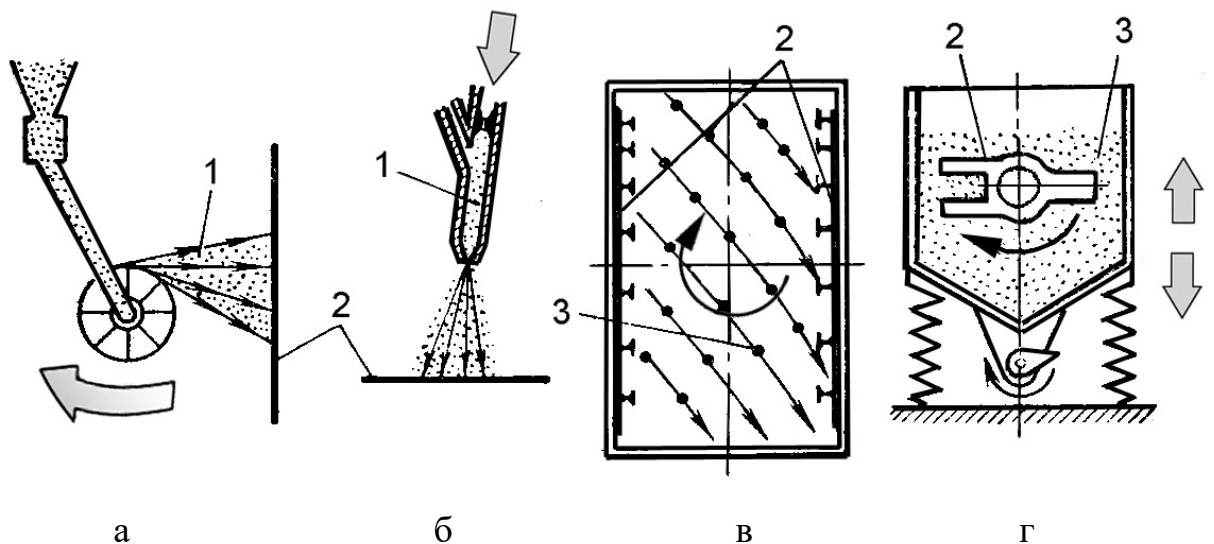


Рисунок 2.2 - Ударні методи зміцнення:

а - струменево-механічний; б - струменево-пневматичний;

в - барабанно-ударний; г - вібраційний;

1 - дріб; 2 - деталь; 3 - гранули або кульки

Незалежно від варіантів технологічної схеми існують два види поверхневого зміцнення деталей:

- значна пластична деформація поверхневого шару без знімання металу (поверхнєве зміцнення методами вібронаклепа, пневмодінамічного, віброударної, дробильноструменевого або гідрдробеструйного наклепу);

- невелика пластична деформація зі зніманням металу глибиною від 0,01 до 0,3 мм при малій глибині наклепаного шару (поверхнєве зміцнення методами віброшліфування або гідроабразивного шліфування та полірування).

2.2.1 Технологічні особливості віброзміцнення

Суть процесу віброупрочнення полягає в наступному. Робоче середовище, що складається з абразивних або металевих частинок (гранул, кульок), і оброблювані деталі, поміщені в контейнер віброустановки (рисунок 2.3), здійснюють механічні коливання з прискореннями (10 ... 15) g. Під дією цих коливань частинки робочого середовища набувають енергії, достатньої для здійснення пластичної деформації поверхневого шару деталі.

Основні параметри процесів ППД, що визначають величини наклепу, залишкових напруг і шорсткості поверхні:

- характеристики робочого середовища (матеріал, діаметр кульок; матеріал, зернистість і форма абразивного наповнювача);
- амплітуда і частота коливань, що задають швидкість і прискорення віброуючим часткам;
- тривалість процесу зміцнення.

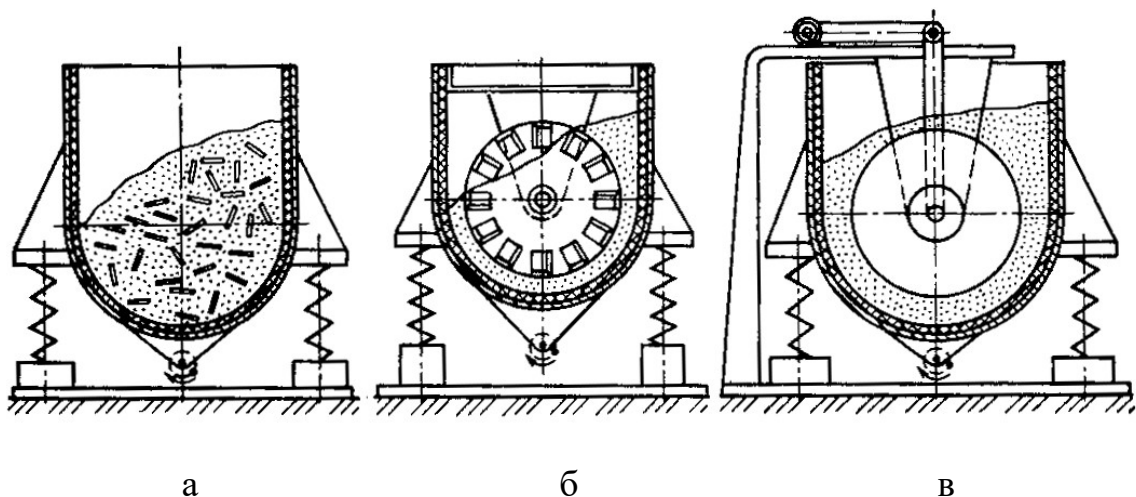


Рисунок 2.2 – Способи завантаження деталей при віброупрочненні: а - вільне розташування; б - закріплення в резервуарі; в - закріплення на ізольованій опорі

Віброміцнення в залежності від застосовуваної робочої середовища може виконуватися як операція віброшліфування або віброполірування.

Віброшліфування здійснюється абразивними гранулами з зерном розміром більше 50 мкм, призначене для зняття з поверхні деталей дефектних шарів і забезпечення шорсткості Rz 1,25. У поверхневому шарі деталей виникають високі залишкові напруги стиску з незначною глибиною поширення (до 80 мкм).

Віброполірування виконується абразивними гранулами з зерном розміром менше 50 мкм, призначене для забезпечення шорсткості поверхні деталей з параметром Rz 0,65 і вище. У поверхневому шарі деталей виникають залишкові напруги стиснення з малою глибиною поширення (до 50 мкм).

Залишкові напруги стиснення, що виникають при поліруванні сталевими кульками, в порівнянні з залишковими напруженнями, що виникають при віброшліфування, дещо менше за величиною, але поширюються на значно більшу глибину (понад 200 мкм). Розмір частинок робочого середовища також робить істотний вплив на параметри наклепу і залишкові напруги в поверхневому шарі деталей. Зі зменшенням розміру частинок зменшуються наклеп і залишкові напруги.

Віброупрочнення сталевими кульками забезпечує найбільш високу пластичну деформацію, його називають вібронаклепом і позначають ВН. Віброупрочнення в наповнювачі з абразивних частинок забезпечує великий з'їм металу при невеликому підвищенні його опору втомі міцності, його називають віброшліфування і позначають ВШ.

Перед зміцненням шорсткість поверхонь деталей із сталевих сплавів повинна бути не вище Rz 20, з алюмінієвих сплавів - не вище Rz 40. Поверхні деталей з шорсткістю Rz 40, виготовлені точним литтям, піддаються вібронаклепу без попередньої їх підготовки.

Вібронаклеп тонкостінних деталей, наприклад циліндрів, стійок шасі, рекомендується проводити перед остаточним шліфуванням отворів, які в цьому

випадку мають припуск, що дозволяє при шліфуванні усунути викривлення (елліпсність), якщо воно виникло при обробці методами ППД.

Вібронаклеп внутрішніх порожнин деталей виконується одночасно з обробкою зовнішніх поверхонь або окремо від неї. Для цього внутрішня порожнину на 70 - 80% заповнюється робочим середовищем і закривається заглушками. Віброупрочнення в одному контейнері деталей, різко розрізняються за механічними властивостями матеріалів, формі і масі, неприпустимо.

При вібронаклепе в якості робочого середовища застосовують сталеві кульки діаметром від 4 до 6 мм, які повинні бути полірованими, чистими, без дефектів на поверхні. В процесі експлуатації кульки необхідно регулярно промивати в гасі, сортувати через 150 - 200 ч і бракувати. Зберігати їх слід в бункерах в водному розчині ТЕА.

Інтенсивність і якість процесів зміцнення контролюється визначенням деформації зразків-свідків. Зразки-свідки для всіх зміцнюючих сталевих деталей виготовляють зі сталі 30ХГСА або 30ХГСНА і обов'язково шліфують, для зміцнюючих деталей з алюмінієвих сплавів - з матеріалу, аналогічного матеріалу деталей. Прогин зразків-свідків при односторонній упрочнюючій обробці повинен складати: при зміцненні методом ВШ - не менше 0,4 мм, методом ВН - 1,6 ... 3,0 мм.

Якщо прийняти продуктивність віброабразивної обробки сталі 45 за одиницю, то з'їм металу з поверхонь деталей з інших матеріалів при інших рівних умовах приблизно становить:

- з алюмінієвих сплавів - 1,6;
- незагартована вуглецевих і легованих сталей - 1,0;
- загартованих легованих сталей - від 0,9 до 0,8;
- корозійно-стійких і жароміцних сплавів - від 0,8 до 0,7;
- титанових сплавів - 0,6

2.2.2 Пневмодінамічний метод зміцнення

Пневмодінамічний метод зміцнення деталей заснований на використанні кінетичної енергії кульок або дробу, він повідомляє струменем повітря, що подається в робочу камеру під тиском від 0,3 до 0,6 МПа.

Основні параметри пневмодінамічного методу зміцнення: тиск повітря; матеріал і діаметр кульок (дробу), їх твердість; відстань від щілини сопла до оброблюваної поверхні; довжина робочої зони камери; питома завантаження кульок (дробу); час обробки.

Пневмодінамічному зміцненню піддаються деталі з алюмінієвих сплавів з товщиною стінок не менше 4 мм і сталеві - з товщиною стінок не менше 2,5 мм.

Для зміцнюючої обробки пневмодінамічним методом широко застосовують установки типу БДУ-Е2М (рисунок 2.4).

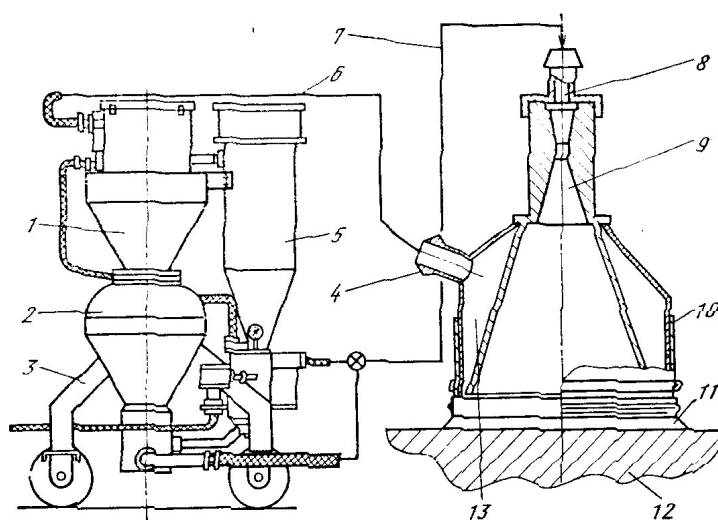


Рисунок 2.3 – Схема пневмодінамічної установки БДУ-Е2М

Установка складається з систем подачі 2, збору 1 і очищення 5 дробу і робочої камери 10, з'єднаної з основними системами за допомогою двох рукавів: подачі дробеповітряної суміші 7 і відсмоктування дробу 6. Маса завантажується дробу - до 100 кг.

Робоча камера складається з штуцера 8, сопла 9, подає дріб на поверхню заготовки 12, і порожнини розрідження 13, через штуцер 4 якої дріб відводиться з камери. Щоб уникнути вильоту дробу з камери передбачено

щіткове ущільнення 11. Установка змонтована на візку 3 і може транспортуватися. Деформують тіла - дріб діаметром до 2 мм.

Пневматична переносний пристрій (рисунок 2.5) набуло широкого застосування в якості засобу місцевої зміцнюючої обробки ППД.

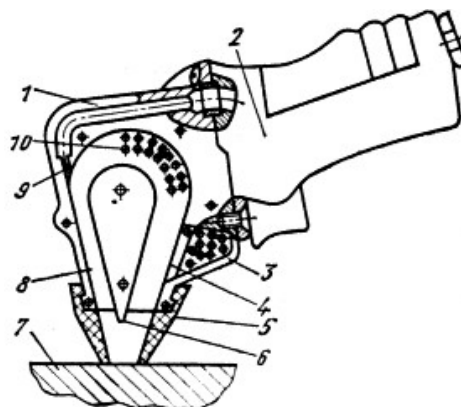


Рисунок 2.4 – Схема пневматичного портативного пристрою

Пристрій складається з корпусу 1 і ручки 2. Робоча камера пристрою являє собою канал в корпусі між профільованим центральним тілом 6 і бічною кришкою 8.

Для зберігання кульок тел до включення пристрою в роботу і збору їх після роботи в корпусі передбачена пастка 3 з заслінкою 4. Пристрій забезпечений комплектом пружних гумових насадок 5, конфігурація яких залежить від форми зміцнюючих поверхонь 7.

Стиснене повітря підводиться в робочу камеру через сопло 9, відпрацьоване повітря видаляється через отвори 10 в бічних кришках. Після роботи пристрою відкривається заслінка 4, що перекриває профільований канал, кульки направляються в пастку 3, при цьому відпрацьоване повітря виходить через бічні отвори пастки [10].

2.2.3 Барабанно-ударний метод зміцнення

Барабанно-ударний метод зміцнення (див. рисунок 2.2, в) застосовують для обробки алюмінієвих, сталевих і титанових деталей типу панелей, обшивок лонжеронів, поясів, нервюр, стрингерів, шпангоутів з гладкими і ребристими поверхнями.

Ударно-барабанне зміцнення відбувається в результаті зіткнення гранул сипучого робочого тіла з поверхнями оброблюваних деталей. Деталі закріплюються всередині барабана, що обертається навколо горизонтальної осі. Сипуча робоче тіло отримує енергію за рахунок відцентрових і гравітаційних сил внаслідок обертання барабана (малюнок 2.6).

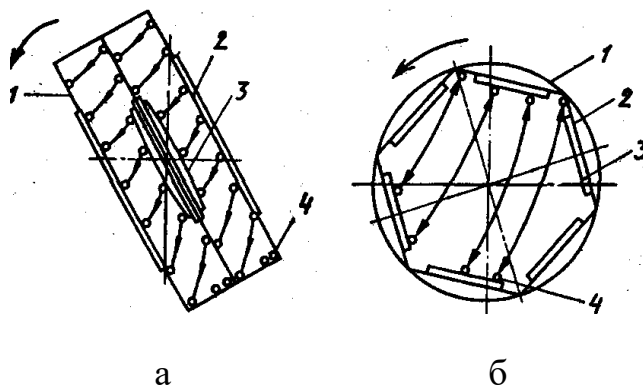


Рисунок 2.5 – Схеми розміщення деталей в барабані:
а - двокамерному; б - багатогранному

Барабан 1 має прямокутну (рисунок 2.6, а) або шестигранну (рисунок 2.6, б) форму. Порожнина барабана прямокутної форми розділена центральною перегородкою на дві робочі камери. Оброблювані деталі 3 закріплюють на знімних щитах 2, що закривають отвори робочих камер, і на центральній перегородці.

При обертанні барабана гранули сипучого робочого тіла 4 падають на поверхні оброблюваних деталей. При зіткненні поверхневий шар деталей пластично деформується, в результаті чого відбувається зміцнення. Поверхні деталей зміцнюється по черзі. Для підвищення рівномірності обробки деталей напрямок обертання барабана періодично реверсують.

Як сипучого робочого тіла застосовують кубики і кульки діаметром від 4 до 8 мм. Обробка проводиться в суху. В процесі роботи робочі камери барабана вентилуються.

2.2.4 Вібродарний метод зміцнення довгомірних деталей

Суть методу вібродарної зміцнення полягає в деформації поверхневого шару металу в результаті зіткнення деталі з насипаними на її поверхню сталевими кульками.

Цей метод зміцнення проводиться на спеціальній вібраційній установці (рисунок 3.7), призначеної для одночасної обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь довгомірних деталей типу лонжеронів, лопатей гвинтів вертольотів.

До жорсткої платформі 1 кріпляться регульовані спрямовані дебалансні вібратори 2. Платформа 1 за допомогою пружних підвісок 3, 5 встановлена на рамі 4, закріпленої на фундаменті.

Деталь поміщують в спеціальний контейнер 8, на що підлягають обробці поверхні насипають сталеві кульки 6. Щоб кульки не висипається, торці контейнера закривають заглушками.

Контейнер з деталлю і кульками прикріплюють до платформи спеціальними шпильками 9.

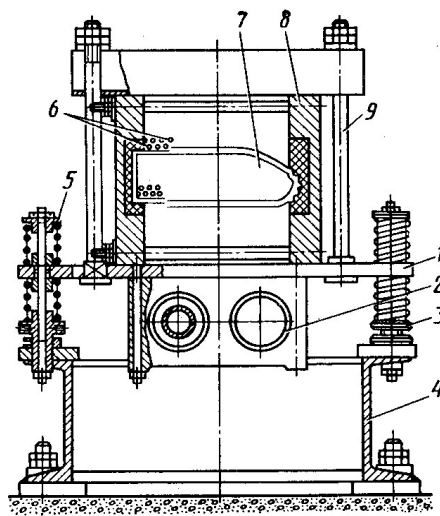


Рисунок 2.6 – Схема вібраційної установки

Вібратори 2 синхронно приводяться в обертання електродвигуном постійного струму з регульованою частотою збудження 20 ... 40 Гц. Процес зміцнення здійснюють мінімум за два технологічних переходу. Вібродарної зміцнення дозволяє довести глибину шару наклепу до 0,6 мм як по зовнішній, так і по внутрішній поверхні [10].

2.2.5 Дробильноструменевий метод зміцнення

Дробоструминний метод зміцнення заснований на використанні кінетичної енергії металевих частинок (сталевих або порцелянових кульок, стеклосфери, дробу), які під тиском стисненого повітря подаються на поверхню оброблюваної деталі (рисунок 2.8).

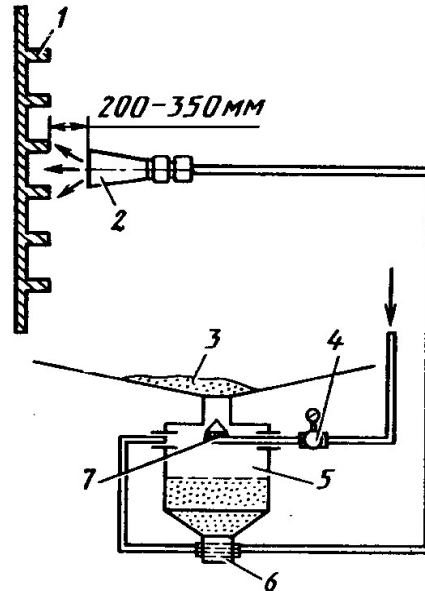
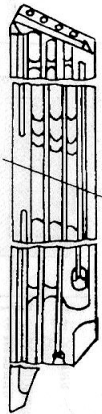
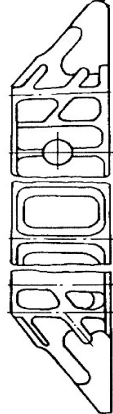
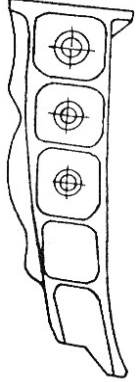
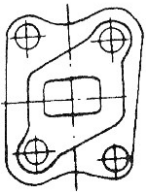
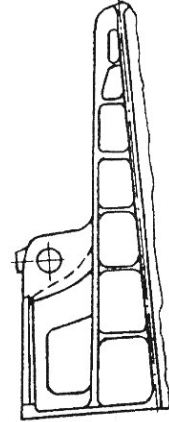
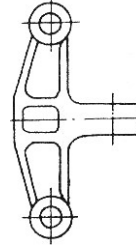


Рисунок 2.7 - Схема дробеструменевої обробки в камері:

- 1 - деталь; 2 - сопло; 3 - збірка дробу; 4 - редуктор-манометр; 5 - робочий бункер; 6 - приймальний штуцер; 7 - перепускний клапан

Дробоструменева зміцнювальна обробка довгомірних деталей типу монолітних ребристих панелей і лонжеронів без формоутворення виробляється в спеціальних установках, що мають вигляд великих камер, при вертикальному положенні деталі. Відстань від сопла до оброблюваної поверхні - від 200 до 250 мм, сопло переміщається поперек ребер жорсткості зі швидкістю від 0,5 до 0,9 м / хв. Обробка ведеться по замкнутому циклу. Як обробної середовища застосовуються сталеві дріб марки ДСЛ діаметром від 0,8 до 1,2 мм, сталеві кульки з конструкційної сталі марки ШХ-15 діаметром від 0,8 до 3,0 мм [10]. Для оцінки масштабів застосування зміцнюючої обробки поверхневим пластичним деформуванням в таблиці 2.1 представлені типові деталі і методи зміцнення, що застосовуються для обробки силових деталей літака Ан-124 «Руслан».

Таблиця 2.1 – Деталі літака Ан-124«Руслан», що оброблюються методами ППД

Типові представники	Панелі, пояса	Панелі, балки, пояса, шпангоути	Балки, кронштейни	Кронштейни накладки	Фітінги, профілі	Кронштейни, траверси, рельси
						
Метод зміцнення	Дробеметний	Ударно-барабанний	Віброшліфування		Вібронаклеп	
Максимальні габарити	27000x2300x144	9400x1200x300	2500x320x220	314x230x75	1200x500x260	
Використанні матеріали	Д16чТ, В95пчТ2	Д16Т, 30ХГСА, ВТ22	Д16чТ, В95пчТ2, В93пчТ3, Ак-6Т1	ОТ 4-1, ВТ-22	Д16чТ, В93пчТ3, Ак-6Т1	ВТ-22, ВНС-5, 30ХГСА
Кількість Наименовання деталей	63/126	153/314	432/1489	12/23	61/150	65/188
Фюзеляж	14/28	42/119	89/302	1/2	11/22	8/20
Крило	42/84	51/77	272/989	10/19	25/72	51/154
Оперення	7/14	41/84	53/148	-	25/56	-
Пілон	-	19/34	15/33	1/2	-	6/14
Устаткування	УДП-2-3,5	УБЯ-3-11А УБЯ-4-13 УБЯ-4-30	ВУД-4000 ВУД-2500 ВУД-1000	ВУД-1000	ВУД-2500 ВУД-1000	ВУД-2500 ВУД-1000

2.3 Технологія і зміцнення ударно-барабанним методом

Ударно-барабанна обробка - ППД зіткненням закріплених в барабані заготовок з робочими тілами, що падають внаслідок його обертання (ГОСТ 18295-72).

Для обробки застосовують кульки різного діаметру з різних матеріалів (рисунок 2.6).

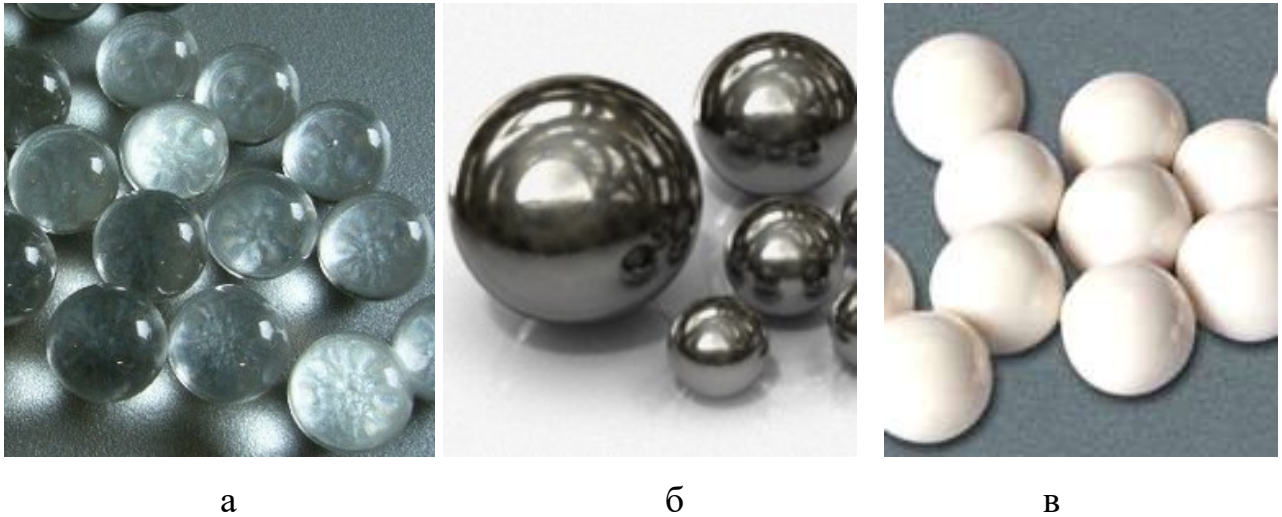


Рисунок 2.8 – Кульки, що застосовуються для динамічного зміцнення:

а - скляні; б - сталеві; в – керамічні

Сталеві кульки (рисунок 2.9, б) застосовують головним чином при обробці сталей і алюмінієвих сплавів. Сталеві кульки мають низьку вартість, що обумовлює їх широке застосування. При обробці сталевими кульками утворюється металевий пил, що може негативно впливати як на параметри поверхневого шару.

При обробці деталей з кольорових сплавів, наприклад титанових, може проявлятися такий дефект поверхневого шару як межкристаллитная корозія. Тому застосовують кульки з інертних матеріалів, таких як скло і кераміка. Скляні (рисунок 2.9, а) кульки за вартістю поступаються керамічним, але і щільність їх значно менше, що позначається на ефективності обробки. Керамічні (рисунок 2.9, в) кульки в порівнянні зі скляними мають велику щільність і велику вартість. Але при цьому володіють підвищеною стійкістю до стирання, більшою твердістю поверхні.

На ударно-барабанних установках УБЯ зміцнення проводиться шляхом зіткнення падаючих гранул (кубиків, кульок) з оброблюваної поверхнею деталі, закріпленої в барабані, що обертається навколо осі. Можливість стабільного отримання малих енергій зіткнення забезпечує в цьому випадку напружений стан зміцненої поверхні деталі, що не приводить до неприпустимих деформацій. Простота обладнання та універсальність технології є відмінними рисами ударно-барабанного зміцнення, підвищує малоціклову витривалість деталей в 2-8 разів.

На малюнку 2.10 зображена промислова ударно барабанна установка УБЯ-3-11А.

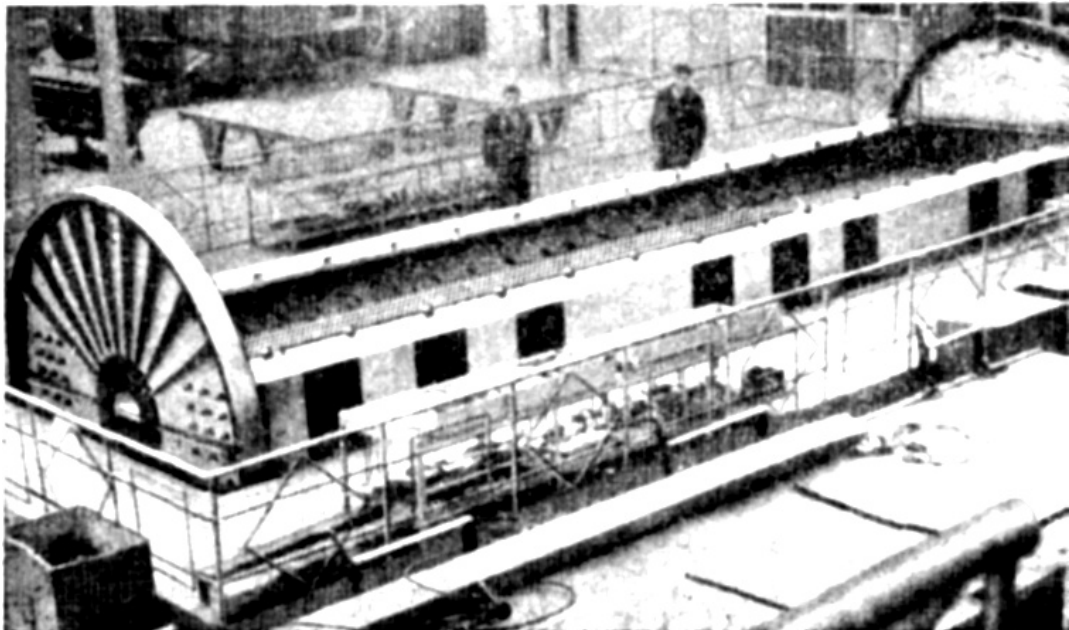


Рисунок 2.9 – Промислова ударно-барабанна установка УБЯ-3-11А

Цим методом зміцнюються стрингера, вафельні панелі, нервюри, шпангоути, лонжерони, балки, пояса і тонкостінні обшивки.

Технічні характеристики промислових ударно-барабанних установок представлені в таблиці 1.2.

Експериментальна установка БУОС-0,3-0,15 виготовлена на базі універсального токарного верстата 16Б05П засобами кафедри 104. На цій установці можна зміцнювати невеликі деталі (див. таблицю 1.2) з конструкційних сталей, титанових і алюмінієвих сплавів, що деформуються.

Універсальність даної установки полягає в тому що вона може встановлюватися на будь-який токарний верстат промисловий токарний верстат.

Простота конструкції забезпечує її довговічність простоту експлуатації. Для її обслуговування не потрібні висококваліфіковані фахівці. Установка зручна для проведення експериментів в лабораторних умовах.

Невеликі габарити установки дозволяють використовувати її в якості наочного посібника. У процесі роботи установки кульки б'ючись об стінки барабана, виробляють незначний шум. Це сприятливо позначається на санітарних умовах в процесі проведення експериментів. Для обробки потрібна невелика кількість кульок, що дозволяє прискорити переустановку деталей.

2.4 Існуючі методики визначення ПДВ при динамічному зміцненні

Саверина М.М., автором книги [11] розроблена методика визначення діаметра відбитка за відомим діаметру і швидкості удару кульки і відомим властивостям оброблюваного матеріалу. Ця методика знайшла широке поширення і застосовується авторами книг [12] і в ряді статей присвячених упрочнюючій обробці [11].

До недоліків методики слід віднести необхідність визначення специфічних якостей матеріалів, таких як справжня динамічна твердість і показник динамічного зміцнення. Для визначення даних динамічних властивостей необхідна постановка спеціальних експериментів для кожного досліджуваного матеріалу. Проте, дана методика використовується в даній роботі з огляду на її широкого поширення.

У статті [12] проведено чисельне моделювання асиметричної задачі одиночного удару дробинки з урахуванням фізико-механічних властивостей поведінки матеріалів.

На підставі даної роботи можна зробити висновок, що для моделювання процесу деформаційного зміцнення кульку можна розглядати як абсолютно тверде тіло. Для завдання властивостей деформованого матеріалу досить використовувати загальновідомі механічні властивості, які для більшості

відомих матеріалів можна отримати з довідника [43]. Дані зі статті [42] використовуються в даній роботі для побудови математичної моделі в системі Abaqus.

Риковський Б.П., автором книги [44] розроблена вичерпна методика визначення ПДВ оброблюваної деталі, рекомендації по контролю обробки, методика розрахунку часу обробки для пневмодінамічного методу зміцнення.

Дана методика прийнята в якості інженерної методики, так як носить найбільш загальний характер і є найбільш повною. З недоліків слід зазначити застосування методики визначення діаметра відбитка за спеціальними механічними властивостями, що вимагають ряду експериментальних досліджень для нових матеріалів. Повною мірою визначити ПДВ згідно даною методикою можна лише для алюмінієвого сплаву Д16Т. Для визначення питомої згинального моменту виведена досить громіздка формула, розрахунки по якій дуже скрутні і не дають адекватних результатів. Щільність потоку кульок розрахована тільки для пневмодінамічного методу зміцнення, для ударно-барабанного методу може бути застосована лише частково і потребує додаткових аналітичних і експериментальних досліджень. Для визначення параметрів ПДВ титанових сплавів або сталей дана методика не має необхідних довідкових даних.

Слід зробити висновок, що методика визначення ПДВ при динамічній зміцнюючою обробці дуже добре опрацьована, але не є сучасною і повною.

3 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ РЕМОНТУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОНВЕРТУВАННЯ ЛІТАКІВ

3.1 Приймання в ремонт

Приймання в ремонт від замовника (експлуатаційної організації) полягає в перевірці технічного стану АТ (попередньої дефектації), комплектності і контролі надійшла з виробом інформації.

Попередня дефектація-зовнішній огляд АТ. Перевірка комплектності-проводиться згідно комплектувальних відомість. При відсутності будь-яких деталей, агрегатів або документації, замовник повинен провести доукомплектацію.

Особливості приймання.

Якщо в результаті огляду ЛА при прийманні його в ремонт встановлено, що потрібна заміна окремих елементів конструкції, агрегатів або потрібне проведення робіт при ремонті, що виходять за межі діючих на заводі технологій ремонту, складається технічний акт на стан виробу. У цьому акті перераховуються всі роботи, що виходять за межі технології ремонту. Після приймання-в основному для ЛА очищення від бруду, пилу, слідів течі масла та інших рідин; для сільськогосподарської авіації-обов'язкова дегазація; контроль роботи двигунів, систем, агрегатів та їх технічного стану; консервація двигунів; злив палива і рідин з систем; знімаються лопаті несучих гвинтів і акумулятори; нівелювання. Після закінчення всіх робіт з приймання в ремонт виріб АТ буксирується або перевозиться на розбирання.

Основні технологічні операції при надходженні виробу АТ в ремонт.

1. Перевірити наявність паспортів та іншої документації: без документації приймати виріб в ремонт не рекомендується до отримання відповідних документів.

2. Перевірити документи-направлення виробів в ремонт. Якщо виріб АТ знято з експлуатації достроково-додатково до основних документам повинен бути доданий рекламацийний акт або висновок комісії з розслідування авіаподії.

3. Перевірити укомплектованість агрегатами, формулярами і паспортами, звірити фактичні номери агрегатів із записаними в документація.

4. Перевірити правильність і повноту заповнення документації (паспортів) з напрацювання, проведення регламентних робіт у процесі експлуатація.

5. Перевірити стан упаковки, зовнішньої консервації та інших заходів (у тому числі доопрацювань за бюлетенями).

6. Скласти акт зовнішнього огляду і АТ при прийманні, відобразивши в ньому наявність документації, стан упаковки, консервації.

7. Перевірити відповідність номерів у формулярах дійсним номер.

8. Перевірити завіреність всіх записів у формулярах підписами і друк.

9. Перевірити для ЛА наявність свідоцтва про реєстрацію судна (посвідчення придатності до польотів).

Приймання в ремонт є першим етапом технологічного процесу ремонту.

Технологічний процес-частина виробничого процесу, містить дії щодо зміни і подальшого визначення стану предмета ремонту. Виробничий процес-сукупність всіх дій людей і знарядь виробництва, необхідний на даному підприємстві для ремонту виріб. В результаті виробничого процесу ремонтується виробам повертається втрачена з яких-небудь причин працездатність.

Виробничий процес охоплює підготовку засобів ремонту; організацію обслуговування робочих місць; отримання та зберігання ремонтного фонду; матеріалів, напівфабрикатів, запасних частин; всі стадії ремонту машини; транспортування (деталей ,вузлів, матеріалів) ; консервацію та упаковку відремонтованої машини та всі інші дії, пов'язані з ремонтом.

3.2 Формування, поточний стан і перспективи розвитку світового і регіональних ринків конвертованих літаків

3.2.1 Конвертовані вантажні літаки в структурі світового парку вантажних літаків на початку XXI століття

Розвитку конвертації, як окремого сектора авіаційної промисловості, сприяє щорічне зростання обсягів світових вантажних авіаперевезень і динамічне розвивання регіональних ринків вантажних літаків, в першу чергу - ринок Азіатско-Тихоокеанського регіону (АТР).

В аналітичному огляді, підготовленому фахівцями УкрНІАТ, відзначається, що станом на 2001 рік, в структурі світового парку вантажних літаків - всього ≈ 1775 одиниць, конвертованих вантажних літаків налічувалося ≈ 1330 од., нових спеціалізованих ≈ 445 од., Що становило 75% і 25% відповідно. Аналогічні дані представлені в оглядах американської авіабудівної компанії Boeing.

За оцінкою фахівців компанії «Air Cargo Management Group » станом на 2001 рік, також в структурі світового парку вантажних літаків переважали конвертовані вантажні літаки з невеликою різницею в їх кількості - ≈ 1220 од. (В [1-3] - ≈ 1330 од.), Що становило 75% від загального числа вантажних літаків - ≈ 1620 од. і тільки ≈ 400 од. (25%) становили нові вантажні літаки.

Станом на 2008 рік, за даними фахівців УкрНІАТ, незважаючи на деяке зниження, в порівнянні з 2001 роком, загальної кількості світового парку вантажних літаків до ≈ 1700 од., в його структурі також відзначається перевага конвертованих вантажних літаків - ≈ 1300 од. (75%) і тільки ≈ 400 од. (25%) становили нові вантажні літаки (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Конвертитовані грузові літаки в структурі светового парку вантажних літаків станом на 2008 рок

Станом на початок 2018 року, фахівці провідних світових літакобудівних компаній - американської Boeing і європейської Airbus зійшлися у своїх оцінках щодо збереження в структурі світового парку вантажних літаків переважання конвертованих вантажних літаків. Так, за їхніми підрахунками, кількість конвертованих вантажних літаків становило ≈1180 і ≈1040 одиниць відповідно, а нових вантажних літаків - ≈690 од. і ≈610 од. відповідно (рис. 3.2).

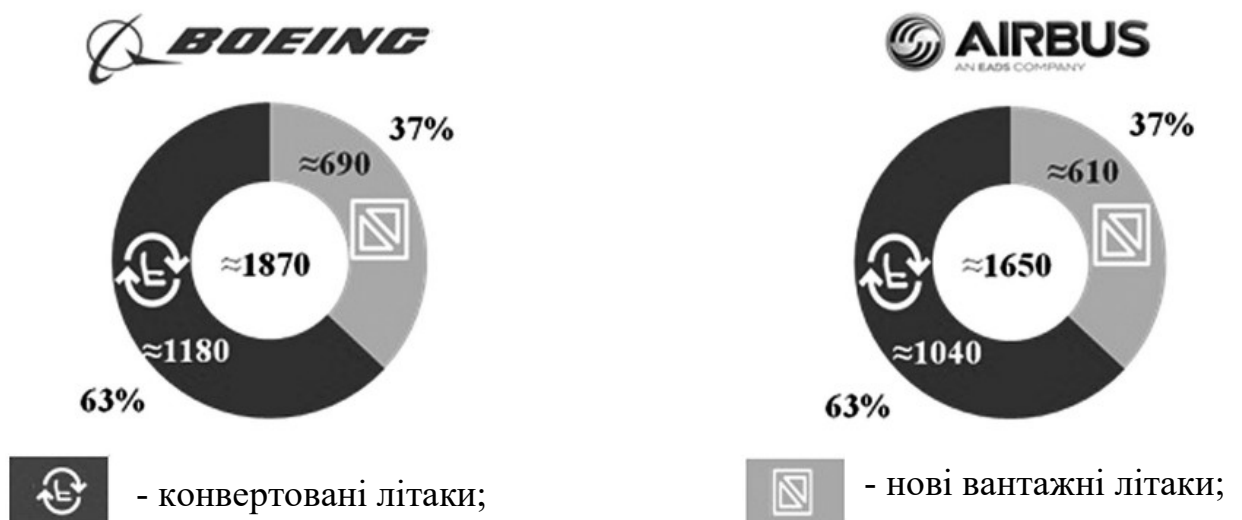


Рисунок 3.2 – Конвертовані вантажні літаки в структурі світового парку вантажних літаків станом на початок 2018 року по оцінками компаній Boeing і Airbus

3.3 Перспективи розвитку світового та регіональних ринків конвертованих літаків на період до 2037 року

Протягом 2018 - 2037 рр., На думку зарубіжних авіаційних фахівців і експертів ринок послуг з конвертації пасажирських літаків в вантажні має сприятливу перспективу. Прогнозується, що в зазначений період середньорічне зростання вантажних авіаперевезень складе близько 4,2%. При цьому, загальна чисельність світового парку вантажних літаків може зрости в середньому в 1,7 рази, що буде достатнім для забезпечення підвищення обсягів вантажних авіаперевезень.

Порівняльний аналіз прогнозів провідних світових авіавиробників – Boeing і Airbus показує досить високий ступінь збігу їх оцінок щодо розвитку і структури парку вантажних літаків в період 2018-2037 рр. За їхніми даними, світовий парк вантажних літаків за вказаний період поповниться на $\approx 2,4-2,7$ тис. одиниць, серед яких будуть переважати конвертовані літаки (63-65%). Так, згідно з прогнозом компанії Boeing, світовий парк вантажних літаків поповниться на ≈ 2650 од., з яких ≈ 1670 становитимуть конвертовані вантажні літаки, ≈ 980 од. - нові вантажні літаки. Прогноз компанії Airbus показує, що світовий парк вантажних літаків поповниться на ≈ 2390 од., з яких ≈ 1560 становитимуть конвертовані вантажні літаки, ≈ 830 од. - нові вантажні літаки. За прогнозом фахівців компанії Boeing, зі складу діючого на сьогодні парку вантажних літаків (≈ 1870 од.) протягом найближчих 20 років буде виведено ≈ 1260 одиниць. З урахуванням зазначеного, а також прогнозованого поповнення світового парку вантажних літаків (на ≈ 2650 од.), його загальна чисельність зросте до ≈ 3260 од. Аналогічні розрахунки проведені фахівцями компанії Airbus. За їхнім прогнозом, у період 2018-2037 рр., з урахуванням зняття з експлуатації ≈ 1310 од. вантажних літаків і прогнозованого поповнення світового парку вантажних літаків на ≈ 2390 од., його загальна чисельність зросте до ≈ 2730 одиниць (рис. 3.3).

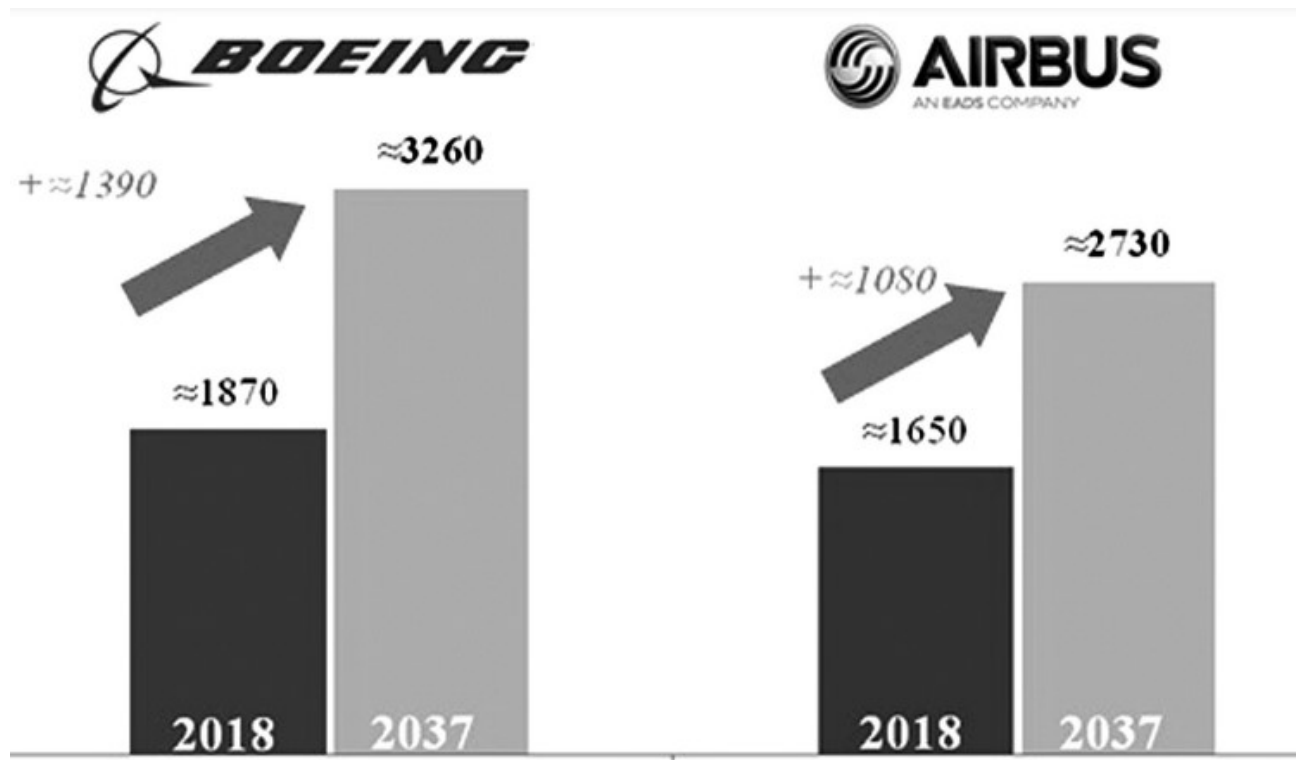


Рисунок 3.3 – Прогнози компаній Boeing і Airbus з розвитку світового парку експлуатованих вантажних літаків в період до 2037р.

Результати порівняльного аналізу прогнозних даних компаній Boeing [6] і Airbus щодо ємності регіональних ринків вантажних літаків в період 2018-2037 рр., свідчить про деякі відмінності в оцінках фахівців.

За оцінкою фахівців компанії Boeing, очікується, що таким стане ринок АТР - ≈1150 вантажних літаків, обігнавши Північноамериканський ринок з обсягом ≈1100 літаків. У свою чергу фахівці компанії Airbus припускають, що позицію самого великого регіонального ринку вантажних літаків збереже Північноамериканський ринок з потребою в ≈1080 од., а ринок Азіацько-тихоокеанського регіону вийде на друге місце - з об'ємом ≈800 літаків. Згідно прогнозованим оцінками фахівців компаній Boeing і Airbus, замкне трійку лідерів Європейський ринок вантажних літаків з об'ємом ≈410-420 одиниць. Найбільш слабо розвиваються регіональними ринками вантажних літаків, на думку Boeing, будуть Латиноамериканський і Африканський, які придбають ≈120 од., а згідно прогнозою оцінкою Airbus - ринок СНД з об'ємом всього ≈90 літаків (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Прогноз компаній Boeing і Airbus обсягів регіональних ринків вантажних літаків в період 2018-2037 рр.

Регіональний ринок вантажних літаків	Прогнозовані обсяги регіональних ринків, од.	
	Boeing	Airbus
Північноамериканський	≈1100	≈1080
Азіатско-Тихоокеанський	≈1150	≈800
Європейський	≈420	≈410
Латиноамериканський	≈120	≈100
Близькосхідний	≈200	≈140
СНГ	≈150	≈90
Африканський	≈120	≈110
Всього	≈3260	≈2730

В період 2018-2037 рр. прогнозується, що найбільш затребуваними конвертованими вантажними літаками стануть легкі вузькофюзеляжні літаки Boeing 737 і Airbus A320 / A321. У зазначений період обсяг світового попиту на ці літаки оцінюється близько ≈1600 одиниць.

За попередніми оцінками, попит на конвертовані літаки Boeing 737 складе ≈1000 од., Airbus A320 / A321 - ≈600 од. Фахівці компанії Boeing з огляду на постійно зростаючий ринок вантажних літаків в Азіатсько-тихоокеанського припускають що він потребуватиме більше ніж в ≈300 од. конвертованих вантажних літаках Boeing 737 і Airbus A320 / A321. При цьому, в якості основних замовників цих літаків розглядається Китай.

На думку західних експертів, літаки Boeing 737 і Airbus A320 / A321 знайдуть широке застосування на регіональних (внутрішніх) маршрутах для транспортування експрес-вантажів (рис. 3.4). Збільшення парку конвертованих вантажних літаків важкого класу буде забезпечуватися, переважно, за рахунок поставок широкофюзеляжних літаків наприклад, таких як Boeing 747, Boeing 777, Boeing 767, Boeing / MDC MD-11.

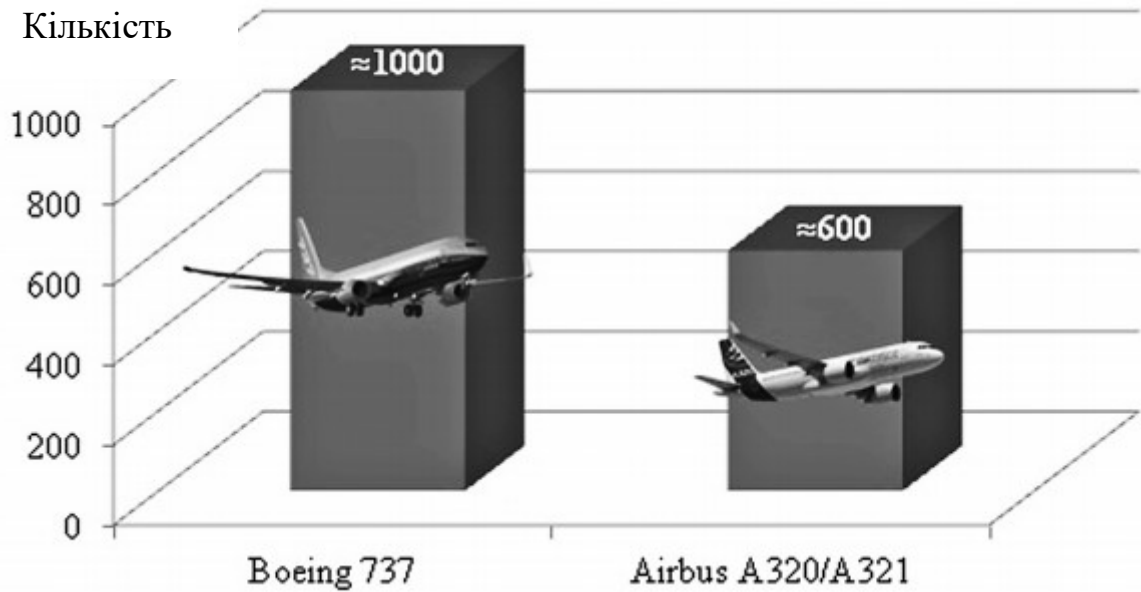


Рисунок 3.4 – Прогноз найбільш затребуваних конвертованих вантажних літаків в період 2018-2037 рр.

3.4 Світовий і регіональний ринок послуг з конвертації пасажирських літаків в вантажні

3.4.1. Провідні світові і регіональні компанії що спеціалізуються на конвертації літаків

Стабільний ринковий попит на конвертовані вантажні літаки обумовлений завершенням в найближчій перспективі терміну експлуатації великої кількості раніше випущених спеціалізованих вантажних літаків при одночасній наявності на ринку досить великої кількості пасажирських цивільних літаків, ресурс яких близький до вичерпання. це створює передумови для переобладнання пасажирських цивільних літаків у вантажні. У той же час, на думку експертів, окремі авіакомпанії не поспішають віддавати свої, які відслужили 15-20 років пасажирські літаки на переобладнання в вантажні. Такі дії вони пояснюють необхідністю забезпечення пасажирських авіап перевезень в умовах постійного збільшення їх обсягів. Дефіцит вантажних літаків на ринку призводить до збільшення їх вартості, що може поставити під сумнів економічну доцільність переобладнання пасажирських літаків. Тому міркування рентабельності є

одними з головних чинників, що визначають вибір авіакомпаній - купувати новий або конвертований вантажний літак.

Таким чином, ключовою умовою розвитку конвертації - окремого сектора авіаційної промисловості, є зростання обсягу вантажних авіаперевезень, нерозривно пов'язаного зі станом світової економіки.

Відповідно до міжнародної практикою, на кожен конвертований літак, в тому числі і компанією, яка не має угоди з компанією-виробником літаків, оформляється сертифікат відповідності проведених робіт встановленим вимогам. У зв'язку з цим, в Останнім часом відзначається тенденція передачі компаніями-виробниками літаків повноважень по сертифікації конвертованих літаків іншим компаніям, що спеціалізуються на такому виді діяльності. Наприклад, центр конвертації компанії Airbus Elbe Flugzeugwerke GmbH (EFW, м Дрезден, ФРН) задіюється для сертифікації нових моделей конвертованих вантажних літаків компанії Boeing.

За даними компанії IBA, а також American friendship world air cargo corporation, складений перелік компаній, які на сьогоднішній день мають сертифікати на конвертовані літаки, а також компаній, що знаходяться в стадії їх отримання. Також відзначимо збільшення з кожним роком кількості компаній, які успішно освоюють і виконують роботи з конвертації, в тому числі: в США - Flightstar, HAECO Americas, Dotan, Goodyear / AeroTurbine; Канаді - KF Aerospace; Бразилії - Varig Engineering & Maintenance; Китаї - Hong Kong Aircraft Engineering Company, Aircraft Maintenance & Engineering Corporation; Коста-Ріці - COOPESA.

3.5 Поточні та прогнозні показники вартості робіт по конвертації літаків

За даними компанії IBA, в 2017 – початку 2018 рр., Мінімальна вартість робіт з конвертації одного пасажирського літака в вантажний становила 2,3-2,5 млн. дол. США для літаків McDonnell Douglas MD-80, Boeing B737-300, а максимальна - 23,5 млн. Дол. США для літака Boeing 747-400. У свою чергу питома вартість таких робіт варіювалася від 65-77 дол. США / кг маси

порожнього літака для літаків MD-80, B737-300, до 150-155 дол. США / кг маси порожнього літака - для B767-300, B747-400 (рис. 3.5).

Також фахівці компанії ІВА оцінили орієнтовно вартість перспективних (запланованих протягом 2018-2037 рр.) робіт з конвертації пасажирських літаків більш пізніх розробки і виробництва в вантажні. Згідно зробленим ними прогнозними оцінками, абсолютна вартість таких робіт буде перебувати в межах від $\approx 4,0$ млн. дол. США - для літаків B737-700, B737-800NG до 16,0 млн. Дол. США для A330-300, питома вартість буде коливатися від $\approx 90,0$ дол. США / кг маси порожнього літака для літака B737-700 до $\approx 130,0$ дол. США / кг маси порожнього літака для літака A330-300 (рис. 3.6).

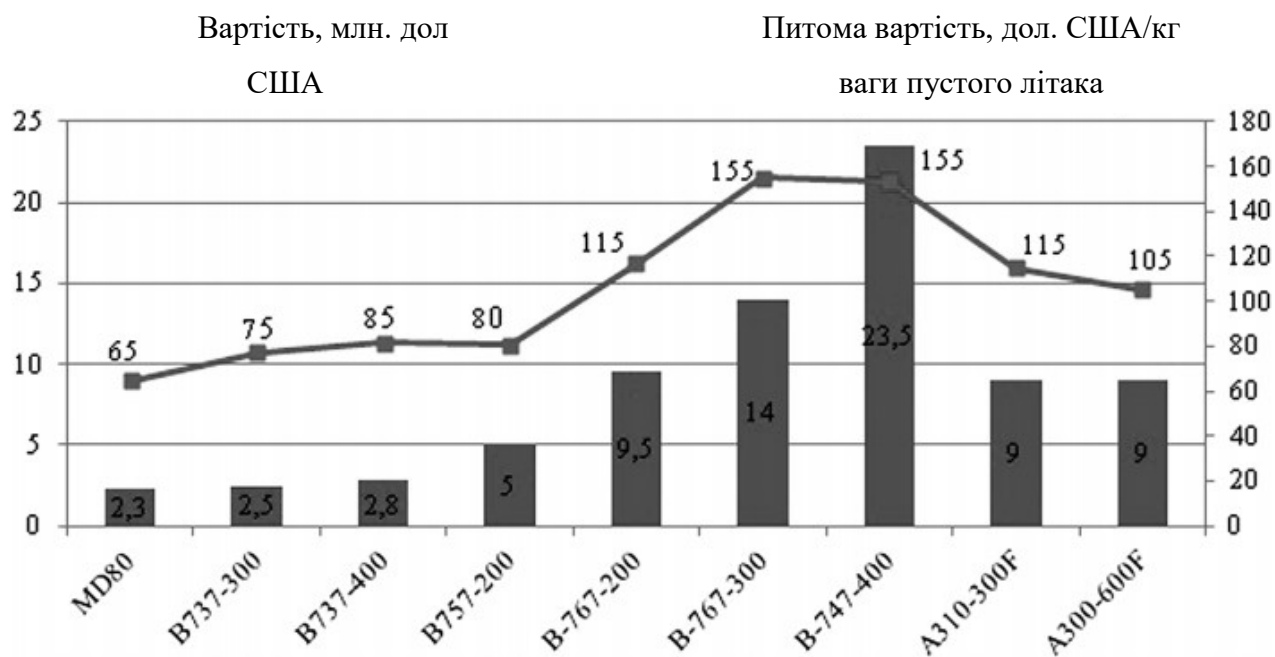


Рисунок 3.5 – Вартість / питома вартість робіт з конвертації пасажирських літаків в вантажні в 2017 початку 2018 років

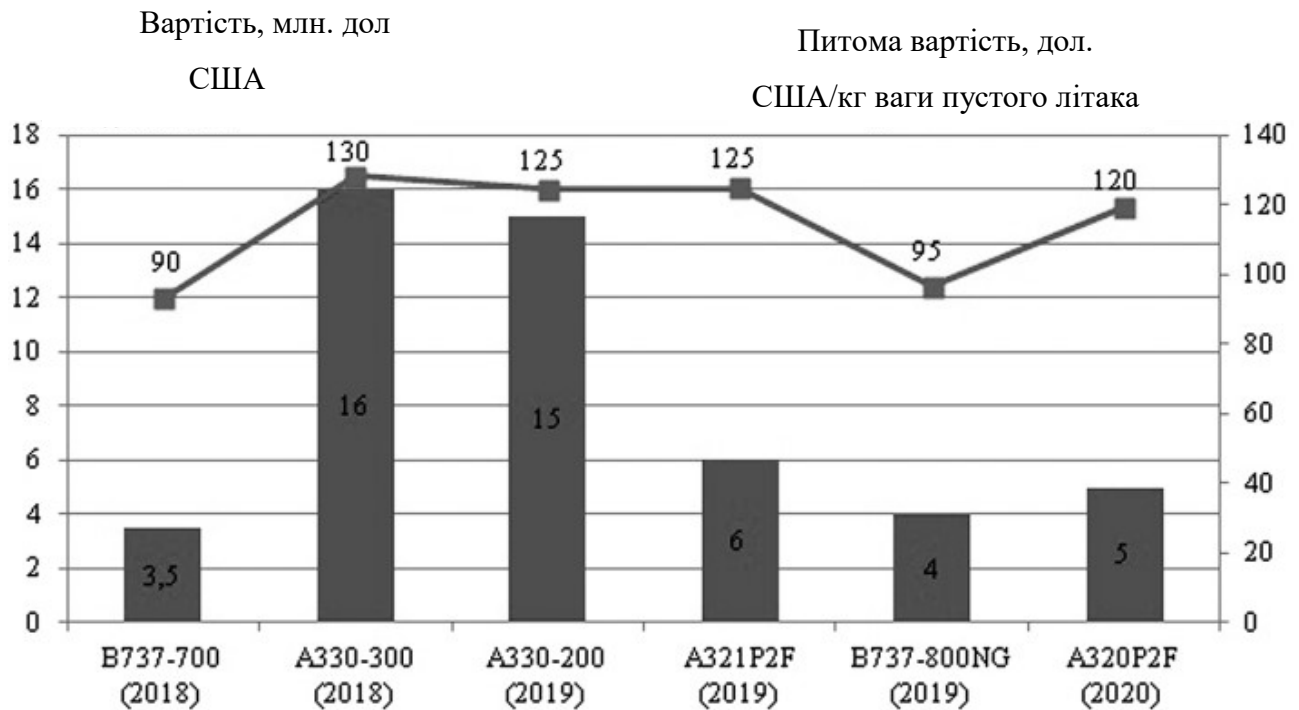


Рисунок 3.6 – Прогноз вартості / питомої вартості робіт з конвертації пасажирських літаків в вантажні в період 2018-2037 рр.

На сьогоднішній день, за оцінкою американських авіаційних експертів конкурентоспроможним вважається конвертований вантажний літак, якщо його вартість становить 25-30% від вартості нового вантажного літака. Конкуренція сто су ва вартість легкого конвертованого вантажного літака становить 10-12 млн. дол. США, середнього вузькофюзеляжного - 15-20 млн. дол. США, середнього широкофюзеляжного - 20-30 млн. дол. США, важкого широкофюзеляжного - 55-65 млн. Дол. США. Згідно з дослідженнями, проведеними фахівцями компанії ІВА, в укрупнену структуру вартості конвертованого вантажного літака входять (рис. 9):- залишкова ринкова вартість пасажирського літака після досягнення нею 20-річного терміну експлуатації;

- вартість робіт по конвертації;
- інші витрати (витрати на технічне обслуговування, транспорт, управління, відсутність доходів від експлуатації і т.д.).

Підтвердженням цьому служать наведені фахівцями компанії ІВА приклади укрупнених даних вартості різних моделей конвертованих вантажних літаків виробництва компаній Boeing і Airbus. Необхідно відзначити, за оцінками експертів вартість конвертованого літака залежить також від його технічного стану і обсягу технічного обслуговування і ремонту (як правило, поєднується з виконанням робіт по конвертації). У зв'язку з цим, інтерес викликає представлена Міжнародною організацією цивільної авіації (ІКАО) статистика, згідно з якою щорічні витрати на технічне обслуговування і ремонт (ТО і Р) зростають. За даними 47 ведуть світових авіакомпаній, в 2015 році витрати на ці цілі для одного вузькофюзеляжного літака оцінювалися в більш ніж 2,5 млн. дол. США (у 2014 році цей показник становив 2,3 млн. Дол. США). також зазначається зростання питомої вартості - з 743 дол. США / за годину польоту в 2014 році до 854 дол. США / за годину польоту в 2015 році. 3. Організаційно-технічні аспекти робіт по конвертації пасажирських літаків в вантажні

4 ЗАХОДИ ПО ЗАПОБІГАННЮ ПРОБЛЕМ КОНВЕРТУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ЛА

4.1 Типові організаційні моделі діяльності центрів конвертації

Досвід компаній по конвертації пасажирських літаків в вантажні показує, що вони використовують різні моделі в своїй діяльності.

Для створення і успішного функціонування центру конвертації, технічного обслуговування і ремонту пасажирських літаків іноземного виробництва потрібно виконати ряд основних заходів - нормативно-правового, організаційного, технічного, технологічного та ін. характеру [16, 17]:

- нормативно-правове забезпечення - отримання сертифікатів Part-145 Європейського агентства

- з авіаційної безпеки (EASA) і FAR-145 Федерального управління цивільної авіації

США (FAA); - організаційні заходи:

- вибір злітно-посадкової смуги відповідає основним тактико-технічними характеристиками (ТТХ) літаків, які плануються для конвертації, ТО і Р;• підготовка ангарних площ і підсобних приміщень;• розрахунок необхідної кількості основного виробничого персоналу для виконання конвертації, ТО і Р літаків;

- навчання і допуск інженерно-технічного персоналу до обслуговування авіаційної техніки іноземного виробництва;

- технічні заходи:

- розробка конструкторської та технологічної документації на виконання робіт з конвертації літака відповідно до технічного завданням замовника;

- розрахунок трудомісткості виконання конвертації, ТО і Р літаків;

- налагодження виробництва нових елементів конструкції (підлога, бічні двері, елементи підсилення і механізації);

- розрахунок на міцність зміненої конструкції конвертованого літака;

- заходи з технологічної підготовки виробництва:

- проектування і виготовлення засобів технологічного оснащення;
- вибір і придбання необхідного обладнання, інструменту;
- розробка технологічних процесів виконання робіт, пов'язаних з конвертацією ТО і Р;
- розробка керуючих програм для автоматизованих систем / обладнання / верстатів і їх налагодження;
- розробка технологічної частини будівельного проекту центру конвертації.

Крім цього, необхідно врахувати наявність випробувальної станції (центру) і митного пункту.

4.2 Проблема збору інформації та пропозиція вирішення

Це в даний час існує ряд проблем який загальмовує процес конвертації ЛА в даній роботі буде розглянуто проблема ув'язки конструкторської документації.

Одна з них яка має дуже вагомий вплив на процес конвертування, це відсутність єдиної системи конструкторської документації, функціонал якої дозволяв інженеру зібрати необхідну інформацію по ремонтній зоні, або конфліктує з уже існуючим ремонтом зоною при виконанні конвертації ЛА. Також проблема полягає в тому що більшість літаків які були спрямовані на конвертацію були спроектовані в за застарілими стандартами і іноді розроблені тільки по кресленням і в слідстві відсутності в 3Д відображенні.

Дані проблеми тягнуть за собою витрати часу інженерів на відпрацювання запиту авіакомпанії. Для збору і оцінки необхідної зони запиту необхідно користуватися різними середовищами і сервісами які зберігають необхідну інформацію.

Далі вказані основний функціонал необхідної інженерної системи збору конструкторської інформації:

1. В першу чергу інтерфейс та функціонал повинен бути достатньо інтуїтивним максимально функціональним

2. Необхідна візуалізація з можливістю переходу від легких спрощених моделей до повних «важких моделей» (рис.4.1).

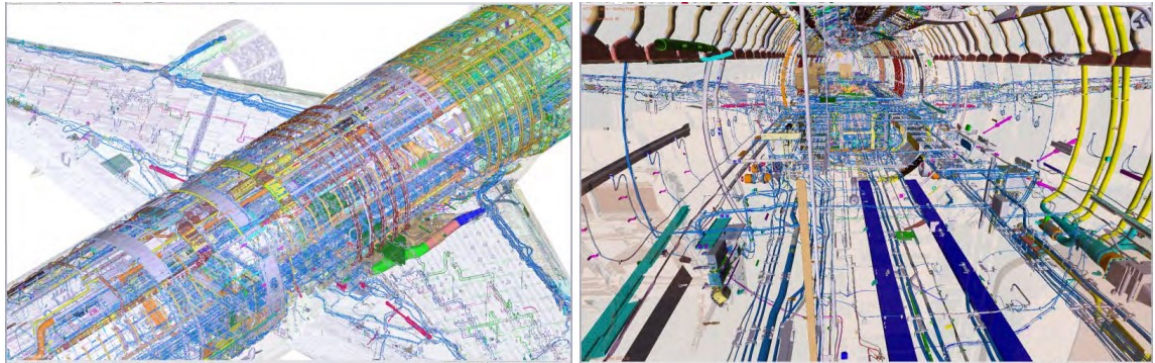


Рисунок 4.1 – Приклад візуалізації

3. Пошук повинен мати достатньо критерій для пошуку. Таких як пошук по номеру, пошук по зоні, координатам, по оточенню, по літаку, по «Kit» номеру, по літаку, по кольору, по типу і так далі

4. Моделі мають містити необхідну інформацію для їх ідентифікування. Обов'язкове відображення дерева моделі.

5. Можливість приховування моделей по перетинанню.

6. Можливість створення репорт-звітів необхідної зоні по заданим конструктором параметрам.

7. Використання гіперпосилань для швидкого переходу до необхідних документів, стандартів.

Ці та інші рекомендації дуже допоможуть інженерам аналізувати необхідні зони набагато ефективніше та швидше. Що далі приведе до багатьох переваг як в конвертуванні так і в повному циклі життя ЛА

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі магістра були розглянуті питання пов'язані з удосконаленням технологій супроводу ремонту літальних апаратів (далі - ЛА) та конвертації з пасажирських у вантажні літаків транспортної категорії в системах Soft-engineering.

В першому розділі описані основні відомості та особливості супроводу ремонту та конвертації ЛА. Представленні основні види ремонту ЛА такі як планово-попереджувальний, регламентований та ремонт за фактичним станом.

Описана основна документація в яка використовуються в ремонтній системі ЛА. Такі як ЄСКД та ЄСТД. Представлена номенклатура експлуатаційних документів так як загальне керівництво по ремонту, керівництво по капітальному ремонту та тд. Представлений порядок зміни ремонтної документації.

Також в першому розділі представленні основні відомості конвертування ЛА. Описано етапи, завдання основні критерії конвертування.

В другому розділі було розглянуто питання в технологіях зміцнення методом поверхнево-пластичного деформування, вплив зміцнення на ресурс високонавантажених деталей. Був проведений аналіз методу динамічного поверхневого пластичного деформування. Данна суть методу віброударного зміцнення. Був зроблений висновок, що методика визначення поверхневопластичного деформування при динамічної зміцнюючій обробці дуже добре опрацьована, але не є сучасною і повною.

У третьому представлені результати аналітичного огляду стану і перспектив розвитку світового, а також регіональних ринків конвертованих вантажних літаків. Розглянуто основні організаційно-технічні принципи і досвід функціонування окремих виробничих структур цього сектору цивільної транспортної авіації. Проаналізовано необхідні передумови для створення та успішної діяльності на ринку нових проектно-виробничих структур, що спеціалізуються на виконанні робіт з конвертації пасажирських літаків в вантажні.

У четвертому розділі описані та виявлені проблемні зони конвертування та розроблені кроки по їх усуненню

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Макин Ю.Н. «Ремонт летательных аппаратов и авиационных двигателей.»
2. Кривов Г. А., Матвиенко В. А., Рудько А. Н., Баклан В. В. «Стан і перспективи розвитку світового ринку послуг з конвертації пасажирських літаків в вантажні»
3. Батоврин В. К. Толковый словарь по системной и программной инженерии. — М.: ДМК Пресс. — 2012. — 280 с.
4. Киричек А.В., Соловьев Д.Л., Лазуткина А. Г. Классификация способов поверхностного динамического упрочнения // Экономические и социально-экономические аспекты создания современных технологий. Межвуз. Сб. научн. Тр. Набережные Челны, КПИ, 1997.
5. Карпов Я.С., Лепихин П.П., Остапчук В.В., Сазоненко Н.Д., Семишов Н.И. Авиационное материаловедение. Часть 1. Металлы и сплавы. – Х.: ХАИ, 2004.
6. Киричек А.В., Соловьев Д.Л., Лазуткин А.Г. Статико-импульсная обработка и ее реализации // СТИН, 1999. №6.
7. Колмогоров В.Л. Пластичность и разрушение. – М.: Металлургия, 1977.
8. Киричек А.В., Соловьев Д.Л., Лазуткин А.Г. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 2004.
9. Патент 2141638 РФ. Способ определения твердости/ М.М. Матлин. - Оpubл. 20.03.00. Бюл. № 32.
10. Кривцов В.С., Сикульский В.Т., Дьяченко Ю.В., Кириенко А.П. Технология изготовления деталей летательных аппаратов с удалением припуска. – Х.: ХАИ, 2004.
11. Саверин М.М. Дробеструйный наклеп. – М: Машгиз, 1954.
12. Плихунов В.В., Петрунькин К.А./ Численное моделирование осесимметричной задачи одиночного удара дробинки с учетом физико-механических свойств поведения материалов// Авиационная промышленность. 2008. – №4.