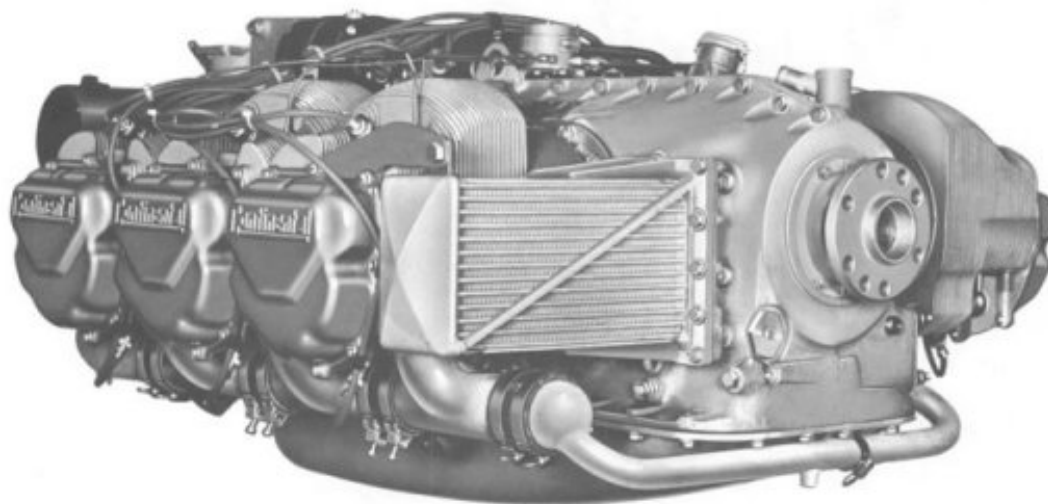


Број Извештаја: **ДЦВ РС/CONTINENTAL-01/10-11**

**ИСПИТИВАЊЕ УЗРОКА ОТКАЗА МОТОРА  
CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054,  
СА АВИОНА CESSNA U206G рег. ознаке  
YU-DNZ**



Члан Комисије

Сава Секулић, дипл. инж.

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВ РС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	1	23

## САДРЖАЈ

		Лист
<b>1</b>	<b>УВОД</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>ОСНОВНИ ТЕХНИЧКИ ПОДАЦИ МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ОСНОВНИ СИСТЕМИ РАДА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>СИСТЕМ ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>СИСТЕМ ПАЉЕЊА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3</b>	<b>СИСТЕМ ЗА ДОВОД ГОРИВА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>ПРОГРАМ ИСПИТИВАЊА УЗРОКА ОТКАЗА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054</b> .....	<b>8</b>
<b>3.1</b>	<b>ПРЕГЛЕД И АНАЛИЗА ДОКУМЕНТАЦИЈЕ</b> .....	<b>8</b>
<b>3.2</b>	<b>УТВРЂИВАЊЕ СТАЊА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054</b> .....	<b>8</b>
<b>3.3</b>	<b>АНАЛИЗА ОТКАЗА НА СКЛОПОВИМА И ДЕЛОВИМА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054</b> .....	<b>8</b>
<b>3.4</b>	<b>РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА УЗРОКА ОТКАЗА</b> .....	<b>8</b>
<b>3.5</b>	<b>ЗАКЉУЧАК</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>СПРОВОЂЕЊЕ ПРОГРАМА ИСПИТИВАЊА УЗРОКА ОТКАЗА</b> ....	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>ДОКУМЕНТАЦИЈА</b> .....	<b>9</b>
<b>4.2</b>	<b>УТВРЂИВАЊЕ СТАЊА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054</b> .....	<b>9</b>
<b>4.3</b>	<b>РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА УЗРОКА ОТКАЗА</b> .....	<b>14</b>
<b>4.4</b>	<b>ДЕФИНИСАЊЕ МЕХАНИЗМА ОТКАЗА МОТОРА</b> .....	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>ЗАКЉУЧАК</b> .....	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>ПРЕДЛОГ МЕРА</b> .....	<b>23</b>

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	2	23

## 1 УВОД

Задатак Комисије за истраживање узрока удеса и незгода у цивилном ваздухопловству (у даљем тексту: Комисија) Републике Србије је био, да утврди:

- 1) Да ли је пре момента удеса мотора **CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054** постојао поуздан рад основних система мотора:
  - а) Систем за подмазивање мотора,
  - б) Систем паљења мотора
  - в) Систем за довод горива мотора
- 2) Анализу механике лома кућишта мотора.

**Истраживање и испитивање евентуалних неисправности, које би могле да буду повод или узрок удеса авиона, одвијало се према следећим фазама:**

- Фаза 1:** Нађено стање и дијагностика мотора **CONTINENTAL IO-520-F** након удеса, на локацији места удеса (Злакуса - Пожега),
- Фаза 2:** Нађено стање и дијагностика хаварисаног мотора **CONTINENTAL IO-520-F** транспортованог на локацију хангара А.К. „Јасеница“-Смедеревска Паланка;
- Фаза 3:** Дефинисање и спровођење Програма истраживања и дијагностике неисправности скинутих компоненти и склопова са хаварисаног мотора.
- Фаза 4:** Израда Извештаја истраживања са испитивањем и дијагностиком техничког стања мотора **CONTINENTAL IO-520-F** након удеса, кроз наведене три фазе.

Циљ овог Извештаја је приказивање резултата нађеног стања и дијагностичких поступака испитивања констатованих неисправности, са закључком о поводу или узроку удеса мотора **CONTINENTAL IO-520-F**.

**Овај Извештај је, као Прилог 1, саставни део ЗАВРШНОГ ИЗВЕШТАЈА О УДЕСУ (у даљем тексту: ЗАВРШНИ ИЗВЕШТАЈ) авиона CESSNA U206G, рег. ознака YU-DNZ.**

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	3	23

## 1.1 ОСНОВНИ ТЕХНИЧКИ ПОДАЦИ МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F

Спољашњи изглед шестоцилиндричног клипног мотора из фамилије CONTINENTAL IO-520-F, приказан је на Слици 1.1.

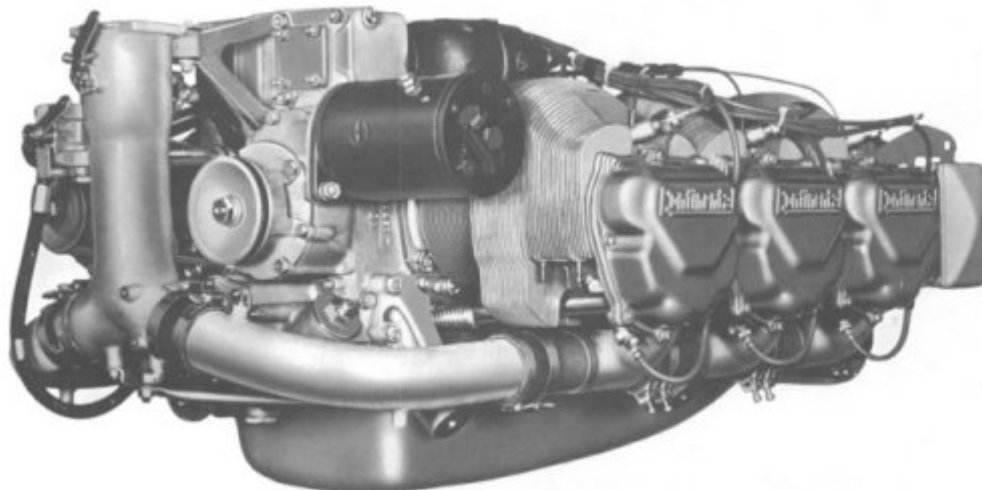
У циљу комплетног сагледавања узрока отказа шестоцилиндарског, ваздушнохлађеног клипног мотора CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054, дати су основни Технички подаци за овај модел мотора у Табели 1.

Табела 1

1. Ознака мотора	CONTINENTAL IO-520-F
2. Снага на полетању	300 KS (223,88KW)
3. Номинална снага	285 KS (213,75KW)
4. Број обртаја	
- при полетању	2850 min <sup>-1</sup>
- номинални број обртаја	2700 min <sup>-1</sup>
5. Максимално дозвољене температуре	
- у глави цилиндра	460°F (237,77 °C)
- у подножју цилиндра	290 °F (143,33°C)
- магнета	170 °F (76,67 °C)
- уља	225 °F (107,22 °C)
6. Минимална температура уља при полетању	75 °F (23,89 °C)
7. Препоручена температура уља	150-200 °F (65,5-93,33 °C)
8. Радна запремина мотора	520 inch <sup>3</sup>
9. Степен сабијања	8,5 : 1
10. Зазор између клацкалице и вентила (затворени положај)	0,76 до 2,8 mm (0,030 до 0,110 inch)
11. Тачка предпаљења	22° пре SMT
12. Редослед паљења	1-6-3-2-5-4
13. Преносни однос и смер обртања погона агрегата	гледано са задње стране мотора
- магнети	1,5 : 1 (супротно смеру кретања казаљке сата)
- стартер	32: 1 (супротно смеру кретања казаљке сата)
- генератор	2,28:1 (супротно смеру кретања казаљке сата)
- регулатор броја обртаја елисе	1:1(супротно смеру кретања казаљке сата)

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	4	23

Спољашњи изглед клипног мотора CONTINENTAL IO-520-F



Слика 1.1

Због природе узрока отказа мотора посебно је анализиран рад: система за подмазивање, горивног система и система паљења мотора.

## **2 ОСНОВНИ СИСТЕМИ РАДА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F**

### **2.1 СИСТЕМ ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F**

Систем за подмазивање мотора је са сталним притиском уља и посебним влажним таложником. Притисак уља се остварује зупчастом пумпом која је уграђена на кућишту погона агрегата. Шема система за подмазивање мотора приказана је на Слици 2.1. Према тој шеми је и дат опис овог система.

Под притиском уља се подмазују:

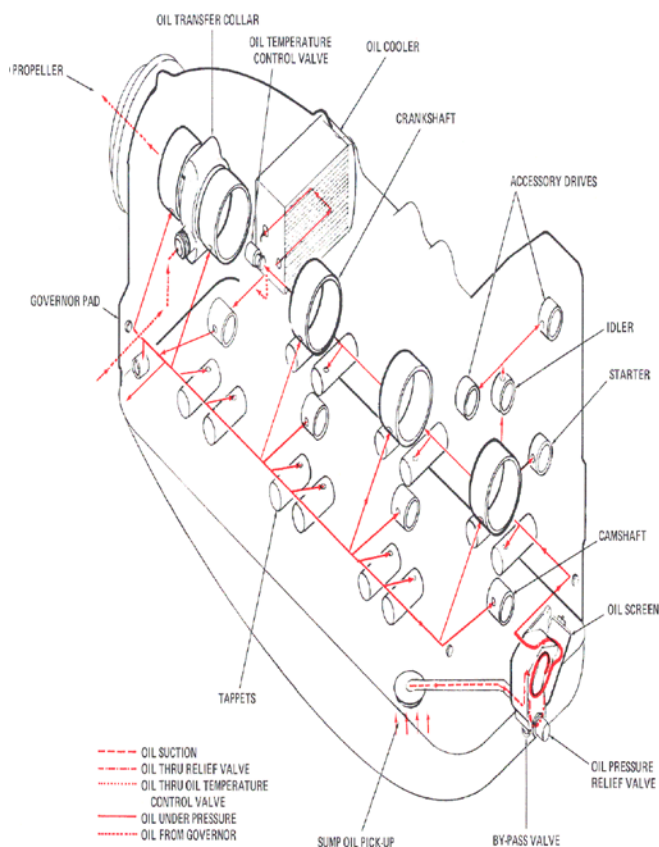
- ♦ Лежајеви: погона агрегата, клипњаче, предње чауре коленастог вратила, брегастог вратила,
- ♦ Подизачи вентила, са шипкама подизача,
- ♦ Чауре клацкалица,
- ♦ Погон регулатора,

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	5	23

- ♦ Аксијални лежај вратила елисе,
- ♦ Зупчasti пренос редуктора.

Бризгањем (или капањем) уља се подмазују:

- ♦ Клипови,
- ♦ Осовинице клипова,
- ♦ Брегови на брегастој осовини,
- ♦ Клацкалице вентила,
- ♦ Кошуљице цилиндара,
- ♦ Стабла вентила,
- ♦ Остали покретни делови.



Слика 2.1. – Систем за подмазивање мотора CONTINENTAL IO-520-F

## 2.1.1 ОПИС РАДА СИСТЕМА ЗА ПОДМАЗИВАЊЕ

Пумпа за уље је зупчата црно-потисна пумпа. Пумпа црпи уље из посебног резервоара (влажног таложника), уграђеног на мотору и усмерава га на пречистач. Након пречистача уље пролази кроз преливни вентил. У случају зачепљења пречистача, уље пролази ка вентилу растеређења кроз обилазни вентил. Уље под притиском се потискује кроз канал десног кућишта мотора и канал ка погону агрегата. Из овог канала, уљем се снабдевају подизачи вентила смештени са десне

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	6	23

стране, а уље се даље доводи преко термовентила у уљни хладњак. Након хладњака уље се преко првог лежишта брегастог вратила доводи у леву страну кућишта мотора. Из овог канала уље се доводи на лежеће лежајеве радилице мотора, а одатле, кроз радијалне отворе у коленастом вратилу, у унутрашњост коленастом вратила и према рукавцима и лежајевима клипњача. Истовремено, из овог канала се снабдевају уљем и подизачи вентила смештени са леве стране мотора. Уље након проласка кроз подизаче вентила одлази кроз шипке подизача до клацкалица усисних и издувних вентила. Из простора где су смештене клацкалице уље се враћа у таложник каналом који формирају спољна облога и шипка подизача.

Брегови брегастог вратила се подмазују уљем које се оцеди из рукаваца и лежајева клипњаче као и уљним парама.

## 2.2 СИСТЕМ ПАЉЕЊА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F

Сврха система за паљење је да обезбеди благовремено паљење смеше горива и ваздуха при свим условима рада мотора. Систем за паљење мора да омогући стварање високонапонске варнице у сваком цилиндру мотора по утврђеном распореду. Према извору напајања електричном енергијом, систем паљења овог мотора припада магнетском типу.

### 2.2.1 ОПИС РАДА СИСТЕМА ПАЉЕЊА

Овај тип система за паљење електричну енергију добија од два магнета који представљају посебни тип електричног генератора наизменичне струје који добијају погон од радилице. Два магнета омогућавају, преко две свећице у цилиндру једновремено паљење смеше са два различита места, што обезбеђује потпуније сагоревање, а у случају отказа једног магнета систем за паљење добија напајање од другог. Електрична струја високог напона се ствара у самом магнету и шаље до свећица.

Основни делови система за паљење су:

- ♦ магнет,
- ♦ кондензатор,
- ♦ разводник,
- ♦ свећице,
- ♦ контролни прекидач,
- ♦ електрични водови,

## 2.3. СИСТЕМ ЗА ДОВОД ГОРИВА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F

Систем за гориво мора да снабдева уређај за образовање смеше устаљеним протоком чистог горива сталног притиска, а у количинама довољним да задовоље све режиме рада мотора и услове лета. Систем за гориво се састоји од:

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	7	23

- ♦ резервоара,
- ♦ славина,
- ♦ цевних водова,
- ♦ пречистача,
- ♦ авионске и моторске пумпе,
- ♦ вентила,
- ♦ ињектора,
- ♦ дистрибутера,
- ♦ показивача: притиска, температуре, количине и протока горива.

### **3 ПРОГРАМ ИСПИТИВАЊА УЗРОКА ОТКАЗА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054**

Комисија је дефинисала Програм за испитивање узрока отказа мотора са следећим фазама:

#### **3.1. ПРЕГЛЕД И АНАЛИЗА ДОКУМЕНТАЦИЈЕ**

Комисија је прегледала сву расположиву експлоатациону документацију као и ремонтну документацију са сервисним билтенима произвођача.

#### **3.2. УТВРЂИВАЊЕ СТАЊА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054**

- Визуелни преглед спољашњости мотора у просторијама АК “Јасеница” у Смедеревској Паланци,
- Растављање мотора на склопове и делове у просторијама АК “Јасеница” у Смедеревској Паланци уз преглед и дефинисање контрола димензија и осталих дијагностичких метода контроле,
- Испитивање хемијско-механичких карактеристика материјала растављених делова.

#### **3.3. АНАЛИЗА ОТКАЗА НА СКЛОПОВИМА И ДЕЛОВИМА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054**

- Анализа визуелног прегледа спољашњости мотора,
- Анализа стања растављених делова и склопова,
- Контрола димензија и толеранција облика и положаја,
- Анализа хемијско-механичких карактеристика материјала растављених делова.

#### **3.4. РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА УЗРОКА ОТКАЗА**

- Дефинисање механизма отказа мотора,
- Утицај отказа на поузданост и безбедност лета

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	8	23



### **3.5. ЗАКЉУЧАК**

- Рекапитулација констатованих закључака,
- Предлог даљег поступка са мотором CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054

## **4 СПРОВОЂЕЊЕ ПРОГРАМА ИСПИТИВАЊА УЗРОКА ОТКАЗА**

### **4.1 ДОКУМЕНТАЦИЈА**

Комисији је на увид достављена комплетна експлоатациона и ремонтна документација коју је поседовала фирма GAS aviation за овај тип мотора као и одговарајуће техничке књижице конкретног авиона и мотора.

### **4.2. УТВРЂИВАЊЕ СТАЊА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054**

#### **4.2.1 ВИЗУЕЛНИ ПРЕГЛЕД**

Визуелни преглед спољашњег стања мотора са подсклоповима и деловима представљају почетну фазу у истраживању узрока удеса. Изглед спољашњих оштећења на мотору приказан је на Слици 4.1.

Извршени су следећи визуелни прегледи и провере:

- спољашњи преглед мотора - на деловима мотора није било трагова цурења уља и горива; све стеге на цревима биле су осигуране и неоштећене; извршена је провера причвршћености електричних проводника; стање је било исправно.
- преглед комплет цевовода и цревовода горивне инсталације - није било оштећења и цурења; све стеге су биле прописно причвршћене.
- преглед команди мотора - нема деформација и оштећења; команде имају лаган и пун ход и правилно су осигуране.
- преглед свих цилиндара мотора - нема промене боје, прскотина и трагова прегревања, пропуштања уља или издувних гасова.
- провера причвршћености електро-проводника и прикључака - стање исправно.
- провера причвршћености издувних цеви - нема прскотина; исти су притегнути и осигурани.
- преглед носача мотора - на носачу мотора, оковима за везу, елементима за причвршћење и гуменим амортизерима нема деформација и прскотина; сви вијци су притегнути и осигурани.
- провера затегнутости ремена генератора - стање исправно.

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	9	23

- преглед елисе - сви завртњи на конусној облози су правилно притегнути; кракови елисе су оштећени у контакту са земљом.



Слика 4.1 - Изглед спољашњих оштећења на мотору CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054

## ЗАКЉУЧАК:

Детаљним спољашњим прегледом мотора и елисе констатовано је:

- а) Велико оштећење левог и десног кућишта мотора у пределу испред дистрибутера горива, Слика 4.2,



Слика 4.2 – Изглед оштећења кућишта мотора CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	10	23

б) Оштећења кракова елисе услед превртања авиона, Слика 4.3,



Слика 4.3 – Изглед оштећења кракова елисе

в) Оштећење елемената везе дистрибутера горива и горивних цевчица са деловима кућишта, Слика 4.4,



Слика 4.4 – Изглед оштећења везе дистрибутера горива и горивних цевчица са деловима кућишта

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	11	23

## **4.2.2 СКИДАЊЕ АГРЕГАТА И РАСТАВЉАЊЕ МОТОРА НА СКЛОПОВЕ, СА ПРЕГЛЕДОМ И КОНТРОЛОМ ДИМЕНЗИЈА**

### **4.2.2.1 СКИДАЊЕ И ПРОВЕРА АГРЕГАТА СА КУЋИЦЕ ПОГОНА АГРЕГАТА**

Са кућице погона агрегата скинути су и проверени следећи агрегати:

- стартер,
- магнети (2 ком.), са проводницима и свећицама,
- генератор,
- давач броја обртаја са пумпом за уље и преливним вентилом,
- пречистач за уље,
- пумпа за гориво,
- ињектор горива,
- дистрибутер горива,
- регулатор броја обртаја,
- вакуум пумпа.

а) Провера стартера: Извршена је провера ручног обртања ротора стартера са погонским зупчаником и констатовано да нема отказа.

б) Провера магнета, проводника и свећица: Извршена је провера ручног обртања оба магнета са провером бацања варнице. Оба магнета су производила варнице у тренутку отказа мотора. Сноп проводника је без оштећења и правилно причвршћен за мотор. Све свећице су биле исправне.

в) Провера генератора: Извршена је провера ручног обртања ротора генератора. Констатовано је да нема запињања и отежаног окретања.

г) Преглед уљне пумпе: Извршена је провера ручног обртања погонског зупчаника уљне пумпе. Констатовано је да нема запињања и отежаног окретања. Уљна пумпа је у тренутку отказа мотора радила исправно.

д) Преглед ињектора горива: Визуелним прегледом ињектора констатовано је да је исправан рад обртања лептира и причвршћеност цревовода од и ка комори са вентилом за гориво.

ђ) Провера вакуум пумпе: Визуелним прегледом и провером обртања погона вакуум пумпе констатовано је да нема запињања и отежаног окретања,

е) Провера пумпе за гориво: Визуелним прегледом и провером обртања погона пумпе за гориво констатовано је да нема запињања и отежаног окретања.

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	12	23

## ЗАКЉУЧАК:

- Сви погони агрегата су без оштећења и ручним погоном су покретани без знакова кочења.
- Сви погони система за уље, гориво, паљење и електричну енергију су исправни.
- Како нису откривена оштећења која су резултат термичког оптерећења на клиповима, вентилима, зупчаницима погона агрегата, лежајевима коленастог вратила и брегасте осовине, можемо констатовати исправан рад система за подмазивање.
- Нађене наслаге кокса у цилиндарском простору су у дозвољеним границама што потврђује да је систем за паљење смеше и квалитета убризавања горива, радио исправно до тренутка удеса.

### 4.2.2.2 СКИДАЊЕ И РАСТАВЉАЊЕ СКЛОПОВА МОТОРА

Са полутки кућишта мотора, скинути су и прегледани следећи склопови:

- комплет дефлектора са цревима за довод ваздуха на агрегате,
- таложник за уље са мерачем нивоа,
- скидање поклопаца глава и цилиндара,
- цеви са шипкама подизача вентила,
- склоп издувних цеви,
- склоп усисних цеви,
- уљни хладњак

## ЗАКЉУЧАК:

- Сви скинути делови мотора су без оштећења,
- Након скидања поклопаца на свим цилиндрима, закључен је исправан рад механизма за отварање и затварање усисних и издувних вентила,
- Сви скинути склопови мотора до тренутка удеса, радили су исправно.

### 4.2.3 АНАЛИЗА ХЕМИЈСКО - МЕХАНИЧКИХ КАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИЈАЛА РАСТАВЉЕНИХ ДЕЛОВА

Анализа хемијско-механичких карактеристика материјала растављених делова, као и анализа преломних површина, вршена је у више стручних институција и она је предмет посебних истраживања.

Комплетан извештај са тих испитивања је дат у документу “ИЗВЕШТАЈ О ФРАКТОГРАФСКОМ ИСПИТИВАЊУ ПОЛОМЉЕНИХ ДЕЛОВА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054, СА АВИОНА CESSNA U206G, рег. ознаке YU-DNZ” који је, као Прилог 2, саставни део ЗАВРШНОГ ИЗВЕШТАЈА.

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	13	23

### **4.3 РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА УЗРОКА ОТКАЗА**

Након извршеног комплетног растављања мотора на склопове и делове уочене су три основне врсте оштећења:

1. Одвајање полутке клипњаче (велике песнице) на месту цилиндра број 4.
2. Пуцање клипа цилиндра број 4, на месту уљне карике,
3. Испадање осовинице противтега радилице, на месту између трећег и четвртог цилиндра.

Због специфичности наведених неисправности, извршена је анализа сваког појединачног случаја.

#### **1. ОДВАЈАЊЕ ПОЛУТКЕ КЛИПЊАЧЕ НА МЕСТУ ЦИЛИНДРА БРОЈ 4**

**Истраживање одвајања полутке клипњаче на месту цилиндра број 4, одвијало се према следећим фазама:**

##### **ФАЗА 1:**

При прегледу авиона на локацији места удеса (Злакуса - Пожега), пронађена је клипњача и осовиница клипа, са деловима клипа, који су испали из кућишта мотора, Слика 4.5,



Слика 4.5 – Пронађени делови мотора CONTINENTAL IO-520-F , сер. бр. 291054 на месту удеса

Детаљним прегледом клипњаче констатована су следећа карактеристична оштећења:

- 1) Повијеност доњег дела клипњаче на месту споја са полутком клипњаче,
- 2) Увијеност мале песнице клипњаче,
- 3) Трагови удараца противтега у доњи део стабла клипњаче.

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	14	23

## ЗАКЉУЧАК:

Наведена оштећења су последица контакта клипњаче са оба противтега радилице и контакт осовинице клипа са дном кошуљице цилиндра.

## ФАЗА 2:

При комисијском растављању мотора, посебна пажња је усмерена на:

- 1) Проверу прописаних момената притезања (навртки цилиндара и навртки клипњача), Слика 4.6,



Слика 4.6 – Провера прописаних момената навртки цилиндара мотора CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054

- 2) Правилну монтажу елемената мотора (цилиндара, клипова, клипних прстенова, клипњача, коленастог вратила са лежајевима, брегасте осовине ...) Слика 4.7,



Слика 4.7 – Изглед првилно монтираних елемената мотора, елементи клипа и коленастог вратила са лежајевима

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	15	23

- 3) Стање делова мотора који се подмазују (лежајеви, зупчаници, клипови са осовиницама клипова, ...), Слика 4.8,



Слика 4.8 – Изглед стања цилиндра са вентилима и клипа са осовиницом

- 4) Изглед делова мотора који су пронађени у таложнику мотора након растављања, Слика 4.9,



Слика 4.9 - Делова мотора који су пронађени у таложнику мотора CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054

## ЗАКЉУЧАК:

При провери момената притезања навртки цилиндара (12 ком. са 650 In.Lbs. и 36 ком. са 500 In. Lbs.) констатовано је да су сви моменти притезања у прописаним границама (Слика 4.6). Све навртке су обележене црвеном бојом ради контроле на одвијање.

Навојне везе на клипњачама спадају у везе са прописаним моментом притезања. У ОНМ (Table XIII) је дефинисан момент притезања на овој вези за обичне крунасте

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	16	23



навртке са навојем 7/16-28, тј. са 28 навојака по инчу дужине навоја. Тај момент притезања је  $M_{pr} = (425 \div 475) \text{In.Lbs.}$ <sup>1</sup>

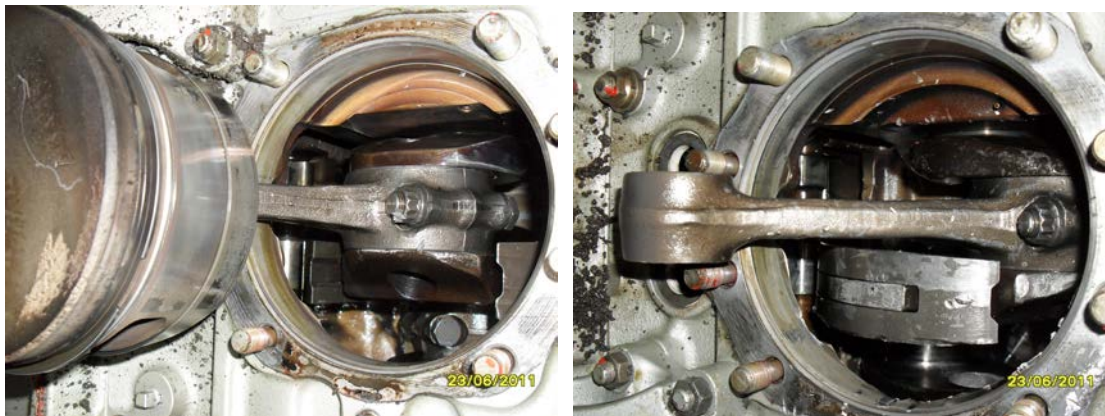
Тим моментом су, према изјавама из Сервиса, притезани спојеви на клипњачама током генералног ремонта мотора.

Приликом расклапања мотора провера притезања је вршена са приближно средњом вредношћу момента притезања предвиђеног ОНМ, тј. са  $M_{pr} = 463 \text{In.Lbs.}$  Тада је уочено да је на једној клипњачи једна од навртки и у овим условима била недовољно притегнута.

Међутим, током даљег рада на истраживању узрока отказа мотора Комисија је установила да су у овом мотору биле монтиране клипњаче са P/N 655910 за које је према сервисном билтену SB00-3А прописано коришћење вијка P/N 655958 и самоосигуравајуће навртке P/N 654490.

Сервис је и предвидео употребу тих везних елемената, али је из одређеног разлога тражена од произвођача замена за вијак P/N 655958 и одобрено име је да, са истим типом навртке, користе вијак P/N 655961.<sup>2</sup> Навртка P/N 654490 има профил навоја 7/16-20, тј. са 20 навојака по инчу дужине навоја. За овај навојни спој је у SB96-7C прописан знатно већи момент притезања  $M_{pr} = (690 \div 710) \text{In.Lbs.}$ <sup>3</sup>

На Слици 4.10, које су снимљене током расклапања мотора, се јасно види да су на вези великих песница клипњача коришћене самоосигуравајуће навртке.



Слика 4.10 – Спој велике песнице клипњаче уз коришћење самоосигуравајућих навртки

Имајући у виду:

- да су на великим песницама свих клипњача коришћене самоосигуравајуће навртке и
- да су притезане моментом притезања за крунасте навртке  $M_{pr} = (425 \div 475) \text{In.Lbs.}$  уместо прописаним моментом  $M_{pr} = (690 \div 710) \text{In.Lbs.}$  за самоосигуравајуће навртке

<sup>1</sup> Овај спој се, осим притезањем, од одвијања осигурава и расцепком.

<sup>2</sup> Оваква комбинација вијка и навртке са клипњачом P/N 655910 је предвиђена у SB96-7C.

<sup>3</sup> У SB96-7C је и за спој са крунастом навртком нешто повећан прописани момент притезања у односу на ОНМ.

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	17	23

закључак је да су **СВЕ НАВРТКЕ БИЛЕ НЕДОВОЉНО ПРИТЕГНУТЕ** што је могло да изазове њихово одвијање.

У току демонтаже мотора, посебна пажња је посвећена провери правилне монтаже уграђених делова:

- а) Склоп цилиндра:
  - сви клипови и клипни прстенови по ознакама правилно постављени,
  - клипњаче по ознакама правилно постављене,
  - склоп вођица и вентила правилно постављени.
- б) Склоп радилице:
  - сви лежајеви правилно постављени
  - сви контратегови правилно постављени,
- в) Склоп кућишта:
  - правилно налегање бокова зуба свих зупчаника,
  - сви лежећи лежајеви правилно постављени.

Стање делова мотора који се подмазују:

Прегледом свих цилиндара, клипова, осовиница клипова, летећих и лежећих лежајева, констатовано је да нема трагова трошења и прегревања.

Прегледом таложника уља, констатовано је присуство следећих делова мотора:

- делови клипа четвртог цилиндра,
- делови карика клипа четвртог цилиндра,
- доњу полутку клипњаче четвртог цилиндра мотора,
- плочица, осигурач и осовиница противтега радилице,

### ФАЗА 3:

#### 1. ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋЕГ ОДВАЈАЊА ПОЛУТКЕ КЛИПЊАЧЕ НА МЕСТУ ЦИЛИНДРА БРОЈ 4:

На основу установљеног одвајања велике песнице клипњаче од радилице, уз констатовано испадање клипњаче и осовинице клипа из мотора и проналажење доње полутке клипњаче четвртог цилиндра мотора у таложнику уља, Комисија сматра да то може да се деси само ако дође до нарушавања навојне везе вијак – навртка клипњаче.



Слика 4.11 – Оштећења на 4. колону коленастог вратила

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	18	23

Да је дошло до отварања велике песнице недвосмислено указују и оштећења 4. колена коленастог вратила која су настала од удараца велике песнице о колено, а која се виде на Сликама 4.11.

Одвајање велике песнице клипњаче од радилице може да наступи само ако дође до ослобађања везе вијак – навртка клипњаче. Како је клипњача изложена великим наизменично променљивим оптерећењима услед гасних и инерцијалних сила, свака промена у систему веза, може да изазове хаварију непредвидивих размера. Након детаљне визуелне дијагностике пронађених делова мотора констатовано је следеће:

- На доњој полутки клипњаче цилиндра број 4, уочавају се трагови уздужног кретања подешеног вијка, Слика 4.12. Овај отисак може да укаже да је прво дошло до ослобађања везе доњи вијак–навртка клипњаче. Како је доња полутка клипњаче једним крајем постала слободна, а клипњача трпи наизменична променљива оптерећења, полако долази до „отварања” велике песнице. Како је број обртаја мотора  $n=2300^{\circ}/\text{min}$ , при кретању клипа у унутрашњу мртву тачку, радилица врши притисак на доњу полутку клипњаче и оптерећује вијке на истезање. На Сlici 4.13 је приказан положај (неоштећеног) вијка на споју оштећене клипњаче и њене оштећене доње полутке. Попуштање вијчане везе може да се манифестује постепеним делимичним или потпуним одвијањем навртке. У сваком случају доњи вијак је, због отварања велике песнице сада, уз истезање, додатно оптерећен и на савијање. Слична ситуација је и са горњим вијком код кога навојни спој није пустио. У насталим условима експлоатације, при броју обртаја мотора  $n = 2300 \text{ o}/\text{min}$ , како је изјавио пилот, вијци трпе далеко већа оптерећења од оних када су прописно притегнути, што изазива њихово кидање. Тада се отвара велика песница и услед променљивих оптерећења долази до неконтролисаног кретања клипњаче и њене доње полутке.



Слика 4.12- Отисак вијка на полутки



Слика 4.13 – Вијак за везу велике песнице

- Трагови удараца противтегова у доњи део стабла клипњаче и њене доње полутке могао је да изазове њихово одвајање, Слика 4.14. Трагови гњечења и великих деформација на доњем делу стабла клипњаче и њене доње полутке су последица удараца противтегова у те елементе. Како у противтегу недостаје чаура и осовиница противтега Слика 4.15, могуће је да због испадања или пуцања

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	19	23

унутрашњег осигурача и поклопца, осовиница исклизне из чауре и омогући противтегу да се несметано креће по међупростору мотора.



Слика 4.14 – Изглед оштећене клипњаче    Слика 4.15 – Место испадања осовинице

## 2. ИСТРАЖИВАЊЕ ПУЦАЊА КЛИПА ЦИЛИНДРА БРОЈ 4 НА МЕСТУ УЉНЕ КАРИКЕ:

Детаљним прегледом клипа цилиндра број 4 и осовинице клипа, констатовано је да нема трагова трошења и прегревања што је последица исправног рада система за подмазивање. Због малих зазора између осовинице клипа и мале песнице клипњаче, свако одступање клипњаче из осе њеног кретања може да изазове велики притисак на структуру клипа. Када дође до отварања велике песнице, тада долази до неконтролисаног кретања клипњаче по непредвидивој путањи. Таква комбинација, великих наизменично променљивих оптерећења са одступањима које изазове велика песница клипњаче, може да доведе до пуцања клипа, Слика 4.16. Клип се израђује од легура алуминијума, осовиница клипа од челика за цементацију а клипњача од високо легираног челика за побољшање. Због различитих физичко - хемијских особина ових делова и великих термичких оптерећења у комбинацији са поменути наизменично променљивим оптерећењима, може довести до пуцања клипа мотора, Слика 4.17. Клип је пукао на месту отвора за подмазивање где је и највећа концентрација напона.



Слика 4.16 – Изглед оштећења клипа

Слика 4.17 – Место пуцања клипа

Изглед преломне површине тела клипа нема карактеристике заморног лома већ чистих прекидних кртих ломова насталих као последица контакта противтега и клипњаче цилиндра број 4.

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	20	23

### **3. ИСТРАЖИВАЊЕ ИСПАДАЊА ОСОВИНИЦЕ ПРОТИВТЕГА РАДИЛИЦЕ, НА МЕСТУ ИЗМЕЂУ ТРЕЋЕГ И ЧЕТВРТОГ ЦИЛИНДРА**

Да би се одстраниле торзионе вибрације мотора, постављени су динамички противтегови на коленастом вратилу. Како је дошло до испадања осовинице противтега баш на месту четвртог цилиндра посебна пажња је усмерена истраживању ове појаве, Слика 4.18 и Слика 4.19.

Визуелном анализом оштећеног противтега и пронађених елемената за везу противтег-радилица, можемо констатовати је да је због пластичне деформације противтега (контакт клипњаче са противтегом) дошло до испадања унутрашњег осигурача (поломљена ушица), заштитне плочице и осовинице противтега.



Слика 4.18 – Противтег радилице



Слика 4.19 – Место уградње осовинице

#### **4.4. ДЕФИНИСАЊЕ МЕХАНИЗМА ОТКАЗА МОТОРА**

Констатована оштећења, врста и карактер ломова на елементима и склоповима мотора, омогућила су Комисији да, након спроведених анализа и испитивања, формулише следећи највероватнији узрок отказа мотора који се манифестовао великим оштећењима делова мотора у зони цилиндра број 4:

1. Иницијални догађај који је проузроковао сва каснија дешавања је било попуштање (лабављење) доње навојне везе вијак-навртка на вези велике песнице клипњаче услед чега је дошло до повећања зазора у лежају четвртог колена коленастог вратила. Ово попуштање, тј. постепено одвијање доње навртке може да наступи само услед недовољног притезања ове навојне везе.<sup>4</sup>
2. Поменуто повећање зазора се развија врло брзо имајући у виду да је број обртаја мотора у том тренутку био, на основу изјаве пилота, око  $n = 2300 \text{ o/min}$ . То значи да је клипњача повлачила клип према унутрашњој мртвој тачки (УМТ) и потискивала га према спољњој мртвој тачки (СМТ) око 40 пута у секунди, и то уз претходни ударац колена о лежај велике песнице. Битно је напоменути да су ови ударци били све интензивнији обзиром на

<sup>4</sup> Овоме у прилог иде и чињеница да су при растављању мотора проверавани моменти притезања на клипњачама, а каснијом анализом је установљено да су све навртке притезане моментом притезања прописаним за крунасте навртке који је знатно нижи од прописаног момента притезања за овде коришћене самоосигуравајуће навртке.

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	21	23

константни обртни моменат коленастог вратила при константном режиму рада мотора.

- У насталим нерегуларним условима експлоатације, доњи вијак трпи далеко већа оптерећења од оних у нормалној експлоатацији. Он је, уз истезање, додатно изложен и савијању.
- Од овог тренутка се догађај могао да одвија даље на два начина:

### *Прва варијанта*

- Нерегуларно поновљено преоптерећење (високе учестаности и интензитета) доњег вијка изазива његово кидање на замор.
- Клипњача тада, изгубивши вођење на једном крају, почиње неконтролисано кретање ван равни уобичајеног рада. Како су зазори између клипњаче и противтега мали, након ослобађања доње полутке велике песнице долази до контакта противтега и клипњаче.
- Услед пластичне деформације противтега проузроковане контактима са клипњачом долази до испадања унутрашњег осигурача, заштитне плочице и осовинице противтега.
- Тако ослобођен противтег креће се по међупростору мотора и удара доњи део стабла клипњаче што изазива значајну пластичну деформацију клипњаче.
- Док се то дешава, оптерећење правилно притегнуте горње везе клипњаче се постепено повећава услед отварања велике песнице и пластичне деформације клипњаче што доводи и до делимичног савијања горњег вијка.
- Када те деформације елемената достигну критичну вредност оптерећење горњег вијка превазилази његову статичку носивост и долази до његовог статичког лома. Тиме се практично потпуно губи веза клипњаче и радилице, а доња полутка клипњаче отпада и остаје у међупростору мотора изложена ударцима покретних елемената који је потпуно пластично деформишу.
- Услед ударања противтега у клипњачу, испадања клипњаче из равни правилног рада и преноса силе притиска осовине клипа на клип долази до пуцања клипа на месту највеће концентрације напона. Осовиница испада из свог лежишта у клипу, а клип остаје потиснут у горњу мртву тачку изложен дејству усисног и издувног вентила.
- Тако ослобођена клипњача од клипа и доње полутке велике песнице, захваћена противтеговима за доње стране, пробија кућиште мотора и излеће напоље.

### *Друга варијанта*

- Када је зазор у лежају четвртог колена био већ превелики јавља се несиметрично деловање четвртог колена на велику песницу клипњаче, а посебно на доњу полутку.
- Због горе поменутих удараца, који постају све јачи, и несиметричног деловања клипњаче на клип долази до кидања чела четвртог клипа у пределу уљног компресионог прстена.
- При томе откинуто спољње парче клипа бива потиснуто до СМТ, а унутрашње парче клипа бива повучено према УМТ. Након тога ово унутрашње парче делимично излази ван цилиндра и долази у контакт са контратегом на коленастом вратилу.

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	22	23

- У овом тренутку долази до оштећења контратега и због делимичног кочења радилице долази до лома доњег вијка и потпуног отварања велике песнице клипњаче.
- Отворени део велике песнице проваљује блок мотора у пределу дистрибутера горива. Након тога се ломи и горњи вијак, а комплетна клињача бива избачена кроз блок мотора напоље.

## 5 ЗАКЉУЧАК

Наведени узрок отказа у потпуности одговара утврђеном стању мотора и утврђеној ситуацији приликом увиђаја на лицу места. После почетних дешавања догађај је могао да се одиграва по било ком приказаном сценарију што не мења коначни закључак.

Као резултат визуелне и димензионе дијагностике на деловима и склоповима мотора, као и провере његових агрегата, констатован је следећи закључак:

- Деформације, оштећења и ломови делова и склопова мотора су последица одвајања клипњаче цилиндра број 4 од коленастог вратила, пуцања клипа цилиндра број 4 и ослобађања противтега између трећег и четвртог цилиндра.
- Цео догађај је инициран одвајањем клипњаче цилиндра број 4 од коленастог вратила што је највероватније проузроковано недовољним притезањем вијчаних веза на великој песници клипњаче.
- Установљено је да те вијчане везе нису биле адекватно притегнуте на свим клипњачама мотора.
- Резултати провере и прегледа осталих клипова, цилиндара, разводног механизма вентила, лежајева, коленастог вратила, брегасте осовине и зупчаника погона агрегата, указују на њихов исправан рад до тренутка отказа мотора.
- Прегледом и провером склопова и агрегата, потврђен је исправан рад система за подмазивање, паљење и убризгавање горива до тренутка отказа мотора.
- Визуелни изглед (боја, вискозитет и метални опиљци) и количина уља у таложнику, нису захтевали посебну анализу узорака уља.

## 6 ПРЕДЛОГ МЕРА

Мотор CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054 са припадајућим склоповима и деловима НЕИСПРАВАН је за наставак експлоатације и предлаже се његов РАСХОД.

Број извештаја	Датум издавања	Место	лист	листова
ДЦВРС/CONTINENTAL-01/10-11	10.10.2011.	Београд	23	23