



ДИРЕКТОРАТ
ЦИВИЛНОГ
ВАЗДУХОПЛОВСТВА
РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

**КОМИСИЈА ЗА ИСТРАЖИВАЊЕ УЗРОКА УДЕСА И
ОЗБИЉНИХ НЕЗГОДА ВАЗДУХОПЛОВА**

ЗАВРШНИ ИЗВЕШТАЈ О УДЕСУ

Авион:	CESSNA U206G
Ознака регистрације:	YU-DNZ
Власник авиона:	приватно лице
Корисник авиона:	приватно лице
Место удеса:	рејон села Злакуса, општина Пожега, Република Србија
Датум удеса:	19.05.2011. године
Време удеса:	14:32 часова (LT)

Београд, децембар 2011. године

Увод

У овом Извештају изнесени су резултати истраживања удеса авиона CESSNA U206G, регистарске ознаке YU-DNZ, који се догодио 19.05.2011. године у рејону села Злакуса, са леве стране магистралног пута Пожега - Ужице. У удесу су лакше повређена два лица (пилот и оператор), а ваздухоплов је претрпео озбиљно оштећење мотора, као и оштећења елемената структуре и носне ноге стајног трапа.

Комисију за истраживање овог удеса (у даљем тексту: Комисија), састављену од председника и три члана, именовано је директор Директората цивилног ваздухопловства Републике Србије (у даљем тексту: ДЦВ), решењем бр. 6/1-01-0017/2011-4/8 од 24.05.2011. године.

Како је већ током увиђаја на лицу места утврђено да је до удеса дошло услед отказа мотора у лету Комисија је тражила да ДЦВ о удесу обавести National Transportation Safety Board (NTSB) као овлашћену институцију САД за истраживање удеса у цивилном ваздухопловству (као орган земље пројекта и земље производње ваздухоплова и мотора).

ДЦВ је то и учинио, а америчка страна није именовала овлашћеног представника за рад на истраживању овог удеса.

Истраживање удеса спроведено је у складу са Законом о ваздушном саобраћају, Правилником о истраживању удеса и озбиљних незгода цивилних ваздухоплова („Службени гласник РС“, број 71/09) и одредбама ИКАО Анекса 13 Чикашке конвенције.

У складу са наведеним документима, ово истраживање нема за циљ утврђивање кривице или одговорности, већ је спроведено искључиво са циљем спречавања нових удеса у цивилном ваздухопловству.

САДРЖАЈ

	Лист	
1	ЧИЊЕНИЧНЕ ИНФОРМАЦИЈЕ.....	4
1.1	Историјат лета.....	4
1.2	Повреде.....	5
1.3	Оштећења авиона.....	5
1.4	Штета трећем лицу.....	6
1.5	Личне информације / подаци о пилоту	6
1.6	Подаци о авиону и погонској групи	7
1.6.1	Подаци о авиону.....	7
1.6.2	Подаци о мотору	8
1.6.3	Подаци о елиси	8
1.7	Метеоролошке информације.....	8
1.8	Навигациона средства и средства комуникације.....	8
1.9	Подаци о аеродрому.....	9
1.10	Регистратори лета.....	9
1.11	Стање на месту удеса.....	9
1.12	Медицински и патолошки подаци.....	10
1.13	Подаци о пожару.....	11
1.14	Аспекти преживљавања.....	11
1.15	Испитивања и истраживања	11
1.16	Трагање и спасавање.....	11
1.17	Подаци о организацији.....	11
2	АНАЛИЗА УДЕСА.....	12
2.1	Опште	12
2.2	Анализа експлоатације и одржавања авиона и мотора	12
2.2.1	Расположива техничка документација	12
2.2.2	Подаци о експлоатацији авиона и мотора	12
2.2.3	Подаци о одржавању мотора пре последњег генералног ремонта	13
2.2.4	Анализа генералног ремонта мотора	14
2.2.5	Одржавање мотора после генералног ремонта	16
2.2.6	Одржавање мотора по сервисним билтенима и AD – нотама	17
2.3	Утврђивање узрока отказа мотора	18
2.3.1	Стање мотора после удеса	18
2.3.2	Анализа узрока великих оштећења	20
2.3.3	Основни резултати фрактографског испитивања	23
2.3.4	Највероватнији узрок отказа мотора	23
2.3.5	Произашли закључци	25
2.4	Узрок претурања авиона на леђа	25
2.5	Анализа организације летења	28
3	ЗАКЉУЧЦИ.....	29
3.1	Закључци везани за управљање авионом	29
3.2	Закључци везани за одржавање мотора	29
3.3	Закључци везани за отказ мотора	29
4	УЗРОК УДЕСА.....	30
4.1	Непосредни узрок удеса.....	30
4.2	Посредни узрок удеса.....	30
5	БЕЗБЕДНОСНЕ ПРЕПОРУКЕ.....	31
6	ИЗДВОЈЕНА МИШЉЕЊА.....	32
	ПРИЛОЗИ	33

1 ЧИЊЕНИЧНЕ ИНФОРМАЦИЈЕ

1.1 Историјат лета

Дана 19.05.2011. године посада авиона CESSNA U206G, рег. ознаке YU-DNZ, је извршавала задатак избацавања вакцина против беснила дивљих животиња у рејону од Ваљево до Ивањице. Авион је на извршавање задатака полетао са спортског аеродрома у Смедеревској Паланци.

Први лет тога дана посада, у саставу пилот и оператер машине за избацавање мамаца-вакцина (у даљем тексту: оператер), је без проблема са датим авионом обавила током преподневних сати.

На свој други лет тога дана, авион је полетео око 13:30 часова (LT), са истом посадом и са задатком да се изврши избацавање вакцина у рејону Ваљево – Златарско језеро.

На основу изјаве пилота, током извршавања задатка, око 14:20 часова (LT) и на висини од 4000 ft, је нагло дошло до делимичног отказа мотора, уз скоро моментално просипање моторског уља по ветробранском стаклу. Делимичан отказ мотора се огледао у наглој промени звука, значајном губитку снаге, настављању рада са великим вибрацијама и избацавању уља на ветробранско стакло.

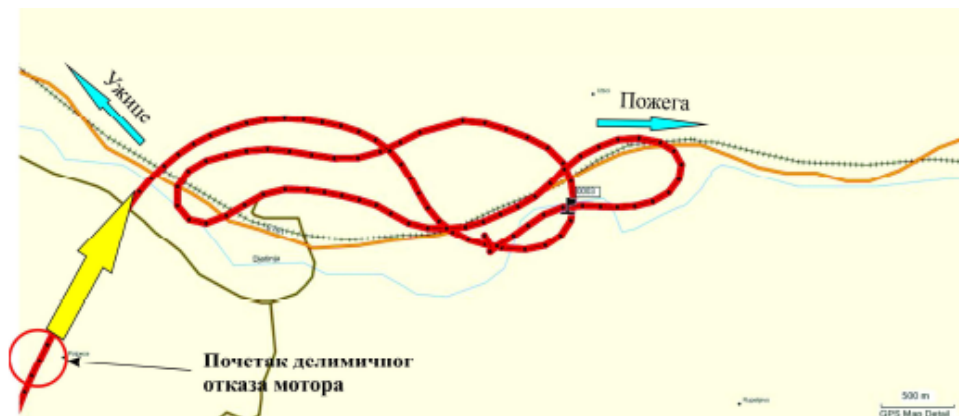
На основу анализе података са GPS уређаја, ово се догодило у 13:26 часова (UTC) у рејону села Злакуса, надомак магистралног пута Пожега-Ужице (Слике 1.1.1 и 1.1.2).

Пилот је о проблемима са мотором одмах обавестио вођу групе, те је приступио визуелном тражењу погодног терена за принудно слетање, у чему га је ометало моторско уље које је постепено прекрило готово цео ветробран, тако да је осматрање и процену могао вршити само кроз бочне прозоре.

Пилот је прво проценио један терен као погодан за слетање, извукао закрилца и подесио брзину авиона на 70 Kts. У међувремену процењује да му не би после додира са тлом остало довољно терена за протрчавање, па одустаје од те намере истовремено уочавајући следећи погодан терен кроз десни бочни прозор. Изабрани терен је пољопривредно земљиште - њива са леве стране магистралног пута Пожега-Ужице, на око 120 m паралелно са путем.

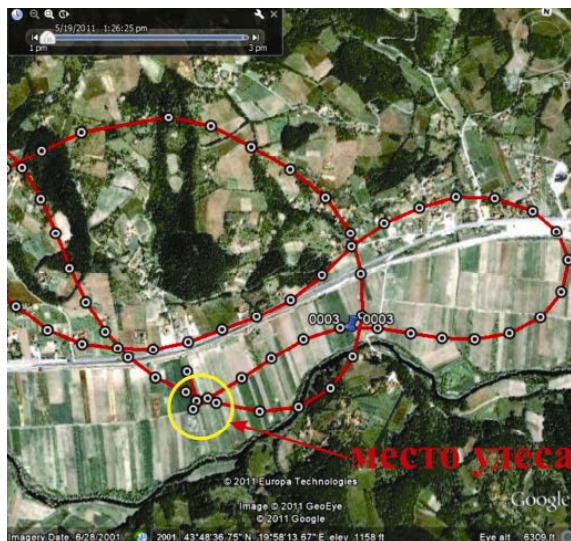
Летећи из правца Пожеге ка Ужицу, пилот увлачи закрилца, додаје пун гас како би искористио преосталу снагу мотора да долети до одабраног терена. У тим тренуцима мотор је већ готово потпуно изгубио снагу, а према изјави пилота, није више било ни времена ни висине за поновно извлачење закрилаца.

Пред сам додир са тлом авион је имао брзину око 65 Kts, када пилот одузима гас мотору, прекида смешу и искључује магнете и акумулатор. Слетање је било меко, на главне ноге стајног трапа. После око 70 m протрчавања носни точак удара у узвишени обод њиве, висине око 20 cm због чега долази до лома виљушке носног точка. Авион прелази пут и канал иза обода њиве, укупне ширине око 10 m, настављајући да се креће на точковима главног стајног трапа при чему због рапидног пада брзине, као и због предње центраже благо обара нос према земљи.



Слика 1.1.1

Услед недостатка носног точка, авион обара нос и после око 25 метара од места отпадања носног точка, капа елисе се набија у земљу и долази до превртања авиона на леђа. На Слици 1.1.1 је приказана цела трајекторија авиона од тренутка отказа мотора до превртања, а на Слици 1.1.2 је приказан завршни део те трајекторије.



Слика 1.1.2

Пилот и оператер су сами изашли из авиона. Стигла је екипа хитне помоћи, која је посаду авиона превезла у болницу у Ужицу, где су констатоване лакше телесне повреде оба члана посаде који су се после прегледа у болници вратили на место удеса и сачекали Групу за увиђај ДЦВ-а.

Док је посада била у болници, на лице места је стигла и екипа Ветеринарског института у Краљеву, која је из авиона преузела преостале вакцине.

1.2 Повреде

На лице места је изашла екипа хитне помоћи која је пилота и члана посаде – оператера превезла на пријемно одељење Опште болнице у Ужицу где су примљени око 16 сати.

Након извршених прегледа оператеру су констатоване лаке телесне повреде у виду истегнућа лигамената врата, огуљотине левог рамена и опште угруваности.

Пилоту су, такође, констатоване лаке телесне повреде у виду контузије главе, огуљотине левог рамена и угруваности трупа и стомака.

Обојици је после извршених прегледа дозвољено да напусте болницу и они су се вратили на место удеса где су сачекали Групу за увиђај.

ПОВРЕДЕ	ПОСАДА	ПУТНИЦИ	ОСТАЛИ
Смртне	/	/	/
Тешке	/	/	/
Лакше	2	/	/
Без повреда	/	/	/

1.3 Оштећења авиона

Приликом увиђаја констатована су визуелним прегледом оштећења структуре авиона. Та оштећења су обележена на Сликама 1.3.1 и 1.3.2:

1. лом виљушке носног точка,
2. деформација кракова елисе,
3. пластична деформација леве упорнице крила и нарушавање њене везе са крилом и трупом,
4. пластична деформација (и пуцање) оплате задњег дела трупа,

5. оштећење завршног дела верикалног стабилизатора и крмила правца,
6. оштећење врха (задње шестине) десног крила у зони нападне ивице.



Слика 1.3.1



Слика 1.3.2

После удеса авион је пребачен у хангар АК “Јасеница” из Смедеревске Паланке где је у присуству чланова Комисије извршено скидање мотора са авиона, његово расклапање и дефектација.

Осим споља видљивог великог оштећења левог и десног кућишта мотора у пределу испред дистрибутера горива и околних елемената горивног система, расклапањем мотора су установљена следећа велика оштећења:

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

Детаљан приказ оштећења мотора дат је у Прилогу 1 овог Извештаја.

1.4 Штета трећем лицу

У удесу је причињена незнатна материјална штета трећем лицу, тј. власнику њиве у којој се авион преврнуо.

1.5 Личне информације / подаци о пилоту

Старосна доб:	56 године
Пол:	мушки
Дозвола:	CPL(A), издата од стране ДЦВ са роком важења до 19.05.2013. године
Овлашћења:	SEP (land), са роком важења до 05.05.2012. године CRI(SPA)-ME, са роком важења до 11.10.2011. године MEP(land) са роком важења до 05.05.2011. године IR/ME са роком важења до 05.05.2011. године FI(A), са роком важења до 04.05.2011. године ¹
Последњи медицински преглед:	07.05.2010. године са роком важења до 07.05.2011.године ²
Последња провера у лету:	05.05.2011. године
Летачко искуство:	37 година

¹ Комисија сматра да чињеница што су нека од наведених овлашћења истекла није имала утицаја на удес.

² Лекарском прегледу је истекао рок важности 12 дана обзиром да се удес догодио 19.05.2011. године

Укупан налет:	3446:10 часова, 9785 летова
Налет на типу ваздухоплова:	212:40 часова, 334 лета
Налет пилота на типу ваздухоплова	
- у последња 3 месеца:	14:20 часова, 16 летова
- у последњих 30 дана:	4:40 часова, 6 летова
- на дан удеса:	2:40 часова, 1 лет (не рачунајући лет при коме је дошло до удеса)

1.6 Подаци о авиону и погонској групи

1.6.1 Подаци о авиону

Тип авиона:	CESSNA U206G
Серијски број:	U20604279
Произвођач:	CESSNA Aircraft Company, USA
Година производње:	1978.
Потврда о провери пловидбености:	број 1873, издата 17.09.2010. године са роком важења до 17.09.2011. године
Уверење о пловидбености:	број 1873, издато 17.09.2010. године са важењем док га ДЦВ РС не стави ван снаге
Категорија авиона:	општа
Намена авиона:	скакање падобранаца
Власник:	приватно лице
Корисник:	приватно лице ³
Укупан налет од почетка употребе:	6698:06 часова ⁴ (без лета у коме је дошло до удеса)
Укупан налет од последњег ремонта:	186:31 часова (без лета у коме је дошло до удеса)
Укупан број летова од почетка употребе:	непознат
Укупан број летова од последњег ремонта:	134 ⁵ (без лета у коме је дошло до удеса)

Напомена: Авион се до 02.07.2010. године налазио у норвешком регистру цивилних ваздухоплова са регистарском ознаком LN-HOZ. Међутим, према расположивим подацима из документације ваздухоплова и мотора, авион је имао паузу у летењу од 27.08.2003. до 04.08.2010. године.

Из документа "Aircraft Log Book" се види да је авион до 27.08.2003. године имао, уз непознат број летова, укупно 6511:35 часова налета што је Комисија прихватила као чињеницу за обрачун укупног налета авиона.

Као последњи ремонт усвојен је годишњи преглед у обиму 200-часовног прегледа који је обављен у овлашћеној организацији за одржавање "GAS - Aviation" из Смедеревске Паланке (у даљем тексту: Сервис) о чему постоји одговарајуће уверење у "Aircraft Log Book" са датумом 04.06. 2010. године.

³ Приватно лице се као корисник ваздухоплова наводи у "Уверењу о регистрацији" број 1873 које је издао ДЦВ РС, док се у "Оперативном дневнику ваздухоплова" као корисник наводи Падобрански клуб "Сребрни змај". У тренутку удеса авион је летео за потребе предузећа СТС Авијација д.о.о.

⁴ У последњем "Оперативном дневнику ваздухоплова" се као податак наводи 6691:31 часова што је последица грешке у обрачуну налета од 04.08.2010. године.

⁵ У последњем "Оперативном дневнику ваздухоплова" се као податак наводи 124 лета што је последица грешке у обрачуну налета од 04.08.2010. године.

1.6.2 Подаци о мотору

Тип мотора:	IO-520-F, шестоцилиндрични, клипни
Произвођач:	Teledyne Continental Motors, USA
Серијски број мотора:	291054-R
Снага мотора на полетању:	300 KS при 2850 o/min
Номинална снага мотора:	285 KS при 2700 o/min
Датум уградње на авион:	02.03.1994. године ⁶
Укупно време рада:	непознато
Време рада од уградње на авион:	1905:46 часова ⁷
Време рада од последњег генералног ремонта:	186:31 часова (без лета у коме је дошло до удеса)

Напомена: Према документацији мотора он је постављен на авион са регистарском ознаком LN-HOZ као ремонтвани мотор са непознатим временом употребе пре тога. У обрачуну времена рада мотора од уградње на авион постоји извесна неусаглашеност у документацији мотора. Постоје два податка везана за повлачење мотора из употребе због достигнутог часовног ресурса. На једном месту у “Engine Log Book” се наводи да је мотор повучен из употребе 17.03.2003. године са 1707:55 часова рада, а на другом да је повучен из употребе 21.05.2003. године са 1719:15 часова рада.

1.6.3 Подаци о елиси

Тип:	D3A34C404/80VA-0, метална, трокрака
Серијски број:	020137
Произвођач:	Mc Cauley Propeller Systems, USA
Датум уградње на авион:	26.11.2009. године ⁸
Укупно време рада:	4792:06 часова ⁹
Време рада од последњег генералног ремонта:	186:31 часова ¹⁰ (без лета у коме је дошло до удеса)

Напомена: Према документацији елисе, она је ремонтвана у јуну 2002. године када је главчина комплетирана крацима и другим деловима који су преузети са елисе са серијским бројем 794371. Није познато време рада главчине до тог тренутка, а краци и други делови су имали укупно 1150:15 односно 4605:35 часова рада, респективно.

Због продуженог времена складиштења склоп елисе је поново генерално ремонтван у августу 2005. године и у COMPONENT STATUS LIST се овај ремонт наводи као последњи. То значи да код генералног ремонта у Сервису није рађен и ремонт елисе.

1.7 Метеоролошке информације

Није од значаја.

1.8 Навигациона средства и средства комуникације

Није од значаја.

⁶ Према “Engine Log Book” тог датума је генерално ремонтвани мотор постављен на авион са регистарском ознаком LN-HOZ. Није познато на ком ваздухоплову се мотор налазио пре тога.

⁷ Време рада је обрачунато за податак да је мотор повучен из употребе са 1719:15 часова рада.

⁸ Као датум уградње је усвојен датум завршетка генералног ремонта целог авиона.

⁹ За обрачун укупног времена рада је усвојен податак о укупном времену рада делова елисе (4605:35 часова) пре последњег ремонта и дефинисано време рада на авиону CESSNA U206G са регистарском ознаком YU-DNZ.

¹⁰ Податак је дат уз претпоставку да елиса није била у употреби до уградње на авион CESSNA U206G са регистарском ознаком YU-DNZ.

1.9 Подаци о аеродрому

Удес се догодио ван аеродрома.

1.10 Регистратори лета

Авион не поседује регистраторе параметара лета (FDR).

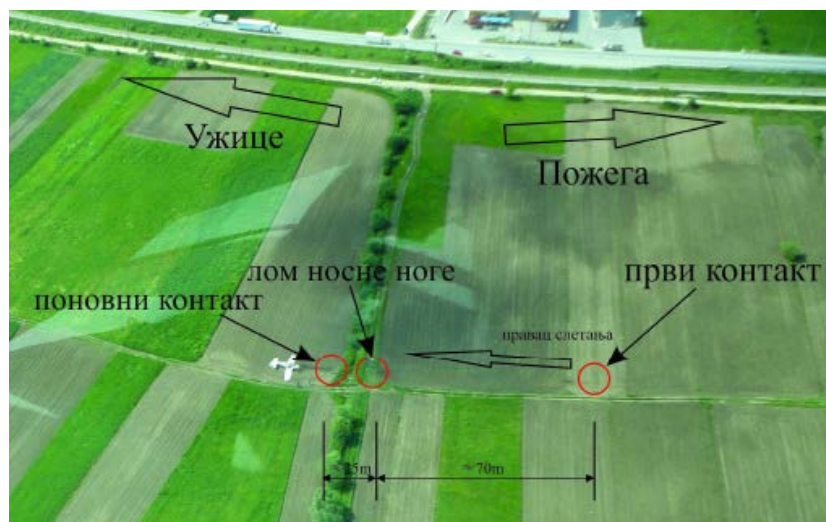
1.11 Стање на месту удеса

Група за увиђај је стигла на место удеса око 19:30 часова, односно око 5 часова после удеса. Место удеса су обезбеђивали припадници МУП – а који су већ изашли на лице места ради провере навода пријаве и утврђивања чињеничног стања.

Групу за увиђај су на лицу места сачекали и пилот и оператор који су после отпуштања из болнице стигли на лице места.

На Слици 1.11.1 је приказан изглед зоне у којој се десио удес снимљен из ваздуха непосредно после удеса. На Слици се види авион преврнут на леђа, а обележене су и карактеристичне тачке, као и процењена растојања.

Група за увиђај је затекла авион преврнут на леђа окренут носом у смеру супротном смеру лета што се јасније види на Слици 1.11.2.



Слика 1.11.1

Група за увиђај је утврдила места првог контакта сва три точка стајног трапа са пољопривредним земљиштем, што је јасно обележено на Слици 1.11.3, а на крају њиве, иза њеног узвишеног обода, је локални земљани пут на коме је нађен поломљени носни точак (види се на Слици 1.11.4). Од места првог контакта па све до краја њиве су јасно видљиви трагови точкова стајног трапа.



Слика 1.11.2



Слика 1.11.3

Иза локалног пута је јарак ширине око 4 метра иза кога је друга њива на којој су од почетка видљиви трагови тачкова главног стајног трапа, а нешто даље (око 3 метра) почиње и траг остатка носне ноге који је “орао” земљу. На Слици 1.11.5 се јасно види траг левог главног тачкова као и “патрљка” носне ноге.

После око 4 метра трајања завршавају се трагови тачкова главног стајног трапа, а траг остатка носне ноге траје око 6 метара, повећавајући при томе своју дубину. У осни трага носног тачкова видљиво је веће удубљење у земљи које је направила капа елисе када се и она, после потпуног уроњавања остатка носне ноге, забрала у тло што је прузроковало ротацију авиона на леђа.

Група за увиђај је извршила визуелни преглед оштећења авиона, а оштећења структуре авиона која су при томе евидентирана су наведена у тачки 1.3 овог Извештаја.



Слика 1.11.4



Слика 1.11.5

Поред авиона су нађени делови мотора који су испали из моторског простора. Те делове је група за увиђај преузела и понела са собом. Због самог положаја авиона није било могуће остварити детаљнији увид у стање мотора, али се видело да су оштећења мотора велика (Слике 1.11.6 и 1.11.7).



Слика 1.11.6



Слика 1.11.7

1.12 Медицински и патолошки подаци

Повреде пилота и оператора су описане у тачки 1.2 овог Извештаја.

На захтев Групе за увиђај полицијски службеници ПУ Ужице су извршили тестирање пилота на присуство алкохола у крви. Алкотест је обављен око 20:30 сати, тј. око 6 сати после удеса.

Алкотест је извршен алкометром марке “Alco Quant 6020” ПН броја 1000329. Приликом алкотеста није утврђено присуство алкохола у крви пилота. Службену белешку о обављеном алкотесту је ПУ Ужице доставила Комисији.

1.13 Подаци о пожару

У удесу није било појаве пожара.

1.14 Аспекти преживљавања

Није применљиво.

1.15 Испитивања и истраживања

Како је Комисија утврдила да је удес проузрокован отказом мотора у лету направљен је програм активности на утврђивању могућег узрока отказа мотора.

Тај програм је обухватио следеће обимне активности:

1. Анализа експлоатационе и ремонтне документације мотора,
2. Утврђивање стања мотора IO-520-F са серијским бројем 291054,
3. Анализа отказа на склоповима и деловима мотора,
4. Фрактографски преглед поломљених делова
5. Анализа резултата фрактографског прегледа,
6. Формулисање вероватног редоследа догађаја који су довели до отказа мотора,
7. Формирање закључака о могућем узроку отказа мотора и
8. Формулисање безбедносних препорука

Активност 2 је обављена у хангару АК “Јасеница” из Смедеревске Паланке, а активност 4 на новосадском ПМФ-у (Департамент за биологију – Универзитетски центар за електронску микроскопију).

1.16 Трагање и спасавање

Није применљиво.

1.17 Подаци о организацији

У тренутку удеса авион је обављао задатке за потребе предузећа *СТС Авијација д.о.о.* из Земуна, ул. Шилерова 54а.

СТС Авијација д.о.о. поседује Уверење ДЦВ-а број АWC-006 за пружање услуга из ваздуха, а авион је био уписан у оперативну спецификацију која је саставни део поменутог Уверења.

2 АНАЛИЗА УДЕСА

2.1 Опште

Делимични отказ мотора због ког је пилот одлучио да принудно слети, лом виљушке носног точка приликом принудног слетања и накнадно превртање авиона на леђа су рад Комисије на анализи удеса усмерила у два правца:

1. утврђивање узрока отказа мотора у лету и
2. утврђивање узрока превртања авиона на леђа.

с тим што је утврђивање узрока отказа мотора у лету захтевало далеко више ангажовања.

Ради утврђивања узрока отказа мотора је урађен цео низ испитивања и истраживања који укључују:

- скидање мотора са авиона,
- утврђивање стања мотора,
- растављање мотора и визуелни преглед његових виталних делова и склопова,
- избор поломљених делова за даља испитивања,
- лабораторијска испитивања преломних површина поломљених делова,
- формулисање вероватног редоследа догађаја који су довели до отказа мотора,
- формирање закључака о могућем узроку отказа мотора,
- формулисање безбедносних препорука и
- анализу експлоатације и одржавања мотора са посебним акцентом на општу оправку мотора.

Пошто је у питању био отказ мотора разматрана је само његова експлоатација и одржавање, а повезивање са експлоатацијом и одржавањем авиона је рађено само када је то било потребно. Поступак приликом принудног слетања је разматран, уз техничке детаље, и са аспекта технике пилотирања и примене прописаних поступака приликом принудног слетања.

2.2 Анализа експлоатације и одржавања авиона и мотора

2.2.1 Расположива техничка документација

Комисија је имала на располагању следећу техничку документацију:

- AIRCRAFT LOG BOOK (Књижица ваздухоплова) за период од 1979. до 27.08.2003. године када је авион био у норвешком регистру цивилних ваздухоплова са регистарском ознаком LN-HOZ (у даљем тексту: документ 1),
- ENGINE LOG BOOK (Књижица мотора) за период од 02.03.1994. до 21.05.2003. године када је мотор био постављен на авион са регистарском ознаком LN-HOZ (у даљем тексту: документ 2),
- AIRCRAFT LOG BOOK (Књижица ваздухоплова) за период од 04.08.2010. до 05.04.2011. године када се авион налазио у српском регистру цивилних ваздухоплова са регистарском ознаком YU-DNZ (у даљем тексту: документ 3),
- JOURNEY LOG BOOK (Оперативни дневник ваздухоплова) за период од 05.04.2011. године до удеса (у даљем тексту: документ 4),
- ENGINE LOG AND MAINTENANCE RECORD (Књижица одржавања мотора) за период од 04.06.2010. године до удеса (у даљем тексту: документ 5) и
- ремонтну документацију мотора (у електронском облику) са генералног ремонта обављеног у Сервису; ова документација се састоји из низа различитих докумената

2.2.2 Подаци о експлоатацији авиона и мотора

Према документу 1, авион Cessna U206G, серијски број U20604279, је од августа 1979. до 02.07.2010. године (при чему је задњи лет имао 27.08.2003. године) био у норвешком

регистру цивилних ваздухоплова са регистарском ознаком LN-HOZ¹¹ (Слика 2.2.1) при чему је укупно налетео 6511:35 часова уз непознат број летова.



Слика 2.2.1

Према документу 2, мотор модела IO520F са серијским бројем 291054 је ремонтован 20.11.1993. године и 02.03.1994. године постављен на овај авион који је тада имао 4642:55 часова налета. Није познато колико је часова мотор радио пре овог ремонта.

Према истом документу, мотор је 28.05.1997. године имао 719:30 часова рада када је скинут са авиона ради прегледа. Поново је враћен на исти авион 14.06.1997. године.

Комисија сматра да је ово скидање мотора са авиона и његов преглед уследило после незгоде¹² коју је авион имао 25.05.1997. године. Тада је током таксирања авион закачио препреку при чему је мало оштетио лево крило, а имао је знатно оштећење главчине и кракова елисе.

У документу 1 се наводи да је 21.05.2003. године када је авион имао 6362:10 часова налета на авион монтиран мотор истог модела са серијским бројем 826610R. То је у потпуној сагласности са податком из документа 1 где се наводи да је тог датума мотор скинут са временом рада мотора 1719:15 часова¹³ (што је потпуно сагласно горе наведеном налету авиона).

Авион је до 27.08.2003. године налетео још додатних 149:25 часова и тако да му је укупни налет био 6511:35 часова.¹⁴

Према документу 3, авион није летео све до 04.08.2010. године. У међувремену је, према документу 5, на њега поново постављен генерално ремонтвани мотор модела IO520F са серијским бројем 291054.

Од тада је, без лета у коме је дошло до удеса, авион имао 186:31 часова налета што одговара и времену рада мотора од генералног ремонта.

2.2.3 Подаци о одржавању мотора пре последњег генералног ремонта

Као што је већ речено, мотор модела IO520F са серијским бројем 291054 је ремонтован 20.11.1993. године.

У документу 2 постоји податак о спроведеним сервисним билтенима и AD-нотама приликом овог ремонта и у даљој експлоатацији мотора.

Такође, у документу 2 постоји евиденција о редовно обављаним 100-часовним прегледима до новог истека ресурса мотора. Нема података о нивоу обављеног прегледа мотора после незгоде из маја 1997. године када је дошло до оштећења елисе.

¹¹ Авион је све време док је био у експлоатацији у Норвешкој био у варијанти стајног трапа са пловцима.

¹² Комисија је податке о овом ванредном догађају нашла у документацији норвешких ваздухопловних власти.

¹³ Овај податак је у одређеној колизији са податком да је последњи генерални ремонт мотора у сервису "GAS Aviation" рађен после 1707:55 часова рада. У документу 2 се наводи ово време рада мотора са датумом 17.03.2003. године када су извршени одређени радови одржавања. Али, према документима 1 и 2 мотор је са авиона скинут 21.05.2003. године после још 11:20 часова рада.

¹⁴ Према доступним подацима авион је 05.10.2003. године био потопљен услед рушења и потапања дока за који је био везан.

У документу 2, ни пре ни после те незгоде приликом прегледа мотора нису евидентирани веће неисправности, осим пред крај експлоатације када су постојали проблеми са цилиндрима 2 и 5 који су отклоњени.

2.2.4 Анализа генералног ремонта мотора

Према ремонтној документацији генерални ремонт мотора у Сервису је рађен у периоду од новембра 2008. до новембра 2009. године. То значи да је од повлачења мотора из употребе (због достизања часовног ресурса) до доласка у Сервис протекло више од 5 година. Није познато да ли је у том периоду мотор био ускладиштен према одредбама SIL99-1.

На захтев Комисије Сервис је доставио документацију о овој општој оправци у електронском облику. У склопу те документације се, између осталог, налазе:

1. AUTHORISED RELEASE CERTIFICATE (Уверење о извршеним радовима) за мотор број 628/08-20 (у даљем тексту: ARC) од 26.11.2009. године са припадајућим документима:
 - Engine Test Log,
 - Листе установљених неисправности са предузетим мерама за њихово отклањање,
 - Извештаји димензионе контроле делова,
 - Извештаји са испитивања делова методама без разарања,
 - AD Compliance Report (Извештај о усаглашености са AD нотама) за мотор,
 - Листа замењених компоненти мотора (број 628/08-03), итд.
2. Aircraft Certificate of Release to Service (Уверење о извршеним радовима) за цео авион (у даљем тексту: CRS) од 04.06.2010. године са припадајућим документима:
 - Component Status List,
 - Листе установљених неисправности са предузетим мерама за њихово отклањање,
 - Извештаји са испитивања делова методама без разарања,
 - AD Compliance Report (Извештај о усаглашености са AD нотама) за цео авион,
 - Листа замењених компоненти авиона, итд.
3. Разне фактуре и наруџбенице моторских компоненти и делова

Према ARC-у, генерални ремонт мотора је обављен у складу са документом OVERHAUL MANUAL FOR IO-520 SERIES AIRCRAFT ENGINES (у даљем тексту: ОНМ) и обавезујућим сервисним билтенем SB97-6А који прописује који се делови обавезно замењују приликом генералног ремонта мотора.

Прегледи делова мотора методама без разарања

Према документацији која је достављена Комисији одређени делови мотора су приликом опште оправке мотора испитани методама без разарања.

Комисија је имала увид у следеће документе:

- одговарајуће Листе прегледа без разарања које је саставио Сервис и
- Извештаји бр. 137/MT/09 и 137/1/PT/09 Завода за испитивање и контролу Института ГОША о испитивања делова методама без разарања

Из поменутих докумената произилази да су магнетним честицама испитивани следећи делови:

1. Коленасто вратило, тј. радилица (Crankshaft) - P/N 649134 и S/N I019315N,
2. Брегасто вратило (Camshaft) – у документима су замењени серијски број и број дела; треба да буде S/N 655384 и P/N 653052,
3. 6 клипњача (Connecting Rod) - P/N 655910 и без S/N,
4. 15 вијака кућишта (Bolt, Thru) - без прецизирања P/N и без S/N,

Испитивање ових делова је у складу са Table XI из ОНМ.

Пенетрантима су испитани следећи делови:

1. 2 полутке кућишта (Crankcase) - P/N LW-18379 и без S/N,

2. 3 носача мотора (Bracket, Engine Mount) - P/N 539518 и без S/N и
3. 1 носач мотора и алтернатора (Bracket, Engine & Alternator Mount) – P/N 634673 и без S/N; у Извештају бр. 137/1/PT/09 је погрешно наведен назив дела

Ови прегледи су показали да код испитиваних делова нису установљене напрелине. У извештајима и у листама постоје одређене непрецизности и неусаглашености које не утичу на закључке обављених прегледа.

Димензиона контрола делова

Према достављеним извештајима произилази да су сви проверавани стари делови, тј. они за које није предвиђена замена приликом ремонта задовољили прописане услове. Другим речима, њихове димензије се налазе у границама прописаним у ОНМ у Table XII.

Нови делови који су уграђени током ремонта

Као што је већ речено, у ARC који је Сервис издао после завршеног генералног ремонта се наводи да је ремонт извршен у скалду са ОНМ и SB97-6A. То би, између осталог, значило и да су сви делови за које је то прописано замењени новим.

У ARC је децидирано наведено да су замењени склопови свих цилиндара (P/N 655469) са одговарајућим серијским бројевима као и хидраулички подизачи усисних и издувних вентила.

Када се погледају подаци у “Листи замењених компоненти” (у даљем тексту: 628/08-03) може се закључити да приликом генералног ремонта нису замењени сви делови који су прописани за замену у SB97-6A.

У 628/08-03 се не наводи да су, од важнијих елемената, замењени и:

- елементи контратегова (Counterweight pins, retaining plates and snap rings)
- вијци кућишта (Crankcase Through Bolts) и
- клинови (Woodroof Keys).

Провера прописаних момената притезања

Током утврђивања узрока отказа мотора Комисија је установила да један од највероватнијих иницијалних догађаја могао бити нарушавање навојне везе на великој песници клипњаче. Ово нарушавање се, у принципу, може десити услед попуштања, тј. лабављења навојног споја услед недовољног притезања или кидана вијака услед преоптерећења уз очувану навојну везу.

Према увиду у стање поломљених и деформисаних делова Комисија је установила да је у питању највероватније било попуштање, тј. лабављење навојног споја које може у коначној варијанти да има за последицу чак и спадање навртке са вијка и све остало што после тога следи.

Због тога је Комисија приликом демонтаже склопова и делова мотора проверила моменте притезања на осталим клипњачама мотора.

У ОНМ (Table XIII) је дефинисан момент притезања на овој вези за обичне крунасте навртке са навојем 7/16-28, тј. са 28 навојака по инчу дужине навоја. Тај момент притезања је $M_{pr} = (425 \div 475) \text{ In.Lbs.}$ ¹⁵

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.

¹⁵ Овај спој се, осим притезањем, од одвијања осигурава и расцепком.

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 им је да, са истим типом навртке, користе вијак P/N 655961.¹⁶ 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 $M_{pr} = (690 \div 710) \text{In.Lbs.}$ ¹⁷

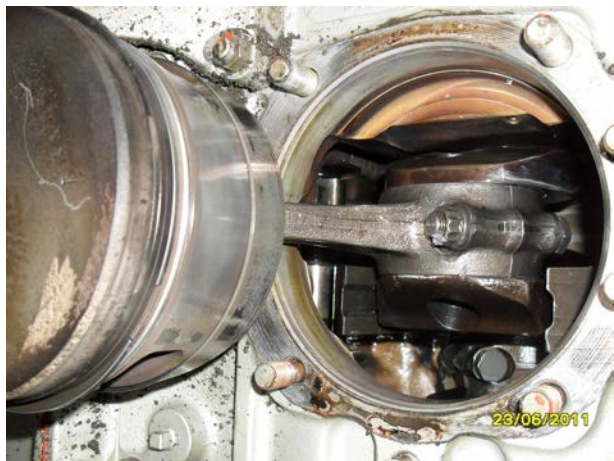
Разлог за овако драстично повећање момента притезања (за преко 50%) је највероватније што код ове везе нема другог осигурања од одвртања осим притезања.

На Сликама 2.2.2 и 2.2.3, које су снимљене током расклапања мотора, се јасно види да су на вези великих песница клипњача коришћене самоосигуравајуће навртке.

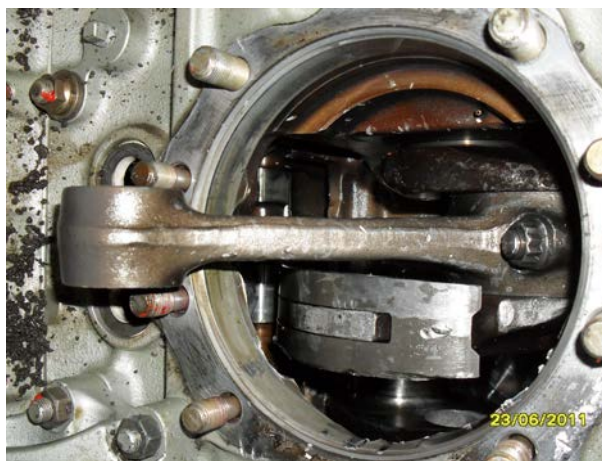
Имајући у виду:

- 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

закључак је да су **све навртке биле недовољно притегнуте** што је могло да изазове њихово одвијање.



Слика 2.2.2



Слика 2.2.3

Осим тога приликом провере моментата притезања Комисија је уочила да су навоји на везама клипњача премазани лепком “Loctite” што би, вероватно, требало да буде додатно осигурање од одвртања. Комисија је сматрала да тај поступак није исправан, па се обратила Сервису за објашњење.

Сервис је упутио Комисију на Service Information Letter (SIL) 99-2B у ком је то, наводно, дефинисано. Међутим, Комисија је установила да тај документ не прописује било какву примену овог лепка на овим навојним спојевима.

2.2.5 Одржавање мотора после генералног ремонта

Подаци о повременим прегледима мотора после генералног ремонта који постоје у документацији мотора су сумирани у Табели 2.2.1. Сви ови прегледи су вршени у већ поменутом Сервису.

¹⁶ Оваква комбинација вијка и навртке са клипњачом P/N 655910 је предвиђена у SB96-7C.

¹⁷ У SB96-7C је и за спој са крунастом навртком нешто повећан прописани момент притезања у односу на ОНМ.

Табела 2.2.1

Датум	ETSON ¹⁸	Ниво прегледа	Напомена ¹⁹
29.10.2010.	21:50 часова	25-часовни	Замена вакуум пумпе и филтера уља, дотезање каиша алтернатора, повећање максималног броја обртаја презубљивањем полуге регулатора,
13.11.2010.	62:38 часова	50-часовни	Замена уља и филтера
23.11.2010.	98:24 часова	100-часовни	Провера AD 77-05-04, замена уља и филтера, уграђена нова бакарна заптивка на чепу за испуштање уља, извршено испитивање компресије мотора
11.04.2011.	153:09 часова	50-часовни	Замена уља и филтера, инсталиране нове заптивке поклопаца вентила на цилиндрима бр. 1, 3, 5 и 6 због цурења уља, регулација затегнутости каиша алтернатора, извршено испитивање компресије мотора

На овим прегледима нису евидентирани неке значајне неисправности у раду мотора. Међутим, у документу 4 је евидентирано да је током једног летачког дана (током којег је авион имао три лета) “два пута мотор затресао у току лета”.²⁰ Осим податка да је мотор издрениран, нема других података да ли је још нешто предузето.

2.2.6 Одржавање мотора по сервисним билтенима и AD - нотама

У документу 2 постоје подаци о спроведеним AD-нотама током експлоатације мотора до 2003. године. С друге стране, Комисији је на располагању био документ AD Compliance report од новембра 2009. године у коме је током последњег генералног ремонта мотора евидентирана усклађеност са AD-нотама за мотор.

У Табели 2.2.2 су дате важеће AD-ноте за мотор са подацима о њиховом спровођењу.

На одговарајућем сајту произвођача мотора постоји 21 важећа AD – нота за овај тип мотора. Ове ноте су наведене у Табели 2.2.2 под редним бројевима 1 – 14, 16,17 и 19 - 23.

На сајту не постоје AD – ноте под редним бројевима 15 и 18, али оне постоје у AD Compliance report.

У заградама су дате AD – ноте које су својевремено важиле, а касније су замењене другим AD – нотама.

Као што се види из Табеле 2.2.2 највећи део ових нота је спроведен, а оне за које не постоји податак да су спроведене иначе нису применљиве за овај мотор.

¹⁸ ETSON – време рада мотора после генералног ремонта

¹⁹ Наведени су обављени радови на мотору током прегледа

²⁰ Ово је евидентирано на првом листу документа 4 при чему није уписан датум лета. На следећем листу је уписан датум 13.05.2011. године.

Табела 2.2.2

Редни број	Документ	Спроведено или евидентирано	Предузете мере ²¹
1.	AD 70-14-07	20.11.1993.	Стављен нови део
		21.11.2009.	Евидентирано спровођење
2.	AD 77-05-04	20.11.1993.	Стављен нови део
		21.11.2009.	Проверено прегледом
		23.11.2010.	Поново проверено
3.	AD 77-13-22 R1	20.11.1993.	Стављен нови део
		21.11.2009.	Проверено прегледом
4.	AD 79-05-09	20.11.1993.	Стављен нови део
		21.11.2009.	Н/П према серијском броју мотора
5.	AD 80-01-04	21.11.2009.	Н/П према типу цилиндара
6.	AD 81-24-06	20.11.1993.	Провера притезања
		21.11.2009.	Н/П према новој горивној пумпи
7.	AD 86-13-04 R3	20.11.1993.	Стављен нови део
		21.11.2009.	Н/П према типу цилиндара
8.	AD 88-03-06	20.11.1993.	Стављен нови део
		21.11.2009.	Н/П према типу уљног филтера
9.	AD 91-19-03	20.11.1993.	Замењен филтер за уље
		21.11.2009.	Проверено прегледом
10.	AD 93-08-17	20.11.1993.	Визуелни преглед
		02.03.1994.	
		21.11.2009.	
11.	AD 93-10-02	20.11.1993.	Н/П према серијском броју мотора
		02.03.1994.	Н/П према серијском броју мотора
		21.11.2009.	Проверено
12.	AD 95-21-15 (AD 94-14-12)	21.11.2009.	Проверено прегледом
13.	AD 97-26-17 (AD 87-23-08)	10.06.1998., 21.11.2009. (20.11.1993., 10.06.1998.)	Н/П према моделу коленастог вратила
		10.06.1998.	
14.	AD PL98-01-08	21.11.2009.	Н/П према моделу уграђеног дела
		05.08.1999.	
15.	AD 98-17-11	21.11.2009.	Н/П према моделу мотора и уграђеног дела
		21.11.2009.	
16.	AD 99-19-01 (AD 99-09-17)	21.11.2009.	Н/П према серијском броју мотора и радилице
17.	AD 2000-23-21 (AD 2000-08-51)	21.11.2009.	Н/П према серијском броју мотора и радилице
18.	AD 2004-08-10	21.11.2009.	Н/П према моделу цилиндара
19.	AD 2007-04-19 R1	Нема података	Н/П према моделу цилиндара
20.	AD 2009-16-03	21.11.2009.	Н/П према моделу цилиндара
21.	AD 2009-19-07	21.11.2009.	Н/П према моделу цилиндара
22.	AD 2009-24-52 (AD 2009-24-51)	Нема података	Н/П према моделу подизача вентила
23.	AD 2010-11-04	Нема података	Н/П према моделу подизача вентила

2.3 Утврђивање узрока отказа мотора

Комплетан технички елаборат о анализи узрока отказа мотора дат је у Прилогу 1 овог Извештаја. У овом делу Извештаја су издвојене најважније чињенице из тог елабората.

2.3.1 Стање мотора после удеса

Визуелни преглед спољашњег стања мотора са подсклоповима и деловима је био почетна фаза у истраживању узрока удеса. Изглед спољашњих оштећења на мотору приказан је на Слици 2.3.1.

²¹ Н/П = није применљиво



Слика 2.3.1

Детаљним спољашњим прегледом мотора и елисе констатовано је велико оштећење левог и десног кућишта мотора у пределу испред дистрибутера горива које се јасно види на Слици 2.3.1, оштећење елемената везе дистрибутера горива и горивних цевчица са деловима кућишта и оштећења кракова елисе услед превртања авиона.

Такође је извршена и:

- провера комплета цевовода и цревовода горивне инсталације при чему нису евидентирана оштећења и цурења, а све стеге су биле прописно причвршћене.
- преглед команди мотора на којима нису евидентиране деформације и оштећења; команде имају лаган и пун ход и правилно су осигуране.
- преглед свих цилиндара мотора при чему нису забележене промене боје, прскотине и трагови прегревања, пропуштања уља или издувних гасова
- провера причвршћености електричних проводника и прикључака издувних цеви; стање исправно
- преглед носача мотора, окова за везу, елемената за причвршћење и гумених амортизера при чему нису евидентиране деформације и прскотине, а сви вијци су били притегнути и осигурани
- провера затегнутости ремена генератора - стање исправно
- преглед елисе - сви вијци на конусној облози су били правилно притегнути, а кракови елисе су оштећени у контакту са земљом.

После визуелног прегледа уследило је скидање моторских агрегата и њихова провера. Са кућице погона агрегата скинути су 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 и вакуум пумпа.

На основу њихове провере закључено је:

- 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, може се констатовати исправан рад система за подмазивање.
- Нађене насlage кокса у цилиндарском простору су у дозвољеним границама што потврђује да је систем за паљење смеше и квалитета убризгавања горива радио исправно до тренутка удеса.

Након провере агрегата са полутки кућишта мотора, скинути су и проверени следећи склопови: комплет дефлектора са цревима за довод ваздуха на агрегате, таложник за уље са мерачем нивоа, поклопци глава и цилиндара, цеви са шипкама подизача вентила, склоп издувних цеви, склоп усисних цеви и уљни хладњак.

На основу њихове провере закључено је:

- Сви скинути делови мотора су без оштећења,
- Механизам за отварање и затварање усисних и издувних вентила ради исправно,
- Сви скинути склопови мотора, до тренутка удеса, радили су исправно.

При комисијском растављању мотора, посебна пажња је усмерена на:

- проверу прописаних момената притезања,
- правилну монтажу елемената мотора (цилиндара, клипова, клипних прстенова, клипњача, коленастог вратила са лежајевима, брегасте осовине ...),
- стање делова мотора који се подмазују (лежајеви, зупчаници, клипови са осовиницама клипова, ...),
- изглед делова мотора који су пронађени у таложнику мотора након растављања

Закључено је следеће:

- Сви навојни спојеви на клипњачама су били притегнути моментима притезања прописаним у ОНМ осим горње навртке на првој клипњачи која је била притегнута нижим моментом притезања.²² У току демонтаже клипњача са радилице, констатовано је да су при одвијању навртки навоји били премазани лепком Loctite.
- Сви делови су били правилно постављени.
- Прегледом свих цилиндара, клипова, осовиница клипова, летећих и лежећих лежајева, тј. подмазиваних делова констатовано је да нема трагова трошења и прегревања
- Прегледом таложника уља, констатовано је присуство следећих делова мотора: делови клипа четвртог цилиндра, делови карике клипа четвртог цилиндра, доња полутка клипњаче четвртог цилиндра мотора, плочица, осигурач и осовиница противтега радилице.

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.

2.3.2 Анализа узрока великих оштећења

Клипњача

Деформисана клипњача цилиндра број 4 је пронађена још током увиђаја на месту удеса. Тада је нађена и осовиница клипа са деловима клипа који су испали из кућишта мотора.

Детаљним прегледом клипњаче констатована су следећа карактеристична оштећења:

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

Ова оштећења су приказана на Слици 2.3.2.

Закључено је да су наведена оштећења последица контакта клипњаче са оба противтега радилице и контакт осовинице клипа са дном кошуљице цилиндра.

На основу установљеног одвајања велике песнице клипњаче од радилице Комисија сматра да то може да се деси само ако дође до нарушавања навојне везе вијак – навртка клипњаче.

²² Проблематика притезања ових спојева је детаљно анализирана у тачки извештаја *Провера прописаних момената притезања* у оквиру одељка 2.2.4.



Слика 2.3.2

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 2.3.3 и 2.3.4.



Слика 2.3.3



Слика 2.3.4

Како је клипњача изложена великим наизменично променљивим оптерећењима услед гасних и инерцијалних сила, свака промена у поменутој навојној вези може да изазове хаварију непредвидивих размера.

Након детаљне визуелне дијагностике пронађених делова мотора констатовано је следеће:

- На јако деформисаној доњој полутки клипњаче цилиндра број 4, уочавају се трагови уздужног кретања подешеног вијка (Слика 2.3.5). Овај отисак указује да је прво дошло до ослобађања везе доњи вијак–навртка клипњаче.

Како је доња полутка клипњаче једним крајем постала слободна, а клипњача трпи велика наизменична променљива оптерећења, полако долази до „отварања” велике песнице. При кретању клипа у унутрашњу мртву тачку радилица врши притисак на доњу полутку клипњаче и оптерећује вијке на истезање. На Слици 2.3.6 је приказан положај (неоштећеног) вијка на споју оштећене клипњаче и њене оштећене доње полутке.



Слика 2.3.5



Слика 2.3.6

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 $n = 2300 \text{ o/min}$, 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.

- 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, могуће је да због испадања или пуцања унутрашњег осигурача и поклопца, осовиница исклизне из чауре и омогући противтегу да се несметано креће по међупростору мотора.

Пуцање клипа

Сам клип је најосетљивији са аспекта термомеханичких оптерећења, јер је у целом склопу који чине клип, осовиница и клипњача он израђен од материјала најслабијих механичких карактеристика.²³

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 је у овом случају дошло до отварања велике песнице то је проузроковало неконтролисано кретање клипњаче по непредвидивој путањи. Та комбинација великих наизменично променљивих оптерећења са одступањима путање клипњаче од нормалне путање довела је до пуцања клипа (Слика 2.3.7).

Клип је пукао на месту отвора за подмазивање где је и највећа концентрација напона (Слика 2.3.8).



Слика 2.3.7



Слика 2.3.8

Изглед преломне површине тела клипа нема карактеристике лома на замор, већ чистих прекидних кртих ломова насталих као последица нерегуларних услова оптерећења склопа клипа.

Испадање осовинице противтега

Да би се одстраниле торзионе вибрације мотора, постављени су динамички противтегови на коленастом вратилу. Током прегледа мотора је установљено испадање осовинице противтега баш на месту четвртог цилиндра. То место се види на Слици 2.3.9.

²³ Клип је израђен од легура алуминијума, осовиница клипа од челика за цементацију, а клипњача од високо легираног челика за побољшање.



Слика 2.3.9



Слика 2.3.10

Визуелним прегледом оштећеног противтега утврђено је да у њему недостаје чаура и одговарајућа осовиница. На основу стања пронађених елемената за везу противтег-радилица (Слика 2.3.10) констатовано је да је због пластичне деформације противтега услед контаката са клипњачом дошло до пуцања и испадања унутрашњег осигурача (поломљена ушица), заштитне плочице и осовинице противтега.

2.3.3 Основни резултати фрактографског испитивања

На испитивање су послати следећи поломљени делови:

- Поломљени вијци са велике песнице клипњаче цилиндра број 4,
- Неполомљени вијци са велике песнице недеформисане клипњаче,
- Узорци отвора за вијке на поломљеној великој песници и
- Узорци поломљеног клипа и карике

Циљ испитивања је био утврђивање механизма лома код поломљених делова и редослед њиховог догађања.

Фрактографски преглед је рађен на скенинг електронском микроскопу (СЕМ) са енергодисперзивним анализатором X-зрака.

Детаљни резултати овог испитивања и њихова анализа су дати у Прилогу 2 овог извештаја, а овде су приказани само најважнији закључци.

Прегледом преломних површина поломљених вијака са велике песнице клипњаче цилиндра број 4 констатовано је да је код доњег вијка присутан заморни карактер лома скоро по целој површини. Код горњег вијка исте клипњаче није уочено присуство замора, већ је у питању статички лом.

Код клипа су на месту иницијалног лома уочене стрије карактеристичне за заморни лом, али су на остатку преломне површине уочене карактеристике статичког лома.

Описане карактеристике указују да је прво дошло до лома доњег вијка велике песнице клипњаче, док је код горњег вијка на истом месту и клипа лом наступио касније.

На спољашњој површини доњег вијка код места заморне прслине уочено је присуство корозионих “pitting” оштећења приближно истог нивоа као код неполомљених вијака што указује да је при заморном лому доњег вијка значајну улогу имало механичко или термомеханичко оптерећење.

2.3.4 Највероватнији узрок 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.²⁴

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 константни обртни моменат коленастог вратила при константном режиму рада мотора.
3. У насталим нерегуларним условима експлоатације, доњи вијак трпи далеко већа оптерећења од оних у нормалној експлоатацији. Он је, уз истезање, додатно изложен и савијању.
4. 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.

²⁴ 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.

- При томе откинута 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.
- 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 клипњача бива избачена кроз блок мотора напоље.

2.3.5 Произашли закључци

Наведени узрок отказа у потпуности одговара утврђеном стању мотора и утврђеној ситуацији приликом увиђаја на лицу места. После почетних дешавања отказ мотора 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.
- Отказ мотора 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 опилци) и количина уља у таложнику, нису захтевали посебну анализу узорака уља.

2.4 Узрок претурања авиона на леђа

На Слици 2.4.1 је шематски приказано кретање авиона од тренутка кад је додирнуо тло, па до претурања на леђа.



Слика 2.4.1

Према изјави пилота авион је у тренутку првог контакта са тлом имао брзину око 65 Kts, што значи да је почетна брзина авиона при кретању по тлу

$$v_0 \approx 33,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Авион је до удара о увзишени обод њиве прешао пут $s \approx 70 \text{ m}$.

Током кретања по тлу на авион делује само сила трења котрљања између точкава и тла и, евентуално, сила кочења на точковима о чему нема поузданих података (не зна се да ли је пилот користио кочнице током кретања по тлу). Убрзање авиона током кретања по тлу добија се из II Њутновог закона

$$m \cdot a = -F_{tr}$$

Сила трења F_{tr} је пропорционална маси авиона (m) и коефицијенту трења котрљања (f_{kot}) који је знатно мањи од одговарајућег коефицијента трења клизања.

$$F_{tr} = m \cdot g \cdot f_{kot}$$

Према подацима из литературе вредност коефицијента трења котрљања точка по ораници се креће у границама $f_{kot} = 0,120 \div 0,180$. Уз повећање дате максималне вредности за 100% због евентуалног кочења на точковима, добија се да се авион кретао са негативним убрзањем

$$a = -2 \cdot f_{kot} \cdot g \approx -2 \cdot 0,18 \cdot 10 = -3,6 \frac{m}{s^2}$$

Са овом вредношћу убрзања и коришћењем везе

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s$$

добија се брзина авиона у тренутку удара о ивицу њиве

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s} = 24,6 \frac{m}{s}$$

Максимална маса авиона је $m_{max} = 3600 \text{ lbs} \approx 1630 \text{ kg}$. Међутим, уз претпоставку да је авион у тренутку принудног слетања имао мању масу $m = 3000 \text{ lbs} \approx 1360 \text{ kg}$, кинетичка енергија у тренутку наилаaska на препреку је била

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \approx 410 \text{ kJ}$$

Уз претпоставку да је приликом лома носног точка авион изгубио 10% кинетичке енергије авион је после лома носног точка имао кинетичку енергију

$$E_k^{(1)} = 0,90 \cdot E_k \approx 369 \text{ kJ}$$

што одговара брзини

$$v_1 = \sqrt{\frac{2E_k^{(1)}}{m}} = 23,3 \frac{m}{s}$$

Овом претпостављеном брзином је авион наставио да се креће после лома точка још око 25 m док се капа елисе није забила у земљу и авион почео да се обрће око те тачке.

Уз претпоставку да је коефицијент трења током овог кретања био дупло већи него у првом случају, тј. $f_1 = 2 \cdot 0,36 = 0,72$ авион се кретао са убрзањем

$$a_1 = -f_1 \cdot g \approx -7,2 \frac{m}{s^2}$$

То значи да је непосредно пре почетка ротације око капе елисе авион имао брзину

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2 \cdot a_1 \cdot s_1} = 13,5 \frac{m}{s}$$

што одговара кинетичкој енергији

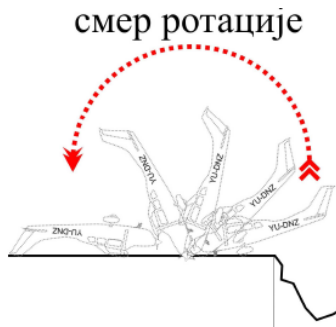
$$E_k^{(2)} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 \approx 124 \text{ kJ}$$

У тренутку забадања капе елисе у тло авион прелази у ротацију око те тачке (Слика 2.4.2).

Угаона брзина којом авион ротира се добија из претпоставке да (без губитака) цела кинетичка енергија праволинијског кретања прелази у кинетичку енергију ротације.

Кинетичка енергија при обртању је

$$E_k^{rot} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2$$



Слика 2.4.2

Ако авион поједностављено посматрамо као штап који се обрће око једног свог краја момент инерције авиона за осу обртања је

$$J = \frac{1}{3} \cdot m \cdot L^2$$

где је $L \approx 8,5 \text{ m}$ - дужина авиона.

Из једнакости $E_k^{(2)} = E_k^{\text{rot}}$ се добија почетна угаона брзина при ротацији

$$\omega_0 = \frac{v_2}{L} \sqrt{3} = 2,75 \text{ s}^{-1}$$

Угаоно убрзање α којим се одвија ротација се добија из везе

$$J \cdot \alpha = M$$

где је M момент свих спољашњих сила за осу ротације.

У овом случају на авион приликом ротације делује само тежина авиона. Ако усвојимо да она делује на половини дужине авиона, горња једначина се трансформише

$$\frac{1}{3} \cdot m \cdot L^2 \cdot \alpha = -m \cdot g \cdot \frac{L}{2}$$

Одавде добијамо почетно угаоно убрзање

$$\alpha_0 = -\frac{3}{2} \cdot \frac{g}{L} = -1,77 \text{ s}^{-2}$$

Ово убрзање се постепено смањује пошто се смањује и крак тежине авиона. За даљу анализу је усвојено да је средње угаоно убрзање којим авион ротира једнако

$$\alpha = \frac{1}{3} \alpha_0 = -0,59 \text{ s}^{-2}$$

Да би се авион преврнуо на леђа потребно је да његова угаона брзина када авион дође у вертикални положај буде већа од нуле. Тада авион наставља да се обрће под дејством гравитације. Уколико пре достизања вертикалног положаја угаона брзина авиона постане $\omega = 0$, авион би се под дејством сопствене тежине вратио у “нормалан” положај, тј. са точковима на тлу.

Уз све наведене претпоставке када авион дође у вертикални положај, тј. када се обрне за угао

$\varphi = 90^\circ = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$, његова угаона брзина би била

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \varphi} = 2,39 \text{ s}^{-1} > 0$$

што значи да наставља даљу ротацију до претурања на леђа²⁵.

Овај прорачун показује да при брзини слетања и условима под којима се даље кретао није било могуће избећи претурање авиона на леђа.

²⁵ Комисија сматра да су све усвојене претпоставке на страни сигурности, односно да је авион при доласку у вертикални положај имао већу угаону брзину од прорачунате.

2.5 Анализа организације летења

У тренутку удеса авион је обављао задатак за потребе предузећа *СТС Авијација д.о.о.* из Земуна, ул. Шилерова 54а.

СТС Авијација д.о.о. поседује Уверење ДЦВ-а број АВС-006 за пружање услуга из ваздуха, а авион је био уписан у оперативну спецификацију која је саставни део поменутог Уверења.

Пилот је за лет у коме се догодио удес имао налог за лет бр. 44/11. Налог се односио на пилота и оператера који су се и налазили у авиону, али у рубрици “(датум, место, време и опис лета)” није било никаквих података.

Према писменој изјави пилота, он је на извршној припреми по добијању налога за лет детаљно упознат са организацијом летења, метеоролошком ситуацијом и маршрутом.

Пошто су авиони на задатку летели у групи, пилот је о отказу мотора и намери да принудно слети одмах обавестио вођу групе.

3 ЗАКЉУЧЦИ

3.1 Закључци везани за управљање авионом

- 3.1.1 Авион је био регистрован и пловидбен у моменту удеса.
- 3.1.2 Пилот је био квалификован за извршење задатка.
- 3.1.3 Пилоту је на дан удеса 12 дана истекла важност последњег медицинског прегледа
- 3.1.4 Од тренутка делимичног отказа мотора пилот је правилно поступао примењујући поступке који су предвиђени у оваквој ситуацији.
- 3.1.5 Управљање авионом је било потпуно исправно и примерено датој ситуацији.
- 3.1.6 Услед врло отежане прегледности због моторског уља које је истицало из мотора и прекрило готово комплетну површину ветробранског стакла, није било могуће избећи неравнине на неприпремљеном терену (пољопривредном добру-њиви) за принудно слетање.
- 3.1.7 При брзини којом је авион слетео и условима под којима се даље кретао није било могуће избећи претурање авиона на леђа.

3.2 Закључци везани за одржавање мотора

- 3.2.1 Увид у техничку документацију је указао да је мотор, генерално, одржаван у складу са одговарајућим прописима што подразумева редовно обављање повремених прегледа и усклађеност са AD-нотама и сервисним билтенима. Уочени пропусти током ових прегледа нису имали утицај на отказ мотора.
- 3.2.2 У техничкој документацији ваздухоплова Комисија је установила да је неколико дана пре удеса авион имао проблем са мотором (“два пута мотор затресао у току лета”). Међутим, нема података о предузетим мерама, осим дренирања горива.
- 3.2.3 Комисија није имала начина да се увери да је мотор после повлачења из употребе 2003. године био конзервиран и ускладиштен у складу са SIL99-1.
- 3.2.4 Последњи генерални ремонт мотора је урађен по истеку часовног ресурса мотора.
- 3.2.5 По питању последњег генералног ремонта мотора Комисија издваја следеће закључке:
 - Према документу Сервиса 628/08-03 приликом генералног ремонта нису замењени сви делови које прописује тада важећи сервисни билтен SB97-6A
 - Моменти притезања на вијчаним везама великих песница свих клипњача су знатно нижи (око 30%) од момената притезања који су за одговарајући модел клипњаче и везних елемената прописани сервисним билтеном SB96-7C

3.3 Закључци везани за отказ мотора

- 3.3.1 До отказа мотора је дошло после свега 186:31 часова (без лета у коме је дошло до удеса) после генералног ремонта мотора.
- 3.3.2 Отказ мотора је настао услед хаварије у цилиндру број 4 која се манифестовала одвајањем клипњаче од коленастог вратила, пуцањем клипа и одвајањем противтега између трећег и четвртог цилиндра.
- 3.3.3 Делимични отказ мотора је био инициран попуштањем, односно лабављењем доње вијчане везе на великој песници клипњаче што је највероватније проузроковано њеним недовољним притезањем приликом генералног ремонта мотора.
- 3.3.4 Резултати провере и прегледа свих осталих склопова, агрегата и моторских система указују на њихов исправан рад до тренутка отказа мотора.
- 3.3.5 Вијци на вези велике песнице клипњаче су урађени од челика за побољшање са нивоом тврдоће при коме су осетљиви на деловање корозије што може да буде неповољно у комбинацији са високим термомеханичким оптерећењима.

4 УЗРОК УДЕСА

4.1 Непосредни узрок удеса

Непосредни узрок удеса је отказ мотора у лету. До отказа је дошло услед великих оштећења на склопу цилиндра број 4 која су највероватније иницирана одвајањем везе велике песнице одговарајуће клипњаче услед недовољног момента притезања ове везе. Затим су на клипњачи, клипу и другим елементима мотора уследили догађаји који су детаљно објашњени у овом Извештају

4.2 Посредни узрок удеса

Приликом отказа мотора је дошло до наглог губљења његових перформанси тако да је пилот одлучио да се принудно спусти у чему га је ометало моторско уље које је постепено прекрило готово цео ветробран, тако да је осматрање и процену погодности терена за ванаеродромско слетање могао вршити само кроз бочне прозоре.

Посредни узрок удеса је лом носног точка стајног трапа приликом принудног слетања што је, уз брзину слетања и све услове под којима се даље кретао, проузроковало превртање авиона на леђа које је само сплетом срећних околности прошло без тежих последица.

5 БЕЗБЕДНОСНЕ ПРЕПОРУКЕ

Да би се избегло да до удеса поново дође услед истих и сличних узрока, Комисија предлаже безбедносне препоруке:

ДИРЕКТОРАТ ЦИВИЛНОГ ВАЗДУХОПЛОВСТВА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

04/11-1: Са овим Извештајем упознати све аероклубове који се баве организацијом спортског и аматерског летења.

04/11-2: Са овим Извештајем упознати произвођача мотора, при чему му посебно скренути пажњу на закључак 3.3.5 ради евентуалног предузимања корективних мера.

04/11-3: Одговарајућа стручна служба ДЦВ-а треба одмах да наложи ванредну проверу момената притезања на клипњачама свих ремонтваних мотора, чији је произвођач Continental, а који се налазе на ваздухопловима који су у експлоатацији независно од тога ко је обавио ремонт мотора.

СЕРВИС ЛАКЕ АВИЈАЦИЈЕ GAS-AVIATION Д.О.О., СМЕДЕРЕВСКА ПАЛАНКА

04/11-4: Код свих мотора који се налазе на генералном ремонту, а чији је произвођач Continental, извршити проверу свих прописаних момената притезања вијчаних спојева.

04/11-5: Појачати техничку контролу извршених радова приликом генералног ремонта мотора уз стриктно поштовање тренутно важећих прописаних приручника и сервисних билтена.

ПРЕДУЗЕЋЕ СТС АВИЈАЦИЈА Д.О.О. ИЗ ЗЕМУНА, УЛ. ШИЛЕРОВА 54А

04/11-6: Успоставити систем који ће водити рачуна о важењу дозвола и овлашћења летачког особља.

6 ИЗДВОЈЕНА МИШЉЕЊА

Није било издвојених мишљења чланова Комисије.

ПРЕДСЕДНИК:

.....
мр Владан Величковић, дипл.инж.

ЧЛАНОВИ:

.....
Сава Секулић, дипл.инж.

.....
Иво Блацић, дипл.инж.

.....
Томислав Бећаговић, опитни пилот

ПРИЛОЗИ

- 1. ИСПИТИВАЊЕ УЗРОКА ОТКАЗА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054 СА АВИОНА CESSNA U206G, рег. ознаке YU-DNZ**
- 2. ИЗВЕШТАЈ О ФРАКТОГРАФСКОМ ИСПИТИВАЊУ ПОЛОМЉЕНИХ ДЕЛОВА МОТОРА CONTINENTAL IO-520-F, сер. бр. 291054, СА АВИОНА CESSNA U206G, рег. ознаке YU-DNZ**