

Dažāda tipa un nozīmes BPLA bāzes konfigurāciju šasijas pārskats

Alexander Urbach¹, Vladimirs Petrovs², Antons Rjabuha³, *Riga Technical University*¹⁻³

Kopsavilkums. Pēdējo gadu laikā aviācijas un kosmiskajā nozarē vērojams patiešams bezpilota lidaparātu (BPLA) attīstība. Dažādu veidu un dažādas nozīmības izstrādes prezentē gan lielās lidaparātu ražošanas kompānijas, gan nelielas firmas, kas specializējas inovatīvu risinājumu izstrādē. Pasaules līderi bezpilota lidaparātu ražošanas jomā ir tādas valstis kā ASV, Izraēla un Eiropas valstis.

Lidaparātu veidu dažādība un izpildāmo funkciju daudzveidība kalpo par iemeslu tam, lai pacelšanās un nolaišanās drošība pastāvīgi būtu šo aparātu šasijas izstrādātāju uzmanības centrā.

Atslēgas vārdi: bezpilota lidaparāts, šasija, pārviegļa hidrolidmašīna, redāns.

IEVADS

Lidaparāta šasija ir LA konstrukcijas daļa, kas nodrošina tā pārvietošanos lidlaukā pacelšanās un nolaišanās laikā un slāpē sitienus pret zemes virsmu, kas neizbēgami rodas nolaišanās brīdī.

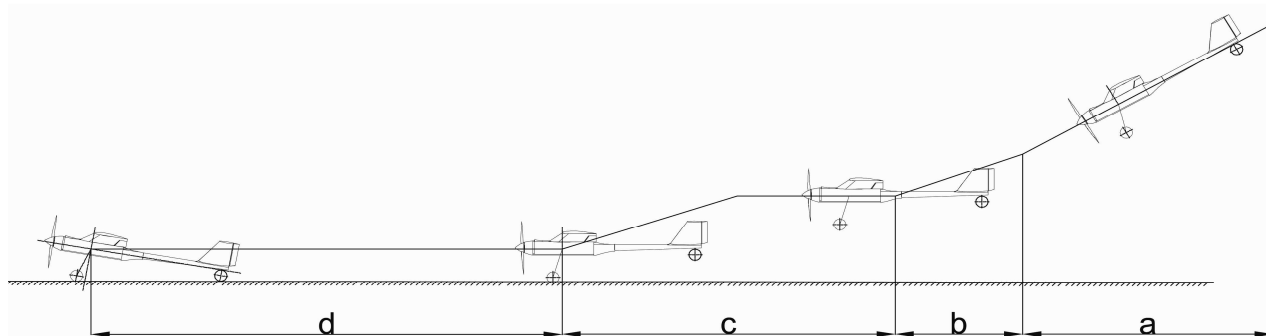
Vieglās un pārvieglās aviācijas īpatnība ir tā, ka lidaparātu šasijas konstrukcijas, kā likums, netiek veidotas un izstrādātas tieši konkrētam aparātam, bet tiek aizgūtas no jau esošajiem LA, motocikliem un automobiļiem [1]. Šie varianti nespēj būt optimāli, jo minētās ierīces atšķiras savā starpā pēc izmēra,

pretestība; konstrukcijas augsts tehnoloģiskums un labas ekspluatācijas īpašības.

I. PĀRVIEGLO LIDAPARĀTU ŠASIJAS PAMATSHĒMAS

LA šasijas shēmu raksturo parametri, kas nosaka balstu stāvokli attiecībā pret lidmašīnas masas centru. PLA pielieto trīsbalstu šasijas konstrukciju ar priekšējo vai pakaļējo balstu, vai arī divbalstu (velosipēda veida) konstrukciju. Atsevišķos gadījumos PLA konstrukcijā izmanto vienriteņa šasijas, pludiņus, slēpes vai daudzbalstu šasijas. Mūsdienās dažādos konstruktoru birojos, kas nodarbojas ar BPLA izstrādi, aizvien lielāka uzmanība tiek veltīta tam, lai bezpilota lidmašīnas spētu pildīt vienlaikus vairākas funkcijas, proti, tam, lai BPLA būtu iespējams izmantot visdažādākajos apstākļos un dažādos ģeogrāfiskajos rajonos ar atšķirīgām zemes virsmas raksturīpašībām. Šis faktors tieši nosaka nepieciešamību pēc pacelšanās–nolaišanās daudzfunkcionālo sistēmu izstrādes. Ja PLA dzinēja vilkme ir pietiekama, tad dzinēju ir iespējams palaist manuāli vai ar katapultas palīdzību. Taču tādā gadījumā aparāts nolaižas „uz vēdera” vai arī tikai ar izpletņa palīdzību.

Bezpilota lidaparāti sadalās grupās atkarībā no šādiem savstarpēji saistītajiem parametriem, kā: masa, lidojuma laiks,



1.att. Lidmašīnas nolaišanās shēma: a – planēšana; b – izlīdzināšanās; c – izturēšana; d – piezemēšanās un skrējieni

svara, nozīmes, kustības virziena utt. Līdz ar to kļūst acīmredzama nepieciešamība attīstīt pārvieglo lidaparātu (PLA), tostarp arī bezpilota, šasijas projektēšanas metodiku.

Projektējot minēto lidaparātu šasiju, ir jārespektē planiera konstrukcijas ģeometrijai izvirzāmās prasības, pielietojamo materiālu raksturīpašības, ārējos apstākļus, iedarbības un daudz ko citu. Tāpat šasijas konstrukcijai ir jāatbilst vispārējām prasībām, kas tiek izvirzītas lidmašīnas visiem agregātiem, t.i., konstrukcijas minimālā masa pie noteiktās stiprības, stingruma un ilgizturības; zema aerodinamiskā

tālums un augstums. Ir „mikro” klases aparāti ar masu līdz 5 kg, „mini” – ar masu līdz 20 kg, vidējie („midi”) – līdz 50 kg un vairāk, un smagie (līdz vairākām tonnām). Atkarībā no klases bezpilota lidaparātiem var būtiski atšķirties pacelšanās–nolaišanās sistēmas veids, šasijas komponējums un konstrukcija.

II. DAŽĀDA VEIDA UN DAŽĀDAS NOZĪMES BPLA ŠASIJAS BĀZES KONFIGURĀCIJU PĀRSKATS

Aplūkosim planiera ar maksimālo pacelšanās masu 5 kg šasijas pamatslēmas.

Šasijas galvenie parametri, kas nodrošina PLA stabilitāti un vadāmību pacelšanās vai nolaišanās procesā, kā arī nosaka tās komponējumu uz lidmašīnas, ir: lidmašīnas smaguma centra izvietojums, nosēšanas, stāvēšanas un pretkūleņošanās leņķi, galveno un palīgbalstu izvērījuma leņķi, šasijas bāze, šasijas augstums un slīdes lielums.

Orientējoši šasijas bāzes rādītāju (b_{sh}), attālumu starp priekšējā un šasijas galveno riteņu asīm nosaka, izmantojot šādu vienādtību (sk. 1. formulu).

$$b_{sh} = (0,3...0,4)L_f \quad (1)$$

kur

L_f – fizelāžas garums, ko nosaka PLA planiera iepriekšējā ģeometrija.

Priekšējā riteņa izvērījums (e_{fst}) ir attālums starp vertikāli, kas iet caur lidmašīnas smaguma centru un priekšējā riteņa asi, to aprēķina pēc atkarības (sk. 2. formulu), jo uz priekšējo balstu krīt lidmašīnas svara 10 ... 15%.

$$e_{fst} = (0,9...0,85)b_{sh} \quad (2)$$

Pamatbalstu izvērījums (e_{mg}) ir attālums no masas centra projekcijas līdz šasijas galveno balstu asij, lidmašīnai stāvēt uz zemes, to aprēķina pēc formulas:

$$e_{mg} = (0,10...0,15)e_{fst} = b_{sh} - e_{fst} \quad (3)$$

No šasijas slīdes rādītāja (B) ir atkarīga PLA sāpus apgāšanās iespēja, nolaižoties vai braucot pa nelīdzenu virsmu manevrēšanas laikā, ieskrējiena un skrējiena laikā. B lielumu nosakām no izteiksmes:

$$B = (0,15...0,20)l \quad (4)$$

kur

l – LA spārma vēziens.

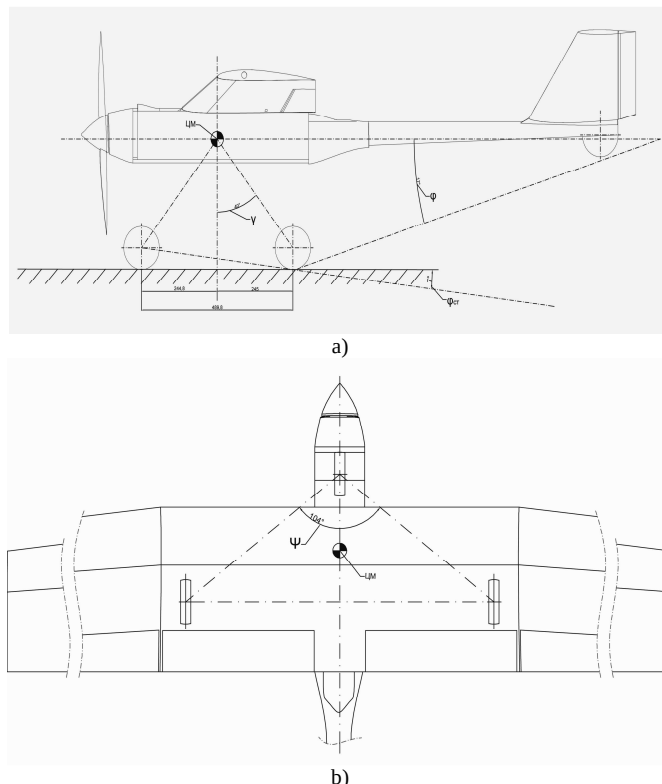
Šasijas augstums atkarīgs no planiera ģeometrijas un šasijas statņu dinamiskajiem parametriem pie pacelšanās vai nolaišanās (sk. 5. formulu).

$$H = f(\varphi, N) \quad (5)$$

kur

φ – leņķi, pie kuriem PLA atsevišķu daļu minimālais attālums (sānsverē, lidmašīnai paceļoties vai nolaižoties) nepārsniedz pieļaujamo lielumu;

N – slodze, kas izraisa šasijas pamatstatņu saspiešanos vai izlieci.



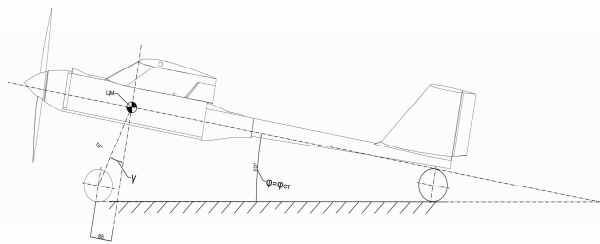
2.att. Planieris. Šasijas trīsbalstu shēma ar priekšgala balstu: a) sānskats, b) skats no lejas

Aplūkosim dažādas konfigurācijas šasiju priekšrocības un trūkumus pie pacelšanās un nolaišanās, izmantojot virsvieglā augstplaniera piemēru.

Nolaišanās ir lidojuma beigu posms, un būtībā tā ir lidmašīnas aizvien lēnākā gaita no 25 m augstuma līdz pilnīgai apstāšanās pēc saskarsmes ar zemes virsmu. Lidmašīnas nolaišanās parasti notiek šādā secībā (1.att.): planēšana, izlīdzināšanās, izturēšanās, piezemēšanās, noskrējiena.

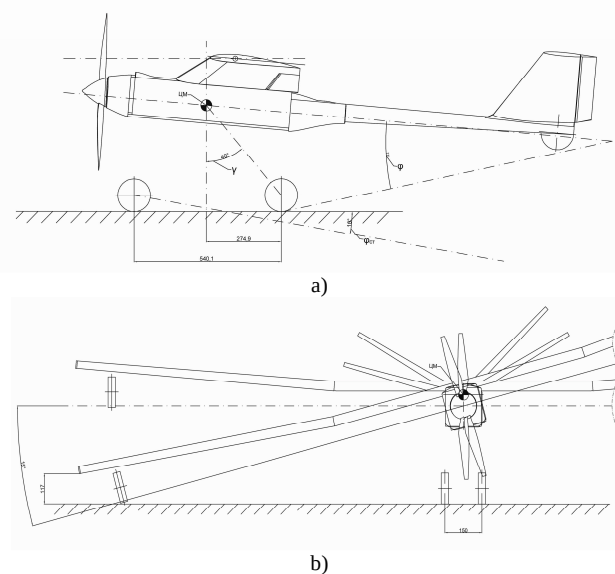
Priekšgala trīsbalstu šasijas shēmā galvenie balsti atrodas aiz lidmašīnas masas centra, bet trešais balsts ir paredzēts fizelāžas priekšgalā (2.att.). Šāda veida šasijas shēma bezpilota lidaparātam nodrošina: stabilitāti ieskrējiena un skrējiena laikā; novērš tā tieksmi apkulties apkārt; vadības iespēju, izmantojot priekšējā balsta stūrēšanas sistēmu; lidaparāta noturēšanu horizontālā stāvoklī.

Priekšējais balsts ir noslogots vairāk kā šasijas trīsbalstu shēmas gadījumā, kad balsts atrodas aiz mugurē, respektīvi, konstrukcija ir sarežģītāka. Priekšējā balsta automātisku svārstību veidošanās iespēja ieskrējienā un skrējiena laikā un priekšējā balsta vārīgums, nolaižoties uz grunti un zālāju, ierobežo šādā veidā šasijas izmantošanu BPLA. Liela diametra gaisa propelleris lidaparāta priekšgalā neļauj samazināt statņu augstumu, jo līdz ar to palielinās konstrukcijas kopējais svars.



3.att. Planieris. Šasijas trīšbalstu shēma ar pakaļēju balstu

Trīšbalstu šasijas shēma ar pakaļēju balstu atšķiras no priekšbalsta konfigurācijas ar to, ka pamatbalsti atrodas lidmašīnas masas centra priekšā, bet trešais balsts - lidmašīnas aizmugurē (3.att.).



4.att. Planieris. Šasijas divbalstu shēma: a) sānskats, b) papildbalstu darbs pie LA sānsveres

Šasijas shēma ar pakaļēju balstu ļauj: samazināt šasijas kopējo masu uz īsāka un vieglāka pakaļējā balsta un vienkāršākas vadības sistēmas rēķina; pacelties un nolaisties uz nepiemērotas virsmas; izvairīties no planiera un tā dārgi maksājošo ierīču bojāšanās, kad salūzt pakaļējais balsts. Lidaparāta ass atrašanās zem leņķa pret zemes virsmu ļauj konstruēt pamatbalstus īsākus un vieglākus. Taču šai shēmai piemīt arī trūkumi: nepietiekama pieturēšanās pie lidmašīnas ceļa maršruta (lidaparāta novirzīšanās no gala mērķa līdz pat atpakaļ atgriešanās stipra vēja iedarbībā); lidaparāta tieksme „lēkāt” un kūleņot krasas bremzēšanas gadījumā vai ja pamatbalsti saskaras ar kādu šķērslī).

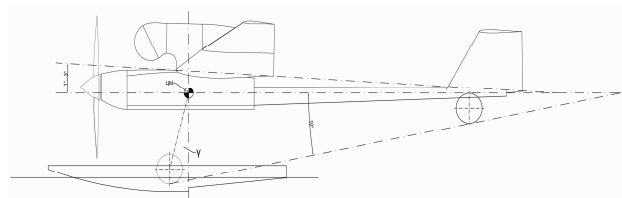
Šasijas divbalstu shēma (velosipēda) paredz priekšējos un pakaļējos balstus, kas tiek piestiprināti masas centra abās pusēs pie lidaparāta fizelāžas (4.att.). Pamatne pasargā lidmašīnas aste plākšņus no bojājumiem, kas var rasties gadījumā, ja priekšējais pamatbalsts atraucas no lidlauka skrejceļa. Šī shēma ļauj izvairīties no šasijas galveno balstu uzstādīšanas uz spārna. Uz spārniem izvietoja palīgbalsti,

kas, nepastāvot lidmašīnas sānsverei, var neskart zemi. Papildu balstus var izvietot uz/iekš spārnu galu daļas (winglet) vispārējās aerodinamiskās pretestības samazināšanai. Uz hidroplāniem iespējams pielietot papildu elementus spārnu galos kā zemspārnu pludiņus (7.att.).

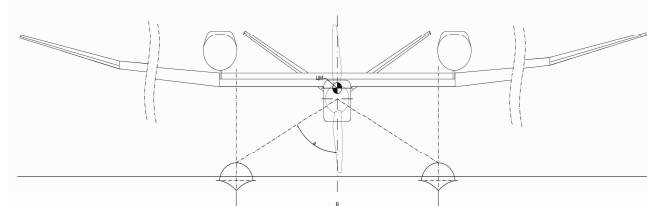
Mūsu gadījumā aplūkojamā BPLA „velosipēda” tipa šasija nav efektīva šādu faktoru dēļ: fizelāžas mazie gabarīti neļauj šasijas pamatstatņus izvietot fizelāžā; fizelāžas horizontālā izvietošana un propellera lielā diametra dēļ priekšējam un pakaļējam statņiem ir jābūt augstiem, kas savukārt padara LA konstrukciju smagāku un palielina tā sānsveres iespēju ieskrējiena un skriešanas laikā; sarežģī zemspārnu balstu konstrukciju, jo lidaparāta spārnam šajā gadījumā nākas būt piepacceltam; sarežģī LA vadību pacelšanās un nolaišanās laikā.

III. ŪDENS VIRSMU IZMANTOJOŠO BPLA ŠASIJAS KONFIGURĀCIJAS PĀRSKATS

Kā alternatīvu riteņu šasijām aplūkosim bezpilota lidaparātu divus variantus, kas spēj nolaisties uz ūdens virsmas: pludiņa un laivas tipa. Amfībijas veida lidaparātu galvenās priekšrocības ir: spēja nolaisties uz jebkādas dabiskas ūdens virsmas; lidaparāta krišana vai nolaišanās uz ūdens virsmas ir daudz drošāka par saskarsmi ar zemes virsmu [2]; ir iespējams samazināt LA kopējo masu, izmantojot laivas veida hidrolidmašīnu, jo šajā gadījumā lidaparātam nav nepieciešama riteņu šasija vai pludiņi (var pietiekami droši nolaisties uz ūdens virsmas, kad lidaparātu paceļ gaisā manuāli vai ar katapultas palīdzību).

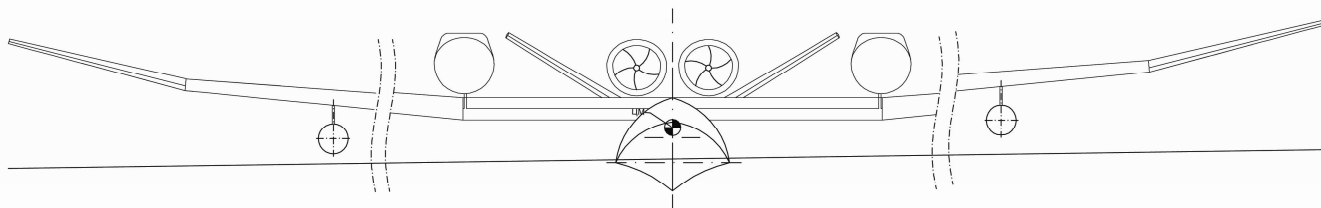


5.att. Planieris ar pludiņa šasijas shēmu, kuras pamatā ir uz lidaparāta aste plākšņiem balstīta šasijas trīšbalstu shēma

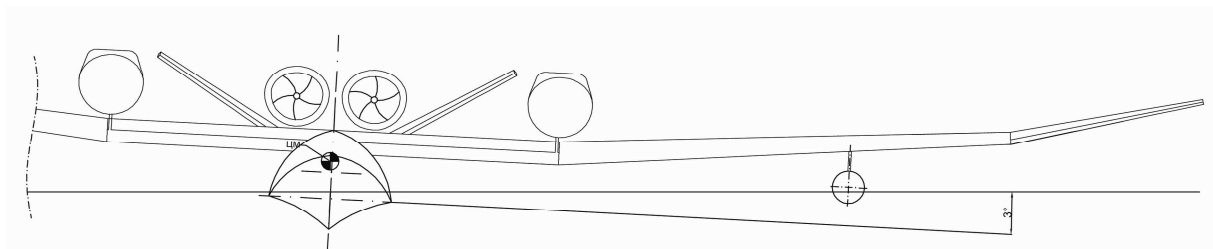


6. att. Pludiņa veida hidrolidaparāta frontālais skats

Ja riteņu trīšbalstu šasijas shēmu, kas paredz pakaļēju balstu, aizvieto ar pludiņa šasiju, tad var iegūt pludiņa hidrolidaparātu (5. un 6. att.). Lai to panāktu, nepieciešams izpildīt trīs nosacījumus: redānu jāizvieto tuvu lidmašīnas smaguma centram; attālumam no propellera griešanās plaknes līdz pludiņa augšdaļai jābūt vismaz 25 mm; pludiņiem jābūt izvērštiem ārpus propellera griešanās plaknes tiktāl, lai

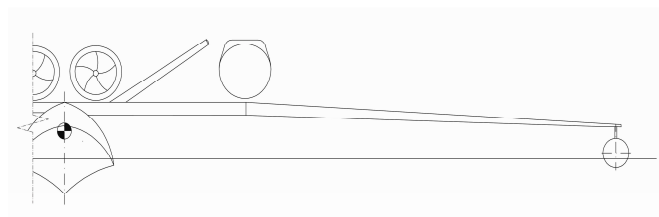


7. att. Pārvieglais laivas tipa bezpilota hidrolidaparāts ar zemspārnu pludiņiem. Turbīnas dzinēji izvietoti virs LA spāma



8. att. Laivas tipa hidrolidaparāta balstīšanās uz zemspārnu pludiņiem pie sānsveres 3 grādi

attālums starp pludiņu un minēto plakni sastāda vismaz pusi ($1/2$) vai trešdaļu ($1/3$) no propellera diametra.



9. att. Laivas tipa hidrolidmašīna. Spārns ir augšup vērst. Zemspārnu pludiņi izvietoti uz spārna „winglet” daļas

Ja ir paredzēta iespēja hidrolidaparāta riteņu šasiju vajadzības gadījumā aizvietot ar pludiņiem, tad ir iespējams nodrošināt aparāta nolaišanos arī uz ūdens virsmas. Nav ieteicams uzstādīt pludiņus uz virsvieglā lidaparāta, jo tie padara šasiju daudz smagāku.

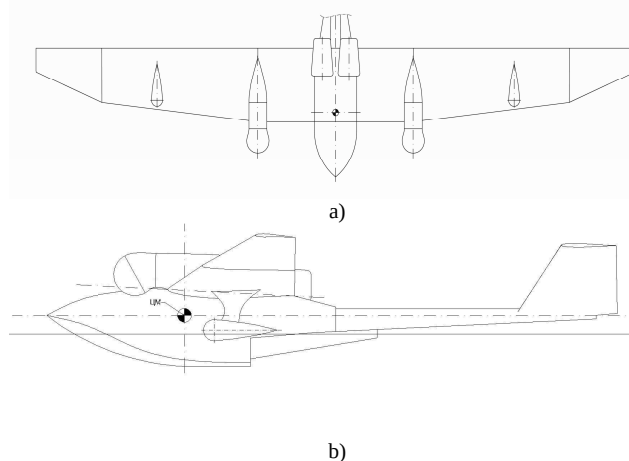
Lidaparātu zemo peldēšanas spēju dēļ šasijas pludiņu shēmu pielieto tikai tad, ja var paredzēt, ka ūdens virsma gaidāma relatīvi mierīga. Pielieto divpludiņu shēmu, kas nodrošina labu transversālo noturību [3]. Pludiņu trūkums ir tas, ka tiem, daļēji iegremdētiem ūdenī un peldošiem, turklāt lidaparāta ieskrējiena laikā izraisošiem hidrodinamisko spēku, ir liels izmērs un masa, kas palielina tiešu pretestību lidojumam.

Laivas tipa hidrolidaparātiem piemīt augstas lidošanas un peldēšanas spējas. Laivas veida hidrolidaparātu (7., 8., 9 un 10. att.) svarīga priekšrocība salīdzinājumā ar pludiņa veida aparātiem ir tā, ka tos ir vieglāk vadīt un tiem nav vajadzīgas papildus jaudas, lai uzlidotu un nolaistos (ap 20% mazāk). Turklāt tiem ir labākas manevrēšanas spējas. Tas skaidrojams ar liekas kravas neeksistēšanu zem fizelāžas, līdz ar to

neveidojas svārsta efekts un ir zemāka aerodinamiskā pretestība.

Problēmas, kas saistītas ar hidrolidaparātu (gan pludiņa, gan laivas tipa) transversālo noturību, risināmas, izmantojot zemspārnu pludiņus. Mazāka izmēra atbalsta pludiņus izvieto tuvāk spārna galiem, jo tie neskar ūdeni aparāta ieskrējiena laikā. Laivas tipa hidrolidaparātiem zemspārnu pludiņi ir nepieciešami tāpēc, lai spārni nenogrimst ūdenī lidaparāta pacelšanās vai nolaišanās, kā arī stipra vēja brāzmu laikā (7. un 8. att.) [4].

Uz laivas tipa hidrolidaparātiem dzinēju iespējams uzstādīt tikai virs fizelāžas, jo dzinēju ir nepieciešams pasargāt no ūdens šļakatām un aizskalošanas – par piemēru var kalpot dzinējs ar slēgtu lāpstiņriteni (TURBOFUN). Pie relatīvi maza diametra šī ierīce nodrošina spēcīgu vilkmi un tādā veidā lāpstiņriteņus var uzstādīt vairākus, kardināli netraucējot lidaparāta aerodinamiskajai pretestībai (7. un 8. att.).



10. att. Laivas tipa hidrolidaparāts. Turbīnas dzinēji izvietoti virs spārma un ir novirzīti aiz lidaparāta masas centra: a) skats no augšas, b) skats no sāna

Abām augstāk minētajām lidaparātu shēmām, kas balstītas uz iespēju nolaisties uz ūdens virsmas, ir jāatbilst vispārējām prasībām, kas izvirzītas hidrolidaparātiem (hidroizolācija, hidrolidaparātu vadības sistēmas esamība ūdens transportā).

Abām lidaparātu bāzēšanās shēmām ir jāatbilst kopējām hidroplāniem izvirzītajām prasībām, kā, piemēram, hidroizolācija, nosēšanās sistēma uz ūdens.

IV. SLĒDZIENS

Salīdzinot pārvieglā lidaparāta riteņu šasijas shēmas, tika konstatēts, ka trīsbalstu šasija ar pakāļejo balstu ir vislabāk piemērota gadījumiem, ja lidaparāts uzlido un nolaižas uz tādām virsmām kā grunts un zālājs.

Trīsbalstu shēmu ar priekšējo balstu var izmantot tikai tad, ja nolaišanās notiek uz līdzenas virsmas.

Abas augstāk minētās šasijas shēmas neļauj lidaparātam droši nolaisties smiltī, augstā zālienā, sniegā vai uz ūdens virsmas, ko bieži vien pieprasa reālie apstākļi.

Pludiņu izmantošana riteņu vietā ļauj lidaparātiem nolaisties smiltīs un uz ūdens, pateicoties lielai kontaktēšanās virsmai, taču pludiņu shēmai piemīt vesela virkne trūkumu, kas ierobežo tās pielietojumu.

Bezpilota lidaparāta visuniversālākais veids ir laivas tipa lidaparāts. Laivas tipa lidaparātam piemīt noteikta forma, un tā korpusa laukums ir pietiekošs, lai nodrošinātu nolaišanos uz smiltis, ūdens virsmas vai sniegā. Šasijas elementu neeksistēšana būtiski samazina lidaparāta svaru un tiešo pretestību, palielina tā lietderīgo apjomu. Tomēr laivas tipa lidaparātu konstrukcijā ir arī trūkumi, kurus iespējams novērst, un konkrēti tie ir: dzinēja uzstādīšanas vieta, transversālā noturība un lidaparāta vadība uz ūdens virsmas.



Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Reģionālā attīstības fonda atbalstu projektā „Bezpilota aviācijas kompleksa izstrāde un lidaparātu industriālo prototipu izveide Latvijas tautsaimniecības uzdevumu risināšanai”.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Kompānijas Acenter korporatīvā vietne Internetā [Elektroniskais resurss]/Kompānija Acenter, 2009.–
http://www.acenter.com.ua/home/absor/ab_ru.htm
2. Elektroniskā bibliotēka Planeair [Elektroniskais resurss]/Planeair, 2009.
– <http://www.planeair.ru/gidroplanyh.php>
3. Бадягин А., Мухамедов Ф. Проектирование легких самолетов. – Москва: Машиностроение, 1978. – 208 lpp.
4. Серьезнов А., Бадрухин Ю., Кабанов В. Руководство для конструкторов самодельных летательных аппаратов. Т.1. – Новосибирск: СибНИИА, 1989. – 247 lpp.

Alexander Urbach is a 1981 undergraduate of the Faculty of Mechanical Engineering Riga Civil Aviation Engineering Institute and has been awarded the Dr.sc.ing. degree by the same faculty in 1986. In 1997 he was awarded the Dr.habil.sc.ing. degree by the Riga Aviation University. In 1989-1999 he is a Vice Dean and Dean at the Faculty of Mechanical Engineering of Riga Aviation University. Since 1999 he is a full time professor and Director at the Institute of Transport Vehicles Technologies of the Riga Technical University. His field of scientific interest includes: Mechanical Engineering; Transport; Unmanned Land/Sea/Air Vehicles; Science of Aviation Materials; Aircraft Construction Mechanics; Structural Materials Processing – Surface Protection Technologies; Diagnostics of Machinery; Logistics and Transport Systems.

Vladimirs Petrovs, date of Birth 1984.08.04, in Riga (Latvia) was graduated with Engineer of transport and business logistics degree in Transport and Telecommunication Institute in 2007. Now he is a student of Master studies at Riga Technical University, Faculty of Transport and Mechanical Engineering, Institute of Technologies of Transport Vehicles. Since 2006 Vladimir Petrov has been working as a Navigation Control Officer (Airbus A – 320-200, Boeing – 767-200 Aircraft type) at LatCharter Airlines, Riga Latvia. Since 2007 he has been the Transport Systems Engineer of Riga Technical University, Institute of Transport Vehicle Technology. Address:1, Lomonosova Str., LV-1019, Riga, Latvia. E-mail: Vladimirs.Petrovs@rtu.lv

Antons Rjabuha, born in 1984, in Riga (Latvia) was graduated with a Master of Engineering science degree in Transport and mechanical systems in 2008. In 2005 he obtained a Professional bachelor diploma in Computer sciences by the Information Systems Management Institute in Riga. Now he is a student of doctoral studies at Riga Technical University, Faculty of Transport and Mechanical Engineering, Institute of Technologies of Transport Vehicles. Since 2005 Antons Rjabuha has been working as a Design engineer of non - standard equipment at Karne Filtrs Company, Nometnu Str.59C, LV-1002, Riga Latvia. Since 2008 he has been the assistant of Riga Technical University, Institute of Transport Vehicle Technology. Address:1, Lomonosova Str., LV-1019, Riga, Latvia. Phone: 22141519, email:a.rjabuha@distanceworks.eu

Alexander Urbach, Vladimirs Petrovs, Antons Rjabuha. Review of the base chassis configurations for various UAV types and purposes

In the last years there has been a boom of unmanned aerial vehicle in aerospace industry. Large and small aircraft companies, specializing in the area of innovative solutions, present various types of UAV for different purposes. Wide variety of aircraft types and their functions save the takeoff and landing task actual for developers of chassis.

Nowadays the design-engineering departments direct their attention to the multifunction of unmanned airplanes. Researches are carried out directed to the possibility of UAV application under various conditions such as geographic areas with different landscape features. This is an essential factor to form the necessity to develop the multifunctional takeoff and landing systems.

The basic chassis configurations of high-wing type aircraft, with GTOW 5 kg, are considered. Advantages and disadvantages of the different wheeled chassis configurations and the alternative chassis types are considered. As a result a more universal UAV chassis construction is proposed.

Scheme UAV where the fuselage design is an element of the chassis is represented to the most perspective or completely carries out chassis function. As a result of research it is defined that such design is the fuselage type “a flying boat”. This scheme is represented optimum on several parameters: UAV becomes universal, can make landing both to water, and to a ground; internal fuselage dimensions increase; the design at the expense of absence of mechanisms and elements of the wheel chassis becomes simpler. A type fuselage “a flying boat” as probably to execute optimum on parameter of aerodynamic resistance that is one of the most significant characteristics of the flying machine.

Александр Урбах, Владимир Петров, Антон Рябуха. Обзор базовых конфигураций шасси БПЛА различных типов и назначения

В последние годы наблюдается бум беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в авиа-космической области. Свои разработки различных типов и назначения, представляют как крупные авиастроительные фирмы, так и небольшие компании, специализирующиеся в области инновационных решений.

Множество видов летательных аппаратов и множество выполняемых ими функций сохраняют задачу взлета и посадки актуальной для разработчиков шасси.

На данный момент при разработке БПЛА в различных конструкторских бюро всё большее внимание уделяется многофункциональности беспилотных самолётов – возможности применять БПЛА в различных условиях и географических районах с разными характеристиками ландшафта. Этот фактор напрямую обуславливает необходимость разработки многофункциональных систем взлёта-посадки.

Рассмотрены основные схемы шасси высокоплана с максимальной взлётной массой 5 кг. Определены преимущества и недостатки различных колесных конфигураций шасси при взлете и посадке, рассмотрены альтернативные виды шасси. В результате предложена наиболее универсальная схема шасси БПЛА.

Наиболее перспективной представляется схема БПЛА, где конструкция фюзеляжа является элементом шасси или полностью выполняет функцию шасси. В результате исследования выявлено, что такой конструкцией является тип фюзеляжа “летающая лодка”. Эта схема представляется оптимальной по нескольким параметрам: БПЛА становится универсальным, может совершать посадку как на воду, так и на грунт; внутренняя габариты фюзеляжа увеличиваются; упрощается конструкция за счёт отсутствия механизмов и элементов колёсного шасси. Фюзеляж типа “летающая лодка” так же возможно выполнить оптимальным по параметру аэродинамического сопротивления, что является одной из наиболее значимых характеристик летательного аппарата.