

## АНАЛИЗ НА ТЕОРИЯ НА ПОЛЕТА НА ДЕЛТАПЛАНЕР ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ИЗИСКВАНИЯ И МЕТОДИ ЗА ОЦЕНКА НА ЛЕТАТЕЛНАТА ГОДНОСТ

Георги Сотиров<sup>1</sup>, Светлозар Асенов<sup>2</sup>, Николай Загорски<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

<sup>2</sup>Българско астронавтическо дружество, клон Пловдив

**Ключови думи:** теория на полета, делтапланер, летателна годност

**Резюме:** Извършен е анализ на теорията на полета, което дава основа за определяне на изискванията и методите за оценка на летателна годност на делтапланерите. С тяхното широко навлизане в авиационната практика има важно практическо значение за решаване на проблемите с назначаване и провеждане на ефективни дейности по определяне на летателната годност на делтапланерите.

## ANALYSIS OF THE THEORY OF DELTAPLANER FIELDS FOR DETERMINING REQUIREMENTS AND METHODS FOR ASSESSING AIRWORTHINESS

George Sotirov<sup>1</sup>, Svetlozar Asenov<sup>2</sup>, Nikolay Zagorski<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

<sup>2</sup>Bulgarian astronautical society, Plovdiv Branch

**Keywords:** flight theory, deltaplane, airworthiness

**Abstract:** An analysis of flight theory has been carried out, which provides a basis for determining the requirements and methods for airplane airworthiness assessment. Their extensive entry into aviation practice has important practical implications for solving the problems of recruiting and conducting effective airplane flight rating activities.

### Въведение

Съвременното развитие на авиацията с общо назначение в държавите от Европейския съюз се характеризира с усилване на регулациите на ниво Общност и на национално ниво. Едно от направленията на това регулиране се явява сертификацията на въздухоплавателните средства.

Към настоящия момент в ЕС има около 50 000 моторни въздухоплавателни средства (ВС) от авиацията с общо назначение и бизнес авиация (включително около 2 800 ВС с газотурбинни двигатели), сравнени с приблизително 5 000 ВС в самолетния парк на европейските авиокомпани. Освен това, 180 000–200 000 свръхлеки (microlight) и безмоторни ВС се използват за спортни и развлекателни цели. През 2006 г. приблизително 9 % от всичките движения на ВС, регистрирани от ЕВРОКОНТРОЛ, са на авиацията с общо назначение и бизнес авиация [1, 2]. От 2003 г. насам броят на движенията на ВС в този сегмент, регистрирани от ЕВРОКОНТРОЛ, нараства с приблизително два пъти по-бързи темпове от този при останалия трафик (през 2006 г. има 22 % повече полети отколкото през 2003 г., сравнени с 14 % ръст за останалия трафик). Трябва да се отбележи, че голяма част от полетите на АОНБА не се регистрират от ЕВРОКОНТРОЛ, защото те използват неконтролираното въздушно пространство [1, 3]. Например, повечето развлекателни и спортни авиационни дейности не са обхванати от тези статистически данни.

Особено място в авиацията с общо назначение заема свръхлеката авиация. Тя започва да се развива като самостоятелно направление в развитието на авиационната техника в средата на 70-те години на ХХ в. след появата на съвременните конструкции делтапланери.

Същите имат проста конструкция, не са сложни за техническо обслужване и поради достъпната си цена спечелиха значителна популярност сред авиационните любители. Едно от най-значителните им достойнства е достъпността за обучение. В повечето страни на ЕС пълната програма за обучение обхваща около 50–70 часа теория и 15–25 летателни часа. Значителен интерес представляват мотоделтапланерите, които се използват не само за развлечение, обучение и спорт, но и в различни отрасли на икономиката и обществения живот.

Основните критерии, в съответствие с които въздухоплавателните средства могат да бъдат отнесени към категорията на свръхлеките въздухоплавателни средства се явяват масата на конструкцията, масата при излитане, натоварването на крилото и минималната скорост на полета.

Понастоящем широко се използват мотоделтапланери, които се явяват едни от най-масовите класове моторни свръхлеки ВС. По своята конструкция делтапланерите принципно се отличават от останалите въздухоплавателни средства, но както и тях, също подлежат на сертификация на типа (получаване на типов сертификат) от упълномощен национален или международен орган.

Поради тези причини е необходимо разработването на международни и/или национални изисквания за летателната годност и методи за оценка на съответствието- първоначална и периодична оценка на делтапланерите с установените изисквания.

### **Национални изисквания към летателната годност на делтапланерите и практики в различните държави в ЕС**

В развитите авиационни държави, резултатите от сравнителния анализ на потенциалните опасности от различните класове ВС показват, че ниските значения на масата за излитане и минималните скорости на полета на свръхлеките ВС ограничават стойностите на тяхната кинетична енергия и ги определят като относително безопасни по отношение на трети лица и към околната среда. При това, обикновено за единица потенциална опасност се приема кинетичната енергия на тичащия човек. Потенциалната опасност при полет на делтапланер към трети лица и околната среда е сравнима с потенциалната опасност от тичащ човек, докато при леките ВС тази потенциална опасност е десетки пъти по-висока. С това преди всичко се обясняват и опростените подходи за сертифициране, допускане до полети и твърде либералните понякога правила за полети на свръхлеката авиация в редица държави от ЕС.

Процедурите за издаване на типов сертификат на свръхлеки ВС, в т.ч. и на мотоделтапланери, са регламентирани в Авиационните правила, Част 21 (АП-21), а процедурите за допускане на единични образци до летателна експлоатация се определят от националните законодателства на държавите-членки в ЕС.

Във Великобритания свръхлеките ВС са разделени на три различни групи: произведени от фирми-производители, произведени от любители и такива, които излитат с помощта на мускулната сила на краката на пилота. За тези групи са приети различни процедури за допускане до летателна експлоатация. Свръхлеките ВС, произведени от фирми, както и тези, които са произведени от любители, трябва да преминат проверка за съответствие с правилата „BCAR Section S“ (British Civil Aviation Regulation) на Британската администрация за гражданска авиация. Изискванията, заложи в „BCAR Section S“ се отнасят до всички класове свръхлеки ВС. Освен това, комбинацията „двигател + система за отвеждане на изгорелите газове + система за охлаждане + въздушно витло“ трябва да премине всички изпитания за допустимост на нивото на шума. За разлика от много други развити авиационни държави, както за големите самолети, така и за свръхлеките ВС във Великобритания изпитанията и допускането до летателна експлоатация се извършва непосредствено от авиационната администрация. Поради тази причина, произведените във Великобритания свръхлеки ВС струват по-скъпо, отколкото в другите държави в ЕС.

Счита се, че към настоящия момент в най-голяма степен са обосновани и апробирани изискванията за летателна годност на свръхлеките ВС и процедурите за тяхното допускане до летателна експлоатация, разработени и прилагани в Германия.

Федералният министър на транспорта на Германия има право по свое решение и собствено разпореждане (без съгласието на Съвета на Федерацията) да упълномощава юридически или физически лица да изпълняват задачи, свързани с използването на въздушното пространство от свръхлеки ВС. В Германия свръхлеките ВС се отнасят към категорията на спортните ВС. За допускане до летателна експлоатация на типа свръхлеко ВС, индивидуалното разрешение на ВС, подготовката на пилоти и издаването на свидетелства за пилоти се осъществява от Германския съюз на свръхлеката авиация DULV и Германския национален аероклуб DAeC. Тези организации са разработили и защитили свои норми за летателна годност за различните класове свръхлеки ВС.

Във Франция свръхлеките ВС не подлежат на сертификация, но трябва да бъдат регистрирани. Редът за регистрация е определен с документ № 7401 от 31.12.1994 г. на Главното управление на авиацията SFAST. Френските изисквания се разпростират върху всички класове свръхлеки ВС и се различават значително от Британските и от Германските изисквания със своята изключителна краткост. Свръхлеките ВС, произведени серийно, както и тези, произведени от индивидуални производители (любители), трябва да съответстват на посочените в документ № 7401 изисквания. Характерна особеност на френските правила е, че допускането на свръхлеки ВС до летателна експлоатация носи декларативен характер, за което производителя подава заявление в Главното управление на авиацията SFAST, което на основание на това заявление издава документ за регистрация и за допускане до полети. Разликата между удостоверението за типа (типовия сертификат) и удостоверението за всеки екземпляр (индивидуален сертификат) се състои в това, че първият се издава непосредствено от Централния орган на SFAST, а във втория – от регионалния орган на SFAST.

В Италия използването на свръхлеки ВС се регулира с правителствените Правила § 106, приети през 1985 г. Тези правила са изключително опростени. Липсват точно определени технически изисквания към свръхлеките ВС, както това е в Германия, Великобритания и Франция. За допускането до летателна експлоатация не се изисква представянето на технически разчети и извършването на изпитвания. Всичко това е оставено на отговорността на инженерите-конструктори. Въпреки това, тези разчети и изпитвания се извършват, като количеството на катастрофите със свръхлеки ВС в Италия поради конструктивно-производствени недостатъци не е по-високо, отколкото в другите европейски страни.

### Оценка на годността на елементите от конструкцията

За решаване на задачата за оценка на годност на елементите от конструкцията, комплектуващите изделия и агрегати при делтапланерите обикновено се използва метода на аналозите. Този метод се основава на сравняване на елемента от конструкцията на изследвания за сертификация делтапланер с вече известен елемент, годността на който е потвърдена при опита от експлоатация, изпитвания или разчети, дали основание за издаване на сертификат за летателна годност. Задачата се решава на основата на анализа на особеностите, обобщенията на типовите елементи от конструкцията, материалите, комплектуващите изделия и агрегати от делтапланерите.

На фиг. 1 е представена блокова схема за оценка на годността на елементите от конструкцията на делтапланер по метода на аналозите.

Понастоящем, в 95 % от случаите за сравнение с оценяваните елементи могат да бъдат подбрани аналози, които имат абсолютно идентични размери, конструкционни материали и геометрически параметри. Номенклатурата на материалите, които се използват в конструкцията на делтапланерите, се свеждат до няколко групи традиционни материали, което значително облекчава оценката на елементите от конструкцията на ВС от дадения клас.

При различните видове натоварвания определящи се явяват различните геометрически характеристики на сечението на дадения елемент. При оценка на издръжливостта на елементите, работещи на опън, натиск, срязване и смачкване, при условие, че действащите натоварвания са еднакви, задачата се свежда до сравняване на площите на най-натоварените сечения на изследвания елемент и на аналога-еталон. Тогава условието за якост, а съответно, и условието за годност на елемента може да бъде записано във вида:

$$(1) \quad F_{i1} \leq F_{i2} ,$$

където:  $F_{i1}, F_{i2}$  са площите на  $i$ -тото сечение на оценявания елемент и този на аналога.

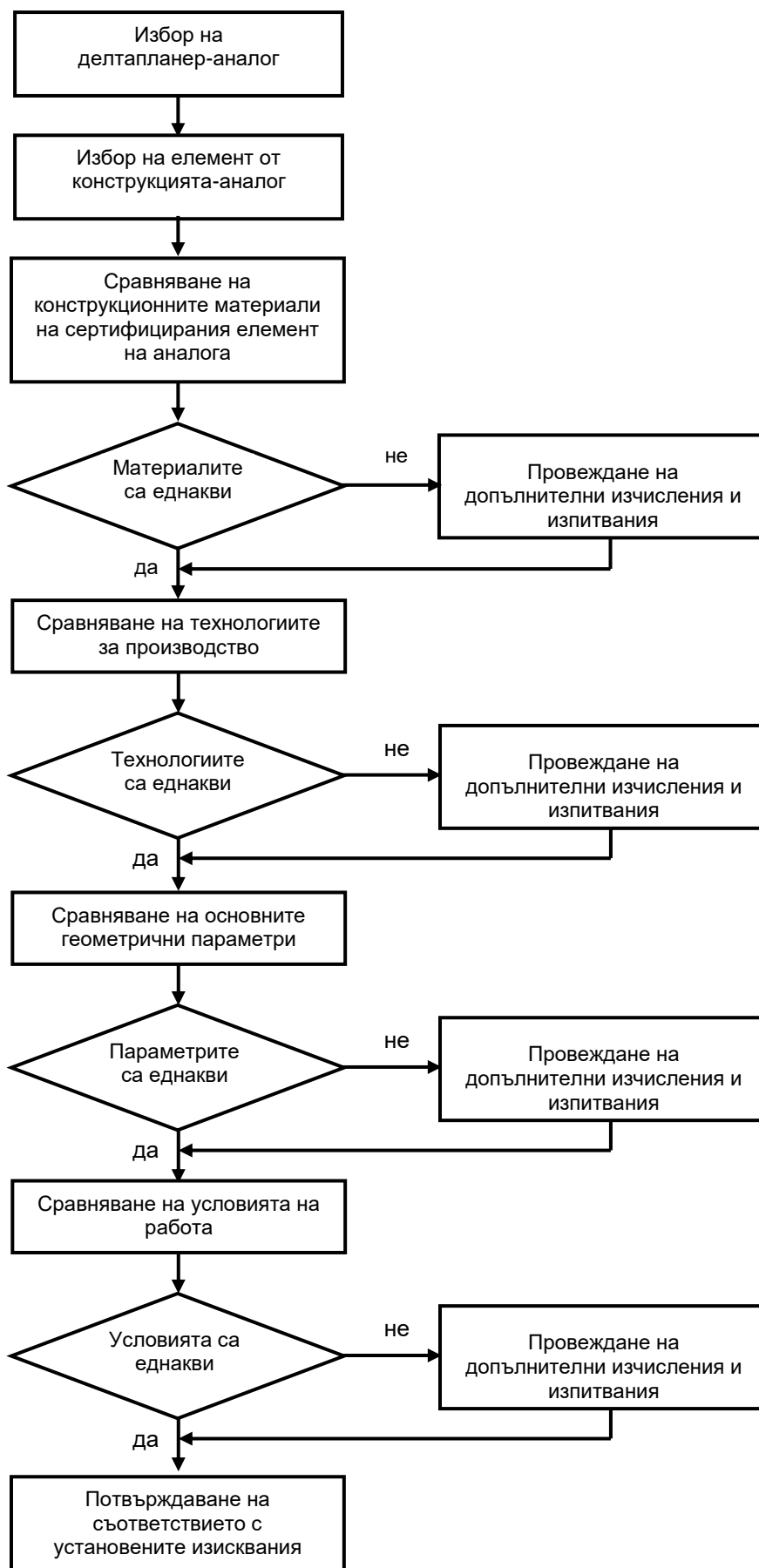
Ако оценявания делтапланер и еталонът имат различна максимална маса на излитане, то условието за якост и условието за годност на елемента може да бъде записано във вида:

$$(2) \quad G_{02} / F_{i2} \leq G_{01} / F_{i1} ,$$

където:  $G_{01}, G_{02}$  са максималните маси при излитане на оценявания делтапланер и тази на аналога.

При наличие на огъване, в съчетание с опън, натиск или срязване, определящите геометрически характеристики за якостта се явяват площта и момента на съпротивление на сечението. Оценката на якостта и годността на елементите се състои в сравняване на тези характеристики в най-натоварените сечения:

$$(3) \quad F_{i1} \leq F_{i2} , \quad W_{i1} \leq W_{i2} ,$$



Фиг. 1. Блокова схема за оценка на годността на елементите от конструкцията на делтапланер по метода на аналозите

където:  $W_{i1}, W_{i2}$  са моментите на съпротивление на  $i$ -тото сечение на оценявания елемент и този на аналога.

При различна максимална маса на излитане условията за якост и условията за годност на елемента ще се определят по следния начин:

$$(4) \quad G_{02} / F_{i2} \leq G_{01} / F_{i1}, \quad G_{02} / W_{i2} \leq G_{01} / W_{i1}.$$

При надлъжно огъване за елементите от конструкцията може да бъде записано условие за якост и годност:

$$(5) \quad l_2 \leq l_1, \quad F_1 \leq F_2, \quad J_2 \leq J_1,$$

където:  $l_1, l_2$  е дължината на сравняваните елементи на аналога и оценявания делтапланер, а  $J_1, J_2$  са моментите на инерция на централното сечение на сравняваните елементи на аналога и оценявания делтапланер.

Ако максималните маси на излитане се различават, то условието за якост и условието за годност на елементите ще се запише по следния начин:

$$(6) \quad G_{02} l_2 \leq G_{01} l_1, \quad G_{02} / F_2 \leq G_{01} / F_1, \quad G_{02} / J_2 \leq G_{01} / J_1.$$

При съчетаване на натоварванията от надлъжното и страничното огъване, при еднаква максимална маса на излитане, условията за якост за такива елементи може да бъде записана в следния вид:

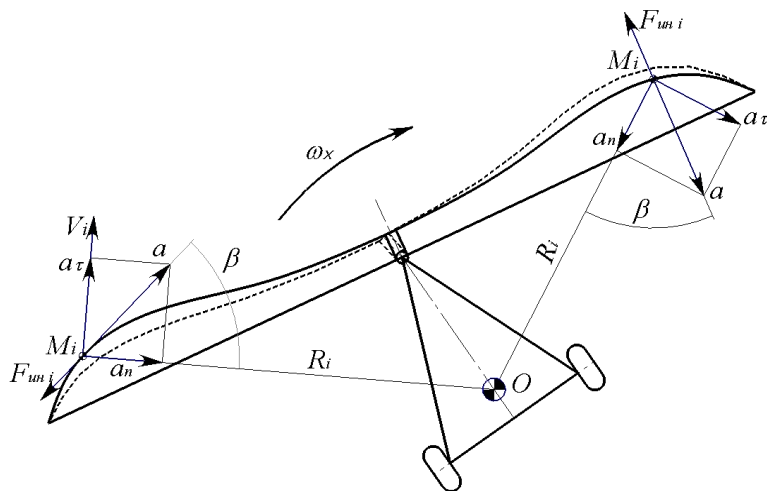
$$(7) \quad l_2 \leq l_1, \quad F_1 \leq F_2, \quad W_1 \leq W_2, \quad J_1 \leq J_2.$$

Ако максималните маси на излитане се различават, то условията за якост и условието за годност на гредовите елементи, едновременно натоварвани на огъване и натиск, могат да бъдат записани по следния начин:

$$(8) \quad G_{02} l_2 \leq G_{01} l_1, \quad G_{02} / F_2 \leq G_{01} / F_1, \quad G_{02} / W_2 \leq G_{01} / W_1, \quad G_{02} / J_2 \leq G_{01} / J_1.$$

### Оценка на летателните характеристики, устойчивост и управляемост на делтапланерите

Посочените характеристики оказват съществено влияние върху аеродинамическите характеристики и динамиката на полета на делтапланера. В частност при ъгловото движение, при големи ъглови скорости и ускорения на делтапланера започват да действат допълнителни аероинерционни моменти, възникващи в резултат на деформацията на обшивката на крилото под въздействие на силите на инерция.



Фиг. 2. Схема на действие на силите на инерция при ускорено ъглово движение на делтапланера по крен:  
 — положение на обшивката при липса на ъглово ускорение;  
 - - - - - положение на обшивката при наличие на ъглово ускорение.

Анализът на аеродинамическите характеристики показва, че стойностите на  $c_{y_{\alpha \max}} \leq 1.35$ . Тази стойност може да бъде приета при оценка на минималната скорост на

полета на делтапланера по разчетни методи [4, 5]. На фиг. 2 е показана схема на действие на силите на инерция на елементарните участъци от обшивката на крилото при ускорено ъглово движение на делтапланера по крен.

Ускорението на елементарния участък от обшивката  $M_i$  може да бъде определен по неговите съставни: центробежното ускорение  $a_{r_i}$ , насочено по допирателната към окръжността на въртене и нормалното ускорение  $a_{n_i}$ , насочено към центъра, разположен в т. О.

Модулът на пълното ускорение на участъка  $M_i$  ще бъде равен на:

$$(9) \quad \alpha = R \sqrt{(\varepsilon^2 + \omega_\delta^4)},$$

където:  $\varepsilon = \frac{d\omega_\delta}{dt}$  е ъгловото ускорение.

Тангенсът на ъгъл  $\beta$  между вектора на ускорението  $\bar{\alpha}$  и радиуса на окръжността е:

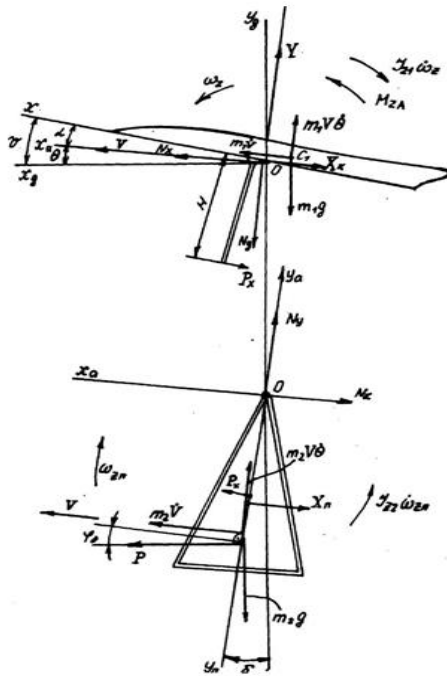
$$(10) \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{\varepsilon}{\omega_\delta^2}.$$

Силата на инерцията, действаща на елементарен участък от обшивката, може да бъде определен по формулата:

$$(11) \quad F_{ин_i} = m_i a_i,$$

където:  $m_i$  е масата на  $i$ -я елементарен участък от обшивката.

След като се сумират силите на инерцията, действащи на елементарните участъци от обшивката, при ъгловото ускорение на движението на делтапланера спрямо оста  $Ox$ , може да бъде получено разпределението на натоварването по обшивката. От схемата на фиг. 2 е видно, че действието на силите на инерция ще доведе до преместване на части от обшивката във вертикална плоскост. Това преместване ще доведе до възникване на допълнителен аероинерционен момент по крен  $M_{x\omega_x}$ . Стойността на този момент зависи от величината на ъгловото ускорение  $\dot{\omega}_x$ . При увеличаване на ъгловото ускорение се увеличават силите на инерция, действащи върху обшивката, съответно се увеличават преместването на обшивката и величината на момента, който може да бъде причина за напречната динамична неустойчивост на делтапланера.



Фиг. 3. Схема на силите и моментите, действащи на крилото и на функционалния модул на делтапланера при изолирано надлъжно движение

В общият случай делтапланерът трябва да се разглежда като механическа система с осем степени на свобода за пространственото движение. Двете допълнителни степени на свобода (в сравнение със самолета) са ъгловото движение на функционалния модул спрямо

крилото в надлъжния и в напречния канал. Надлъжното движение на делтапланера се описва с обобщените координати  $X_g, Y_g$ , ъгъла на тангаж на крилото –  $\nu$  и ъгъла на тангаж на функционалния модул –  $\delta$ , а самото ВС се разглежда като механическа система с четири степени на свобода [5], в общия случай. Схемата на силите и моментите, действащи върху делтапланера при неговата декомпозиция, отделно на крило и на функционален модул, е представена на фиг. 3.

Уравнението на надлъжното движение могат да бъдат получени в резултат на декомпозиция на силите и моментите, действащи на крилото и на функционалния модул. Могат да бъдат обособени три основни случая на надлъжно движение на делтапланера:

- управляващия трапец (УТ) е свободен;
- УТ е фиксиран и положението на функционалния модул спрямо крилото не се изменя;
- УТ се премества от пилота.

Във тези три случая уравненията, описващи постъпателното движение, остават неизменни:

$$(12) \quad \begin{aligned} m \frac{dv}{dt} &= P \cos(\delta + \varphi_a - \theta) - X - mg \sin \theta, \\ mV \frac{d\theta}{dt} &= Y + P \sin(\delta + \varphi_a - \theta) - mg \cos \theta, \end{aligned}$$

където:  $m = m_1 + m_2$  е масата на делтапланера;  $m_1$  е масата на крилото;  $m_2$  е масата на функционалния модул;  $P$  е тягата;  $\delta$  е ъгълът между оста  $O_{y_g}$  и оста  $O_{y_n}$ ;  $\varphi_a$  е ъгълът на поставяне на силовата установка;  $X_k$  е силата на съпротивление на крилото;  $Y_n$  е силата на съпротивление на функционалния модул;  $Y$  е подъемна сила;  $X = X_k + X_n$  е сила на съпротивление на делтапланера.

Изменят се само уравненията на ъгловото движение.

1) В случай, когато УТ е свободен.

В този случай усилието на УТ е  $P_x = 0$  и ъгловото движение на делтапланера в надлъжната плоскост ще се описва от две уравнения:

$$(13) \quad \begin{aligned} J_{z_1} \frac{d\omega_z}{dt} - m_1(\dot{\delta}_{c_1} \cos \alpha - \delta_{c_1} \sin \alpha) \frac{dV}{dt} + m_1 V (\dot{\delta}_{c_1} \sin \alpha + \delta_{c_1} \cos \alpha) \frac{d\theta}{dt} &= M_{z_A}; \\ J_{z_1} \frac{d\omega_{z_1}}{dt} - m_2 \dot{\delta}_{c_2} \cos(\delta - \theta) \frac{dV}{dt} + m_2 V \dot{\delta}_{n_2} \sin(\delta - \theta) \frac{d\theta}{dt} &= \\ &= P \cos \varphi_a \dot{\delta}_p - m_2 g \dot{\delta}_{c_2} \sin \delta - \ddot{\theta}_i \dot{\delta}_{\ddot{\theta}_i} \cos(\delta - \theta). \end{aligned}$$

2) В случай, когато УТ е фиксирана.

Ако УТ не се премества спрямо функционалния модул, то ъгловите скорости на крилото и на функционалния модул съвпадат,

$$(14) \quad \omega_z = \omega_{z\Pi}.$$

В такъв случай уравнението за ъгловото движение ще се получи от вида:

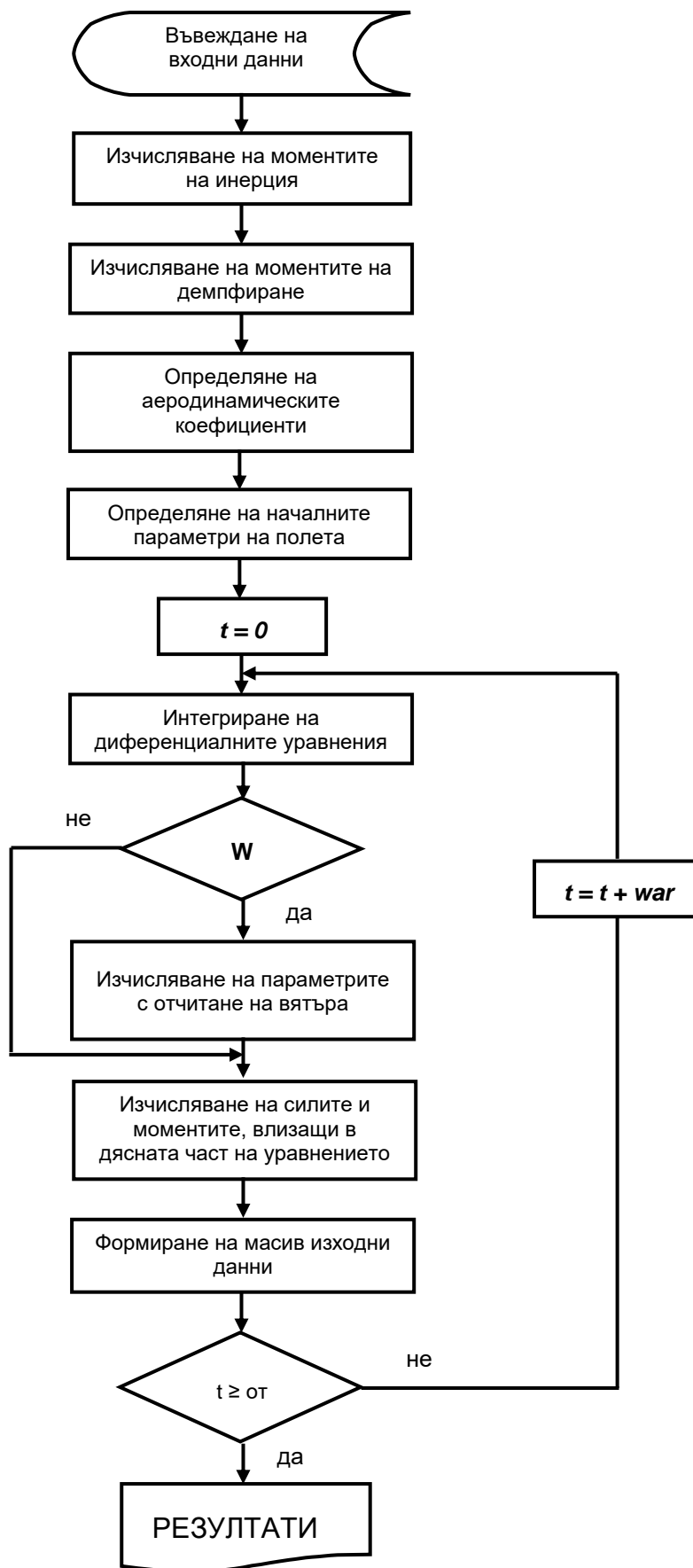
$$(15) \quad \begin{aligned} (J_{z_1} + J_{z_2}) \frac{d\omega_z}{dt} - [m_1(\dot{\delta}_{c_1} \cos \alpha - \delta_{c_1} \sin \alpha) + m_2 \dot{\delta}_{c_{12}} \cos(\delta - \theta)] \frac{dV}{dt} + \\ + [m_1(\dot{\delta}_{c_1} \sin \alpha - \delta_{c_1} \cos \alpha) + m_2 \dot{\delta}_{c_{12}} \sin(\delta - \theta)] V \frac{d\theta}{dt} = \\ = M_{z_A} + P \cos \varphi_a \dot{\delta}_p - m_2 g \dot{\delta}_{c_2} \sin \delta - \ddot{\theta}_i \dot{\delta}_{\ddot{\theta}_i} \cos(\delta - \theta). \end{aligned}$$

3) В случай, когато УТ се премества от пилота.

$$(16) \quad \begin{aligned} (J_{z_1} \frac{d\omega_z}{dt} + J_{z_2} \frac{d\omega_{z_i}}{dt}) - [m_1(\dot{\delta}_{c_1} \cos \alpha - \delta_{c_1} \sin \alpha) + m_2 \dot{\delta}_{c_2} \cos(\delta - \theta)] \frac{dV}{dt} + \\ + [m_1(\dot{\delta}_{c_1} \sin \alpha - \delta_{c_1} \cos \alpha) + m_2 \dot{\delta}_{c_2} \sin(\delta - \theta)] V \frac{d\theta}{dt} = \\ = M_{z_A} + P \cos \varphi_a \dot{\delta}_p - m_2 g \dot{\delta}_{c_2} \sin \delta - \ddot{\theta}_i \dot{\delta}_{\ddot{\theta}_i} \cos(\delta - \theta). \end{aligned}$$

Ъгловата скорост на крилото е свързана с ъгловата скорост на функционалния модул чрез закона за преместване на УТ, който може да бъде зададен като функция от времето. В този случай уравнение (16) трябва да бъде допълнено с:

$$(17) \quad \frac{d\omega_z}{dt} = \frac{d^2 \delta_a}{dt^2} + \frac{d\omega_{z_i}}{dt}.$$



Фиг. 4. Блокова схема на математически модел на надлъжното движение на делтапланер



Като правило, УТ на делтапланера има упори, които ограничават преместването на крилото спрямо функционалния модул. Такива упори се явяват тялото на пилота и елементи от конструкцията. При изчисляване на надлъжното движение в първия и в третия случаи в момента на попадане на УТ на упор ъгловата скорост на крилото и на функционалния модул съвпадат, т.е.  $\omega_z = \omega_{z\Pi}$ .

За определяне на ъгловата скорост може да бъде използвана теоремата за изменение на момента на количеството на движение на механична система. С отчитането ѝ ъгловата скорост в момента на попадане на УТ на упор може да бъде определена по формулата:

$$(19) \quad \omega_z = \frac{J_{z_1}\omega_{z1} + J_{z_2}\omega_{z2}}{J_{z_1} + J_{z_2}}.$$

### **Принципи за разработване на математически модел за определяне на летателната годност на делтапланер**

Същността на всеки математически модел се явява математическото описание, което представлява пълна съвкупност от данните, функционалните отношения и методи за изчисление, необходими за получаване на резултата [5]. Като се използват основните принципи за динамиката на полета на въздухоплавателното средство, могат да бъдат формулирани основните изисквания към математическото описание на движението на делтапланера:

1) това описание трябва да отчита най-пълно взаимодействието на елементите в системата „делтапланер – пилот – среда“;

2) делтапланерът трябва да бъде представен като механична система, движението на която се описва от система нелинейни диференциални уравнения без пренебрегване на малките ъгли;

3) атмосферните условия трябва да бъдат задавани така, че да съществува възможност за отчитане на реалните стойности на температурата и налягането, както и на нестационарния във времето и пространството вектор на скоростта на вятъра;

4) трябва да бъдат предвидени възможности за моделиране (имитация) на отказ на двигателя, както и за грешки на пилота, които оказват влияние на динамиката на полета на делтапланера;

5) използваните изчислителни методи в различните елементи на математическото описание трябва да бъдат устойчиви, еднозначни, сходящи, като тези свойства трябва да се проявяват едновременно в тези елементи, където се прилагат.

Като се отчитат посочените принципи може да бъде разработен математически модел на динамиката на полета на делтапланер. Блоквата схема на математическия модел за надлъжното движение на делтапланер е посочена на фиг. 4.

### **Заклучение**

В заключение може да се отбележи, че анализът на теорията на полета дава основа за определяне на изискванията и методите за оценка на летателна годност на делтапланерите. С тяхното широко навлизане в авиационната практика има важно практическо значение за решаване на проблемите с назначаване и провеждане на ефективни дейности по определяне на летателната годност на делтапланерите с използването на съвременни методи на сравнителен анализ на елементите от конструкцията по метода на аналозите, разработване на основа за построяване на математически модели с висока степен на адекватност за решаване на широк кръг задачи от динамика на полета на делтапланера. Всичко това води до осигуряване на високо ниво на безопасност при провеждане на полети с делтапланери.

### **Литература:**

1. Разширяване на задачите на Европейска агенция за авиационна безопасност: дневен ред за 2010 г., COM (2005) 578 окончателен.
2. Състояние на проекта за изграждане на европейска система от ново поколение за управление на въздушното движение (SESAR), COM (2007) 103 окончателен.
3. Приложение II към Регламент (ЕО) № 1592/2002 относно общите правила в областта на гражданското въздухоплаване и създаването на Европейска агенция за авиационна безопасност (ОВ L 240/1, 7.9.2002 г.
4. Клименко, А. П., Никитин И. В. Мотодельтапланы: Проектирование и теория полета.- М.: Патриот, 1992, 288 с.
5. Никитин, И. В. Особенности расчетов аэродинамических и летно-технических характеристик ВС в усложненных условиях полета. – М.: МГТУ ГА, 1996, с. 3–10.