

МОДЕЛИРАНЕ ПОЛЕТА НА ХЕЛИКОПТЕРА ПРИ ИЗПЪЛНЕНИЕ НА СПАСИТЕЛНИ ОПЕРАЦИИ В ПЛАНИНСКО-ГОРИСТА МЕСТНОСТ

МАРИН ПЕТРОВ

Катедра "Въздушен транспорт", Технически Университет, София, България
marinpetrov@abv.bg.bg

Резюме: *В настоящата работа се провежда изследване на параметрите на полета в зависимост от изменението на релефа на местността. Определени са зависимостите на нормалното претоварване от ъгъла на наклона на релефа и скоростта на полета. Определена е дистанцията за изменение траекторията на полета и "пропадането" в зависимост от скоростта и ъгъла на наклона на препятствието (релефа на местността). Представени са графиките на цитираните зависимости и подходите за по-нататъшното изследване на проблема за маневриране на хеликоптера при изпълнение на операции по търсене и спасяване в условията на планинско-гориста местност.*

Ключови думи: *хеликоптер, претоварване, търсене и спасяване*

HELICOPTER FLIGHTS MODELING IN IMPLEMENTING RESCUE IN MOUNTAIN OUS WOODLAND

Abstract: *The current paper study was performed on a flight change depending on the local terrain. Defined the dependencies are the normal overload of the angle of inclination of the relief and the speed of flight. The distance is determined about change the flight path and "fall" depending on the the speed and angle of the terrain. Presented are graphs of the cited dependencies and approaches to further investigation the problem of maneuvering the helicopter in the performance of operations, search and rescue in a mountain forest.*

Keywords: *helicopter, overload and search and rescue.*

1. Въведение

При спасителните операции в планински условия, често се налага хеликоптерът да бъде използван на предела на възможностите си. Планинският релеф и надморската височина определят специфични метеорологични условия, с които трябва да бъде съобразен полета. Това допълнително натоварва екипажа, който, ако не е добре запознат със спецификата на полета в планински райони може да застраши безопасността на полета чрез взимане на грешни решения.

При провеждане на спасителни операции по издирване, както и при кацане на площадки избрани от въздуха, често се налага хеликоптера да маневрира в ограничено пространство ниско над планинския релеф на голяма надморска височина. При провеждане на спасителни акции над скални венци, скални игли, ски писти, места където не

може да се кацне, е необходимо хеликоптера да зависи на определена височина и пострадалия да бъде изтеглен с лебедка или транспортиран на външно окачване. Рязката смяна посоката и скоростта на вятъра (срез на вятъра), навлизане в турбулентна зона на подветрената страна, силен гръбен вятър, рязко влошаване на времето – мъгла, снеговалеж, могат в голяма степен да застрашат безопасността на полета, както и положителния изход на спасителната акция. Съответно от пилота на хеликоптера се изисква максимално - точно маневриране на пределно-ниски височини и в непосредствена близост с дървета, скали, тесни дерета и урви. При това е необходимо да се поддържат в предписаните граници параметри, като: вертикална скорост, минимална приборна скорост, претоварване, обороти на носещия винт, обороти на двигателите и температура на изходящите газове, минимална безопасна височина и др.

2. Изложение

За разработване на експлоатационния полетен план с цел изпълнение на операции по търсене и спасяване (ТиС) с хеликоптер се анализира и оценява информацията за МТО (обща и зонална), летателните и технически характеристики на хеликоптера, квалификацията на екипажа, опасните зони от релефа и др.

Необходимо е планиране както на автономен полет, така и възможност за изменение на полетните параметри по време на самата операция по ТиС поради изменения в условията и ресурсите на хеликоптера. Такова оперативно изменение на полетния план е необходимо да бъде извършено за относително кратко време, например за част от минутата, така че пилотът своевременно да получи измененията в полетния план.

Информацията за релефа на местността за ТиС за такова високо ниво на планиране на полета е необходима за достатъчно широка област. При предварително планиране на нискополетната задача за ТиС основна роля имат енергетическите възможности на хеликоптера. Тези възможности е необходимо да бъдат оценени предварително по приближени аналитични изрази. Оценката например на разполагаемото претоварване при “облитане” на наклонените повърхности на релефа (склонове, хребети, скални стени, игли и др.), може да се определи приблизително от израза:

$$\Delta n_y = \frac{V^2 \cdot \Theta^2}{2g(dH - V\Theta\tau)} \quad (1)$$

където: Δn_y - вертикалното претоварване;

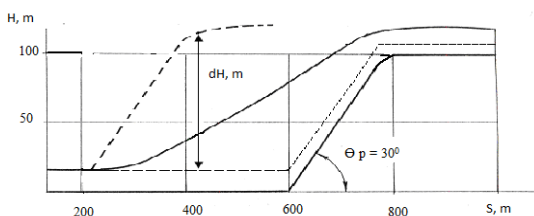
V – скорост на полета, (m/s);

Θ – ъгъл на наклона на релефа, ;

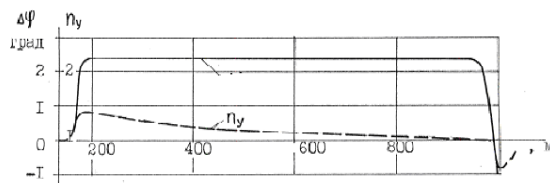
g – земното притегляне (m/s^2);

dH – т.н. “пропадане” на хеликоптера (стойност на максималното отдалечаване на траекторията на полета от оптималната, превишаваща релефа с постоянна стойност(m));

τ – времезакъснение на хеликоптера от момента за начало на маневрирането.



Фиг. 1 Зависимост на dH , от ъгъла на наклона на релефа



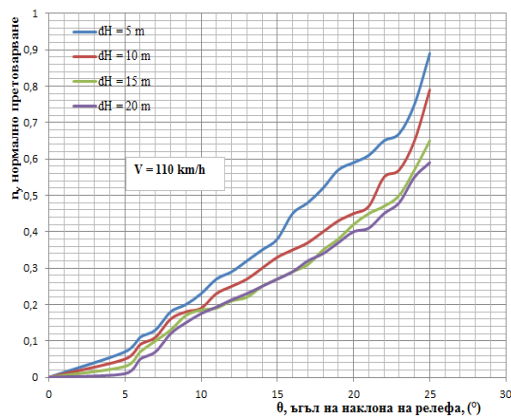
Фиг. 2 Зависимост на $d\varphi$ и Δn_y от ъгъла на наклона на релефа

На фиг. 1 е показан пример за определянето на пропадането dH , като отклонение на хеликоптера от теоретичната траектория, проведена за изходната височина на полета, прекарана еквиливантно на профила на местността над която прелита хеликоптера. На фиг. 2 са показани измененията на параметрите на полета при обхождането на препятствията с ъгъл на наклона на релефа равен на 30° , изчислени за пълния модел на движението на хеликоптера с всички негови нелинейности и закъснения. Изоставането на траекторията от «идеалната» се обяснява със закъснението на хеликоптера като изпълнително завено. При това, както се вижда по-нататък изоставането от «идеалната» траектория е толкова по-голямо - колкото по-стръмен е ъгъла на наклона на релефа и по-висока скоростта на полета (фиг. 3 – скорост на полета 140 km/h). Видно е, че разстоянието за начало на изменението на траекторията значително се увеличава с нарастването на скоростта.

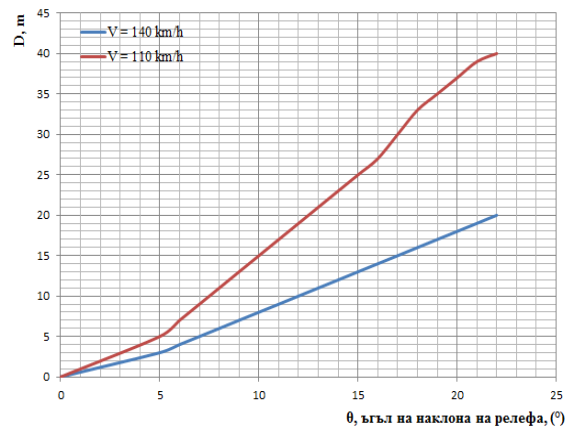
Фиг. 3 Изменение параметрите на полета при $V=110 \text{ km/h}$

Както се вижда от фиг. 2 и фиг. 3, колкото по-късно е началото на изкривяване на траекторията – толкова по-голям е необходимият запас от претоварване за облитане на релефа (по-стръмна е траекторията).

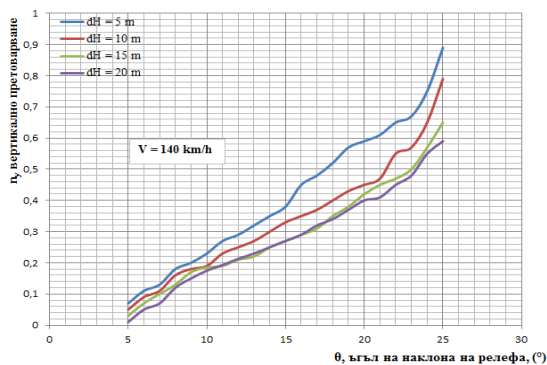
По-долу са представени зависимостите на разполагаемия запас на вертикалното претоварване Δn_y при зададена допустима стойност на «пропадането» dH на хеликоптера при облитането на препятствията със зададен ъгъл на наклона на релефа Θ (degree) при скорости на полета V ($V=110 \text{ km/h}$ – Фиг. 3, $V=140 \text{ km/h}$ – Фиг. 4).



Фиг. 4 Зависимост на разполагаемото претоварване от ъгъла на наклона на релефа и “пропадането” при $V = 110 \text{ km/h}$



Фиг. 5 Зависимост на дистанцията за изменение на траекторията от скоростта на полета и ъгъла на наклона на релефа



Фиг. 4 Зависимост на разполагаемото претоварване от ъгъла на наклона на релефа и “пропадането” при $V = 140 \text{ km/h}$

С достатъчна за практиката точност може да бъде изчислено и разстоянието от което трябва да започне изкривяване на траекторията при зададени запаси от претоварване Δn_y , наклон на релефа

Θ и скорости на полета V .

$$D = \frac{V^2 \Theta}{2g \Delta n_y} \quad (2)$$

3. Заключение

В работата са разгледани проблемите и особеностите за изпълнение на нискополетни операции по търсене и спасяване с хеликоптер в планинско-гориста местност. Получени са оценки на претоварването при облитане на наклонени повърхности на релефа и необходимите разстояния на полета. Получените резултати решават само част от общите проблеми на нискополетните операции по ТиС в условията на силно пресечен релеф. Необходимо е допълнително разглеждане на въпросите с облитане на препятствията на малки разстояния и с “погасяване” на скоростта при облитане на стръмни препятствия. Необходима е също и оптимизация на траекторията с използване на данните от цифровата карта на местността на средни дистанции на търсене и спасяване с хеликоптери в условията на планинско-гориста местност.

Литература

- [1] Ping L., Pierson B.L. Optimal Aircraft Terrain-Following Analysis and Trajectory Generation // Journal of Guidance, Control and Dynamics. Vol.18, May-June 1995. J. Bousquet, Prediction of Unsteady flows Around rotating Blades, ICAS 2002.
- [2] Menon P.K.A., Kim E., Cheng V.H.L. Optimal Trajectory Synthesis for Terrain Following Flight // Journal of Guidance, Control and Dynamics, Vol.14, Jul-Aug 1991. W. Johnson, Helicopter Theory, Princeton University Press, Princeton, NJ 1980.
- [3] Nikiforova L.N. Low Altitude Flight Optimization. Proceedings of the Third International Workshop Differential Inclusions and Control. Russia, 1998.
- [4] Колоколов С.Н., Коновалов А.П., Куратов В.А. Динамика управляемого движения вертолета. М.: Машиностроение 1987 г.