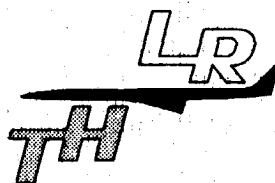
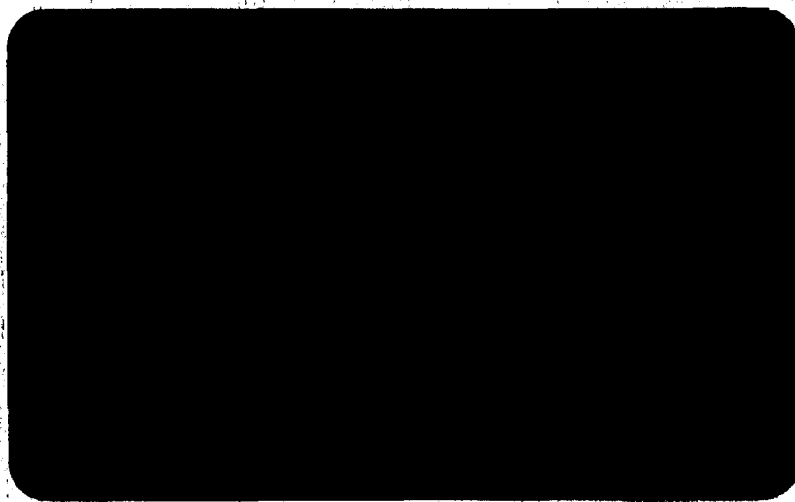


TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT

LUCHTVAART- EN RUIMTEVAARTTECHNIEK



Technische Hogeschool Delft
Afdeling der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek

Memorandum M-329

Literatuur betreffende variatierekening en
toepassingen op het gebied van de vliegtuig-
en raketprestaties

door

prof.ir. H. Wittenberg

Delft - Nederland
april 1979

Inhoud:

1. Inleiding
2. Studieboeken op het gebied van variatierekening
3. Algemene overzichtsartikelen met betrekking tot optimale vliegtuigprestaties
4. Energiemethode
5. Uitbreidingen van energiemethode
6. Algemene theorie betreffende toepassing van variatiemethoden voor de bepaling van optimale vliegtuig- en raketprestaties
7. Specifieke toepassingen van variatierekening voor de bepaling van optimale vliegtuigprestaties in symmetrische vlucht
8. Specifieke toepassingen van variatierekening voor de bepaling van optimale vliegtuigprestaties in bochten
9. Overige onderwerpen.

1. Inleiding

Er bestaat een groot aantal boeken op het gebied van wiskundige optimalisatietechnieken, alsmede zeer veel literatuur betreffende toepassingen op het gebied van de beweging van lucht- en ruimtevoertuigen. In het onderstaande is slechts een selectie gegeven, waarbij de nadruk is gelegd op de variatierekening en haar toepassingen. De onderstaande literatuurlijst is ingedeeld in enige rubrieken en waar passend is een korte toelichting gegeven.

De selectie uit de aanwezige literatuur is ondermeer gebaseerd op het verschaffen van studiemateriaal aan hen, die zich verder willen verdiepen in de optimalisering van vliegtuig- of raketprestaties. Voor sommige specifieke toepassingen zal het nodig zijn ook andere literatuur te raadplegen, die men veelal zal kunnen vinden via verwijzingen in de hieronder gegeven bronnen. Tevens is literatuur gegeven betreffende de zogen. energiemethode, waarbij in sommige gevallen geen gebruik wordt gemaakt van de variatierekening.

De opgegeven publicaties zijn vrijwel alle in de bibliotheek van de Afdeling der Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek aanwezig.

2. Studieboeken op gebied van variatierekening

2.1 Smirnov, W.I.: Lehrgang der höheren Mathematik; Teil IV; II.

Variationsrechnung, blz. 165-253; VEB Deutschen Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1961.

Behandeling van klassieke variatierekening (uitgebreid).

2.2 Arfken, G.: Mathematical methods for physicists; Chapter 17:

Calculus of Variations, blz. 615-642; Academic Press, New York, 1963.

Korte overzichtelijke behandeling van eerste beginselen.

2.3 Kuiper, L. en Turman, R.: Handboek der Wiskunde 2, hoofdstuk 2,

Variatierekening (O. Bottema), blz. 47-92; Scheltona en Holkuma, Amsterdam, 1970.

Behandeling van klassieke variatierekening (beperkt).

- 2.4 Flügge, S.: Handbuch der Physik, Band I, Mathematische Methoden I, Randwertproblemen, C. Variationsrechnung, blz. 262-281, Springer Verlag, Berlin, 1956.
Kompakte behandeling van klassieke variatierekening.
- 2.5 Gelfand, J.M. en Fomin, S.V.: Calculus of variations, Printice Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA, 1963.
Inleidend wiskundig georiënteerd leerboek (232 blz.).
- 2.6 Elsgolc, L.E.: Calculus of variations, Pergamon Press, Oxford, 1961.
Vergelijkbaar met lit. 2.6 (178 blz.).
- 2.7 Gottfried, R.S. en Weisman, J.: Introduction to optimization theory. Printice Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA, 1973.
Dit boek geeft een goed toegankelijk overzicht van de verschillende optimalisatietechnieken met algemeen gerichte toepassingen. Chapter 7: Optimization of functionals (blz. 357-407) behandelt de grondslagen van de variatierekening.
- 2.8 Bryson, A.E. Jr en Yu-Chi Ho: Applied optimal control, John Wiley and Sons, New York, 1975.
Dit boek behandelt de theorie van zowel de optimale regeling van deterministische als stochastische systemen met moderne wiskundige methoden. De voorbeelden zijn voornamelijk ontleend aan de lucht- en ruimtevaarttechniek.
- 2.9 Burley, D.M.: Studies in optimization, Int. Textbook Company Ltd. UK, 1974.
Goed eenvoudig overzicht van de diverse optimalisatietechnieken. Chapter VI en VII behandelen klassieke variatierekening en toepassingen (blz. 86-121).

2.10 Leitmann, G. (ed.): Optimization techniques, with application to aerospace systems; Academic Press, New York, 1962.

Dit boek behandelt de principes van de diverse optimalisatietechnieken met betrekking tot toepassingen in de lucht- en ruimtevaart.

3. Algemene overzichtsartikelen met betrekking tot optimale vliegtuigprestaties

Onderstaande artikelen geven een overzicht van de optimalisatietechnieken in de prestatieeler zonder in te gaan op de mathematische uitwerking.

3.1 Bell, D.J.: A review of flight optimisation along synergic paths in the period 1945-1960; Journal of the Royal Aeron. Soc., Febr. 1963, pg. 119-123.

3.2 Heermann, H.P.: Flight profile optimization, Lockheed Horizon, summer 1965, pg. 56-69.

3.4 Dayton, A.D.: The digital airplane and optimal aircraft guidance, AGARD Conf. Proc. 137, 1973 (paper no. 3).

4. Energiemethoden

4.1 Rutowski, H.P.: Energy approach to the general aircraft performance problem; Journal of Aeron. Sciences, maart 1954, blz. 187-195.

Klassiek artikel over energiemethoden.

4.2 (An.): Data Sheets; Royal Aeronautical Society/ESDU, London, Sectie Performance, EG 3/3, 3/4, 3/5.

Overzicht van rekenmethoden met gebruikmaking van het begrip energiehoogte.

- 4.3 Bryson, A.E. Jr en Desai, M.N.: Energy-state approximation in performance optimization of supersonic aircraft; Journal of Aircraft, nov-dec 1969, pg. 481-488.
Te beschouwen als voortzetting van lit. 3.1.
- 4.4 Barman, J.F. en Erzberger, H.: Fixed-range optimum trajectories for short-haul aircraft; Journal of Aircraft, Oct. 1976, pg. 748-754.
Zie ook NASA TN D-8115, 1975 over hetzelfde onderwerp.
- 4.5 Zagalsky, N.R.: Aircraft energy management, AIAA paper no. 73-228, 1973.

5. Uitbreidingen van energiemethoden

- 5.1 Kelley, H.J. en Edelbaum, T.N.: Energy climbs, energy turns, and asymptotic expansions; Journal of Aircraft, jan-febr. 1976, blz. 93-95.
- 5.2 Calise, A.J.: Singular perturbation methods for variational problems in aircraft flight; IEEE Transactions on automatic control, vol. AC-21, no 3, juni 1976, pg. 345-353.
- 5.3 Calise, A.J.: Extended energy management methods for flight performance optimization; AIAA paper 75-30, 1975.
- 5.4 Glaros, L.N. en Crigler, S.W.: Power-off range optimization using extended energy management techniques, AIAA paper 75-208, 1975.
- 5.5 Breakwell, J.V.: Optimum flight-path-angle transitions in minimum-time airplane climbs; Journal of Aircraft, aug. 1977, blz. 782-786.

- 5.6 Czuchry, A.J. en Calise, A.J.: Energy management rules for turning flight, AIAA paper 73-231, 1973.
- 5.7 Faber, B.: A simple criterion to distinguish between point and integral performance problem and its use to simplify flight profile optimizations; AGARD Conf. Proc. 242, 1978 (paper no. 3).
- 5.8 Brüning, G. en Hahn, P.: The on-board calculation of optimal climbing paths; AGARD Conf. proc. 242, 1978, (paper no 5).

6. Algemene theorie betreffende toepassing van variatiemethoden voor de bepaling van optimale vliegtuig- en raketprestaties

In de jaren 1950-1960 is de algemene theorie voor de bepaling van vliegtuig- en raketprestaties met behulp van de klassieke variatierekening o.a. uitgewerkt door A. Miele (USA). Enige van zijn publicaties zijn onder 6.1 t/m 6.4 aangegeven, waarin ook vele verwijzingen naar verdere artikelen van zijn hand en van andere auteurs voorkomen.

- 6.1 Miele, A.: The calculus of variations in applied aerodynamics and flight mechanics, Chapter 4 van lit. 2.11 (blz. 99-170).

In dit artikel worden de beginselen van de variatierekening gegeven (zonder afleidingen) en toegepast op een groot aantal voorbeelden op gebied van de aerodynamica, vliegtuigprestaties en raketbeweging.

- 6.2 Miele, A.: General variational theory of the flight paths of rocket-powered aircraft, missiles and satellite carriers; Vol. II van Proceedings IXth Int. Astronautical Congress, Amsterdam, 1958; Springer Verlag, Wenen, 1959 (blz. 946-970).

Dit artikel geeft aanvullingen met betrekking tot lit. 6.1 op het gebied van de ruimtevaart.

6.3 Miele, A.: Minimal manoeuvres of high-performance aircraft in a vertical plane; NASA TN D-155, 1959.

6.4 Miele, A.: Lagrange multipliers and quasi-steady flight mechanics; Journal of Aero/Space Sciences, sept. 1959, blz. 592-598.

6.5 Schultz, R.L. en Zagalsky, N.R.: Aircraft performance optimization; Journal of Aircraft, Februari 1972, blz. 108-114.

6.6 Vinh, N.X.: Integrals of motion for optimal trajectories in atmospheric flight, AIAA Journal, Mai 1973, blz. 700-703.

7. Specifieke toepassingen van variatierekening voor de bepaling van vliegtuigprestaties in symmetrische vlucht

7.1 Heermann, H. en Kretsinger, P.: The minimum time problem; Journal of Astronautical Sciences, vol. 12, no. 4, blz. 93-107, winter 1964.

Dit is een van de eerste artikelen waarin een volledige oplossing wordt uitgewerkt voor de optimale brachistochrone stijgvlucht.

7.2 Kelley, H.J.: An investigation of optimal zoom climb technique, Journal of Aero/Space Sciences, dec. 1959, blz. 794-802.

7.3 Robinson, A.C. en Loomis, J.P.: Optimal longitudinal control for obstacle clearance on take-off, AIAA paper 70-963, 1970.

7.4 Faber, B.: Kostenoptimale stratosphärenflüge als geschlossenes Ergebnis einer Variationsrechnung, Zeitschrift für Flugwissenschaften, Oct. 1975, blz. 346-356.

7.5 Uchara, S. et al : Minimum-time loop manoeuvres of jet aircraft;
Journal of Aircraft, aug. 1978, pg. 449-455.

8. Specifieke toepassingen van variatierekening voor de bepaling
van optimale vliegtuigprestaties in bochten

8.1 Hedrick, J.K. en Bryson, A.E. Jr.: Minimum time turns for a
supersonic airplane at constant altitude;
Journal of Aircraft, maart 1971, blz. 182-187.

8.2 Hedrick, J.K. en Bryson, A.E. Jr.: Three-dimensional, minimum-
time turns for a supersonic aircraft; Journal
of Aircraft, febr. 1972, blz. 115-121.

8.3 Hedrick, J.K. en Bryson, A.E. Jr.: Three-dimensional, minimum
fuel turns for a supersonic aircraft; Journal
of Aircraft, maart 1972, blz. 223-229.

8.4 Connor, M.A.: Optimization of a lateral turn at constant height,
AIAA Journal, febr. 1967, blz. 335-338.

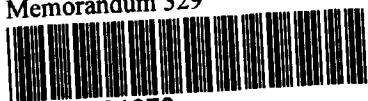
8.5 Anderson, G.M. en Othling, W.L. Jr.: Optimal trajectories of
high-thrust aircraft; Journal of Aircraft, maart 1976,
blz. 180-184.

9. Overige onderwerpen

9.1 Hamza, M.H. en Salama, A.I.A.: Optimal pursuit in space;
Zeitschrift für Flugwissenschaften, mei 1973,
blz. 173-178.

9.2 Marinescu, A.: Der günstigste Eintritt in eine Planetenatmosphäre
zur Minimierung der Gesamtwärmeaufnahme eines Raum-
fahrzeugs; Zeitschrift für Flugwissenschaften,
mei 1974, blz. 174-178.

Memorandum 329



60142021078