

Gerd Ritter
Schwalbenweg 10
D-12526 Berlin
Tel./Fax. +49-(30)-672 19 09

Technische Beschreibung

Automatische Navigationsanlagen

ANU - 1 und ANU - 1 K

Betrieb und Wartung

INTERFLUG

Gesellschaft für internationalen Flugverkehr m. b. H.

Direktor

für Wissenschaft und Technik

Graßl
S... 10
Tel./Fax: +49 (06) 672 19 09

Technische Beschreibung

Automatische Navigationsanlagen

ANU - 1 und ANU - 1K

Betrieb und Wartung

INTERFLUG

Gesellschaft für internationalen Flugverkehr m. b. H., Berlin

Betriebsteil Verkehrsflug
Flugnavigation

11

INTERFLUG

Gesellschaft für internationalen Flugverkehr m. b. H.

Direktor

für Wissenschaft und Technik

	<u>Seite</u>
9. 8. Die Magnetverstärker	50
9. 9. Die Mechanismen der potentiometrischen Verarbeitung	50
9.10. Kursverarbeitungsgruppe	53
9.11. Verarbeitungsgruppe des Wegwinkels	57
9.12. Verarbeitungsgruppe der Weggeschwindigkeit	58
9.13. Netztransformator	58
9.14. Die Gleichrichter	59
9.15. Die Elektronenverstärker	59
9.16. Zur Gesamtanlage gehörende Teile	59
10. Einbau ins Flugzeug	60
10. 1. Einbaubedingungen	0
10.1.1. Der Geber der wahren Eigengeschwindigkeit	60
10.1.2. Der Windgeber SW-1	60
10.1.3. Der Kartenwinkelgeber SÜK-1	62
10.1.4. Das Zählwerk	62
10.1.5. Der Schaltblock EK-1	63
10.1.6. Die Temperaturempfänger P-1	65
10.1.7. Der Betriebsartenschalter	65
10.1.8. Der Zählwerksschalter	65
10.1.9. Die komplette Anlage ANU-1	65
10. 2. Prüfung des Einbaus.	65
11. Betrieb und technische Wartung	67
11. 1. Regelmäßig durchzuführende Wartungsarbeiten	67
11. 2. Komplexe Prüfung der Anlage ANU-1	68
11.2.1. Prüfung der Dichtheit der Druckluftleitungen	68
11.2.2. Prüfung der Betriebsfähigkeit der Anlage ANU-1	68
11.2.2.1. Prüfung der Betriebsfähigkeit der Anlage ANU-1 bei Betriebsart "DISS"	68
11.2.2.2. Prüfung der Betriebsfähigkeit der Anlage ANU-1 bei autonomem Betrieb	71
11.2.3. Prüfung des Gerätefehlers bei der Koordinatenbestimmung durch Anlage ANU-1	72
11. 3. Prüfung der Anlage ANU-1 in Betriebsart "DISS"	72
11.3.1. Arbeit der Anlage ANU-1 mit der Anlage "Trasse"	72
11.3.2. Betrieb der Anlage ANU-1 mit Anlage Weter-2	74
11. 4. Prüfung der Anlage ANU-1 bei "Speicher"-Betrieb	75

	<u>Seite</u>
11. 5. Prüfung des Gerätefehlers (Eigenfehlers) der Anlage ANU-1 bei autonomem Betrieb	76
11.5.1. Einregulierung der Anlage ANU-1	77
11.5.2. Einstellen des Maßstabes der wahren Eigengeschwin- digkeit und Einführen der aerodynamischen Korrektur	78
11.5.3. Einstellung des Maßstabes der Weggeschwindigkeit	79
11. 6. Verfahren der Vorgabe der wahren Eigengeschwindigkeit	80
11. 7. Die Verwendung des Navigationsauswertegerätes ANU-1	83
11. 8. Orientierungsverfahren mit Hilfe der automatischen Naviga- tionsanlage ANU-1	84
12. Aufstellung der möglichen Fehler der Anlage ANU-1 und Maßnahmen zu ihrer Beseitigung	94
12. 1. Betriebsarten "DISS" und "Speicher"	94
12. 2. Bei selbständigem (autonomen) Betrieb	96
13. Anweisungen für die Lagerung	97

2.4. Der Schaltblock HK-1

Der Schaltblock HK-1 ist der Zähl- und Rechenblock. In ihm erfolgt die Verarbeitung der Weggeschwindigkeit, die Errechnung und Speicherung der Winddaten nach den Komponenten der Weg- und der wahren Eigengeschwindigkeit und die Ausgabe von Daten der Weggeschwindigkeit an den Zähler.

Außerdem verbindet der Schaltblock alle Geräte zu einem einheitlichen System.

2.5. Das Zählwerk Stsch NI-50⁺) - der Weganzeiger

Das Zählwerk nimmt die Signale der Weggeschwindigkeit auf, die nach den Achsen im rechtwinkligen (orthodromen) Koordinatensystem zerlegt sind und integriert sie nach der Zeit; dabei werden auf der Skala des Zählwerkes die Koordinaten X und Y des Flugzeugstandortes angezeigt.

2.6. Der Temperaturempfänger P-1

Der Temperaturempfänger P-1 mißt die Temperatur der verlangsamten Strömung und führt die Temperaturwerte in den DWS (Luftgeschwindigkeitsgeber) zur Berechnung der wahren Eigengeschwindigkeit ein.

Der Anschluß der zur Ausrüstung von ANU-1 gehörenden Geräte und die Verbindung mit dem Dopplermesßgerät für Weggeschwindigkeit und Abdriftwinkel DISS und der Kursanlage erfolgt entsprechend dem Schaltbild der Außenanschlüsse und den Verkabelungsschaltplänen für ANU-1 (siehe Abb. Nr. 2, 3 und 3a).

3. Technische Kennwerte von ANU-1

Meßbereich der angezeigten Geschwindigkeit	200 bis 800 km/h
Meßbereich der wahren Eigengeschwindigkeit	200 bis 1100 km/h
Meßbereich der Weggeschwindigkeit	200 bis 1100 km/h
Bereich der Windgeschwindigkeit	0 bis 200 km/h
Höheneignung	bis 20 000 m
Arbeitstemperaturbereich	+50 °C bis -60 °C
Koordinatensystem, in dem der Flugzeug-Standort angezeigt wird	rechtwinklig mit beliebiger Orientierung der Achsen (orthodrom)
Stromversorgung:	
Gleichspannung	27 V $\pm$ 7 %
Wechselspannung	36 V $\pm$ 3 % Frequenz 400 Hz $\pm$ 5 % und 115 V $\pm$ 3 % Frequenz 400 Hz $\pm$ 5 %
Größter Eigenfehler der Anlage bei normaler Temperatur in der Betriebsart "DISS"	max. $\pm$ 1,75 %
Leistungsaufnahme:	
Gleichstrom	max. 40 W
Wechselstrom	max. 100 VA
Masse (ohne Montageteile)	max. 15 kg.

+) Im weiteren Text wird das Zähl- und Weganzeigewerk nur mit "Zählwerk" bezeichnet

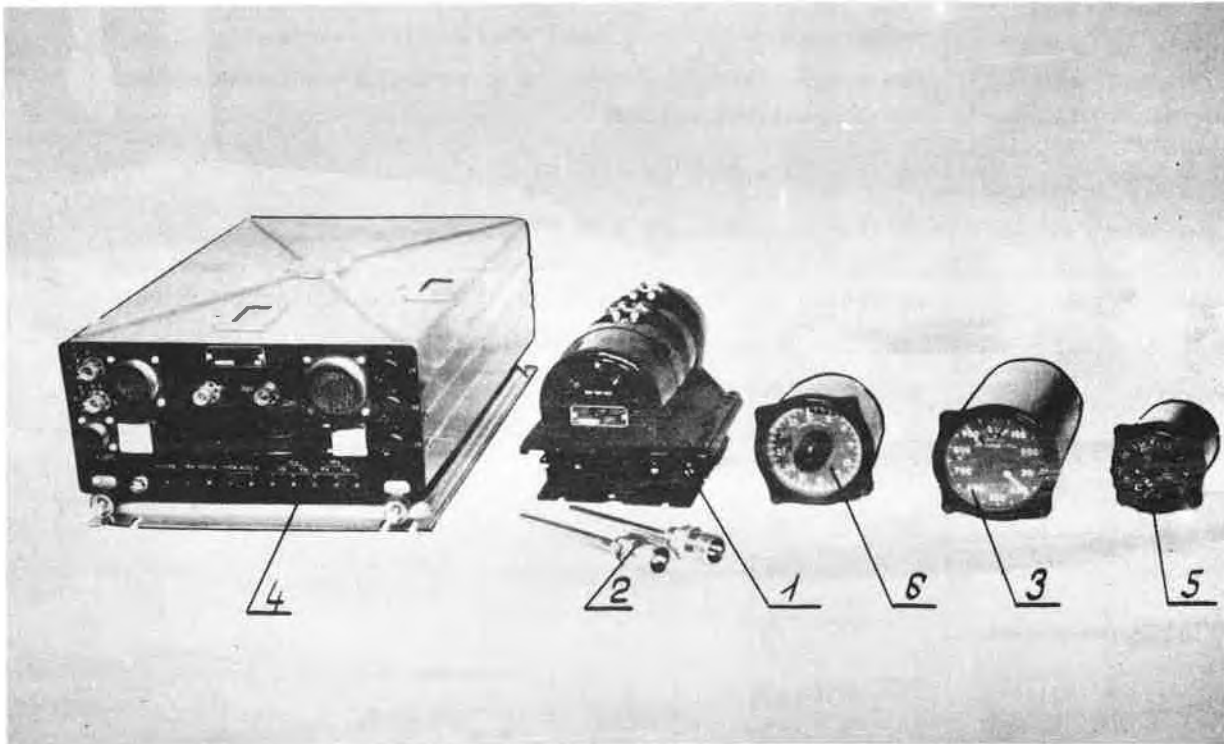


Abb. 1 Komplettes Navigationsauswertegerät ANU-1

- 1 - Geber der wahren Eigengeschwindigkeit
DWS NI-50 EM;
- 2 - Temperaturempfänger P-1;
- 3 - Zählwerk Stsch-NI-50 EM;
- 4 - Schaltblock BK-1; 5 - Windgeber ŠW-1;
- 6 - Kartenwinkelgeber ŠUK-1.

4. Betriebsarten des Gerätes ANU-1

Die Navigationsanlage ANU-1 kann in folgenden Betriebsarten arbeiten:

- Betrieb mit Dopplermeßgerät für Geschwindigkeit und Abdrift (Betriebsart "DISS");
- "Speicher"-Betrieb;
- autonomer (selbständiger) Betrieb.

Hauptbetriebsart des Gerätes ANU-1 ist der Betrieb mit dem Dopplermeßgerät für Geschwindigkeit und Abdrift.

Bei kurzzeitiger Unterbrechung der Arbeit der Dopplernavigationsanlage arbeitet ANU-1 selbständig im "Speicher"-Betrieb, dabei wird die Weggeschwindigkeit als Summe der gespeicherten Komponenten des Windvektors (U_x und U_y) und der Komponenten der wahren Eigengeschwindigkeit (V_x und V_y) bestimmt, die ununterbrochen vom Geber der wahren Eigengeschwindigkeit geliefert werden.

Bei längerer Abschaltung der Dopplernavigationsanlage arbeitet ANU-1 im selbständigen (autonomen) Betrieb mit den Angaben vom Geber der wahren Eigengeschwindigkeit DWS und dem Windgeber ŠW-1.

Die laufenden Koordinaten des Flugzeugstandortes sind das Ergebnis der ununterbrochenen Integration der Komponenten der Weggeschwindigkeit (W_x und W_y).

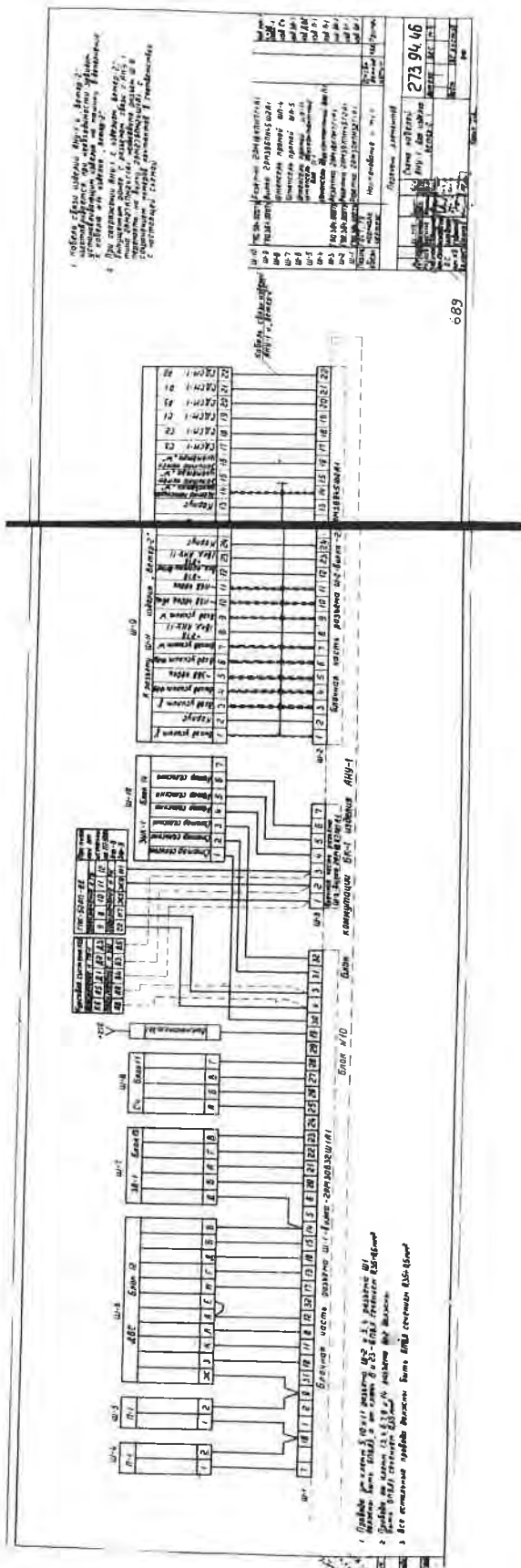


Abb. 3a Anschlußplan der Anlage ANU-1 mit dem Gerät Weter-2

Hierin bedeuten:

- $X_{t.s.}$ - laufende Koordinate des Flugzeugstandortes auf der X-Achse;
 $Y_{t.s.}$ - laufende Koordinate des Flugzeugstandortes auf der Y-Achse.

Bei orthodromem Flug bedeuten:

- $Y_{t.s.}$ - längs der Orthodrome zurückgelegter Weg (Längskomponente des Weges);
 $X_{t.s.}$ - seitliche Abweichung (Querkomponente des Weges).

Für den Fall, daß die Dopplerinformation ausbleibt (Weggeschwindigkeit W und Abdriftwinkel α) ist in der Anlage ANU-1 die Betriebsart "Speichern" vorgesehen.

Damit die Anlage ANU-1 im Speicherbetrieb arbeiten kann, werden ununterbrochen die Augenblickswerte der Windkomponenten U_x und U_y errechnet, die als Differenz zwischen den Komponenten der Weg- und der Eigengeschwindigkeit bestimmt werden (Abb. Nr. 4):

$$\begin{aligned} U_x &= W_x - V_x \\ U_y &= W_y - V_y \end{aligned} \quad (3)$$

Hierin bedeuten:

$$\begin{aligned} W_x &= W \sin (\gamma - \psi + \alpha) \\ W_y &= W \cos (\gamma - \psi + \alpha) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} V_x &= V \sin (\gamma - \psi) \\ V_y &= V \cos (\gamma - \psi) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} U_x &= U \sin (\delta - \psi) \\ U_y &= U \cos (\delta - \psi) \end{aligned} \quad (6)$$

Im Speicherbetrieb werden die Werte der Windkomponenten (U_x und U_y), die zuletzt vor Beendigung der Arbeit der Dopplernavigationsanlage für Geschwindigkeit und Abdrift, d.h. bei Betriebsart "DISS" errechnet wurden, gespeichert.

Auf diese Weise werden in der Betriebsart "Speichern" die gespeicherten Werte der Windkomponenten (U_x und U_y) mit den Komponenten der Eigengeschwindigkeit addiert, die ununterbrochen gegeben werden. Somit entstehen die Werte der Weggeschwindigkeit (W_x und W_y). Dabei löst bei "Speicher"-Betrieb ANU-1 die gleichen Gleichungen (1) und (2), die den Flugzeugstandort im rechtwinkligen (orthodromen) Koordinatensystem bestimmen.

Die Anlage ANU-1 arbeitet bei langem Ausbleiben der Dopplerinformation im selbständigen (autonomen) Betrieb. In diesem Fall wird der Windgeber SW-1 zugeschaltet.

Am Windgeber werden von Hand die Werte der Windparameter im gewählten Koordinatensystem eingestellt (Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie Kartenwinkel).

Vom Windgeber werden die Werte der Windkomponenten (U_x und U_y) abgenommen, die nach den Formeln (6) ermittelt werden. Diese Werte werden algebraisch mit den Komponenten der wahren Eigengeschwindigkeit (V_x und V_y) addiert. Die Summen der entsprechenden Werte der wahren Eigengeschwindigkeit und der Windgeschwindigkeit bilden die Werte der Komponenten der Weggeschwindigkeit des Flugzeuges (W_x und W_y), die nach der Zeit integriert werden.

Beim selbständigen (autonomen) Betrieb löst die Anlage ANU-1 die Gleichungen (1) und (2), mit deren Hilfe der Flugzeugstandort ermittelt wird.

$$V = \sqrt{K_g R T_v} \cdot \frac{M}{\sqrt{1 + 0,2 M^2}}$$

Hierbei ist:

- V - wahre Eigengeschwindigkeit;
- K - adiabatische Kennziffer $K = 1,4$;
- g - Erdbeschleunigung $= 9,81 \text{ m/s}^2$;
- R - Gaskonstante $R = 29,27 \text{ m}^{\circ}\text{K}$;
- T_v - Temperatur der verlangsamen Strömung;
- M - Machzahl (Maewski-Zahl).

Der Gesamt- und der statische Druck gelangen vom Staurohr PWD in den Eigengeschwindigkeitsgeber DWS, während der Wert der Temperatur der verlangsamen Strömung von zwei Temperaturempfängern P-1 geliefert wird. Die der wahren Eigengeschwindigkeit proportionale Spannung, die der DWS abgibt, wird dem Sinus-Cosinus-Potentiometer (7) zugeführt.

Die Schleifer des Sinus-Cosinus-Potentiometers (7) drehen sich mit Hilfe des Nachführungssystems der Kursverarbeitung um den Winkel $(\gamma - \psi)$. Das Nachführungssystem besteht aus dem Drehfeldempfänger (4), dem Elektronenverstärker (5), dem Elektromotor (6). Dabei kommt das Kurssignal (γ) von der Kursanlage, während der Kartenwinkel (ψ) von Hand mit Hilfe des Kartenwinkelgebers ŠUK-1 (2) eingeführt wird.

Auf dem Sinus-Cosinus-Potentiometer (7) wird die wahre Eigengeschwindigkeit in zwei Komponenten zerlegt (V_x und V_y), siehe Formel Nr. 5.

Mit dem Elektromotor des Nachführungswinkels $\gamma - \psi$ (6) ist der Drehfeldempfänger (8) mechanisch verbunden, der ein Signal, proportional $(\gamma - \psi)$, an den Differentialdrehmelder des Rechengerätes für Abdriftwinkel und Weggeschwindigkeit DISS (14) weitergibt.

Vom Rechengerät (14) gelangt ein Signal, das dem Wegwinkel $(\gamma - \psi + \alpha)$ proportional ist, zum Drehfeldempfänger (9) zur Verarbeitung des Wegwinkels in der Anlage ANU-1.

Von der anderen Seite wird eine Spannung, proportional der Weggeschwindigkeit (W), die vom Rechengerät für Weggeschwindigkeit und Abdrift kommt (DISS 14), in der Zähl- und Rechenvorrichtung des ANU-1 durch ein Nachführungssystem verarbeitet, das aus dem Elektronenverstärker (15), dem Nachführungselektromotor von W (16), dem Verarbeitungspotentiometer von W (17) und zwei Potentiometern (18) besteht, die mit Gleichspannung gespeist sind.

Von den Potentiometerschleifern (18) wird eine Gleichspannung abgenommen, die der Weggeschwindigkeit (W) des Flugzeugs proportional ist und mit der das Sinus-Cosinus-Potentiometer (19) gespeist wird.

Die Schleifer des Sinus-Cosinus-Potentiometers (19) werden durch den Elektromotor (11) um die Größe des Wegwinkels $(\gamma - \psi + \alpha)$ gedreht.

Die Verarbeitung des Wegwinkels $(\gamma - \psi + \alpha)$ erfolgt durch das Nachführungssystem, das aus Drehfeldempfänger (9), Elektronenverstärker (10) und Elektromotor (11) besteht.

Auf diese Weise werden vom Sinus-Cosinus-Potentiometer, dem Zerleger der Weggeschwindigkeit, Spannungen entnommen, die den Komponenten (W_x und W_y) proportional sind und nach den Formeln (1) ermittelt werden.

Die Komponenten des Windvektors (U_x und U_y) werden von ANU-1 als Differenz zwischen den Komponenten der Vektoren der Weg- und der wahren Eigengeschwindigkeit nach den Formeln (3) mit Hilfe zweier identischer Nachführungssysteme errechnet, die je aus dem Magnetverstärker (20 bzw. 24), dem Elektromotor (21 bzw. 25) und dem Verarbeitungspotentiometer (22 bzw. 26) bestehen.

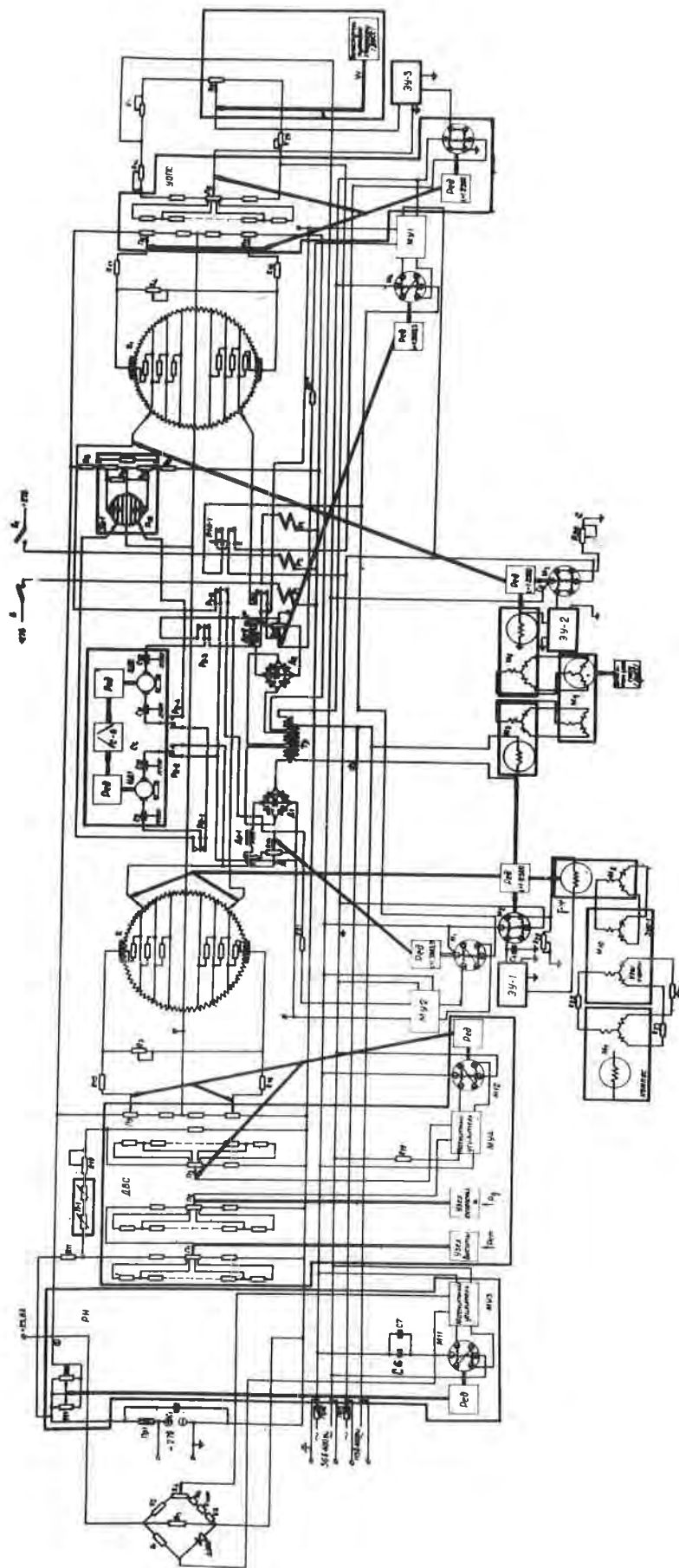


Abb. 6 Prinzipschaltbild der Anlage ANU-1

Anmerkung: Die mit + gekennzeichneten Widerstände werden bei der Einstellung gewählt.

b) auf die Eingänge der Magnetverstärker MU1 und MU2 für die Berechnung der Windvektorkomponenten.

Die integrierenden Elektromotoren Id1 und Id2 übertragen über die Getriebe die Bewegungen auf die Zeiger des Zählwerkes (Stsch); der eine Zeiger zeigt die Projektion des Flugzeugweges in km auf der X-Achse, - der andere auf der Y-Achse an.

Um die Komponenten des Windvektors (U_x und U_y), die gleich der Differenz ($W_x - V_x$) und ($W_y - V_y$) sind, zu berechnen, werden zwei Gruppen der potentiometrischen Verarbeitung verwendet, deren jede aus einem linearen Potentiometer mit Mittelabgriff und aus einem Elektromotor DID-0,5 mit Getriebe (R_{12} , M_4 bzw. R_{13} , M_1) besteht.

Jedes der Potentiometer (R_{12} und R_{13}) wird durch Gleichspannung von den Gleichrichtern D_1 und D_2 gespeist. Die Berechnung der Windvektorkomponenten für die X-Achse (U_x) geschieht wie folgt:

Dem Verstärkereingang des Magnetverstärkers MU1 wird eine Spannung zugeführt, die proportional zu der Differenz ($W_x - V_x$) ist.

Das Vergleichen der Signale (W_x und V_x) erfolgt auf dem Eingang des Magnetverstärkers MU1.

Die zu W_x proportionale Spannung wird unmittelbar auf den Eingang von MU1 über den Ruhekontakt R1-1 des Relais R1 vom Sinusschleifer des SKP (R_1) gegeben. Die V_x entsprechende Spannung wird dem Eingang von MU1 vom Sinusschleifer des SKP (R) über den Mittelabgriff und weiter über den Schleifer vom Potentiometer R_{12} zugeführt.

Bei einem Wind ($W_x + V_x$) wird eine Spannung, proportional zu ($W_x - V_x$) auf den Verstärkereingang des Magnetverstärkers MU1 gegeben, die den Elektromotor (DID-0,5) (M_4) steuert.

Der Elektromotor (M_4) dreht den Schleifer des Potentiometers (R_{12}) so lange, bis die Spannung, die proportional zu der Summe ($V_x + U_x$) ist, sich von der Spannung unterscheidet, die proportional zu W_x ist.

Auf diese Weise wird vom Schleifer des Potentiometers (R_{12}) eine Spannung abgegriffen, die proportional zur Komponente des Windvektors in der X-Achse ist (U_x).

Analog arbeitet das Nachführungssystem (MU2, M_1 , R_{13}) der potentiometrischen Auswertung der Spannung, die proportional der Komponente des Windvektors in der Y-Achse (U_y) ist und vom Schleifer des Potentiometers (R_{13}) gegenüber dessen Mittelabgriff abgenommen wird.

Die Arbeit der oben beschriebenen Prinzipschaltung bezieht sich auf die Betriebsart "DISS".

Berechnung des Weges bei Betriebsart "Speicher"

Wenn das Dopplermeßgerät für Weggeschwindigkeit und Abdriftwinkel (DISS) die Arbeit unterbricht, gibt es das Signal "Speicher" (+27 V) auf die Relais R1 und R1A. Beim Ansprechen der Relais R1 und R1A geht ANU-1 in die Betriebsart "Speicher" über. Dabei bleiben auf den Potentiometern der Betriebsart "Speicher" (R_{12} und R_{13}) die Schleifer in der Stellung, in der zuletzt die Werte der Windvektorkomponenten (U_x und U_y) berechnet wurden.

Das Fixieren der Schleiferlage an den "Speicher"-Potentiometern (R_{12} und R_{13}) beim Übergang zum Speicherbetrieb wird wie folgt durchgeführt:

1. Durch die Kontakte R1-1 und R1-2 des Relais R1 werden die Schleider des SKP (R_1) von den Eingängen der Magnetverstärker MU1 und MU2 getrennt.
2. Die Eingänge der Magnetverstärker MU1 und MU2 werden durch die Ruhekontakte des Relais R1 kurzgeschlossen.

3. Durch Einschalten des Relais R1A wird die feststehende Phase der Elektromotoren M1, M4 und M13 unterbrochen.

Wie aus Abbildung 6 ersichtlich, sind beim Übergang von ANU-1 zum Speicherbetrieb die integrierenden Elektromotoren des Zählwerks Id1 und Id2 zwischen die Mittelpunkte des SKP und die Schleifer der Potentiometer "Speicher" (Windspeicherung) (R12 und R13) über die Ruhekontakte des Relais R2 eingeschaltet.

Auf diese Weise werden den integrierenden Elektromotoren des Zählwerks Id1 und Id2 Spannungen zugeleitet, die proportional zu den Komponenten der Weggeschwindigkeit, im rechtwinkligen Koordinatensystem, sind:

$$W_x = V_x + U_{xn} = V \sin (\gamma - \psi) + U \sin (\delta - \psi)$$

$$W_y = V_y + U_{yn} = V \cos (\gamma - \psi) + U \cos (\delta - \psi)$$

Diese werden zeitlich integriert.

Im Speicherbetrieb kann die Berechnung des vom Flugzeug zurückgelegten Weges 20 bis 30 Minuten lang erfolgen, da in dem angegebenen Zeitraum sich der Wind in Größe und Richtung nur wenig ändert.

Berechnung des Weges im autonomen Betrieb

Bei längerer Abschaltung des Dopplermessgerätes für Geschwindigkeit und Abdrift (länger als 20 bis 30 Minuten) wird ANU-1 auf autonomen Betrieb umgeschaltet.

Zu diesem Zweck wird mit Hilfe des Kippschalters B₁ das Relais R2 eingeschaltet, das den Windgeber SW-1 an die Schaltung anschließt.

Die Windparameter werden mit Hilfe zweier Geschwindigkeitspotentiometer (P₁₁ und P₁₂) und des Sinus-Cosinus-Potentiometers (P₁₀) eingeführt, deren Schleifer von Hand nach den Skalen der Windgeschwindigkeit und Windrichtung eingestellt werden.

Von den Schleifern des Sinus-Cosinus-Potentiometers des Windgebers (P₁₀) werden Spannungen abgegriffen, die proportional den Werten

$$U_x = U \sin (\delta - \psi)$$

$$U_y = U \cos (\delta - \psi) \quad \text{sind,}$$

wobei ψ = der Kartenwinkel ist, der ebenfalls von Hand am Windgeber eingestellt wird.

Die Widerstände (R₅ und R₆) dienen zum Einstellen des Spannungsmaßstabes am Windgeber SW-1 und sind im Schaltblock HK-1 angeordnet. Die Spannungen, die von den Schleifern des SKP (P₁₀) des Windgebers SW-1 abgenommen werden und proportional zu den Komponenten des Windvektors (U_x und U_y) sind, werden algebraisch mit den entsprechenden Spannungen addiert, die proportional zu den Komponenten der wahren Eigengeschwindigkeit sind (V_x und V_y).

Die Komponenten der wahren Eigengeschwindigkeit (V_x und V_y) werden vom Sinus-Cosinus-Potentiometer (R) abgegriffen. Die algebraische Addition der Komponenten der wahren Eigengeschwindigkeit (V_x und V_y) und der Komponenten der Windgeschwindigkeit (U_x und U_y) erfolgt an den Klemmen der integrierenden Elektromotoren Id1 und Id2.

Folglich werden die integrierenden Elektromotoren Id1 und Id2 mit Spannungen gespeist, die proportional zu den Komponenten der Weggeschwindigkeit sind ($W_x = V_x + U_x$;

$$W_y = V_y + U_y$$

Auf diese Weise übertragen die integrierenden Elektromotoren über die Getriebe Drehbewegungen auf die Zeiger des Zählwerkes (C und B), von denen der vom Flugzeug zurückgelegte Weg im rechtwinkligen Koordinatensystem (X und Y) abgelesen werden kann.

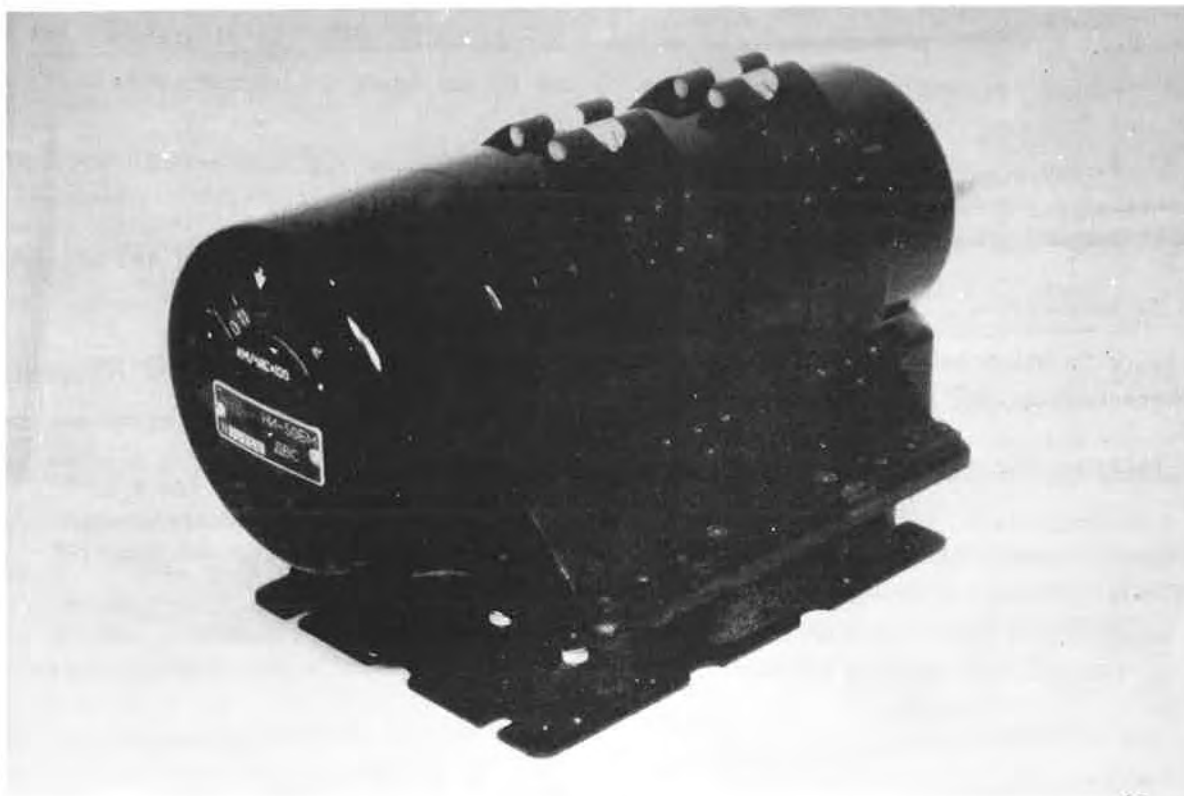


Abb. 7 Eigengeschwindigkeitsgeber (Außenansicht)

Der Gesamtdruck der Luftströmung wird vom Staurohr (PWD) über den Stutzen (15) in den Innenhohlraum des Manometergehäuses (13) gegeben. Die Ausdehnung des Manometergehäuses (13) wird mittels der Stange (11), des Hebels (9), der Achse (10), den Halter (14) auf den Schleifer (16) des Potentiometers (P_2) übertragen und in eine Spannung umgeformt, die vom dynamischen Druck der Luftströmung abhängig ist. Der Spannungsverlauf in Abhängigkeit vom statischen und Gesamtdruck wird durch die Formgebung der Körper der Potentiometer (P_1) und (P_2) und anschließenden Abgleich des Verlaufs mit Hilfe der Nebenschlußwiderstände R_{67} bis 78 und R_{52} bis 65 erreicht.

Die vom Potentiometer (P_2) abgenommene Spannung wird durch den Elektromotor DID-0,5 (1) an dem Potentiometer (P_3) ausgewertet. Infolge des Abgleiches des Potentiometers (P_3) mit den Widerständen R_{36} bis 51 ist der Drehwinkel der Achse (2) eine lineare Funktion der wahren Eigengeschwindigkeit. Die Schleifer der Ausgangspotentiometer (P_4 und P_5) sind starr mit dem Schleifer des Nachführungspotentiometers P_3 verbunden, dadurch ist der Drehwinkel der Schleifer der Ausgangspotentiometer ebenfalls proportional zur wahren Eigengeschwindigkeit.

Der komplette Geber der wahren Eigengeschwindigkeit besteht aus folgenden Hauptteilen:

- dem eigentlichen Geber;
- dem Montagesockel mit dem Magnetverstärker;
- den zwei Temperaturempfängern.

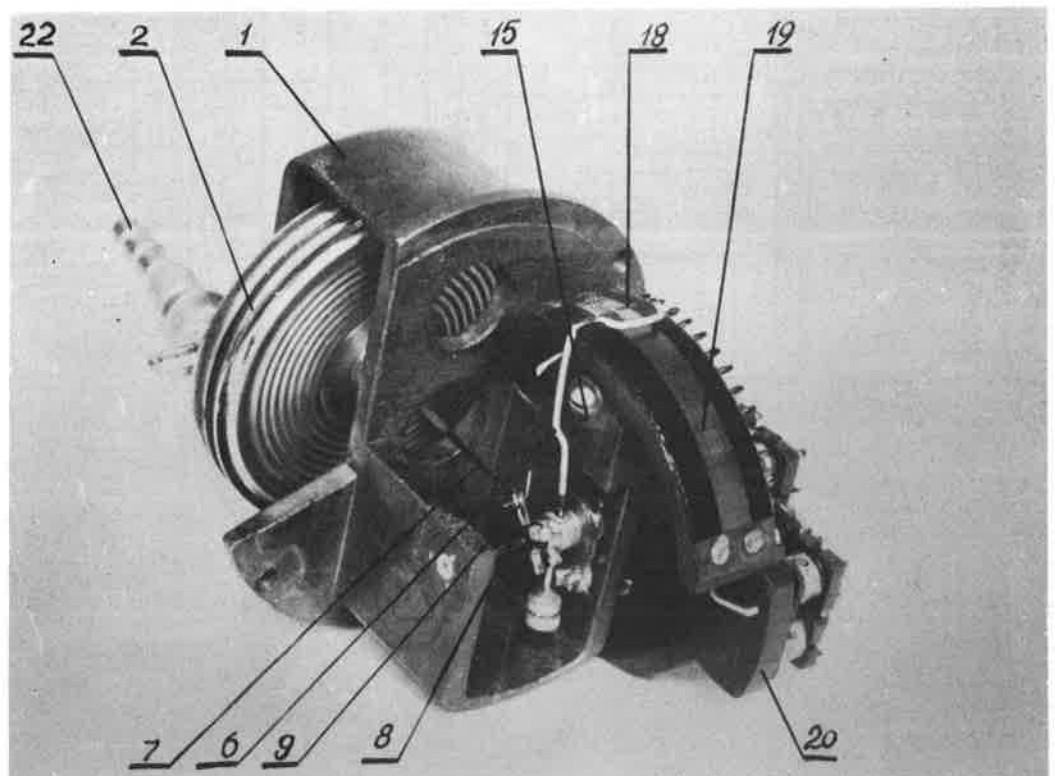
9.1.1. Der eigentliche Geber (Abb. 11)

Der eigentliche Eigengeschwindigkeitsgeber besteht aus zwei Teilen (Gruppen): dem Membranen-Druckdosenteil und dem Nachführungsteil.

Die Aneroiddose (Abb. 12) ist eine selbständige Baugruppe, die aus zwei Blöcken be-



Abb. 11 Der eigentliche Geber DWS



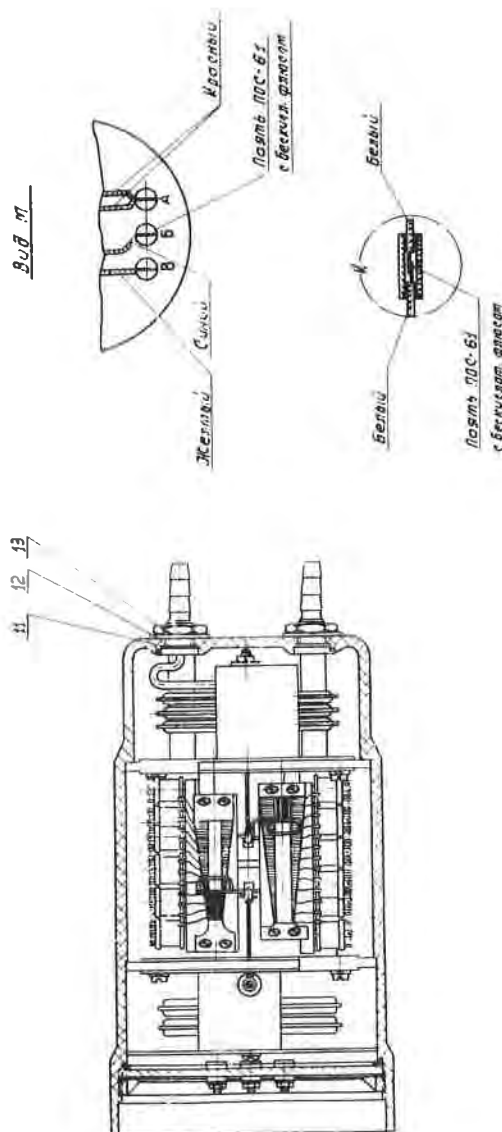
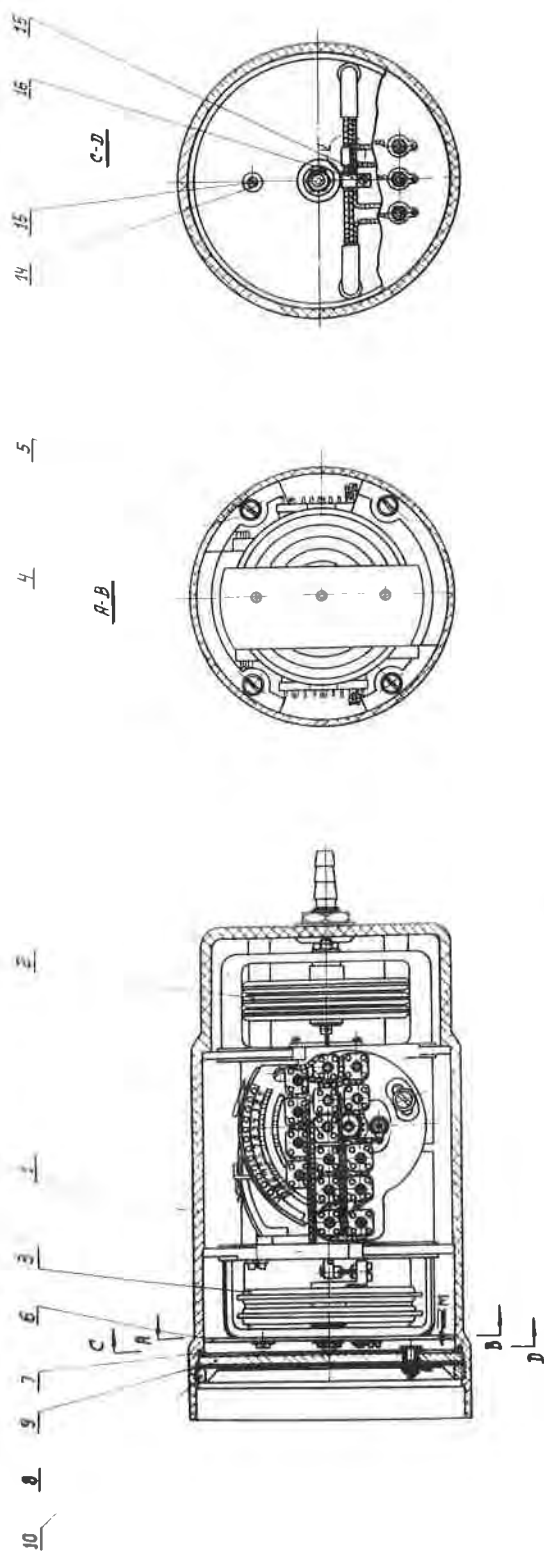


Abb. 12 Membran-Druckdose

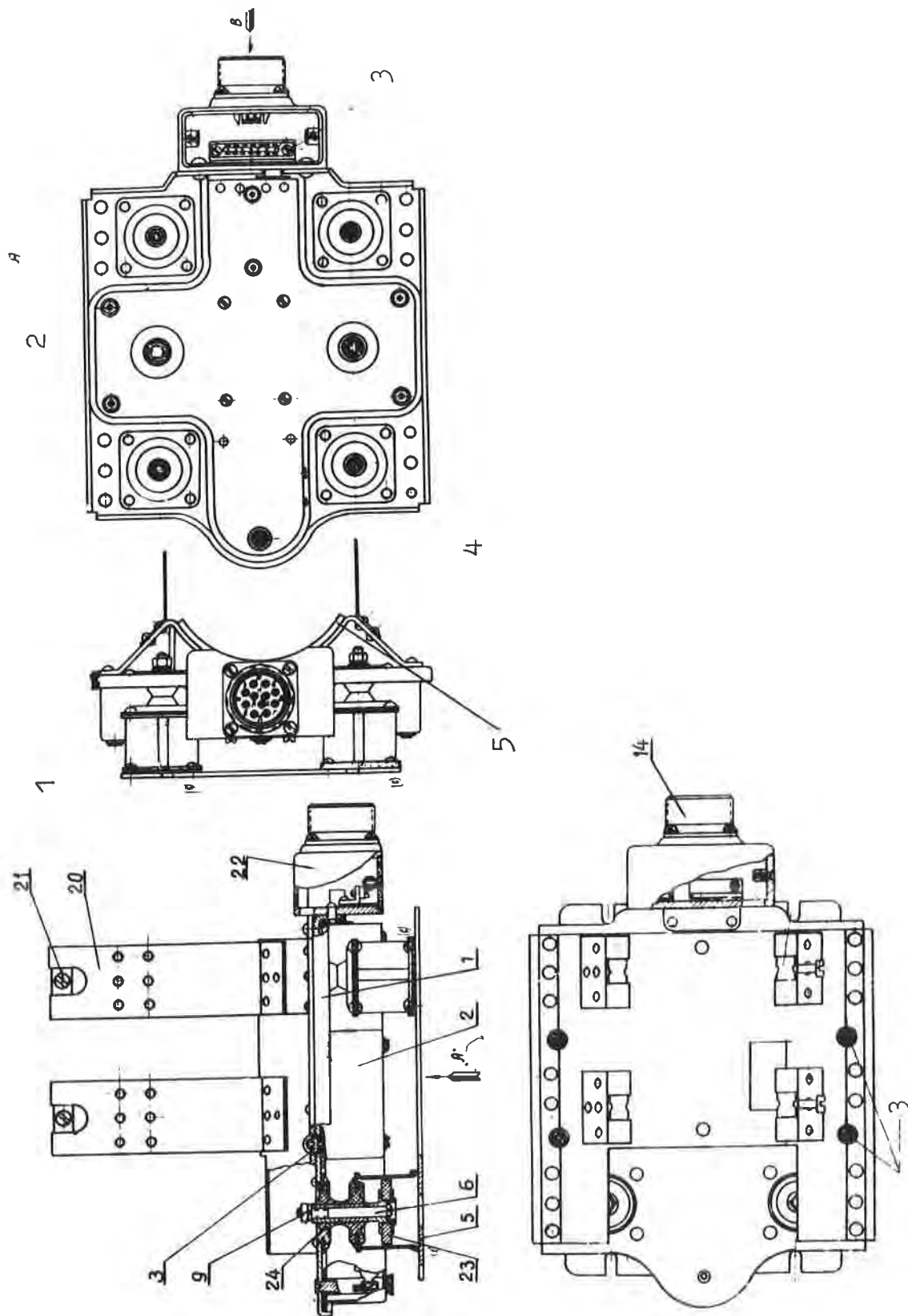


Abb. 16 Montagesockel mit Magnetverstärker
 1 - Ansicht in Richtung "B"; 2 - Ansicht in Richtung "A"; 3 - Mit Nitroemalllack gesichert; 4 - Mit Plombierpaste ausgefüllt; 5 - Mit Klebstoff Nr. 88 geklebt.

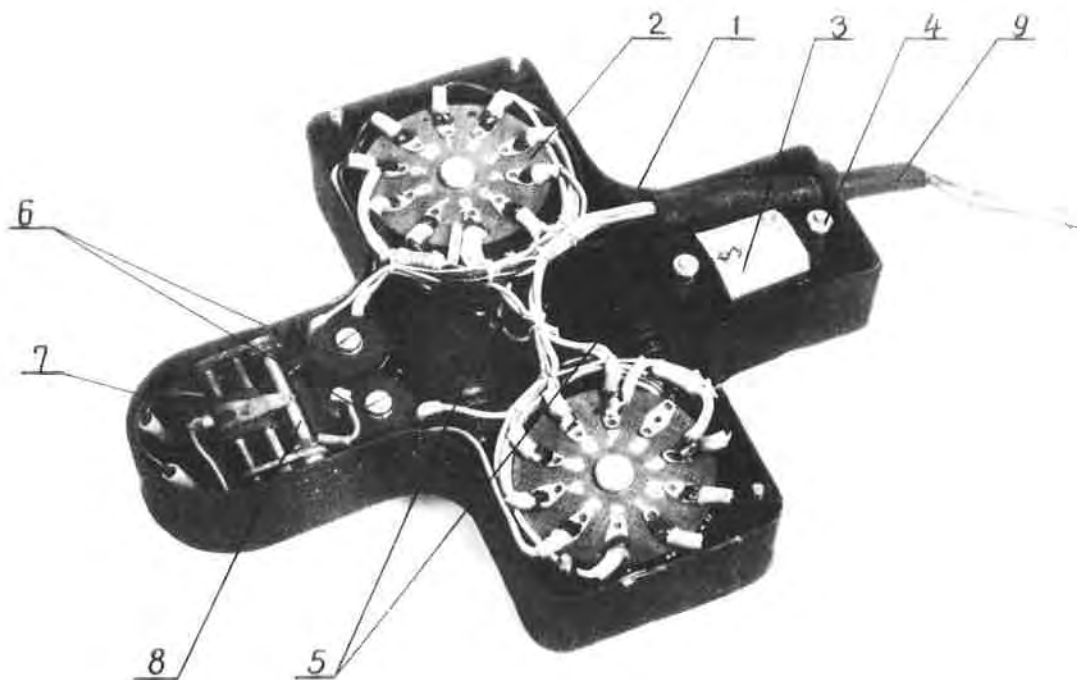


Abb. 17 Magnetverstärker (Außenansicht)

Der Spulenkern (1) (Abb. 19) des Magnetverstärkers besteht aus einem Satz Permalloy-Ringen der Marke M79M4 und Stahl WTsch-2.

Die gestanzten Ringe sind in Wasserstoff oder Vakuum nach einer besonderen Technologie geglüht.

Der Satz Ringe ist in einen besonderen Aluminiumring (2) eingelegt, der den Kern gegen mechanische Einwirkungen schützt, die beim Aufwickeln und bei Temperaturschwankungen der Umgebungsluft hervorgerufen werden.

Auf jeden der mit Lackband umwickelten Alu-Ringe sind die Ausgangswicklungen W_5 und W_6 gewickelt. Zwei Ringe mit den Ausgangswicklungen W_5 und W_6 sind zusammengelegt und mit Lackpapier umwickelt. Auf die in dieser Weise gepaarten Ringspulen I sind die durch Lackpapier voneinander isolierten Wicklungen der Rückkopplung W_3 und die Eingangswicklung W_1 gewickelt, die die Spule II bilden. Auf die gleiche Weise wird die zweite Ringspule II mit den Wicklungen W_2 , W_4 , W_7 und W_8 gebildet.

Der Ausgangsdifferentialtrafo Tr (Abb. 18) ist auf einem E-förmigen Kern aus Permalloyplättchen der Marke 8CHXC (russ.) - (deutsch) 8SNChS - aufgebaut. Die Transformatorwicklungen sind durch Kondensatorpapier und Lackband isoliert. Der Magnetverstärker (Abb. 17) ist in einem Aluminiumgehäuse (1) eingebaut. Die Spulen sind durch Klemmleisten (2) mit Spannschrauben und Muttern im Gehäuse (1) befestigt.

Der Ausgangstrafo (3) ist an Leisten befestigt, die mit dem Gehäuse (1) durch Muttern (4) verbunden sind.

Außer den Trafo-Spulen sind im Gehäuse (1) folgende Elemente des Magnetverstärkers angeordnet:

1. Zwei Selengleichrichter (5) und zwei Widerstände, die dazu dienen, den linearen Verlauf der Gleichrichter bei kleinen Signalen zu gewährleisten.

9.2. Die Temperaturempfänger (Abb. 20)

Als Temperaturempfänger werden zwei Empfänger P-1 verwendet, die in den Kreis des Auswertungsteiles des Eigengeschwindigkeitsgebers über den Schaltblock EK1 geschaltet sind (Reihenschaltung).

9.3. Der Kartenwinkelgeber SÜK-1 (Abb. 21)

Der Kartenwinkelgeber hat ein Gehäuse von 80 mm Durchmesser. An der Gerätevorderseite ist ein Knopf, mit dem der Kartenwinkel eingestellt wird. Das Gerät wird an der Gerätetafel mittels 4 mm-Schrauben angeflanscht. Die 360°-Skala des Kartenwinkelgebers hat eine 2°-Teilung.

Der Kartenwinkel wird durch den Zeiger angegeben, in dessen Mitte eine Flugzeugsilhouette dargestellt ist.

Den konstruktiven Aufbau des Kartenwinkelgebers zeigt Abbildung 22. Der Differentialdrehmelder (15) bildet den Hauptteil des Gerätes. Der Stator des Drehmelders (15) ist mittels des Ringes (16), der Feder (17) und der Schrauben (19) im Gehäuse (1) befestigt. Der Rotor des Drehmelders (15) ist mit Schrauben an der Achse (14) befestigt. Die Achse dreht sich in den Lagern (38, 39). An dem einen Wellenende ist der Schleifringblock (27) aufgesteckt, an dem sich die Schleifer (22) bewegen, deren Anschlüsse zur Leiste der Steckverbindung (28) führen. Das andere Wellenende trägt einen Knopf (6), wenn dieser gedreht wird, dreht sich zusammen mit dem Rotor des Drehmelders auch der Zeiger (9), der starr auf der Achse (14) befestigt ist. Die Skala (13) ist mittels Schrauben (8) starr am Gehäuse befestigt. Um Zeiger und Skala gegen Beschädigung zu schützen, ist die Vorderseite des Gerätes durch eine Glasplatte (3) verschlossen, die in der Aussparung des Gehäuses (1) mittels eines Klemmringes (2) gehalten wird. Die Federscheibe (36) dient zur Einstellung des erforderlichen Momentes beim Drehen der Achse (14). Das Gerät ist mit dem Schutzmantel (12) versehen, der durch Schrauben (34) im Gehäuse (1) befestigt wird. Die Anschlußbuchse (28) befindet sich auf der Rückseite des Gerätes.

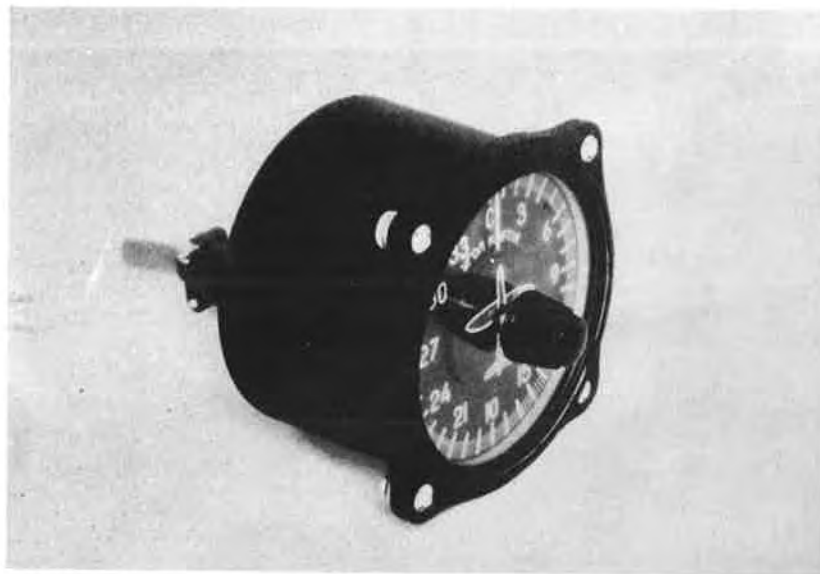


Abb. 21 Kartenwinkelgeber (Außenansicht)

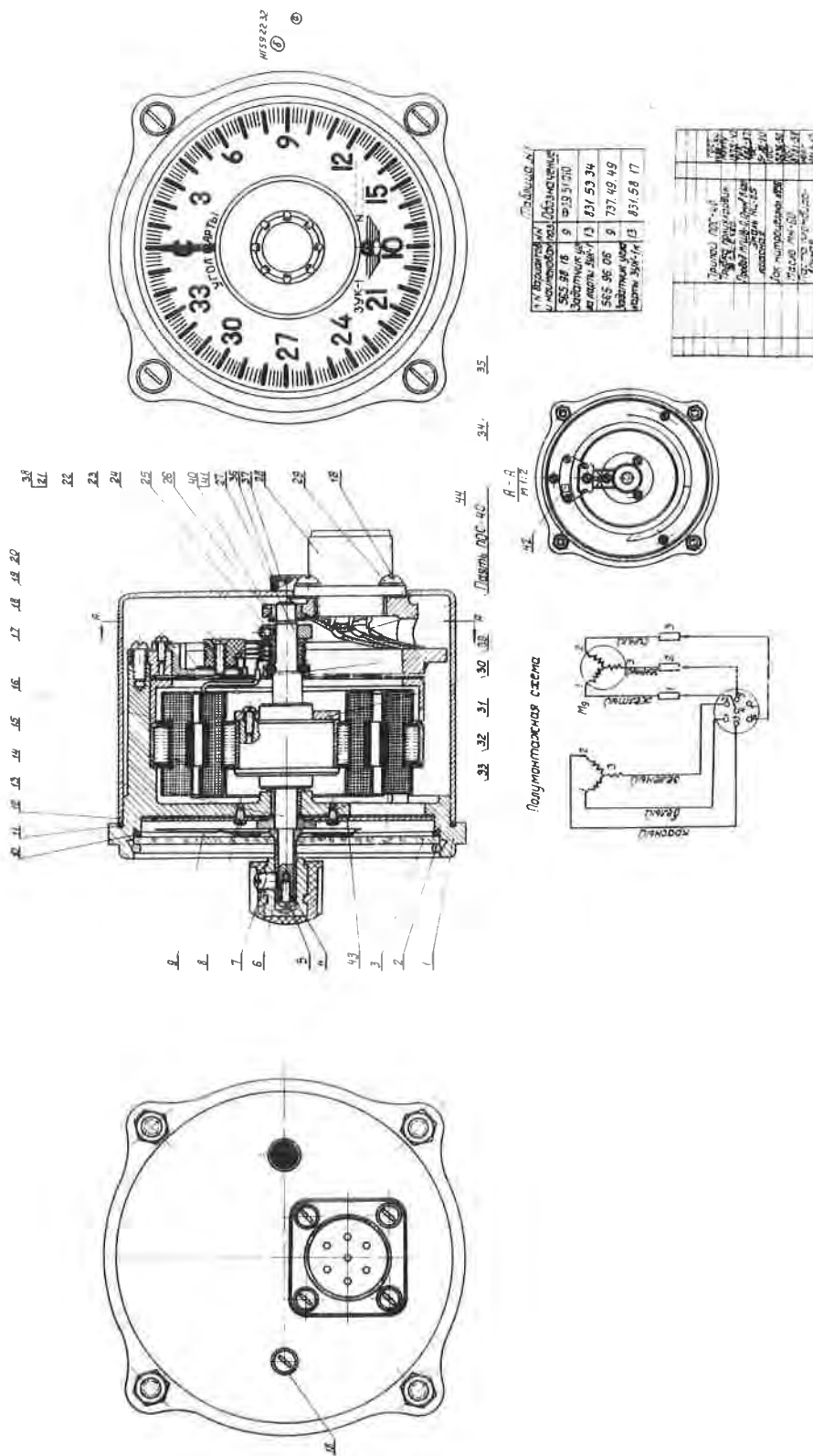


Abb. 22 Конструктивный Aufbau des SUK-1

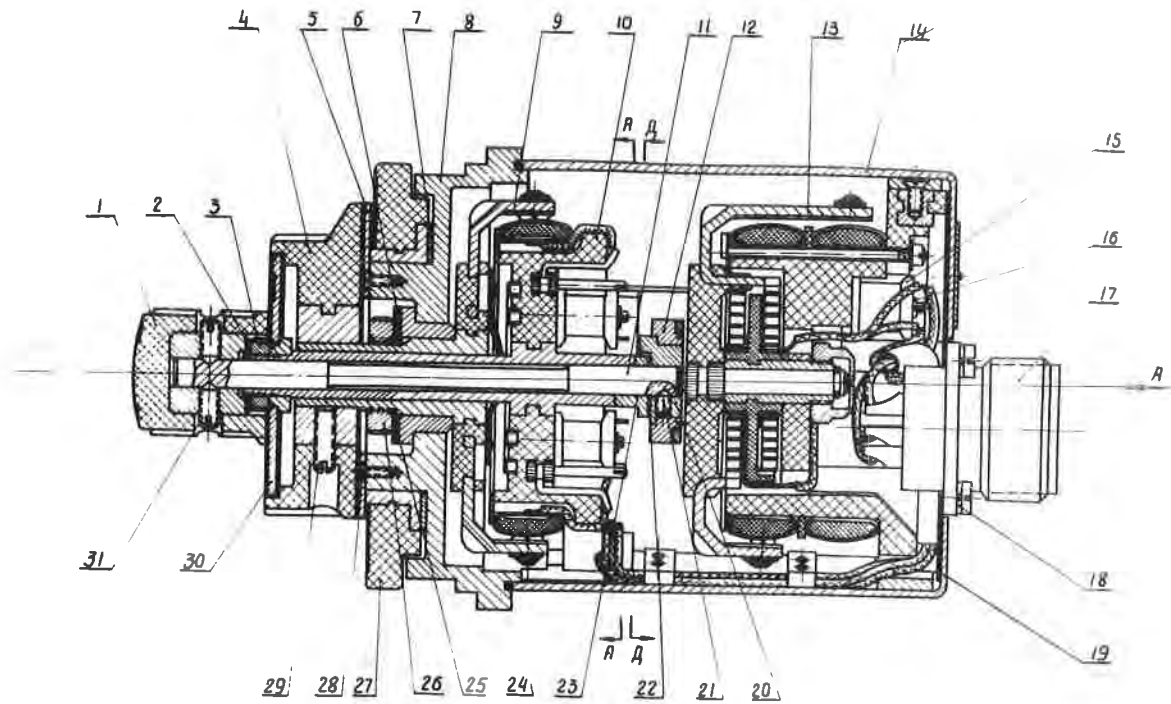


Abb. 25 Konstruktion des Windgebers

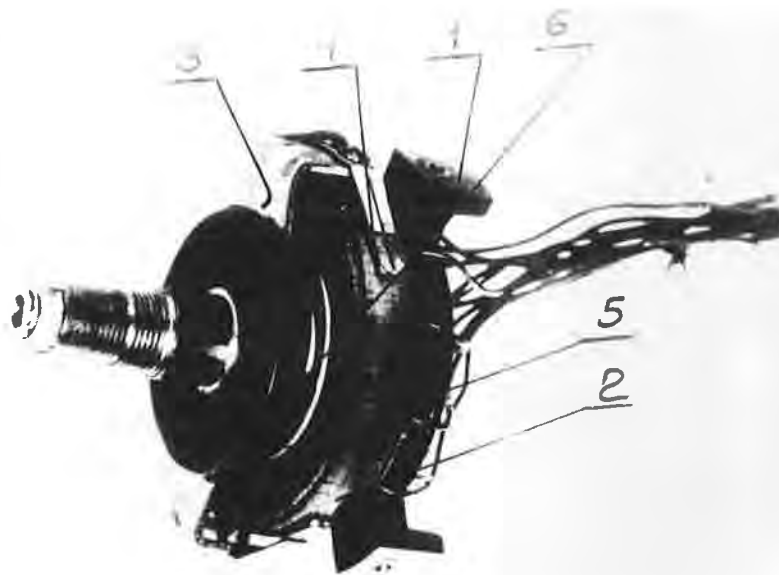


Abb. 26 Sinus-Cosinus-Potentiometer

Die Baugruppe "Sinus-Cosinus-Potentiometer" und der Block der Geschwindigkeitspotentiometer (Abb. 25) sind im Gehäuse (8) des Gerätes, jedes einzeln, mit Schrauben befestigt. Das Gerätegehäuse wird von der Verkleidung (14) abgeschlossen; ein Gummiring und eine Dichtung schützen das Gerät gegen eindringenden Staub und gegen Feuchtigkeit.

Der Skalenring (27) mit der Kartenwinkel- und Windrichtungsskala ist an der Vorderseite des Gehäuses befestigt und läßt sich gegenüber dem feststehenden Index (5) drehen, der am Gehäuse durch die Schrauben (28) gehalten wird.

Der Knopf mit dem Index "δ", der zum Einführen der Windrichtung dient, ist mittels Schraube (29) an der Buchse des Bürstenhalters der Baugruppe "Sinus-Cosinus-Potentiometer" befestigt und dreht sich gleichzeitig mit dem Bürstenhalter (9); der Winkel wird an der Skala (27) abgelesen. Der Windgeschwindigkeitsknopf (1) ist durch die Schrauben (31) an der Achse (11) befestigt und dreht sich mit der Achse, die in dem Mitnehmer (12) endet. Die Achse des Mitnehmers (12) ist mit dem die Schleifer tragenden Halter (13) verbunden. Die Skala (30) der Windgeschwindigkeit wird durch die Mutter (3) an der festen Buchse am Boden des Sinus-Cosinus-Potentiometer-Blockes befestigt, der mit dem Gerätegehäuse verbunden ist. Die Größe der Windgeschwindigkeit wird auf Skala (30) durch den Index angezeigt, der auf dem Knopf (1) aufgetragen ist.

9.5. Das Zählwerk (Abb. 28)

Das Zählwerk hat zwei Skalen. Die Hauptskala, über der sich die Gerätezeiger bewegen, ist in km von 0 bis 1000 eingeteilt. Die zweite Skala liegt unter der Hauptskala und ist im Bereich von 0 bis 5 x 1000 km in jeweils 0,5 x 1000 km eingeteilt. Die Anzeigen der zweiten Skala werden nach dem Index durch das Fenster abgelesen, das sich in der Hauptskala befindet. Die zweite Skala gibt die Zahl der Kilometer in Tausend an, die das Flugzeug in der Richtung "C" (Norden) (Y-Achse) zurückgelegt hat.

Die größte Entfernung in Richtung "B" (Osten) (X-Achse) beträgt 1000 km.

Außer den Zeigern befinden sich auf der Vorderseite des Gerätes Kontrollindexe, die anzeigen, ob das Gerät in Ordnung ist.

Hauptteil des Zählwerkes bilden zwei integrierende Elektromotoren, die konstruktiv gleich ausgeführt sind. Die Ausführung eines integrierenden Elektromotors wird in Abbildung 29 gezeigt.

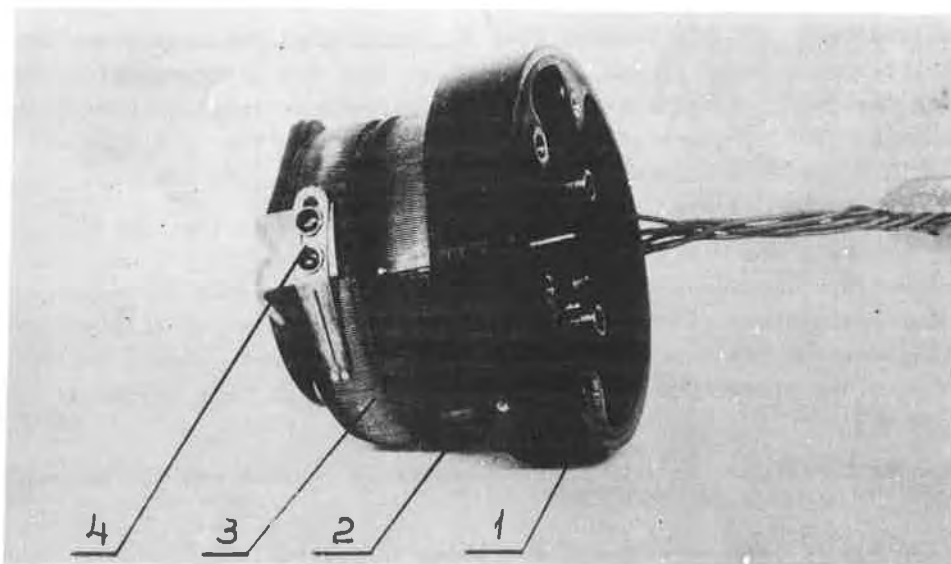


Abb. 27 Geschwindigkeitspotentiometerblock

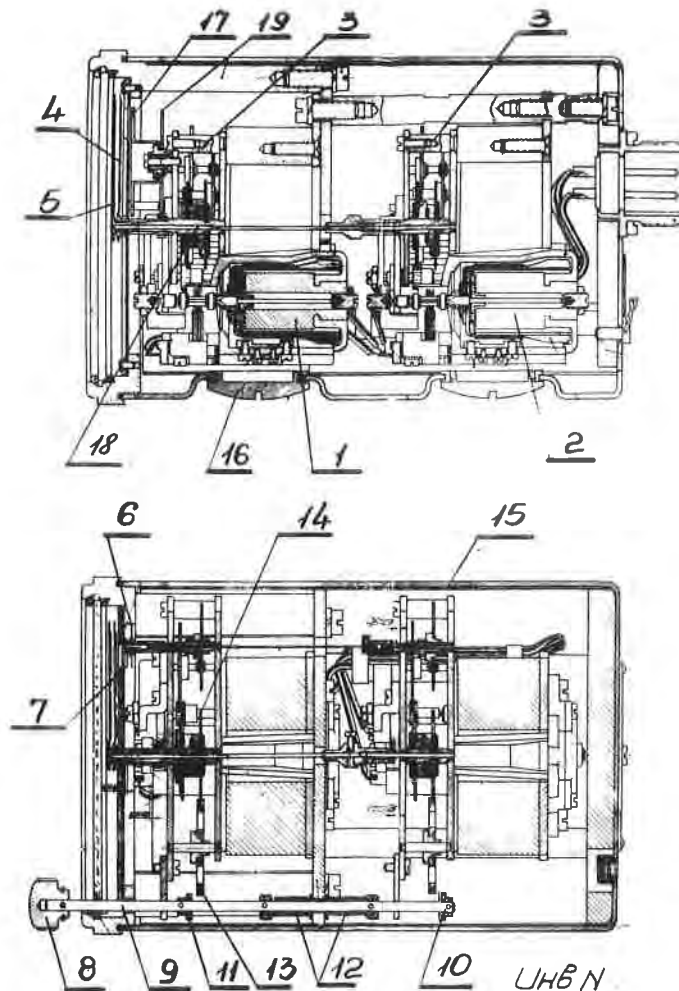


Abb. 30 Konstruktiver Aufbau des Zählwerkes

der Elektromotor (2) - für die X-Achse. An der Achse jedes Elektromotors befindet sich ein Getriebe (3). Die Übersetzungszahl vom Elektromotor zu den Zeigern beträgt $i = 192000$, die Übersetzungszahl vom Elektromotor zur zweiten Skala (17), die in $0,5 \times 1000 \text{ km}$ eingeteilt ist, ist $i = 960000$. Im Getriebe befinden sich sieben Paar Zahnräder.

Das kinematische Schema des Zählwerkes wird in Abbildung 31 veranschaulicht.

Die Ausgangswelle des Getriebes vom Elektromotor (1) ist hohl, durch sie verläuft die Ausgangswelle (18) des Getriebes vom Elektromotor (2). Die Zählwerkszeiger (4) und (5) sind an den Ausgangswellen vom Getriebe (3) angeordnet. Auf der Hohlwelle des Getriebes vom Elektromotor (1) sitzt das Zahnrad (20), das mit Zahnrad (19) verbunden ist, welches auf der Welle der zweiten Skala (17) sitzt. Außer den Hauptzeigern (4) und (5) sind auf der Vorderseite des Zählwerkes (zwischen den Ziffern 700 und 800) zwei kleine Zeiger (6) und (7) angebracht.

Anhand der Zeiger (6) und (7) des Zählwerkes läßt sich feststellen, ob die Anlage arbeitet oder nicht, da die Hauptzeiger (4) und (5) sich langsam bewegen, während die Zeiger (6) und (7), die mit dem Getriebe mit einem geringeren Übersetzungsverhältnis verbunden sind, sich schnell drehen. Das Umstellen der Zeiger (4) und (5) zum Einstellen des Ausgangspunktes der Strecke IPM bzw. zwecks Korrektur während des Fluges erfolgt durch Knopf (8). Dieser ist mit Achse (9) verbunden, auf der die zwei Zahnräder (10) und (11) befestigt sind.

In der Mittelstellung (neutraler Stellung) wird die Achse mit dem Knopf und den Zahnrädern durch Feder (12) gehalten. Um Zeiger (4) zu drehen, ist der Knopf (8) zu drücken

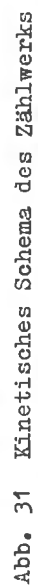


Abb. 31 Kinetisches Schema des Zählwerks

1 - Einstellknopf der Zeiger "0" und "B" auf den Skalen-Nullwert. 2 - Zeiger (Anzeige in km), 3 - Skala von 0 bis 1000 km; 4 - Unterskala von 0 bis 5000 km; 5 - Motorenbetriebsanzeiger; 6 - Getriebe der Motoren; Motoren "Nord-Süd" und "Ost-West" gleich. 7 - Mittlerer Geräteflansch; 8 - Pederscheibe; 9 - Mitnehmer; 10 - Fraktion für Zeigerumstellung auf "0"; 11 - Integrierende Elektromotoren, $n = 2250$ U/min, 6V.

$$\frac{1}{192,000} \approx 5.2 \times 10^{-6}$$

Die Außenansicht des Blockes BK-1 zeigt Abb. 32.

Das Chassis (Abb. 33 und 34) ist ein rechteckiger Kasten, auf dessen Boden folgende Baugruppen angebracht sind:

- der Spannungsregler (1);
- zwei Magnetverstärker (2);
- zwei Mechanismen der potentiometrischen Nachführung (3);
- die Baugruppe Kursnachführung (4);
- die Baugruppe Wegwinkelnachführung (5);
- die Baugruppe Weggeschwindigkeitsnachführung (6);
- der Trafo (7);
- die Gleichrichter (8);
- die Relais (9).

9.7. Der Spannungsregler

In seinem konstruktiven Aufbau ist der Spannungsregler (Abb. 35) ein Block, der aus drei selbständigen Gruppen besteht:

- der Spannungsreglerbrücke;
- dem Servoantrieb mit den Regelrheostaten;
- dem zweistufigen Magnetverstärker.

Die Spannungsreglerbrücke besteht aus vier Widerständen (7), der Silizium-Stabilisatordiode D-809 (1) und dem Abgleichwiderstand (2), der am Boden (3) befestigt ist.

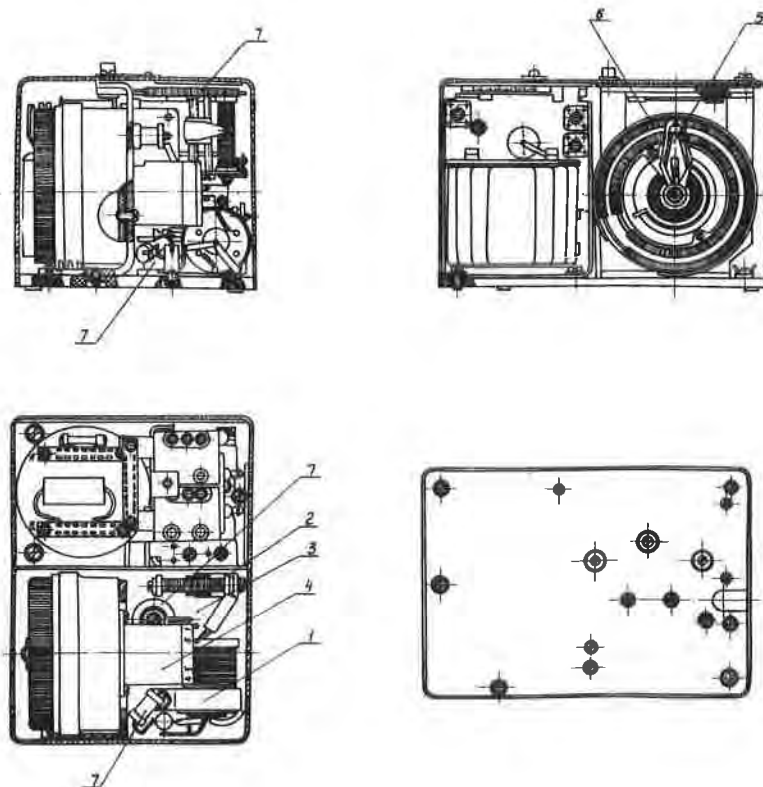


Abb. 35 Spannungsregler mit Magnetverstärker

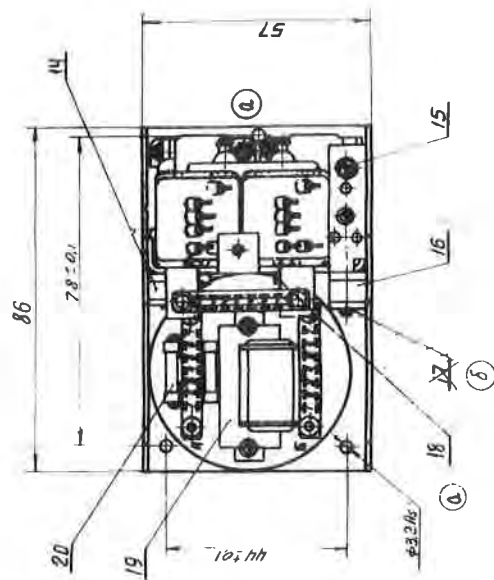
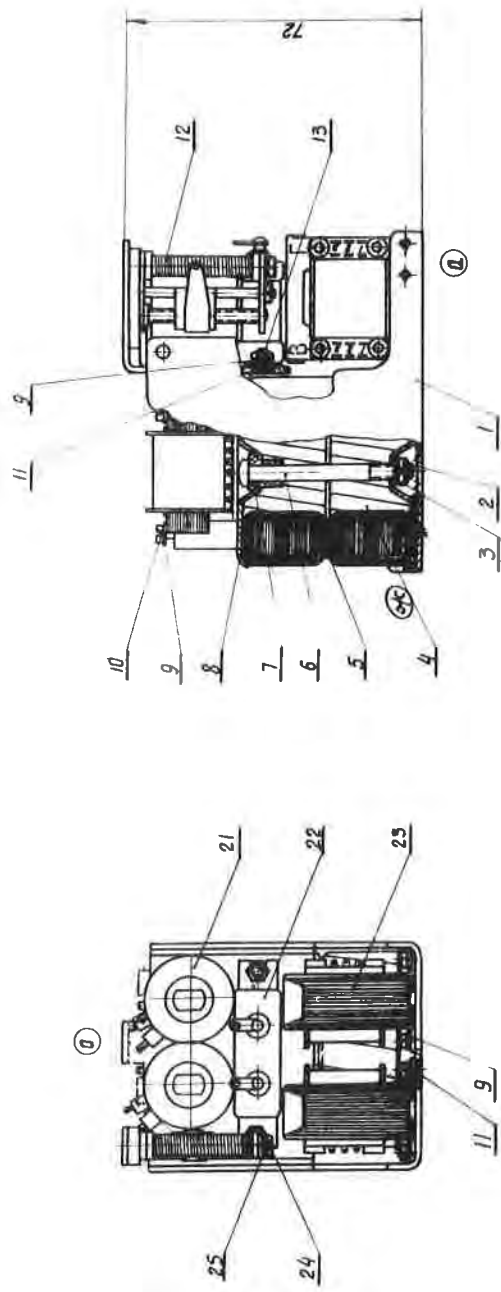


Abb. 36 Zweistufiger Magnetverstärker

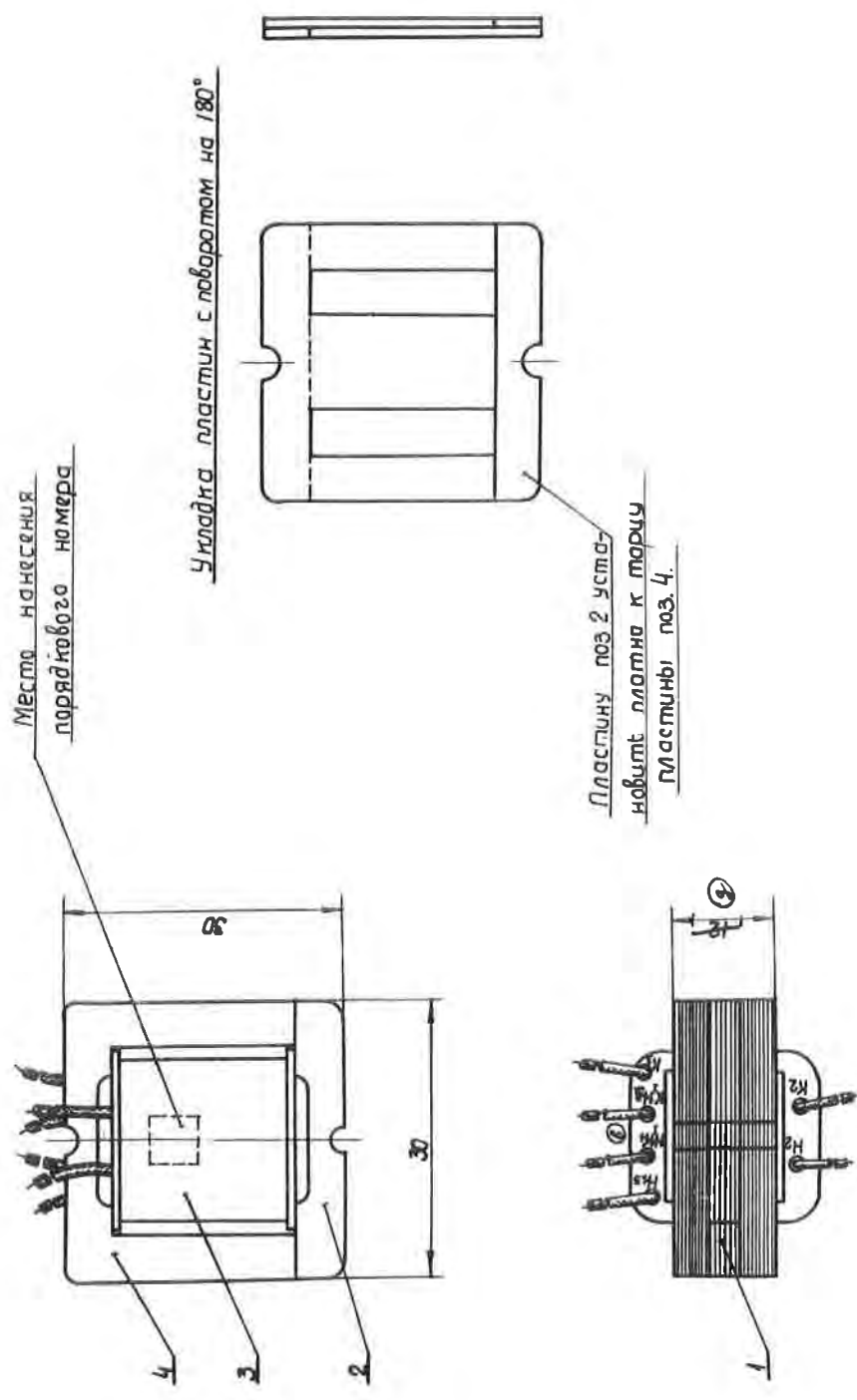
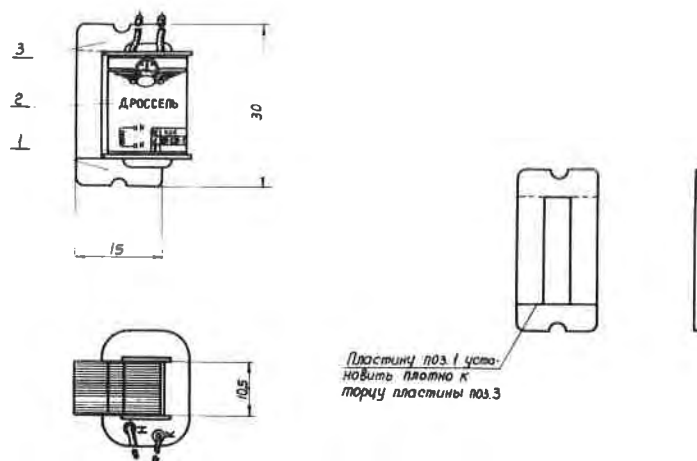


Abb. 38 Zweite Magnetverstärkerstufe (Spule V mit Lamellensatz)



39 Дроссел

Der Schleifer des Potentiometers bewegt sich gegenüber dem Mittelabgriff durch Antrieb vom Elektromotor über das Getriebe, die Kupplung (7) und das Zahnradpaar (5) und (6).

Der Drehwinkel des Schleifers am Potentiometer wird durch einen im Potentiometer angebrachten Anschlag begrenzt.

Die Gruppe der potentiometrischen Verarbeitung wird durch drei Schrauben am Block БК-1 befestigt. Elektrisch ist sie mit der Schaltung des БК-1 über die Klemmleisten (8) verbunden.

9.10. Kursverarbeitungsgruppe (Abb. 44)

Die Gruppe dient zur laufenden Einführung des Flugzeugkurses unter Berücksichtigung des Kartenwinkels.

Der Stellmotor DID-0,5 (1) dreht über das Getriebe (2) den Drehfeldgeber SGSM-1 (3), der den Kurswinkel auf das System zur Verarbeitung des Wegwinkels überträgt.

Über Mitnehmer (4) wird die Drehbewegung auf die Achse von Sinus-Cosinus-Potentiometer (5) und auf den Winkelmesser (6) übertragen, der auf einer Achse mit dem Sinus-Cosinus-Potentiometer angeordnet ist.

Über den Mitnehmer (7) dreht sich der Rotor des flachen Drehfeldempfängers Typ 573B (8) um den Kurswert unter Berücksichtigung des Kartenwinkels.

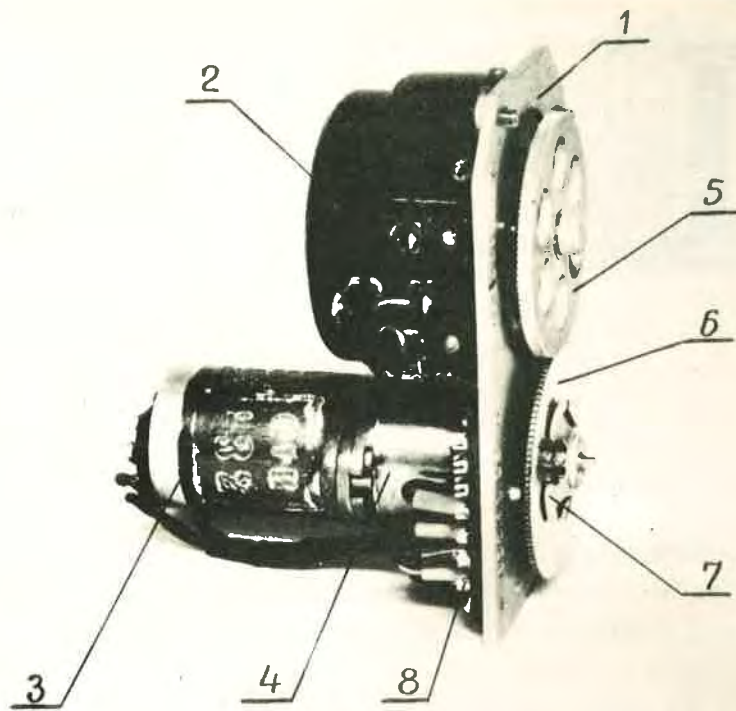


Abb. 43 Außenansicht des Mechanismus der potentiometrischen Verarbeitung

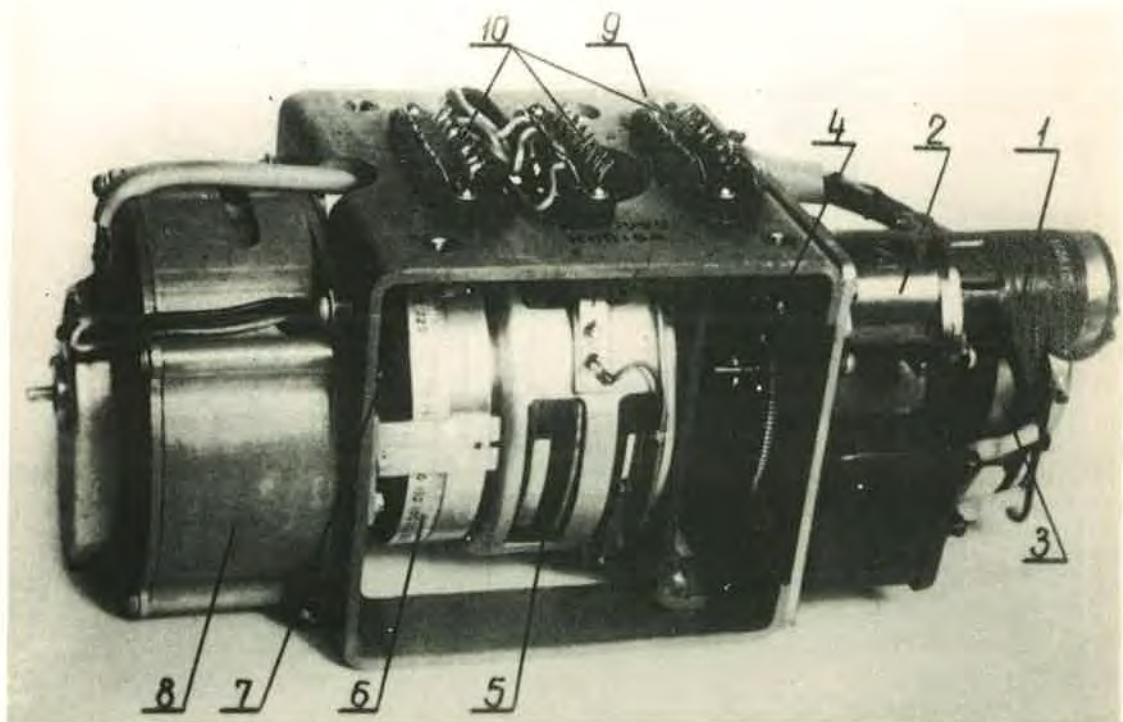


Abb. 44 Außenansicht der Gruppe zur Kursverarbeitung

Zwei Schleifer, die am Potentiometer gleiten und unter einem Winkel von 90° zueinander angeordnet sind, erzeugen sieben sinusförmige und cosinusförmige Spannungsanteile, während die zwei anderen Schleifer diese Spannungen in den Zähl- und Rechenanteil der Schaltung von BK-1 leiten.

Der Winkelmesser (6), Abbildung 44, kontrolliert die von der Gruppe verarbeiteten Kurswerte und stimmt die Gruppe zur Kursverarbeitung ab.

Der Winkelmesser besteht aus zwei Teilen: der beweglichen, kreisförmigen Skala, die in 360 mit 1° Teilung eingeteilt ist, und der feststehenden Skala mit Nullmarke und Nonius.

An der Nullmarke werden die Kursanzeigen abgelesen, die von der Gruppe verarbeitet werden (Ablesegenauigkeit $\pm 6'$).

9. 11. Verarbeitungsgruppe des Wegwinkels (Abb. 47)

Diese Gruppe dient zur laufenden Bildung und Einführung des Wegwinkels in die Anlage ANU-1.



Abb. 45 Außenansicht des Sinus-Cosinus-Potentiometers (SKP)

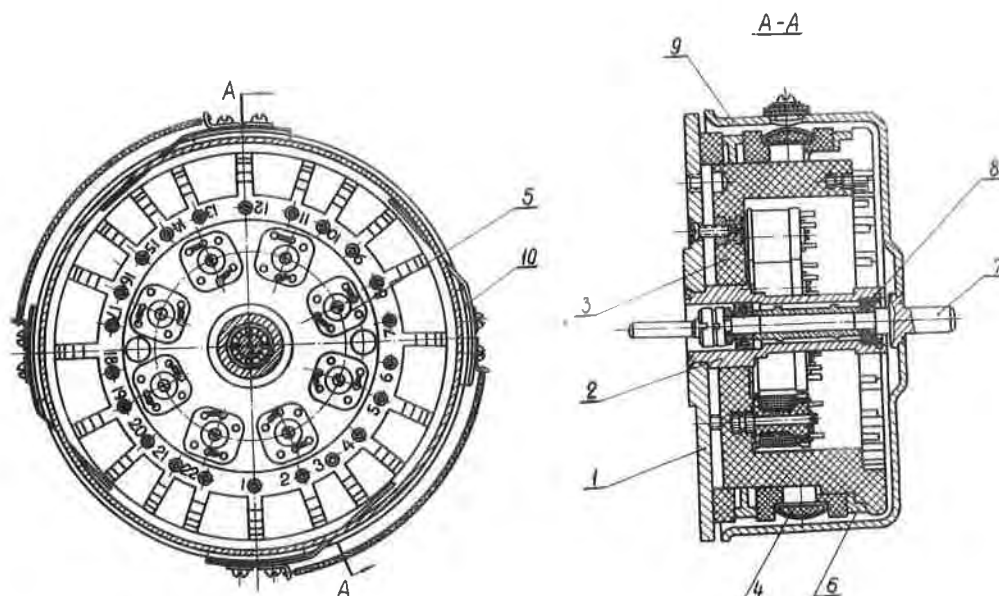


Abb. 46 Konstruktive Ausführung des SKP

Im Block HK-1 sind drei Relais eingebaut: R_1 , R_{1A} und R_2 . Beim Ansprechen der Relais R_1 und R_{1A} wird die Anlage ANU-1 von Betriebsart "DISS" auf Betriebsart "Speichern" umgeschaltet. Relais R_2 schaltet die Anlage ANU-1 um auf autonomen Betrieb.

10. Einbau ins Flugzeug

10.1. Einbaubedingungen

Das Navigationsauswertegerät ANU-1 wird in Flugzeugen eingebaut, die mit dem Dopplermessgerät für Geschwindigkeit und Abdrift (DISS) und einer Kursanlage mit dem Drehfeldgeber vom Typ 573A ausgerüstet sind.

Die Umgebungstemperaturen, bei denen die zur Anlage ANU-1 gehörenden Geräte arbeiten, müssen im Bereich von $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ liegen.

10.1.1. Der Geber der wahren Eigengeschwindigkeit

Der Geber der wahren Eigengeschwindigkeit wird auf der eigenen schwingungsgedämpften Grundplatte an einer beliebigen Stelle im Flugzeug eingebaut, wo er bequem untergebracht und die Skala bei seiner Prüfung bzw. bei Prüfung der Ausrüstung von ANU-1 gut beobachtet werden kann.

Die Längsachse des Gebers der Eigengeschwindigkeit muß in einer Ebene mit der Längs- und Quer-Rumpfbezugs Ebene des Flugzeuges bzw. in einer Ebene, parallel zu den letzteren liegen.

Der DWS (Eigengeschwindigkeitsgeber) muß höher als das Staurohr PWD angeordnet werden, mit dem es verbunden ist, damit keine Feuchtigkeit in die Anlage gelangen kann.

Die Schwingungsbeschleunigung darf an der Stelle, wo die schwingungsgedämpfte Grundplatte befestigt wird, 4 g bei Frequenzen von 20 bis 80 Hz nicht überschreiten.

Um ein Anschlagen an die benachbarten Gegenstände zu vermeiden, muß sich das Gerät auf den Schwingungsdämpfern ungehindert bewegen können, wozu nach allen Seiten ein Abstand von 12 mm vorzusehen ist.

Die Stromkabel, die den DWS an den Block HK-1 anschließen, müssen so verlegt werden, daß sich der Geber auf den Schwingungsdämpfern selbst einstellen und ungehindert bewegen kann.

Der DWS wird mit vier Schrauben befestigt.

Der Anschluß des DWS an das dynamische und statische System des Staurohres PWD erfolgt nach den Normen, die für Druckluftleitungen in Flugzeugen gültig sind.

Die Einbaumaße des DWS werden auf Abbildung 49 gegeben.

10.1.2. Der Windgeber SW-1

Der Windgeber wird an der Gerätetafel oder auf einer anderen schwingungsgedämpften Platte eingebaut, wo die höchste Schwingungsbeschleunigung nicht mehr als 1,5 g bei Frequenzen von 20 bis 80 Hz beträgt.

Es muß möglich sein, daß die Anzeigen an den Skalen bequem abgelesen werden können und ein ungehinderter und bequemer Zugang zu den Knöpfen des Gebers gewährleistet ist.

Die Längsachse des Windgebers muß in einer Ebene mit der Längs- und Quer-Rumpfbezugs Ebene des Flugzeuges, bzw. in einer Ebene, parallel zu den letzteren liegen.

Der Geber wird mittels vier Schrauben M4 befestigt.

Wenn nötig, wird die Geberskala durch eine UFO-Lampe beleuchtet. Die Einbaumaße des Windgebers SW-1 werden auf Abbildung 50 gegeben.

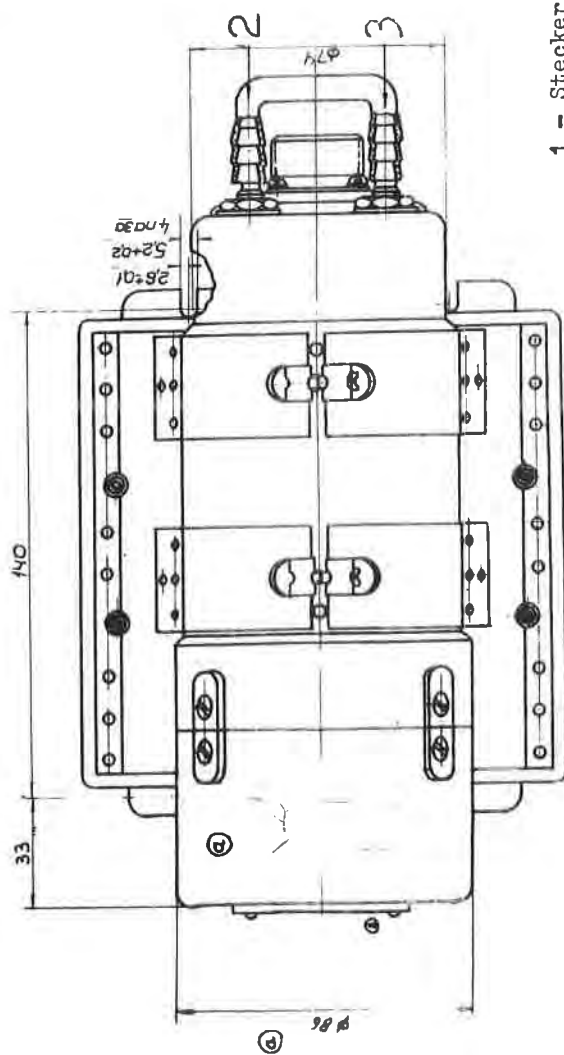
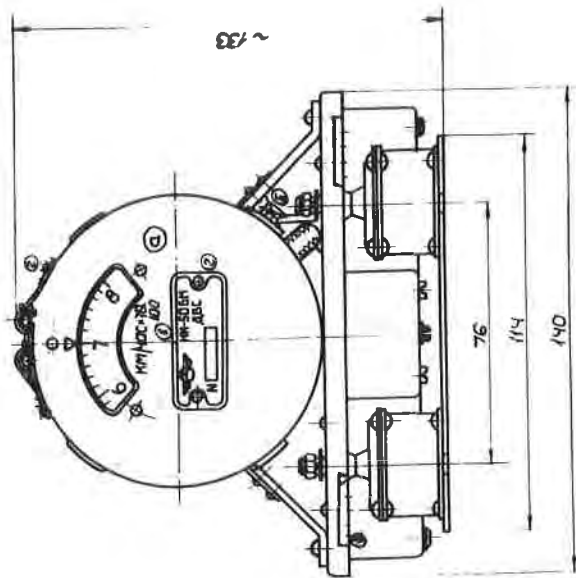
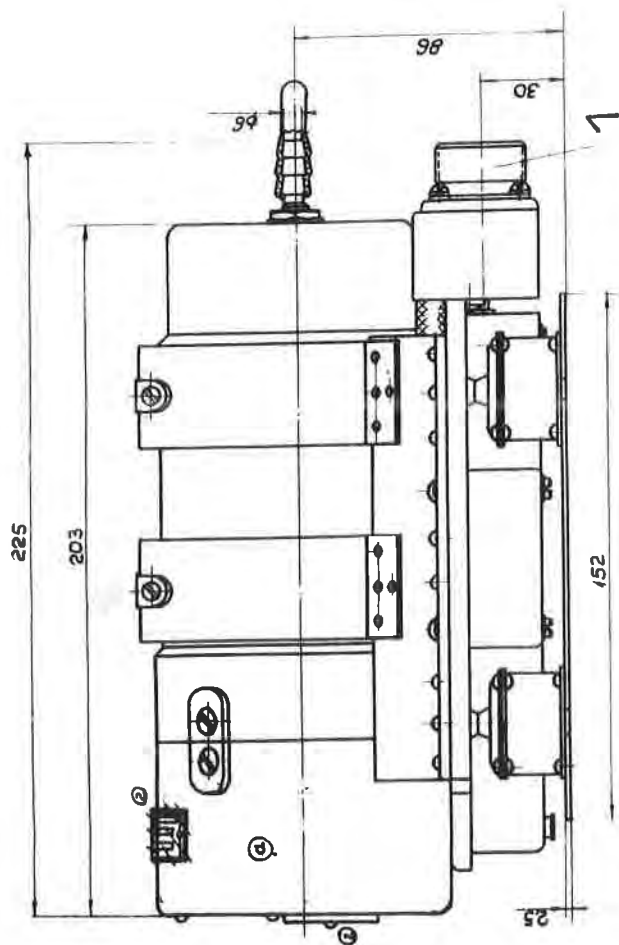


Abb. 49 Einbaumaßzeichnung des DWS
1 - Stecker WSch-11; 2 - P dynamisch; 3 - P - statisch.

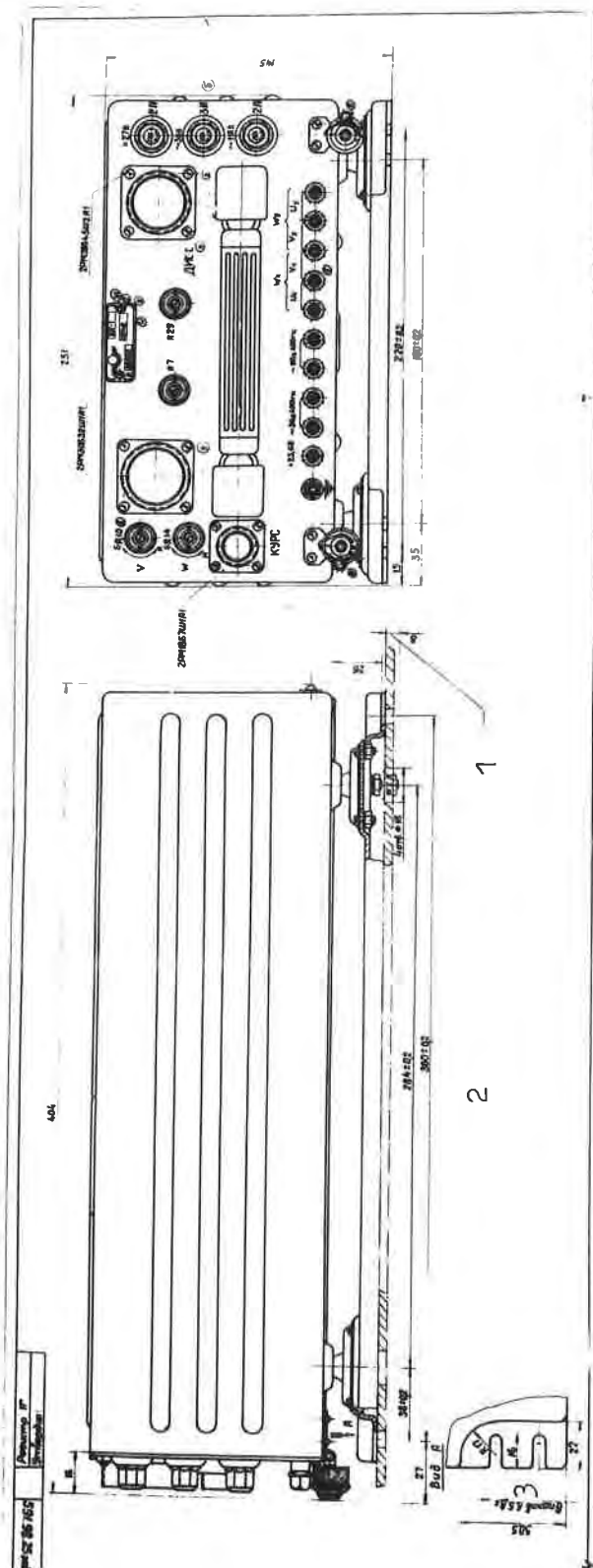


Abb. 53 Einbaumaße des Schaltblocks BK-1

1 - Für die ungehinderte Bewegung der Schwingungsdämpfer müssen in der Grundplatte, an der der Block befestigt wird, Bohrungen mit einem Durchmesser von mind. 15 mm vorgesehen werden. 2 - bei maximaler Bewegung; 3 - 8 Nute.

liegen. Die Schwingungsbeschleunigung an der Einbaustelle des EK-1 darf 4 g bei Frequenzen von 20 bis 80 Hz nicht überschreiten.

Um ein Anschlagen an den benachbarten Gegenständen zu vermeiden, muß sich das Gerät auf den Schwingungsdämpfern ungehindert bewegen können, wozu nach allen Seiten ein Abstand von 12 mm vorzusehen ist.

Die Kabel, die den Block EK-1 an die Geräte anschließen, die zur Anlage ANU-1 gehören, müssen an den Flugzeugzellenteilen so befestigt werden, daß sich der Block EK-1 ungehindert auf den Schwingungsdämpfern bewegen kann (sie dürfen nicht gespannt werden oder auf den Block EK-1 drücken).

Der EK-1 wird mit vier Schrauben befestigt. Die Einbaumaße des Blockes werden in Abbildung 53 gegeben.

10.1.6. Die Temperaturempfänger P-1

Die Temperaturempfänger P-1 werden am Flugzeugrumpf in einem Spezialschutzgehäuse mit Belüftungsöffnungen eingebaut.

Der Einbau der Empfänger P-1 erfolgt an solchen Stellen, wo keine Strömungswirbel in der Richtung auftreten, die der Anströmung im Fluge entgegengesetzt ist.

10.1.7. Der Betriebsartenschalter

Der Betriebsartenschalter wird dort eingebaut, wo die zur kompletten Anlage ANU-1 gehörenden Geräte angeordnet sind. Der Umschalter muß zwei Stellungen haben, die den Betriebsarten der Anlage ANU-1 "DISS" und "Autonom" entsprechen. Am Einbauort des Umschalters sind Aufschriften anzubringen, die die Betriebsarten kennzeichnen.

10.1.8. Der Zählwerksschalter

Der Zählwerksschalter dient zum Einschalten des Rechenvorganges und wird neben dem Zählwerk angeordnet. Er muß die entsprechenden Aufschriften über die Ein- und Ausschaltung der Berechnung des zurückgelegten Weges haben.

Anmerkung: Der Betriebsarten-Schalter und der Zählwerksschalter werden bei der kompletten Ausrüstung der Anlage ANU-1 nicht mitgeliefert.

10.1.9. Die komplette Anlage ANU-1

Alle Geräte, die zur kompletten Anlage ANU-1 gehören, müssen entsprechend den Einbaubedingungen im Flugzeug montiert werden. Die gegenseitige Verbindung aller zur Anlage gehörenden Geräte, sowie der elektrische Anschluß der Anlage ANU-1 an die Kompaßanlage und das Dopplermesgerät für Geschwindigkeit und Abdrift muß in genauer Übereinstimmung mit dem Kabelplan (Abb. 3 bzw. 3 a) abhängig vom Typ der Doppleranlage, und in Übereinstimmung mit den Schaltplänen ausgeführt werden, siehe Abbildung 54 und 55.

Die richtige Durchführung der mechanischen und der elektrischen Montage muß sorgfältig nachgeprüft werden.

Bei der Verlegung der Elt.-Leitungen ist besonders auf die sichere Verbindung der Metallhülle der abgeschirmten Leitungen mit dem Flugzeugrumpf zu achten. Beschädigung der Isolierung der Montageleitungen ist unzulässig.

10.2. Prüfung des Einbaues

Beim Prüfen des Einbaues ist die Befestigung der Geräte an den Zellenteilen (Flugzeugteilen) zu überprüfen und sich davon zu überzeugen, daß alle Forderungen erfüllt sind, die an den Einbau der Geräte der Anlage ANU-1 im Flugzeug gestellt werden.

Die Geräte müssen zuverlässig befestigt sein. Die Steckverbindungen müssen einen zuverlässigen Kontakt gewährleisten.

Prüfung nach jeweils 100 Betriebsstunden

- Alle Arbeiten durchführen, die nach jeweils 50 Betriebsstunden der Anlage ANU-1 ausgeführt werden;
- DWS (Eigengeschwindigkeitsgeber) und Druckluftleitungen auf Dichtheit prüfen.

Prüfung und Auswechslung der Geräte

Die einzelnen Geräte der Anlage ANU-1 werden dann überprüft, wenn die Anlage nicht ordnungsgemäß arbeitet und der Verdacht besteht, daß das eine oder andere der zur kompletten Anlage gehörenden Geräte defekt ist. Geprüft wird das Gerät, dessen vermutlicher Defekt den normalen Betrieb der Anlage stört.

Wenn die Prüfung ergeben hat, daß ein Gerät defekt ist, ist dieses Gerät durch ein ordnungsgemäß arbeitendes zu ersetzen. Das defekte Gerät wird zur Reparatur gegeben.

Prüfung der Anlage nach erfolgtem Auswechseln eines Gerätes

Nach Auswechseln eines Gerätes sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- Prüfung der richtigen Einstellung und Einbau des ausgewechselten Gerätes;
- Prüfung des relativen Fehlers der Anlage.

Beim Überprüfen des relativen Fehlers der Anlage sind im Bedarfsfalle die Maßstäbe der wahren Eigengeschwindigkeit und der Weggeschwindigkeit einzustellen.

Bei erfolgtem Auswechseln des Eigengeschwindigkeitsgebers ist zusätzlich die Prüfung der Druckluftleitungen auf Dichtheit durchzuführen.

11.2. Komplexe Prüfung der Anlage ANU-1

11.2.1. Prüfung der Dichtheit der Druckluftleitungen

Stromversorgung der Anlage ANU-1 einschalten. An das Staurohr PWD, mit dem der Eigengeschwindigkeitsgeber verbunden ist, ist der Tester KPU-3 anzuschließen, der zur Überprüfung der Geschwindigkeitsanzeiger verwendet wird. Dichtheit der Druckluftleitungen und des Eigengeschwindigkeitsgebers prüfen, indem ein Druck erzeugt wird, der einer Geschwindigkeit von 800 km/h entspricht. Nach erfolgter Prüfung Stromversorgung wieder ausschalten.

Zur Überprüfung der Dichtheit des dynamischen Systems kann ein Spezialdruckmesser benutzt werden (SD-UNI-50U).

11.2.2. Prüfung der Betriebsfähigkeit der Anlage ANU-1

Die Betriebsfähigkeit der Anlage ANU-1 wird bei zwei Betriebsarten überprüft:

Bei Betrieb mit dem Dopplermeßgerät für Geschwindigkeit und Abdrift (DISS).

Das Navigationsauswertegerät ANU-1 kann zusammen mit den Dopplermeßgeräten "Trassa" und "Weter-2" arbeiten.

Die Überprüfung der Betriebsfähigkeit und des Gerätefehlers der Anlage ANU-1 kann bei Betriebsart "DISS" wahlweise erfolgen:

1. Bei Betrieb mit dem System "Trassa".
2. Bei Betrieb mit System "Weter-2".

Bei autonomem Betrieb der Anlage ANU-1.

11.2.2.1. Prüfung der Betriebsfähigkeit der Anlage ANU-1 bei Betriebsart "DISS"

1. Bei Betrieb mit System "Trassa":

- Stromversorgung der Anlagen "Trassa", ANU-1 und Kursanlage einschalten;

- den Betriebsartenschalter von ANU-1 auf Stellung "DISS" stellen;
- Zählwerksschalter auf "ein" stellen;
- mittels Kartenwinkelgeber SÜK-1 auf der Skala PU des Blocks EK-1 einen Winkel gleich Null einstellen;
- Anlage "Trassa" auf Betriebsart "Kontrolle-1" schalten, was einer Weggeschwindigkeit $W = 530 \text{ km/h}$ und einem Abdriftwinkel $\alpha = 0^\circ$ entspricht;
- am Geber der wahren Eigengeschwindigkeit DWS eine Geschwindigkeit $V = 400 \text{ km/h}$ vorgeben;
- an den Buchsen von Schaltblock EK-1, die mit " W_y ", " V_y " und " U_y " gekennzeichnet sind, die Spannungen messen, die proportional zu den Projektionen der Weggeschwindigkeit, der wahren Eigengeschwindigkeit und der Windgeschwindigkeit auf der Y-Achse sind.
Dabei ist die Weggeschwindigkeit $W_y = V_y + U_y$.
Die Spannungen sind mit einem Spannungsmesser der Klasse 1 zu messen, der einen Innenwiderstand von mind. 1000 Ohm/V besitzt.
Der Geschwindigkeitsmaßstab beträgt: $0,008 \text{ V km/h}$.
Die gemessenen Spannungswerte müssen den Angaben der Tabelle Nr. 1 entsprechen.
Dabei muß sich der Kontrollindex "C" des Zählwerkes gegen den Uhrzeigersinn drehen, während der Kontrollindex "B" unbeweglich stehen bleibt.

Tabelle 1

Komponenten der Geschwindigkeit	Bezeichnung der Buchsen am Schaltblock EK-1	Spannung [V]	Zulässige Fehler [%]	Anmerkung
Wahre Eigengeschwindigkeit	V_y	3,2	± 4	Prüfung
Windgeschwindigkeit	U_y	1,04	-	gemäß Punkt
Weggeschwindigkeit	W_y	4,24	$\pm 1,5$	1.7.
Wahre Eigengeschwindigkeit	V_x	3,2	± 4	Prüfung
Windgeschwindigkeit	U_x	1,04	-	gemäß Punkt
Weggeschwindigkeit	W_x	4,24	$\pm 1,5$	1.8.

Anmerkung: Zum Einschalten und Ausschalten der Koppelnavigation (Wegberechnung) in der Anlage "Trassa" ist der Zählwerksschalter vorgesehen. Wenn die Anlage ANU-1 mit anderen Dopplermessgeräten arbeitet, wo kein Zählwerksschalter vorgesehen ist, ist zum Abschalten der Wegberechnung die Gleichstromversorgung auszuschalten.

- Ohne die Werte der wahren Eigengeschwindigkeit und der Weggeschwindigkeit zu verändern, mittels Kartenwinkelgeber SÜK-1 an der Skala "PU" einen Winkel von 90°

- mittels Kartenwinkelgeber SÜK-1 einen Kartenwinkel gleich Null einstellen;
- an der Skala "K" des Schaltblocks BK-1 einen Kurs von 45° einstellen;
- Windgeschwindigkeit am Windgeber SW-1 auf Null stellen. Eine wahre Eigengeschwindigkeit von 200 km/h einstellen (an Skala DWS kontrollieren), anschließend gleichmäßig die wahre Eigengeschwindigkeit auf 800 km/h erhöhen. Während der Geschwindigkeitsänderung die Kontrollindexe am Zählwerk beobachten. Während der Geschwindigkeitserhöhung muß sich die Drehgeschwindigkeit der Indexe gleichmäßig und ohne starkes Rucken und Steckenbleiben verändern;
- an Skala "K" des Schaltblocks BK-1 einen Kurs gleich Null einstellen;
- bei einer wahren Eigengeschwindigkeit von 600 km/h (nach der Skala des DWS) die Prüfung gemäß dem Verfahren durchführen, das im entsprechenden Teil des Abschnittes "Prüfung der Betriebsfähigkeit der Anlage ANU-1 bei Betriebsart "DISS" beim Arbeiten mit System "Trassa" beschrieben worden ist.

- An der Skala "K" des Schaltblocks BK-1 einen Kurs von 45° einstellen.

Die vorgegebene wahre Eigengeschwindigkeit auf Null senken. Die Kontrollindexe "C" und "B" müssen ihre Drehgeschwindigkeit gleichmäßig ändern.

Einen Kurs (an der Skala "K" des Blockes BK-1) und einen Kartenwinkel (an der Skala des SÜK-1) gleich Null einstellen.

An der Skala SW-1 eine Windgeschwindigkeit gleich 200 km/h einstellen. Die Windrichtung an der Skala von SW-1 in einem Bereich von 0 bis 360° ändern.

Dabei müssen sich die Kontrollindexe des Zählwerkes so drehen, wie es im entsprechenden Punkt des Abschnittes "Prüfung der Betriebsfähigkeit von ANU-1 bei Betriebsart "DISS" beim Arbeiten mit System "Trassa" beschrieben worden ist.

Die Kontrollindexe des Zählwerkes müssen ihre Drehgeschwindigkeit gleichmäßig ändern. Die Windgeschwindigkeit wird auf Null gestellt, dabei dürfen sich die Kontrollindexe nicht mehr drehen.

Stromversorgung der Anlagen "DISS, ANU-1 und der Kursanlage abschalten.

11.2.3. Prüfung des Gerätefehlers bei der Koordinatenbestimmung durch Anlage ANU-1

Der Gerätefehler (Eigenfehler) der automatischen Navigationsanlage ANU-1 wird bei folgenden Betriebsarten geprüft:

- Bei Betrieb mit dem Dopplermesßgerät für Geschwindigkeit und Abdrift (Betriebsart "DISS");
 - a) beim Arbeiten mit Anlage "Trassa";
 - b) beim Arbeiten mit Anlage "Weter-2";
- in der Betriebsart "Speichern";
- bei autonomem Betrieb.

11.3. Prüfung der Anlage ANU-1 in Betriebsart "DISS"

11.3.1. Arbeit der Anlage ANU-1 mit der Anlage "Trassa"

Aufgabe 1

- Stromversorgung der Anlagen "Trassa", ANU-1 und der Kursanlage einschalten;
- den Betriebsartenschalter der Anlage ANU-1 auf "DISS" stellen;
- den Zählwerksschalter auf "Aus" stellen;

- die Anlage "Trassa" auf Betriebsart "Kontrolle - 1" schalten, dies entspricht einer Weggeschwindigkeit von $W = 530 \text{ km/h}$ und einem Abdriftwinkel $\alpha = 0^\circ$;
- die wahre Eigengeschwindigkeit auf 500 km/h einstellen. Die wahre Eigengeschwindigkeit wird anhand der Anzeigen des KUS-1200 unter Berücksichtigung der Korrekturen kontrolliert;
- mittels Kartenwinkelgeber SÜK-1 an der Skala "UP" des Blockes BK-1 einen Winkel gleich Null einstellen;
- die Zeiger des Zählwerkes NI-50Stsch auf Null stellen;
- gleichzeitig Zählwerk und Stoppuhr einschalten.
Nach Verlauf von $22 \text{ min } 38 \text{ s}$ der Arbeit der Anlage ANU-1 das Zählwerk ausschalten. Der Zeiger "C" des Zählwerkes muß sich im Uhrzeigersinn über die Skala um einen Wert von 200 km verschieben. Der Zeiger "B" des Zählwerkes muß Null anzeigen;
- die gleiche Aufgabe wie eben beschrieben, jedoch für die X-Achse lösen. Zu diesem Zweck wird mittels SÜK-1 an der Skala "UP" von BK-1 ein Winkel gleich 90° eingestellt.
Weggeschwindigkeit, wahre Eigengeschwindigkeit und Abdriftwinkel müssen die gleichen sein, wie in den o.g. Punkten angegeben;
- die Zählwerkszeiger auf Null stellen, dabei muß sich der Zählwerksschalter in Stellung "aus" befinden;
- Zählwerk und Stoppuhr gleichzeitig einschalten.
Nach Verlauf von $22 \text{ min } 38 \text{ s}$ der Arbeit von ANU-1 das Zählwerk ausschalten. Dabei muß sich der Zeiger "B" im Uhrzeigersinn an der Skala um einen Wert von 200 km verschieben. Der Zeiger "C" des Zählwerkes muß auf Null stehen.

Anmerkung: Die Berechnungsanzeigen des Zählwerkes bei der Lösung der zwei oben beschriebenen Aufgaben müssen jeweils 200 km betragen unter der Bedingung, daß die Weggeschwindigkeit und der Abdriftwinkel am Anzeigegerät der Anlage "Trassa" $W = 530 \text{ km/h}$ bzw. $\alpha = 0^\circ$ betragen.

Wenn diese Voraussetzungen nicht eingehalten werden, ist eine Umrechnung der Zählwerksanzeigen nach folgenden Formeln vorzunehmen:

$$L_C = W \cos (\gamma - \psi + \alpha) \quad t$$

$$L_B = W \sin (\gamma - \psi + \alpha) \quad t$$

Hierin bedeuten:

- L_C - Anzeigen des Zählwerkszeigers "C"
- L_B - Anzeigen des Zählwerkszeigers "B"
- W - Weggeschwindigkeit nach dem Anzeigegerät der Anlage "Trassa"
- γ - Kurs anhand der Skala "PU" beim Lösen der Aufgabe bei Betriebsart "DISS" bzw. anhand der Skala "K" bei autonomem Betrieb
- α - Abdriftwinkel nach dem Anzeigegerät der Anlage "Trassa"
- t - Zeit des imitierten Fluges
- ψ - Kartenwinkel nach SÜK-1.

Aufgabe 2

- Nach dem Dopplermeßgerät DISS eine Weggeschwindigkeit von $W = 1000 \text{ km/h}$ und einen Abdriftwinkel von $\alpha = 9^\circ 25'$ einstellen; dazu DISS auf Betriebsart "Kontrolle-2" schalten.

fahren ermitteln, das im letzten Punkt der Aufgabe 2 des Abschnittes "Prüfung der Anlage ANU-1 bei Betrieb mit Anlage Trassa" beschrieben wurde.

11.5. Prüfung des Gerätefehlers (Eigenfehlers) der Anlage ANU-1 bei autonomem Betrieb

- Stromversorgung der Anlagen DISS, ANU-1 und der Kursanlage einschalten.
Den Betriebsartenschalter der Anlage ANU-1 (ANU-DISS-1) auf "autonom" (ANU) stellen;
- folgende Parameter in die Anlage ANU-1 einführen: wahre Eigengeschwindigkeit $V = 600 \text{ km/h}$; Windgeschwindigkeit $U = 100 \text{ km/h}$; Kurs $\gamma = 45^\circ$.
Die Kurswerte sind nach Skala "K" des Schaltblockes PK-1 einzustellen.
Windwinkel $\delta = 45^\circ$.
Kartenwinkel anhand des Kartenwinkelgebers $\Psi = 0$;
- den Zählwerksschalter "27 V" auf "aus" stellen;
- den Zählwerkszeiger auf Null stellen.
Zählwerk und Stoppuhr gleichzeitig einschalten.
Nachdem die Anlage ANU-1 17 min und 18 s gearbeitet hat, müssen sich die Zählwerkszeiger im Uhrzeigersinn drehen und folgende Entfernungen anzeigen

$$L_G = L_B = 141,4 \text{ km.}$$

Die Zählwerksanzeigen von ANU-1 bei autonomem Betrieb werden nach den Formeln ermittelt:

$$L_G = Vt \cos (\gamma - \Psi) + Ut \cos (\delta - \Psi)$$

$$L_B = Vt \sin (\gamma - \Psi) + Ut \sin (\delta - \Psi)$$

Anmerkung: Die rechnerischen Werte der Zählwerksanzeigen von L_G und L_B bei autonomem Betrieb gelten bei einer Umgebungstemperatur von $+15^\circ\text{C}$. Wenn bei den Erprobungen die den Empfänger P-1 umgebende Lufttemperatur von $+15^\circ\text{C}$ abweicht, muß der rechnerische Wert der Geschwindigkeit V mit der Zahl K multipliziert werden, die in Tabelle 3 angegeben ist.

Tabelle 3

$T^\circ\text{C}$	+55	+50	+45	+40	+35	+30
K	1,067	1,059	1,050	1,043	1,035	1,026
$T^\circ\text{C}$	-5	-10	-15	-20	-25	-30
K	0,964	0,956	0,946	0,937	0,928	0,919
$T^\circ\text{C}$	+25	+20	+15	+10	+5	0
K	1,017	1,009	1,0	0,991	0,982	0,974
$T^\circ\text{C}$	-35	-40	-45	-50	-55	-60
K	0,909	0,899	0,889	0,879	0,870	0,860

Der rechnerische Wert der Geschwindigkeit kann auch mit K nach folgender Formel errechnet werden:

$$K = \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

Wobei: T_0 = 288° nach Kelvin ist;
 T = Umgebungstemperatur in Kelvin-Graden, bestimmt nach der Formel
 $T = 273 + T^{\circ}\text{C}$;
wobei: $T^{\circ}\text{C}$ = Umgebungstemperatur in Celsius-Graden ist.

- die Werte des absoluten und des relativen Fehlers der Anlage ANU-1 bei autonomem Betrieb werden genau so ermittelt wie bei Betrieb in Betriebsart "DISS".
Die relativen Fehler der Anlage ANU-1 in den Koordinatenanzeigen dürfen bei $T = +20^{\circ}\text{C}$ folgende Werte nicht überschreiten:

bei Betriebsart "DISS" $\pm 1,75\%$;
bei autonomem Betrieb $\pm 5\%$.

Wenn der Fehler der Anlage ANU-1 die zulässigen Größen überschreitet, ist die Anlage zusätzlich nachzuregulieren.

11.5.1. Einregulierung der Anlage ANU-1

Die Anlage ANU-1 wird nach dem Einbau ins Flugzeug einreguliert, nach dem Auswechseln der Gruppen EK-1 bzw. DWS (Eigengeschwindigkeitsgeber) und in den Fällen, wenn der Gerätefehler der Anlage ANU-1 den zulässigen Wert überschreitet.

Nach erfolgter Einregulierung der Anlage ANU-1 ist der Gerätefehler zu überprüfen.

Verringern der Fehler in den Anzeigen des Eigengeschwindigkeitsgebers

Um die Fehler des Eigengeschwindigkeitsgebers zu verringern, muß der aerodynamische Fehler des DWS ermittelt werden. Zu diesem Zweck ist die tatsächliche wahre Eigengeschwindigkeit des Flugzeuges V_{wahr} mit der wahren Geschwindigkeit zu vergleichen, die durch den Eigengeschwindigkeitsgeber errechnet wird (V'_{wahr}).

Der aerodynamische Fehler ΔV_a kann bei Flügen auf vier Kursen ermittelt werden, dabei werden die Flüge mit konstanter angezeigter Geschwindigkeit durchgeführt. Am günstigsten ist, Kurse zu wählen, die sich um 90° von einander unterscheiden. Die Flugdauer beträgt 6 bis 8 Minuten. Die Drehpunkte sind zweckmäßig an charakteristischen linearen Ortungspunkten zu wählen.

Arbeitsfolge in der Luft

Anlage ANU-1 auf autonome Betriebsart einstellen. Den Zählwerksschalter auf "aus" und die Zählwerkszeiger auf Null stellen. Sich von $\text{IPM}^{+)$ mit Kurs MK-MPU entfernen, Flugzeugstandortmarke mit großer Genauigkeit setzen (z. B. mit Hilfe des Visiers); Zählwerk und Stoppuhr gleichzeitig einschalten. Beim Weiterflug Kurs nicht ändern. Bei Anflug auf den linearen Ortungspunkt Standort des Flugzeuges markieren, Zählwerk und Stoppuhr ausschalten. Mittelwert der angezeigten Geschwindigkeit und des Kurses feststellen.

Der Mittelwert der angezeigten Geschwindigkeit wird nach dem zurückgelegten Weg und der Flugzeit bestimmt, während der Mittelwert des Kurses nach dem Kompaß bestimmt wird. Anschließend Mittelwert von Geschwindigkeit und Kurs nach den Koordinaten bestimmen, die das Zählwerk der Anlage ANU-1 anzeigt.

Die gleiche Arbeit bei den anderen Flugetappen durchführen. Nach dem Flug die erhaltenen Angaben in nachstehender Reihenfolge verarbeiten:

- die tatsächlichen Wegwinkel bestimmen;
- die tatsächlichen Weggeschwindigkeiten in jeder Etappe bestimmen;

⁺⁾ deutsch: APS = Ausgangspunkt der Flugstrecke.

- Einstellung des Weggeschwindigkeitsmaßstabes bei Betriebsart "Kontrolle-1" prüfen. Wenn notwendig, eine Nachregelung des Weggeschwindigkeitsmaßstabes im Verfahren der allmählichen Fehlerausschaltung bei den Betriebsarten "Kontrolle-1" und "Kontrolle-2" vornehmen.
- Der Fehler des Weggeschwindigkeitsmaßstabes der Anlage ANU-1 darf höchstens $\pm 1 \%$ betragen.
- Nachdem der Maßstab von Anlage ANU-1 in der Weggeschwindigkeit eingestellt worden ist, Prüfung des Gerätefehlers bei der Bestimmung der Koordinaten in der Betriebsart "DISS" durchführen.

Beim Anschluß an die Anlage "Weter-2"

Beim Anschluß an die Anlage "Weter-2" wird der Weggeschwindigkeitsmaßstab analog dem Verfahren der Einstellung des Weggeschwindigkeitsmaßstabes beim Anschluß an die Anlage "Trassa" geregelt. Jedoch sind die von der Anlage "Weter-2" vorzugebenden Kontrollpunkte folgende:

- a) $W = 350 \text{ km/h}$, $\alpha = 0$;
- b) $W = 855 \text{ km/h}$, $\alpha = 0$.

11.6. Verfahren der Vorgabe der wahren Eigengeschwindigkeit

Im Flugzeug

In der dynamischen Anlage des Eigengeschwindigkeitsgebers einen Druck erzeugen, bei dem der Geschwindigkeitsanzeiger (KUS-1200), der parallel zum Geber DWS geschaltet ist, genau die erforderliche Geschwindigkeit anzeigt. Das Ablesen der Anzeigen des Geschwindigkeitsanzeigers erfolgt bei gleichzeitigem Anklopfen.

Es muß genau darauf geachtet werden, von welcher Seite aus der Zeiger des Anzeigege-
rätcs zu der nötigen Anzeige gekommen ist: ob von der Seite der größeren oder von der Seite der geringeren Geschwindigkeiten.

Der Druck kann entweder mit Hilfe des Testers KPU-3, der zur Überprüfung der Geschwindigkeitsanzeiger verwendet wird, oder mit Hilfe des Druckgebers SD-UNI-50U erzeugt werden. Anhand der Skala bzw. der Druckskala des Bordhöhenmessers den atmosphärischen Druck am Standort der Prüfung der kompletten Anlage ANU-1 bestimmen. Nach Tabelle 3 die Geschwindigkeiten bestimmen, die um den Wert des atmosphärischen Drucks korrigiert wird. Die nach Tabelle 4 ermittelte Geschwindigkeit um den Korrekturwert in den Anzeigen des Geschwindigkeitsanzeigers verbessern, der für die gegebene Geschwindigkeit aus der Tabelle des Geschwindigkeits-Bordanzeigegerätes entnommen wurde.

Tabelle 4

Nach dem Geschwin- digkeitsanzeiger vorgegebene Ge- schwindigkeit [km / h]	Geschwindigkeit in km/h, korrigiert hinsichtlich atmosph. Druck bei einem atmosphärischen Druck [Torr]					
	725 bis 730	731 bis 735	736 bis 740	741 bis 745	746 bis 750	751 bis 755
200	204,3	203,5	202,5	201,6	200,9	200,5
300	306,5	305,4	304,4	303,4	302,4	301,4
400	408,7	407,2	405,9	404,5	403,2	401,9
500	510,6	509	507,3	505,6	504	502,4
600	612,4	610,5	608,6	606,6	604,7	602,8
700	714,3	712	709,8	707,6	706,4	703,2
800	816,5	813,5	811,1	808,6	806,2	803,7

Nach dem Geschwin- digkeitsanzeiger vorgegebene Ge- schwindigkeit [km / h]	Geschwindigkeit in km/h, korrigiert hinsichtlich atmosph. Druck bei einem atmosphärischen Druck [Torr]						
	756 bis	761 bis	766 bis	771 bis	776 bis	781 bis	786 bis
	760	765	770	775	780	785	790

200	200,1	199,8	199,5	199,1	198,8	198,5	198,2
300	300,4	299,4	298,4	297,4	296,4	295,5	294,7
400	400,6	399,3	398,1	397	395,5	394,2	393,1
500	500,8	499,2	497,7	496,1	494,6	493	491,6
600	601	599,1	597,3	595,4	593,6	591,8	590,1
700	701,1	699	696,8	694,7	692,7	690,6	688,6
800	801,3	798,8	796,4	794	791,8	789,4	787,1

Die Korrektur für den Geschwindigkeitsanzeiger ist für die Drehrichtung seines Zeigers zu nehmen, in der sich dieser beim Einstellen der Geschwindigkeit bewegt hat. Als Resultat ergibt sich die Größe der wahren Eigengeschwindigkeit, die bei der Überprüfung vorgegeben wurde.

Beispiel: Die Geschwindigkeit bei der Überprüfung beträgt 500 km/h, der atmosphärische Druck 742 Torr. Die Korrektur der Anzeige des Geschwindigkeitsanzeigers "500" beträgt 5 km/h. Gemäß Tabelle Nr. 3 haben wir für diese Anzeige des Geschwindigkeitsanzeigers und für einen atmosphärischen Druck von 742 Torr eine Geschwindigkeit von 505,6 km/h. Unter Berücksichtigung der Korrektur erhalten wir:

$$V_{\text{wEG}} = 505,6 - 5 = 500,6 \text{ km/h.}$$

Die so ermittelte Größe der wahren Eigengeschwindigkeit wird in die Berechnungen aufgenommen, die mit der Ermittlung des Gerätefehlers der Anlage ANU-1 verbunden sind.

In der Werkstatt

In der Werkstatt kann entweder das gleiche Verfahren wie im Flugzeug oder das Verfahren zur Kontrolle der vorgegebenen Geschwindigkeit anhand des Manometers angewandt werden. Wenn die Geschwindigkeit anhand des Manometers kontrolliert wird, muß die aerodynamische Tabelle verwendet werden. In der Werkstatt kann zur Überprüfung der kompletten Anlage ANU-1 bei Bodenluftdruck und bei verschiedenen Höhen zur Vorgabe von Geschwindigkeit und Höhe die Druckluftanlage verwendet werden, die in Skizze 1 gezeigt wird.

Bei Verwendung der dargestellten Anlage ist folgendes zu beachten:

Bei Vorgabe einer Höhe $H = 0$

Ventil (7) öffnen (die Ventile 6, 8, 9, 12 sind geschlossen, die Ventile 1 und 11 sind offen), damit sich die Barometeranzeige in Übereinstimmung mit dem atmosphärischen Druck am Erprobungsort einstellt. Danach Ventil (7) wieder schließen.

Falls der atmosphärische Druck am Erprobungsort so ist, daß die Barometeranzeiger sich unter die Marke $H = 0$ einstellt, ist das Ventil (8) zu öffnen und dadurch die Barometeranzeige auf $H = 0$ zu bringen. Falls sich die Barometeranzeige über die Marke $H = 0$ einstellt, ist das Ventil (6) zu öffnen und die Barometeranzeige auf $H = 0$ zu bringen. Danach Ventil (6) wieder schließen.

Bei Höhenvorgabe $H \neq 0$

Ventil (6) öffnen (die Ventile 7, 8, 9 und 12 sind geschlossen und die Ventile 1 und

- nach dem Aufstieg nicht den Flugplatz überfliegt, ist vor dem Start der Zählwerksschalter auf "ein" zu stellen.
- Wenn nach dem Start das Flugzeug den IPM (Ausgangspunkt der Flugstrecke) überfliegt, ist vor dem Start der Zählwerksschalter auf "aus" zu stellen.

Im Fluge

- Wenn nach dem Start das Flugzeug den IPM (Ausgangspunkt der Flugstrecke) passiert, ist das Zählwerk während des Überfliegens des IPM (APS) einzuschalten.
- Bei Änderung des Kartenwinkels ist diese Änderung nach dem Geber SUK-1 einzuführen.
- Die Orientierung (Bestimmung des rechnerischen Standorts) nach den Anzeigen des Zählwerkes von ANU-1 ist in Übereinstimmung mit der zuvor gewählten Richtung des Koordinatensystems durchzuführen.

- Beim Ausschalten des Dopplermesßgerätes für Geschwindigkeit und Abdrift wird die Anlage ANU-1 automatisch in "Speicher"-Betrieb umgeschaltet.

Die Anzeigen der Anlage ANU-1 bei "Speicher"-Betrieb können für die Dauer von 20 bis 30 Flugminuten verwendet werden. (Bekanntlich ändert sich im Verlauf von 20 bis 30 Flugminuten der Wind in Stärke und Richtung nur unwesentlich)

Wenn das Dopplermesßgerät für Geschwindigkeit und Abdrift nach Ablauf von 20 bis 30 Flugminuten immer noch abgeschaltet bleibt, ist die Anlage ANU-1 von Hand in autonomen Betrieb umzuschalten.

- Im autonomen Betrieb arbeitet die Anlage ANU-1 mit dem Windgeber SW-1, hierbei müssen die Windparameter bestimmt und auf dem Windgeber eingestellt werden. Am Windgeber wird ebenfalls der rechnerische Kartenwinkel eingestellt.

Die Bestimmung von Windgeschwindigkeit und -richtung erfolgt mit den üblichen Luftnavigationsmitteln, die der Besatzung für diesen Zweck zur Verfügung stehen.

Wenn sich während des Fluges Windgeschwindigkeit und -richtung ändern, sind diese Änderungen systematisch zu berücksichtigen und es ist die entsprechende Korrektur am Windgeber einzuführen.

Je genauer die Windparameter bestimmt werden, um so genauer sind die Anzeigen der Anlage ANU-1.

11.8. Orientierungsverfahren mit Hilfe der automatischen Navigationsanlage ANU-1

Orientierung beim Flug nach Orthodrome

Für den Flug nach Orthodrome (Großkreis) ist die Flugstrecke aufzuzeichnen und die orthodromen Koordinaten des Ausgangspunktes der Flugstrecke (IPM), der Zwischenpunkte der Flugstrecke (PPM) und des Endpunktes der Flugstrecke (KPM) sind zu bestimmen.

Dazu werden verwendet:

- Die Bordnavigationskarten der Maßstäbe 1:1.000.000 und 1:2.000.000 internationaler Projektion (sichtveränderte polykonische Projektion).
- Die Karten des zentralen polaren Bassins der Maßstäbe 1:2.000.000 und 1:4.000.000 äquidistanter Azimutalprojektionen.
- Großmaßstabskarten transversaler Zylinderprojektion der Maßstäbe 1:100.000; 1:200.000; 1:500.000.
- Bezirksflugstreckenkarten in Zentralprojektion.

Die Flugstrecke wird aufgezeichnet, indem auf die Karte die längs der Orthodrome ge-

liegenden Ausgangs-, Zwischen- und Endpunkte der Flugstrecke aufgetragen werden. Die Orthodrome werden graphisch auf der Karte eingetragen. Um die Orthodrome mit den geringsten Verzerrungen einzutragen, darf die Entfernung zwischen zwei Punkten auf der Karte nicht über 1800 km betragen.

Um auf der Karte eine Orthodrome einzutragen, deren Länge 1800 km überschreitet, werden Zwischenpunkte errechnet, die danach durch gerade Linien verbunden werden. Die Zwischenpunkte werden aller 1000 bis 1500 km errechnet, wobei es erwünscht ist, sie an den Rändern des Kartenblattes anzuordnen.

Auf Karten in Zentralprojektion werden die Orthodrome graphisch auf beliebige Entfernungen aufgetragen.

Die Flugstrecken über große Entfernungen ebenso wie die Orthodrome auf den Karten in Zentralprojektion werden im Winkelmaß errechnet ($1 \text{ min des Bogens} = 1852 \text{ m}$).

Weiterhin wird der Wegwinkel der Orthodrome bestimmt, der entweder graphisch nach der Karte oder nach folgender Formel ermittelt wird:

$$\text{ctg } \beta = \text{ctg } K_0 \cos \varphi \cdot \cos (\lambda - \lambda_0)$$

Hierin bedeuten:

- β - Wegwinkel der Orthodrome im gegebenen Punkt (Winkel, gebildet von der Nordrichtung des Stützmeridians und der gegebenen Weglinie);
- $\varphi \lambda$ - Breite und Länge des Punktes;
- $K_0 \lambda_0$ - Breite und Länge im Schnittpunkt der Orthodrome mit dem Äquator.

Der Wegwinkel der Orthodrome wird gegenüber dem Stützmeridian bestimmt. Stützmeridian ist der Meridian, der durch den Anfangspunkt der Orthodrome verläuft.

Wenn der Flug nach einer gebrochenen Strecke oder im Dreieck beabsichtigt ist, so ist in jedem Wendepunkt vorher der Wegwinkel des Orthodromabschnittes zu errechnen.

Der Betriebsartenschalter von ANU-1 wird auf "DISS" und am Kartenwinkelgeber SÜK-1 wird ein Kartenwinkel gleich dem orthodromen Wegwinkel eingestellt.

Der Flug wird mit Hilfe der Kursanlage in der Betriebsart GPK, nach der orthodromen Weglinie durchgeführt; hierbei wird bei Flug IPM der Zählwerksschalter (27 V) auf "ein" umgestellt, der Zeiger "C" des Zählwerks von ANU-1 zeigt den nach der Orthodrome zurückgelegten Weg und der Zeiger "B" die Größe der Seitenabweichung an.

Die Entfernung nach den Zählwerksskalen ist folgende:

1. für die Orthodrome (Zeiger "C") - 5000 km;
wird an der Hauptskala und der Unterskala abgelesen;
2. Seitenabweichung (Zeiger "B") - 1000 km;
wird an der Hauptskala abgelesen.

Anmerkung: Wenn die Flugstrecke auf eine Entfernung von über 5000 km berechnet ist, sind nach Zurücklegen von jeweils 5000 km Weg zu der Anzeige von Zeiger "C" 5000 km x P zu addieren, wobei P = Zahl der vollen Umdrehungen der Unterskala bezeichnet.

Die Stellung des Zeigers "B" auf Null bedeutet, daß das Flugzeug von der vorgegebenen Flugstrecke nicht abgewichen ist.

Bei Abweichung des Flugzeuges nach rechts von der Orthodromen (Weglinie) schlägt der Zeiger "B" nach rechts aus, und seine Anzeigen werden in Übereinstimmung mit der Bezeichnung abgelesen, die sich auf der Skala des Zählwerkes befindet.

Um die Anlage ANU-1 in die autonome Betriebsart zu schalten (das Dopplermessgerät DISS arbeitet nicht), ist der Betriebsartenschalter auf "autonom" zu stellen.

Wenn die Anlage ANU-1 im autonomen Betrieb arbeitet, werden am Windgeber SW-1 die Windparameter und ein Kartenwinkel gleich dem Wegwinkel der Orthodrome eingestellt, während das Orientierungsverfahren das gleiche bleibt.

Orientierung unter Verwendung des Koordinatennetzes

Das Koordinatennetz wird unmittelbar auf die Flugkarte aufgezeichnet.

Längs jeder Achse wird eine Darstellung der Zeiger "C" und "B" aufgetragen, die bei der Orientierung die Koordinate nach der entsprechenden Achse (X, Y) anzeigen.

Beim Auftragen des Gitternetzes unmittelbar auf die Karte können Flugkarten mit beliebigem Maßstab verwendet werden. Die Linien des Gitternetzes werden aller 20 mm (Quadrat 20 x 20 mm) aufgetragen. Das Beziffern des Gitternetzes erfolgt in Übereinstimmung mit dem Maßstab der Karte, auf die das Gitternetz aufgetragen wurde. Das Gitternetz muß so genau aufgezeichnet werden, daß auf einer beliebigen Länge der Fehler nicht größer als ± 1 mm ist.

Die Beziehung zwischen dem Kartenmaßstab und dem diesem Maßstab entsprechenden Abstand zwischen den Netzlinien wird in Tabelle 5 gegeben.

Tabelle 5

Kartenmaßstab	Abstand zwischen den Linien, die auf der Karte aufgetragen sind [km]	Bemerkung
1 : 250 000	5	Die Gitternetzlinien werden im Abstand von 20 mm aufgetragen.
1 : 1000 000	20	
1 : 2500 000	50	

Bei beliebig großem Kartenmaßstab wird der Abstand zwischen den auf der Karte aufgetragenen Linien nach folgender Formel bestimmt:

$$l = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{M}$$

Hierin bedeuten:

- l = Abstand zwischen den Linien auf der Karte (km);
M = Kartenmaßstab.

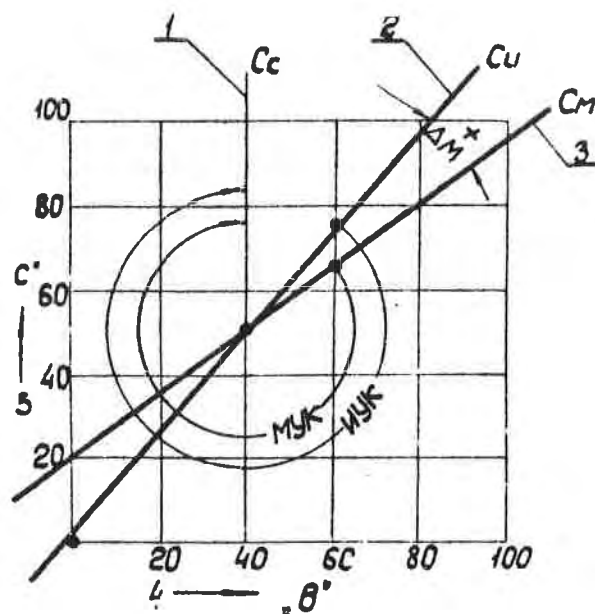
Eine der Achsen des Koordinatennetzes dient zum Ablesen der vom Zeiger "C" - die andere zum Ablesen der vom Zeiger "B" des Zählwerks angezeigten Entfernungen.

Die erste dieser Achsen wird unter dieser Bedingung als "C"-Achse ("C" - Norden), die zweite als "B"-Achse ("B" - Osten) bezeichnet. Den Achsen "C" und "B" wird eine Richtung beigegeben, die für das Arbeiten mit dieser Karte günstig ist.

Die Richtung der Achse "C" des Netzes wird als Richtung des Netzmeridians angenommen (siehe Skizze 4).

Beim Auftragen des Netzes auf die Karte kann der Netzmeridian nicht mit der Richtung des Kartenmeridians übereinstimmen. Nach dem Auftragen des Netzes auf die Karte ist der Kartenwinkel zu messen. Der Kartenwinkel wird vom Kartenmeridian bis zum Netzmeridian im Uhrzeigersinn abgelesen.

Der vom geographischen Meridian der Karte abgelesene Kartenwinkel heißt der wahre Kartenwinkel, abgekürzt: IUK.



Skizze 4 Ablesen der Kartenwinkel

1 - Netzmeridian; 2 - wahrer Meridian; 3 - magnetischer Meridian; 4 - Richtung der Achse "B" des Netzes, auf der die Entfernungen abgetragen werden, die der Zählwerkszeiger "B" (bedingt - Osten) anzeigt; 5 - Richtung der Netzachse "C", an der die Entfernungen abgetragen werden, die der Zählwerkszeiger "C" (bedingt - Norden) anzeigt.

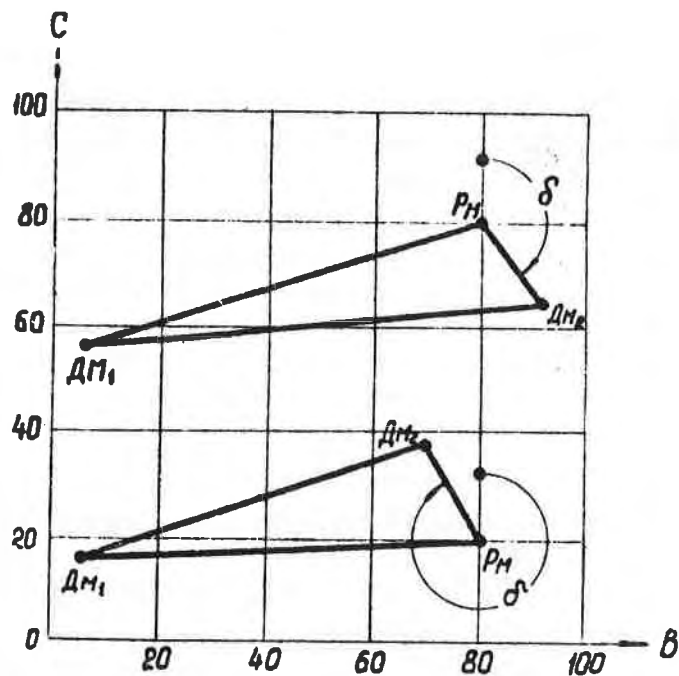
Der Kartenwinkel, der vom magnetischen Kartenmeridian abgelesen wird, heißt der magnetische Kartenwinkel, abgekürzt: MUK.

Die Differenz zwischen dem wahren und dem magnetischen Kartenwinkel ist gleich der Größe der Deklination ΔM (Skizze 4). Der wahre Kartenwinkel wird mittels Winkelmesser, der magnetische Kartenwinkel nach folgender Formel bestimmt:

$$MUK = IUK - \Delta M.$$

Beispiel: $IUK = 50^\circ$ $\Delta M = +2^\circ$
 $MUK = 50^\circ - (+2^\circ) = 48^\circ.$

Wenn die Kursanlage, an die die Anlage ANU-1 angeschlossen ist, den Wert des Kurses gegenüber dem wahren Meridian liefert, wird am Kartenwinkelgeber ŠUK-1 der wahre Kartenwinkel eingestellt. Wenn die Anlage ANU-1 im autonomen Betrieb arbeitet, wird



auf der Karte

Beispiel für das Berechnen der mittleren Windgeschwindigkeit "U" -

Gegeben: Entfernung von DM_1 bis DM_2 , zurückgelegt in 15 min;

Entfernung von RM bis DM_2 gleich 15 km (wird auf der Karte vermessen)

$$U = \frac{15 \text{ km}}{0,25 \text{ Stund.}} = 60 \text{ km/h}$$

Weiterhin sind auf der Karte DM_1 und DM_2 sowie RM (deutsch entsprechend RO = Rechenstandort) einzutragen. (RM wird anhand der Anzeigen des Zählwerkes von ANU-1 bestimmt.)

Durch Dividieren der Entfernung, die auf der Karte zwischen DM_2 und RM gemessen wird, durch die Flugzeit von DM_1 zu DM_2 erhalten wir die Windgeschwindigkeit.

Der im Uhrzeigersinn gemessene Winkel zwischen dem bedingten Kartenmeridian, der durch Punkt RM verläuft und der Linie, die DM_2 mit RM verbindet, ist der Windrichtungswinkel.

Die hier beschriebenen Verfahren zur Ortsbestimmung (Orientierung) mit Hilfe des Navigationsauswertegerätes ANU-1 erschöpfen noch nicht alle ihre taktischen Möglichkeiten. Deshalb muß das fliegende Personal auf der Grundlage seiner hinreichend erprobten Erfahrung die Anwendungstaktik der Anlage ANU-1 schöpferisch weiterentwickeln und bemüht sein, die Anlage ANU-1 unter den verschiedenen Flugbedingungen und -aufgaben so effektiv wie nur möglich zu verwenden.

Fehler	Ursache	Maßnahmen zur Beseitigung
10. Das Nachführungssystem der potentiometrischen Verarbeitung der Windkomponente (U_x oder U_y) arbeitet nicht.	Der Gleichrichter D_1 oder D_2 ist defekt geworden.	Defekte Germaniumdiode D7Sh auswechseln.
11. Die Anzeigen des Zählwerkes sind niedriger oder höher als die errechneten.	Die Einregulierung des Maßstabes der Weggeschwindigkeit ist gestört.	Den Maßstab der Weggeschwindigkeit einregulieren.
12. Die Nachführung der Weggeschwindigkeit spricht bis zum Anschlag an.	Ableichfehler im Nachführungssystem der Weggeschwindigkeitsverarbeitung.	Die Anschlüsse am Eingang des Elektronenverstärkers umstecken.
13. Beim Umschalten auf Betriebsart "Speicher" erfolgt kein Stillstand der Elektromotoren der potentiometrischen Verarbeitung der Windkomponenten.	Relais R1 bzw. R1A sind defekt geworden.	Relais auswechseln.
14. Dem Block EK-1 wurde eine Spannung von 27 V Gleichstrom und 36 V 400 Hz zugeführt. An den Kontrollbuchsen "23,6 V" entspricht die Spannung nicht der nötigen Spannung.	Der Spannungsregler RN ist defekt geworden.	Spannungsregler auswechseln.
12.2. Bei selbständigem (autonomen) Betrieb		
1. Siehe Punkte 1, 2, 4, 6, 7, 8 und 14 der Aufstellung, die sich auf die Betriebsarten "DISS" und "Speicher" beziehen.		

Fehler	Ursache	Maßnahmen zur Beseitigung
2. Bei Einstellung des Betriebsartenschalters auf "autonomen Betrieb" schaltet die Anlage ANU-1 nicht in die autonome Betriebsart um.	Relais R2 ist defekt.	Relais R2 auswechseln.
3. Bei einer Geschwindigkeitsvorgabe nach DWS und bei einer Windgeschwindigkeit am SW-1 gleich	a) Störung in den Leitungen, die den DWS mit Block EK-1 bzw. Block EK-1 mit dem Zählwerk verbinden.	Elektromontage prüfen und Fehler beseitigen.

Fehler	Ursache	Maßnahmen zur Beseitigung
Null drehen sich die Kontrollindexe des Zählers Stsch nicht.	b) Der DWS ist defekt.	Betriebsfähigkeit des DWS überprüfen und wenn Fehler festgestellt werden, DWS austauschen.
4. Die Geschwindigkeit nach DWS beträgt Null. Die Windgeschwindigkeit ist nach dem SW-1 mit 200 km/h eingestellt. Die Windrichtung $\delta = 45^\circ$. Die Kontrollindexe des Zählwerkes drehen sich nicht.	a) Störung in den Leitungen, die den SW-1 mit Block BK-1 bzw. Block EK-1 mit dem Zählwerk verbinden. b) Der Windgeber SW-1 ist nicht in Ordnung. c) Relais R2 ist defekt.	Montage überprüfen und Fehler beseitigen. Windgeber SW-1 überprüfen und, wenn notwendig, austauschen. Relais R2 austauschen.
5. Die Anzeigen des Zählwerkes sind bei der Prüfung der relativen Fehler der Anlage ANU-1 niedriger oder höher als zulässig.	a) Störung der Regelung des Maßstabes der wahren Eigengeschwindigkeit. b) Die Dichtheit der Flugzeug-Druckluftanlage PWD-DWS ist gestört.	Maßstab der wahren Eigengeschwindigkeit mit dem Regelwiderstand einstellen, der an der Frontplatte von Block BK-1 angeordnet ist. Flugzeug-Druckluftleitung wieder abdichten.

13. Anweisungen für die Lagerung

1. Die automatische Navigationsanlage ANU-1 muß in einer Spezialverpackung (Karton) verpackt werden.
2. In der Verpackung der Ausrüstung müssen sich alle Kartons mit den zur Anlage gehörenden Geräten befinden.
3. Jede Verpackung der Anlage muß mit Banderole, angeklebt mit wasserbeständigem Leim, versehen sein. An der Stirnseite der Verpackung wird ein im typographischen Verfahren bedrucktes Etikett aufgeklebt, auf dem folgendes angegeben ist:
 - Bezeichnung der Ware;
 - Nummer;
 - Herstellungsdatum;
 - Nummer des Packers;
 - Nummer der Meldung;
 - Lebensdauer;
 - Zeit der prüfungsfreien Aufbewahrung des Erzeugnisses auf dem Lager.
4. Die Außenverpackung muß eine feste Kiste sein, die für den Transport per Eisenbahn oder Lastkraftwagen geeignet ist.
5. Zwischen Außenverpackung und Karton muß eine Zwischenschicht aus feuchtigkeitsbeständigem Papier (Bitumen- oder Teerpappe) sein. Die Kartons müssen eng in der Kiste verpackt werden, so daß es ausgeschlossen ist, daß sich der Karton im Inneren der Kiste verschieben kann.

6. An zwei Außenseiten der Kiste - oben und an der Seite - (oder an der Stirnseite) sind folgende Aufschriften anzubringen: "Vorsicht", "Nicht werfen". Die Aufschriften "Oben" und "Hier öffnen" werden auf der Oberseite angebracht.

7. Die Lagerung muß in einem geschlossenen Raum mit einer Innentemperatur von 20 ± 10 °C bei einer relativen Feuchtigkeit von max. 60 ± 20 % erfolgen. Der Lagerraum muß frei sein von chemischen Mitteln, die sich schädlich auf die Anlage auswirken.

Gerd Ritter
Schwalbenweg 10
D-12526 Berlin
Tel./Fax. +49-(30)-672 19 09