

Junkers JUMO-004B

Motor JUMO-004B byl spuštěn Junkersem v roce 1941. Na konci války byl motor namontován na německé proudové letouny Messerschmitt Me-262, Arado Ar-234, atd.

Hlavní části motoru jsou: osmistupňový axiální kompresor, šest spalovacích komor, jednostupňová axiální turbína a přímá výstupní tryska s regulační jehlou.

Vzduch je nasáván motorem přes sací potrubí (kolektor) do kompresoru. Z kompresoru stlačený vzduch směřuje do spalovací komory, kde se vstřikuje palivo tryskou. Vstřikování paliva se provádí proti proudu vzduchu. Vzduch do spalovací komory je rozdělen do dvou částí. Jedna část je asi 1/3 množství vzduchu přiváděného do komory, prochází vlněním do vnitřních částí komory i plamence, míchá se s palivem a tvoří pracovní směs, ta je zapálena plamenem hořáku (přebytek vzduchu koeficient $a = 1,4-1,5$). Zapálení paliva při startu se děje pomocí zapalovacích svíček, nainstalovaných do těchto spalovacích komor.

Další část vzduchu není zahrnuta v proudu spalin, teče kolem jeho stěny, chladí je, a pak se přidává do produktů spalování, kde se mísí se směsí plynů k dosažení bezpečné teploty pro turbínu (asi 800 °C, součinitel přebyteku vzduchu směs 4-4,5).

Směs plynu a vzduchu proudí kolem mezikruží vyvíjele plynů (reservoirsmezitel), vstupuje do kanálů bloku rozváděcích lopatek, a pak do lopatek turbínového disku, a proudí do trysky vysokou rychlostí a pak do atmosféry.

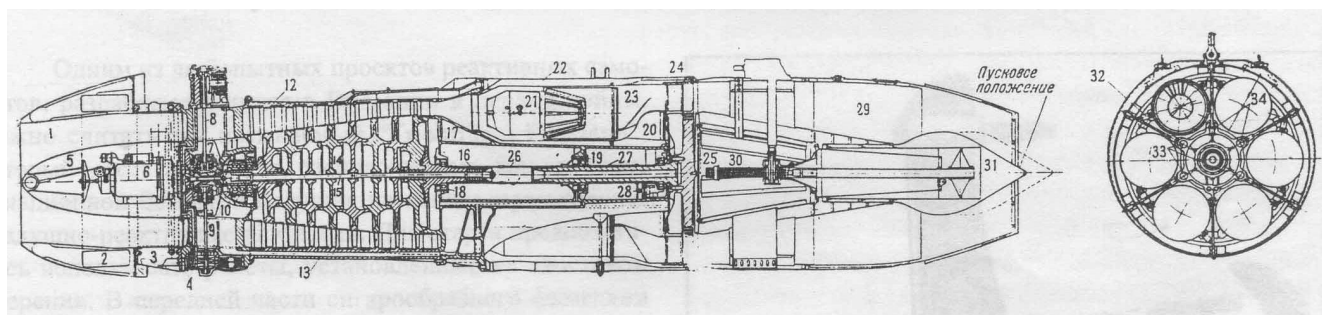
Regulací motoru jsou dva automatické ovladače - regulátor otáček a regulátor jehly trysky.

Regulátor je tvořen odstředivým regulátorem s variabilním nastavením, které je prováděno pilotem pohybem páky plynu. Kontroler podporuje pilota v nastavení otáček motoru změnou dodávky paliva do vstřikovače. Vzhledem k tomu, jak se změní otáčky motoru a dodávka paliva, pak probíhá regulace rychlosti i regulace tahu. Regulátor změnil polohu jehly, a tedy i hodnotu průtoku trysky v závislosti na otáčkách motoru, rychlosti a nadmořské výšce.

Změna průtoku trysky má přímý vliv na teplotu plynu před turbínou, a tím i tryska jehly kontrolou této teploty udržuje tuto teplotu přibližně konstantní, což má zásadní význam pro spolehlivý a hospodárny provoz motoru. V přední části motoru je instalovaný ve vstupní kanálu a uzavřený v krytu benzínový motor, jenž je napojen na hřídel na vstupu, která směřuje dozadu ke kompresoru a je uložena v odlitku tělesa ložiska.

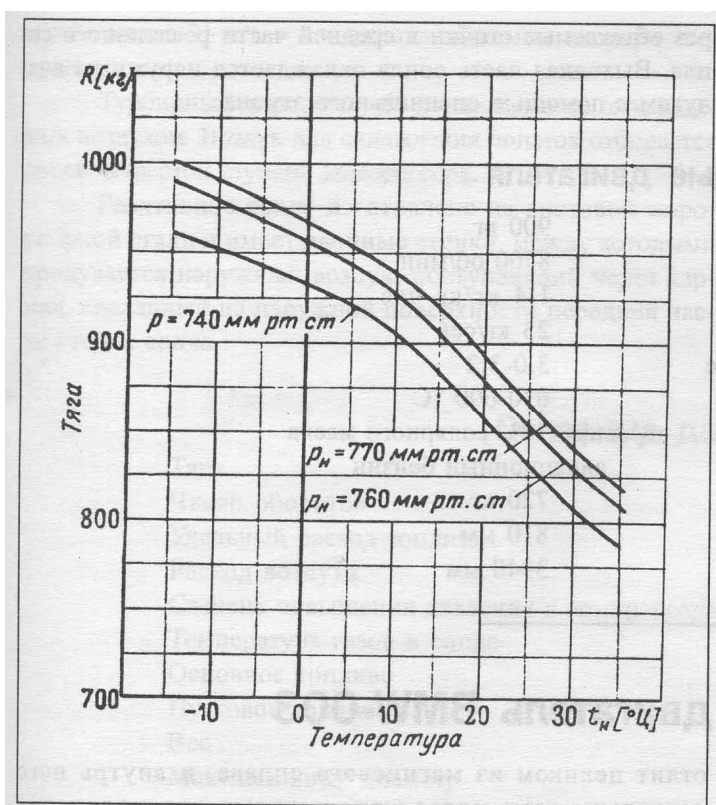
Skříň kompresoru se skládá ze dvou polovin, odlitých z lehké slitiny. Vnitřní povrch tělesa je v kruhových drážkách osazen do osmi řadů vodícími lopatkami. Tyto řady jsou vyrobeny z lehké slitiny, zbytek z oceli.

Rotor kompresoru se skládá z osmi disků s lopatkami a tyto disky jsou navzájem spojeny hrouby. Přední lůžko je připojeno k přední části disku kompresoru a je axiálně uloženo v předním trojitěm kužlovém ložisku. Zadní lůžko je připojeno k zadnímu disku kompresoru a otáčí se v ložisku. Přední a zadní lůžka jsou dotaženy šroubováním.



Obr: Podélný řez motoru, Jumo-004B

1 - vstup, 2 - palivová nádrž, 3 - olejová nádrž, chladič, 4 - kuželová převodovka, 5 - kapotáž, 6 - spouštěcí motoru, 7 - ústřední kuželový převod, 8 - válec pohonu pomocných jednotek, 10 i přední těleso s kompresorem, 11 - polokoule předního ložiska, 12 - horní polovina kompresoru, 13 - dolní polovina kompresoru, 14 - rotor kompresoru, 15 - hrouba, 16 - lisované ocelové kroužky, 17 - nosník (support), 18 - zadní ložisko kompresoru, 19 - axiální ložisko turbíny, 20 - zadní ložisko turbíny, 21 - spalovací komora, 22 - kryt (pouzdro) jednotky spalovací komory, 23 - kroužek přivádějící plyn, 24 - tryska rozváděcích lopatek turbíny, 25 - rotor turbíny; 26-hřídele, pružiny, 27 - trubky, 28 - zadní sbírací lůžko oleje, tryska 29 i reaktivní tryska, 30 - ozubnicový mechanismus, 31-nastavovací kužel (jehla), tryska, 32 - svíčky, 33 - kanály pro trysku chladicího vzduchu zařazení turbíny 34 - kanály pro chlazení vzduchu v přední části disku turbíny



Obr: Změna tahu motoru v závislosti na teplotě tlaku vzduchu

Spalovací komory motoru, jsou uzavřeny v bloku z tenkého ocelového plechu a chlazeny studeným vzduchem vycházejícím z kompresoru.

Uvnitř každé komory je instalován plamenec, před nímž je víšl vzduchu. Ramena víšle jsou zkroucena, úhel zkroucení je 70°. Na konci plamence se nachází kuglový stabilizátor plamene s dutým chlazením skleněný podepřený kulatým dnem. Ten je dole, na jedné straně zpomaluje tok, což zlepšuje podmínky pro spalování paliva. Na straně druhé vytváří významné víry na výstupu z plamence k zajištění stability a rovnoměrnosti směsi spalin na vstupu turbíny.

Stabilizátor je uzavřen ve válcovém krytu rozšíření plamence. Mezi pouzdrem a trubicí má prstencovou mezeru, jejímž prostřednictvím je plyn míchán se vzduchem sekundárním (vzduch neprochází víšlem).

Na zadní straně jsou spalovací komory spojeny s plynovým kolektorem, vytvářejícím se kruh vzduchu ke kanálům turbíny. V kolektoru je obvyklé dohošování paliva, neskončí ve spalovacích komorách.

Turbínová jednotka se skládá z kanálů s jednou řadou pevných lopatek, které tvoší zužující se trysky části turbíny a kotouč s obíhajícími lopatkami. Lopatky disku turbíny z nerezové oceli se v prvních motorech vyráběly masivní, nechlazené, a v posledních verzích pak duté, vnitřně chlazené vzduchem. Ramena drgáku trysky byly změněny na chlazené.

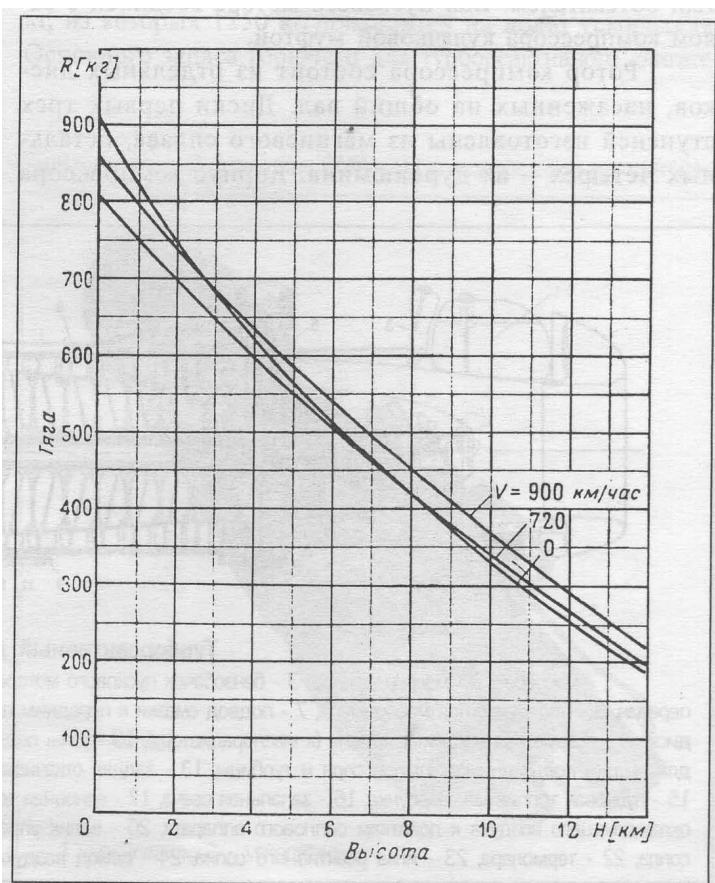
Hřídele turbíny a zadní íep kompresoru je spojen tenkostěnnou střední hřídelí, uloženou na obou koncích na sloty.

Hřídele turbíny jsou namontovány na dvou ložiskách: přední - válečkové, zadní - kulové. Tato dvě ložiska, stejně jako zadní íep ložiska kompresoru, zachytávají do těsnění sílu, která je hlavním sílovým prvkem motoru. Výkon turbíny, vyvinutý při maximálních otáčkách, je až 3800 koní, počet rozváděcích lopatek 35, počet lopatek disku turbíny je 61.

Vzduchové chlazení motoru snižuje teplotu aparátu turbíny, turbínových lopatek disku, výstupní trysky i regulační jehly.

Vzduch ke chlazení trysky bloku (v posledních verzích i turbínových lopatek a disku) je odebírán od kompresoru a přes kanály vstupuje do dutiny vnitřní trysky oplněným kroužkem bloku. Z tohoto prostoru vzduch přechází do lopatky, otvory v zadních hranách vyjde a smísí se s plynem ze spalovací komory, a nakonec vstupuje do turbíny.

Vzduchové chlazení stěhy turbínového disku je vedeno z posledního stupně kompresoru přes labyrintové těsnění mezi rotorem a kompresorem. Po vychlazení disku turbíny proudí vzduch do mezery mezi tryskou a turbínou a mísí s hlavním proudem plynu.



Obr: Výšková charakteristika motoru.

-str. 41-

Zadní strana disku turbíny, a jehla trysky je chlazená vzduchem od kompresoru. Výstup trysky je chlazen speciálním ofukem vzduchu od 4. stupně kompresoru.

Základní údaje o motoru

Tah 900 kg
 Rychlost otáčení 8700 ot. / min
 Specifická spotřeba paliva 1,4 kg / kg h
 Spotřeba vzduchu 23 kg / sec
 Míra zvýšení tlaku v kompresoru: 3,0-3,2
 Teplota plynu v trysce: 630-690 $^\circ\text{C}$
 Hlavní palivo kerosin s 15 % maziva
 Spouštěcí palivo letecký benzín
 Hmotnost motoru 720 kg
 Maximální průměr 810 mm
 Maximální délka 3940 mm

Motor BMW 003

Motor BMW-003 byl poprvé spuštěn v období 1940-1941.

Do konce války, od roku 1944 je tento motor již sériově vyráběn a instalován v letadle Heinkel He-162, Arado Ar-234.

Motor BMW 003 se skládá z následujících částí: sedmistupňového axiálního kompresoru, prstencové spalovací komory, jednostupňové plynové turbíny a trysky s regulační jehlou.

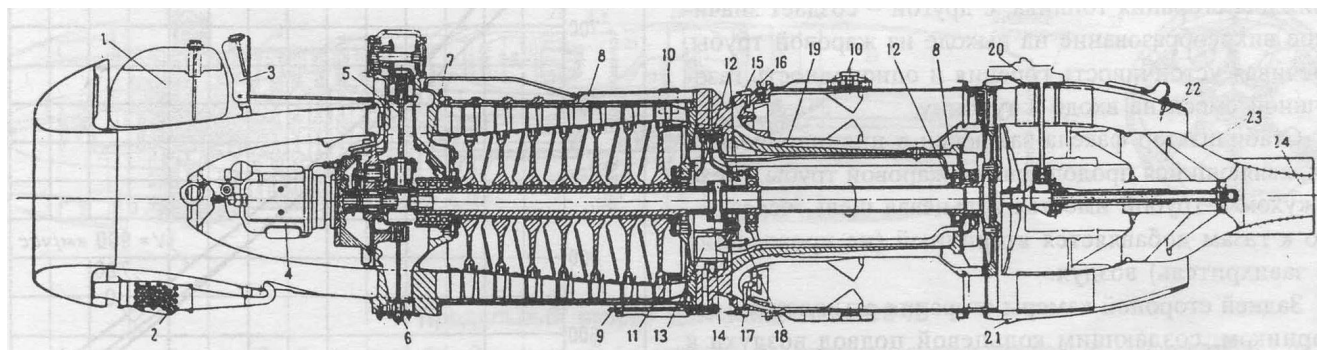
Ve vstupním potrubí je dvoutaktní dvouválcový benzínový startovací motor, který se kapotován. Spouštěcí hřídel motoru je připojena spojkou do předku hřídele kompresoru.

Kompresorový rotor se skládá z jednotlivých disků, zasazených na společné hřídeli. První tři stupně jsou vyrobeny z hořčíkové slitiny, ostatní čtyři z duralu. Uložení kompresoru je odlitek výhradně ze slitiny hořčíku,

a má do sedmi řad vložené pevné vodící lopatky. Profily lopatek rotoru a statoru jsou voleny tak, že se vytváří 70 % rozdílu tlaku v každém stupni disku rotoru, a 30 % v rozváděcích lopatky (v motoru Jumo-004 lopatky nevytváří tlak).

Spalovací komora je vyrobena z žáruvzdorného ocelového plechu. Před komůrkami v kruhu z lehké slitiny je 16 hlavních trysek a 6 zapalovacích svítek. Vstřikování paliva se provádí v proudu tlakem 60 kg/cm². Je tam odlitý kroužek sbírající, v jehož středu jsou kanály pro napájení sekundárního vzduchu do komory.

Na zadní části komory je připojen tlak trysky blok turbíny. Lopatky rozváděcího aparátu (31 ks) jsou duté, vnitřně chlazené vzduchem.



Obr: Proudový motor BMW-003

1 - olejová nádrž, 2 - chladič oleje, 3 - benzín startéru, 4 - spouštěcí dvoudobý zážehový motor, 5 - hřídele převodovky, 6 - lopadla maziva, 7 - dodávka maziva k poslední kompresorové hřídeli, 8 - přívod vzduchu k ochlazení disku, 9 - návrat maziva (do výměníku), 10 - uložení motoru, 11 - labyrintové těsnění, 12 - trysky k dodávce maziva pro mazání kompresoru a turbíny, 13 - zadní lopadla maziva, 14 - hřídelová spojka kompresoru a turbíny, 15 - startovací vstřik paliva, 16 - svíčky, 17 - základní vstřik paliva, 18 - vypouštěcí odlučovač vzduchu z oleje, 19 - dodávky chladícího vzduchu k bloku lopatek, 20 - jehlová logiska ovládání trysky, 21 - kapsy vzduchu pro chlazení stěhy trysky, 22 - termolánek, 23 - jehla trysky, 24 - vývod vzduchu, chlazení jehly

-str. 42-

Turbínový disk má 66 lopatek a je vzduchem chlazený. Vzduchu pro chlazení lopatek je odebírán po čtvrtém stupni kompresoru.

Tryska je vyrobena ze žáruvzdorného plechu a má dvojité stěny, mezi které je vháněn vnější vzduch, který prochází z kapsy na vnější straně poslední stěhy trysky.

Jehla, která reguluje výstupní část trysky, může být nastavena v jedné ze čtyřdaných pozic. Toto nastavení jehly provádí pilot otáčením přepínače, hřídel elektromotoru je spojena s řídícím mechanismem pohybu jehly. Regulace motoru se děje automaticky pomocí speciální regulace otáček prostřednictvím dávkování paliva, které se vstřikuje do spalovací komory.

Základní údaje o motoru

Tah 800 kg

Rychlost otáčení 9500 ot. / min

Specifická spotřeba paliva 1,5 kg / kg h

Průtok vzduchu 9 kg / sec

Míra zvýšení tlaku v kompresoru 3,0-3,2

Teplota plynu v trysce na 620 ° C

Hlavní palivo: kerosin +5 % oleje

Spouštěcí paliva: letecký benzín

Hmotnost 750 kg

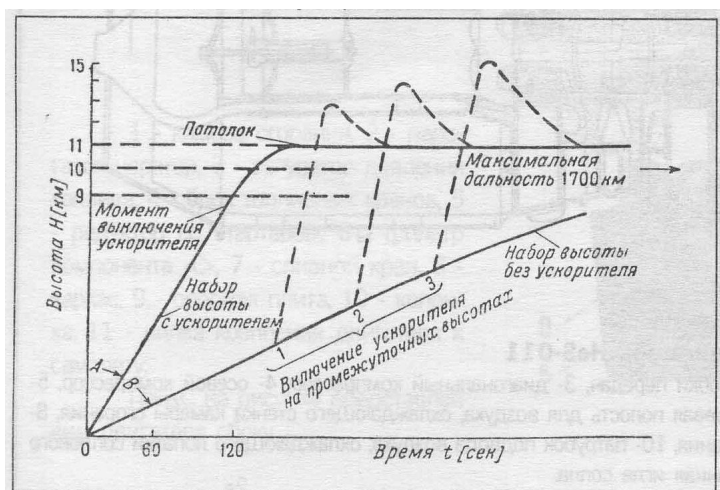
Maximální průměr 680 mm

Maximální délka 3300 mm

Kombinovaný motor BMW-109-003R

Jedním ze způsobů zvýšení tahu proudového motoru (což je důležité zejména pro nízké rychlosti letu, například stoupání), je instalace kapalinového raketového motoru. Například některé byly instalovány do stíhaček

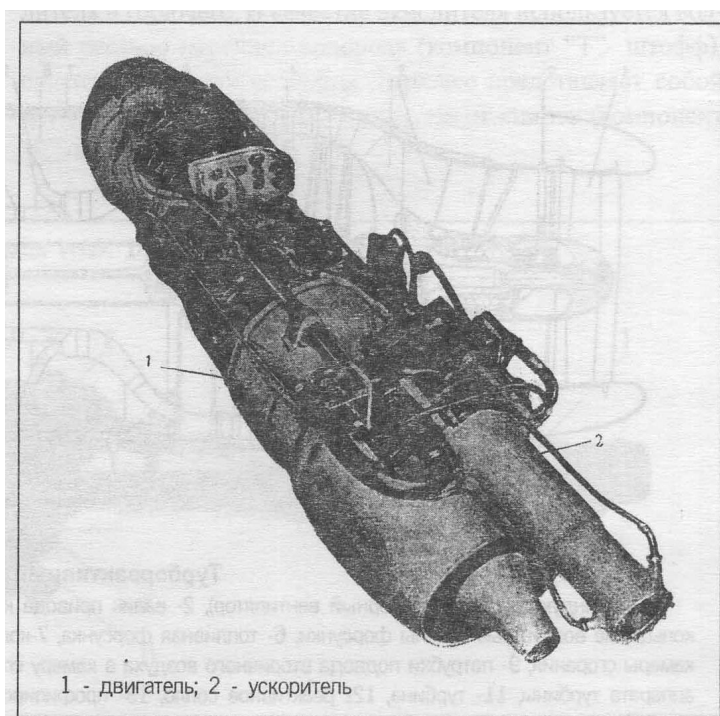
Me 262 ke zvýšení rychlosti stoupání v kombinaci s motory BMW -109-003, což představuje tradiční sérii turboreaktivních motorů BMW-003A, C nebo D, se zlepšenými kapalino-proudovými motory stejné firmy. Raketový motor se skládá ze spalovací komory s válcovým vnějším pláštěm, dvou lopatek (paliva a oxidu) a z přírodních potrubí.



Obr: Barogram vzletu 262 s motorem BMW-003, který je vybaven kapalinovým urychlovačem

Raketový motor nasává palivo pomocí ozubeného převodu os hřídele rotoru turbojetu a spotřebuje až 200 litrů/s. Spalovací komora je chlazena palivem.

Celkový tah motoru s urychlujícím motorem je 2350 kg, 1250 kg z toho připadá na urychlovač.



Obr: Motor BMW-003 s urychlovačem na tekuté palivo

-str. 43-

Základní zásoba paliva stačí i pro dvacetiminutový let ze země nebo po dobu jedné hodiny v nadmořské výšce 9000 m. Pomocný motor může pilot zapnout kdykoliv letu a může pracovat po dobu dvou minut. Letadlo stoupá s podporou urychlovače a do dvou minut dosáhne 9.000 m a v důsledku setrvačnosti vystoupá na 11.000 metrů nadmořské výšky letu a pokračuje v této výšce. Není-li akcelérátor zapnutý při startu, ale až v nadmořské výšce 6.000 m, letadlo pak může stoupat na 15.000 m (viz graf tečkovanou křivku vycházející z bodu 3).

Proudový motor Heinkel Hirth HeS-011

Prototyp motoru Heinkel-Hirth HeS-011 byl vyroben na začátku roku 1944. Existují důkazy, že před koncem války byl motor uveden do výroby a instalován v experimentálních letadlech.

Motor HeS-011 má kompresor o čtyřech stupních (diagonální stupeň a tři osové), prstencovou spalovací komoru, dvoustupňovou plynovou turbínu a nastavitelnou trysku.

Snaha využít i axiální a odstředivé kompresory vedla u motoru HeS-011 k instalaci diagonálního kompresoru jako prvního stupně ve kterém se vzduch pohybuje jakoby na diagonále mezi axiálním a radiálním směrem.

S cílem získat maximální rozdíl mezi průměrem vstupní a výstupní části diagonálního kola kompresoru, byl startovací motor dán pod kryt, a kapotáž krytu hřídele kompresoru je tak malá, jak to umožňuje mechanismus náhonu a kloubový hřídel předního ložiska kompresoru.

Na začátku vstupního otvoru je instalováno nasávání vzduchu ventilátorem, což jsou v podstatě rotující rozváděcí lopatky.

Ventilátor vytváší přední zakřivení proudu na vstupu do diagonálního kompresoru. Za ventilátorem je instalována pod úhlem kapotáž mazacích potrubí a hřídele hnacího ozubeného kola a startéru.

Diagonální kolo kompresoru se skládá ze dvou disků z ocelových výkovků s vloženými lopatkami, vykovány z hliníkové slitiny a upevněnými k disku kulovými zámkami.

Lopatky diagonálního kola nejsou vyrobeny radiálně ploché, ale jsou zakřivené do ěroubovice.

Axiální třístupňový kompresor má konvenční konstrukci, je souborem disků, zasazených na společné hřídeli.

Lopatky jsou vloženy do drážek disku svou stopkou a každá je zafixována nýtem.

Pevné rozváděcí lopatky axiálního kompresoru, a stejně jako lopatky, vestavěné mezi diagonální kolo a první stupeň axiálního kompresoru, jsou zhotoveny z plechu a přínýtovány k tělesu.

Spalovací komora je prstencová, vyrobená z plechového materiálu, vnější plášť spalovací komory je vyrobená z hliníkové slitiny.

-str. 44-

Palivo je vstřikováváno do komory ěstnácti tryskami a mísí se primárním vzduchem, pak vstupuje do komory přes vířivku a obvodové mezery.

Sekundární vzduch, vstupující do komory speciálními nátrubky, snižuje teplotu plynu na vstupu do kanálů turbíny.

Turbína je osová, dvoudisková, dvoustupňová, a její vlastností je, že není konzolová, jako turbína motoru Jumo-004 a BMW-003. Lopatky turbíny jsou duté, chlazené, s konstrukcí podobnou jako lopatky turbíny motoru BMW-003. Každá lopatka je uchycená do turbínového disku jediným nýtem.

Středy výstupní trysky jsou vyrobeny z dvojitého plátu materiálu a jsou chlazeny vnějším vzduchem. Tryska je regulována profilovanou jehlou, která může být nastavena v jedné ze dvou poloh pomocí servopohonu.

Podporou při startu motoru je dvoudobý dvouválcový benzínový motor, namontovaný na skříně motoru.

Polohu zapálení paliva je pomocí čtyřsvíček, umístěných kolem vstřikovacích trysek.

Základní údaje o motoru

Táh 1300 kg

Otáčky motoru 11 000 ot / min

Specifická spotřeba paliva 1,3 kg / kg h

Spotřeba vzduchu 30 kg / sec

Míra poměru tlaku kompresoru 4,5

Palivo kerosin 5 % oleje

Hmotnost 840 kg

Výška 1080 mm

Ěška: 875 mm

Maximální délka (s vytaženou ěpílkou trysky): 3050 mm

-str. 45-