

# DIE MÖGLICHKEITEN DER VERMINDERUNG DER REIBUNG UND DES VERSCHLEISSES VON FLUGZEUGSKOLBENVERBRENNUNGSMOTOREN

E. PÁSZTOR und I. PERJÉSI

Lehrstuhl für Aero und Thermotechnik des Fahrzeuginstituts  
Technische Universität Budapest

Eingegangen: am 5. August 1989

## Abstract

In this paper, the effect of using additives of type ESKA in lubricating oil is examined with aircraft engines. The tests were carried out on test-bench and under real operating conditions. The charging of lub oil took place on two occasions, prior to the start of test-bench operation, and at the start of the real operation. The evaluation of wear was carried out after the test-bench operation had been finished, at half time of the real operation, and on the occasion of the first major overhaul with full disassembly. The motors had been in operation for two years prior to the first major overhaul. Up to the first major overhaul, no essential differences could be detected in wear between the motors treated with ESKA and the ones not treated with it. The wear of the motors treated with ESKA was lower by only 3-5%. This result neutral, in fact, was yielded by two decisive effects. The lub oil consumption of aircraft engines is very high, so the ESKA content of the lub oil rapidly decreases due to the frequent re-charging. On the other hand, a more frequent charging of ESKA additive would have resulted in a considerable increase in the operating expenses, and besides, the labour demand of operation would have also increased. Another reason for it is that up to the major overhaul, the motors suffer generally less wear — as our experiences show — so that the difference in wear can be only scarcely pointed out concerning the motors treated and untreated with ESKA. To obtain realistic result, a period of 4-6 years, i. e. the full service life of a motor would be required.

On the basis of the neutral results of the two-year operation, the excess cost of the more frequent re-charge of additive ESKA, as well as the theoretical considerations, such a decision has been made that the application of additive ESKA in reciprocating aircraft engines presently is not an actual problem.

*Keywords:* additives for oil, engine wear reduction, aircraft engines.

## Einführung, Zielstellung

Als eine der grundsätzlichen Zielstellungen bei der Entwicklung von Kolbenverbrennungsmotoren ist die Herabsetzung der Reibungsverluste und des Verschleißes und dadurch eine Verlängerung der Lebensdauer zu betonen. Sie kann durch Schmierstoffzusätze erreicht werden [1]. Am Institut für Fahrzeugtechnik der TU Budapest wurde in den vergangenen Jahren eine umfangreiche Forschungstätigkeit im Hinblick auf die verschleiß- und

reibungsvermindernden Eigenschaften des Ölzusatzes mit der Markenbezeichnung ESKA bei Kraftfahrzeug-Dieselmotoren [2-3] sowie bei Flugzeug-Verbrennungskolbenmotoren [4-5] durchgeführt. Dieser Beitrag berichtet über die in Verbindung mit den Flugzeugverbrennungskolbenmotoren durchgeführten Untersuchungen. Sie waren im Auftrage und durch finanzielle Unterstützung des Direktorats für Luftverkehr und Flughäfen des Ministeriums für Verkehrswesen durchgeführt worden.

Grundsätzliche Zielstellungen der Untersuchungen waren die folgenden:

- Untersuchung des Zusatzes ESKA im Hinblick auf seine verschleiß- und reibungsvermindernde Auswirkungen,
- Ermittlung der Änderung des Kraftstoffverbrauches, der Leistung sowie der thermischen Kenngrößen des Motors sowie
- Untersuchung des ESKA-Wirkungsmechanismus.

Die Untersuchungen haben wir am Viertakt-Sternmotor vom Typ M-14V26 des Helikopters KAMOV-26 in Zusammenarbeit mit dem Flugzeugdienst für Pflanzenschutz des Ministeriums für Landwirtschaft durchgeführt, wo die Flugzeuge auch ihren Dienst versehen.

Vor uns bestand die Möglichkeit, insgesamt an 4 Sternmotoren die Untersuchungen durchzuführen. Von diesen haben wir 2 Sternmotoren mit ESKA behandelt. Die beiden anderen, ohne ESKA betriebenen Sternmotoren, dienten zu Vergleichszwecken.

Im Verlaufe der Untersuchungen erfolgte die Ausarbeitung der nachfolgend angegebenen Verfahren:

- Änderungs- und Dosierungsmethode von ESKA in Flugzeug-Sternmotoren;
- Versuchsprogramm für Bremsprüfstände;
- Untersuchungssystem für die während der Prüfstandsuntersuchungen entnommenen Ölproben;
- Methode für die Untersuchung und Bestimmung des am Prüfstand und während des tatsächlichen Betriebseinsatzes entstehenden Verschleißes.

### **Die bei Flugzeug-Sternmotoren zu erwartenden Anwendungsvorteile von ESKA**

Auf Grund der bei Kraftfahrzeug-Dieselmotoren ermittelten Erfahrungen waren die real zu erwartenden Vorteile wie folgt: Die in den Sternmotoren entstehenden Reibungsverluste nehmen ab, demzufolge nimmt ihre Effektivleistung zu, bzw. ihr spezifischer Verbrauch sinkt. Infolge des Abdichtungs-Effektes von ESKA nimmt das effektive (aber nicht das geo-

metrische) Druckverhältnis der Motoren und der Kompressionsenddruck zu, demzufolge steigt die effektive Motorleistung und sinkt der spezifische Kraftstoffverbrauch.

Infolge der Reibungsabnahme sinkt die Wärmebelastung der Motoren. Als Auswirkung der reduzierten Reibungsverluste wird der im Motor entstehende Verschleiß geringer, die Lebensdauer der Motoren bzw. die Zeitabstände zwischen den einzelnen Großrevisionen nehmen zu.

Infolge des geringeren Verschleißes und der besseren Abdichtung sinkt das Abnutzungsmaß des Schmieröls ab, die Periodendauer des Ölwechsels wird größer. Als Folge der besseren Abdichtung sinkt der Schmierölverbrauch.

Die aufgeführten Erwartungen haben sich auf Grund der durchgeführten Untersuchungen in unterschiedlichem Maße erfüllt.

## Durchführung, Methoden und Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen

### *Untersuchungen am Prüfstand*

Vor Beginn der Untersuchungen wurde an den regenerierten Motoren nach der Großrevision noch vor dem Zusammenbau eine äußerst gründliche Maßermittlung durchgeführt. Die Kolben-Zylindergruppen Nr. 1, 4 und 7 jedes Motors wurden untersucht. Es erfolgte die Aufnahme solcher charakteristischen Maße der Bestandteile, die während des Betriebes auch bei einer teilweise Demontage zu messen sind und die im Hinblick auf die Ermittlung des Verschleißvorganges über einen entscheidenden Einfluß verfügen. Diese Elemente waren wie folgt: Kolben, Zylinder, Kolbenringe, Kolbenbolzen, Ein- und Auslaßventil sowie ihre Führungsbüchsen. Bei den Kolbenringen wurde die Veränderung der Masse, bei den weiteren Elementen die Maßänderungen möglichst an solchen Stellen untersucht, wo die Maßaufnahme auch durch die Technologie für Großrevision vorgeschrieben ist.

Die Maßaufnahme wurde in Abständen wie folgt durchgeführt: nach der Montage der Großrevision unterworfenen Motoren, nach einer 45-stündigen Prüfstandsuntersuchung nach dem 8-stündigen Grundeinlauf, zweimal während ihres effektiven Betriebes, sowie während der nächsten Großrevision.

Wir versuchten die während des effektiven Betriebseinsatzes durchgeführten Zwischenmessungen nahezu in gleichen Zeitabständen in Abhängigkeit der durch den Betrieb gegebenen Bedingungen durchzuführen.

Die Messung der zur Untersuchung einbezogenen Elemente erfolgte an verschiedenen Stellen nach verschiedenen Richtungen. Um die zwangsläufig

entstehenden einzelnen Meßfehler eliminieren zu können, haben wir die Mittelwerte der kennzeichnenden Abmessungen von einzelnen Elementen ermittelt, wonach auch die Untersuchung der Änderung dieser Mittelwerte in Abhängigkeit von der Betriebszeit erfolgte.

Vor der dem 8-stündigen Grundeinlauf folgenden 45-stündigen Prüfstandsuntersuchung erfolgte die erste Anwendung des ESKA-Zusatzes. Nach unseren bei Kraftfahrzeug-Dieselmotoren durchgeführten Versuchen beträgt die optimale Größe des ESKA-Zusatzstoffes 0,55–0,65 Schmieröl-Gewichtsprozent.

Bei kleineren Werten bleibt der Zusatz ohne Auswirkung, bei einem bedeutend größeren Wert (1,0–2,0%) nimmt infolge des Zusatzes die Schmierölviskosität zu, weshalb wiederum die Reibung größer wird. Während unserer Untersuchungen betrug der Zusatz 0,6%.

Das Beimengen des Zusatzes erfolgte in der Weise, daß der in einer Ölmenge von ca. 1 Liter gründlich umgerührte ESKA-Zusatz langsam in den Ölbehälter des laufenden Motors eingefüllt wurde. Zwecks gleichmäßiger Mischung im Behälter erfolgte im Behälter das kontinuierliche Umrühren des Öls.

Die erste Beimengung des Zusatzes erfolgte folgendermaßen: Nach Durchführung des 8-stündiger Einlaufes ließen wir die Motoren bei fixierten Gashebelstellung bei ca. Nennleistung so lange laufen, bis sich die vollkommene Gleichgewichtslage im Hinblick auf Leistung, Drehzahl und thermischen Zustand einstellte. Die Untersuchung erfolgte auf einem gut instrumentierten Motor-Bremsprüfstand unter Verwendung einer Lufrad-Bremse. Nach dem Einstehen des in jeder Hinsicht als stabil anzusehenden Gleichgewichtszustandes erfolgte das Einfüllen des im Öl vorgemischten ESKA-Zusatzes in den Ölbehälter.

Als Ergebnis des 45-stündigen Laufes war zu verzeichnen: Eine meßbare Änderung der einzelnen Kenngrößen war in 15–20 Minuten nach dem Einfüllen des ESKA-Zusatzes zu verzeichnen und der Einfluß hat sich nach einer Betriebszeit von ca. 2,0–2,5 Stunden stabilisiert. Die Wellenleistung bei den beiden mit ESKA behandelten Motoren nahm gegenüber den mit ESKA unbehandelten Motoren um 1,75–2,0% zu. Der spezifische Kraftstoffverbrauch nahm in einem relativ größeren Maß, um 2,3–2,8% ab. Diese Auswirkung entstand teilweise infolge der Abnahme der Reibungsverhältnisse um ca. 2%, die eine Änderung ca. der Hälfte der Motorkenngrößen verursacht hatte. Die Änderung der weiteren Motorkenngrößen erfolgte durch die infolge der ESKA-Beimengung entstandenen Abdichtungszunahme im Motor, die in erster Linie die sog. indizierten Kenngrößen des Motors verbesserten.

Die Temperaturen der luftgekühlten Zylinderköpfe nahmen um 2,5–3°C ab. Das war bei den im allgemeinen als 'warm' bekannten Motoren

von Vorteil. Eine meßbare Änderung der Kühlluft- und der Schmieröltemperatur war nicht zu ermitteln.

Die Entnahme der Ölproben bei den mit ESKA behandelten und bei den unbehandelten beiden Kontroll-Motoren erfolgte durchschnittlich in einem zeitlichen Abstand von 8 Stunden. Ihre Untersuchung wurde sehr sorgfältig durchgeführt.

Als Ziele der Ölanalyse sind zu nennen: Änderungsmaß des Schmieröls der mit ESKA behandelten Motoren; Ermittlung der im Öl vorhandenen mechanischen Verunreinigungen und des Metallgehaltes, woraus eine Schlußfolgerung auf den Verschleißvorgang der Motoren gezogen werden kann. Obwohl im weiteren noch gesondert ausgewertet wird, ist schon an dieser Stelle zu bemerken, daß infolge des besonders großen Schmierölverbrauches von Flugzeugmotoren bzw. als Folge der sehr oft vorgenommenen Ölnachfüllung aus den Ölproben eine eindeutige Schlußfolgerung schwer zu ziehen ist, da sich die Ölzusammensetzung nach einer Betriebszeit von 15–25 Stunden infolge der mehrmaligen Nachfüllung stabilisiert und seine Zusammensetzung unverändert bleibt.

Unsere Ergebnisse lauten wie folgt: Die Viskosität des mit dem Zusatz behandelten Schmieröls nahm ein wenig zu. Die Änderung des Viskositätsindex lag in dem Meßfehlerbereich. Bei dem mit ESKA behandelten und dem unbehandelten Schmieröl war im Hinblick auf die Änderung der Conradson-Zahl kein Unterschied zu registrieren. Es ist zu bemerken, daß während der 8-stündigen Einlaufzeit die Conradson-Zahl stärker zunahm als während des darauffolgenden 45-stündigen Prüfstandsbetriebes. Der Flammpunkt sank in beiden Fällen ca. gleichermaßen um 6–7°C. Der Wassergehalt bzw. die Wasseraufnahmefähigkeit wurde durch ESKA nicht beeinflusst. Infolge der im ESKA vorhandenen Kupferverbindungen war die mechanische Verunreinigung im behandelten Öl größer. Es gelang nicht die Eisengehaltendifferenz der beiden Schmieröle nachzuweisen. Das bedeutet aber gleichzeitig, daß eine meßbare Differenz zwischen den Abnutzungen wahrscheinlich nicht auftritt. Als Folge der Zusammensetzung von ESKA war der Kupfergehalt bei den behandelten Ölen eindeutig größer. Die Säurezahl der Ölproben war stets Null, ESKA verursachte keine Änderung.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß durch den Zusatz ESKA keine Änderung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Schmieröls in meßbarer Weise auftrat.

Eine sorgfältige Maßaufnahme nach einem 45-stündigen Prüfstandslauf und derer Analyse haben gezeigt, daß bei den der Untersuchung unterworfenen Bestandteilen keine eindeutige Differenz sowohl zugunsten der mit ESKA behandelten als auch den unbehandelten Motoren ermittelt werden kann. Die sich im Verschleiß der mit ESKA behandelten und der unbehandelten Motoren erweisende annähernde Gleichheit stimmt mit der

Behauptung überein, wonach im Eisengehalt der Schmieröle auch keine charakteristische Abweichung nachweisbar war.

Ein Prüfstandslauf längerer Zeitdauer hätte wahrscheinlich eine eindeutigere Differenz geliefert, aber der 45-stündige Prüfstandslauf hat jedoch 8–9% der bis zur ersten Großreparatur zur Verfügung stehenden Betriebszeit beansprucht und vom Betreiber einen bedeutenden finanziellen Aufwand erfordert.

#### *Unter realen Betriebsbedingungen durchgeführte Untersuchungen*

Nach einem 45-stündigen Prüfstandslauf waren die Motoren in den Helikoptern Typ KA-26 eingebaut und auf verschiedenen Flugplätzen für Landwirtschaftszwecke weiter eingesetzt.

Vor Durchführung der Untersuchung erfolgte die Beimengung neueren ESKA-Zusatzes in das Schmieröl der mit ESKA behandelten Motoren.

Im Hinblick auf die Häufigkeit der ESKA Beimengung sind sorgfältige Überlegungen und Berechnungen durchgeführt worden. Bei den Landfahrzeugmotoren genügt die gleichzeitige Durchführung der ESKA-Beimengung und des Schmierölwechsels [2], da nach den bisherigen Untersuchungen der Einbau des Zusatzstoffes in die übereinander gleitenden Oberflächen erfolgt und seine günstige Einwirkung während der gesamten Ölwechsel-Periode, die einer Laufeistung von  $10\text{--}30 \cdot 10^3$  Laufeistungskilometer entspricht, aufrechterhalten bleibt. Bekanntlich haben die Flugzeugmotoren einen hohen Schmierölverbrauch mit 3–4 l/h. Infolge der oft vorgenommenen Schmierölnachfüllung erfolgt der Austausch des Schmieröles nach einer Betriebszeit von 5–6 Stunden, wodurch der Zusatzgehalt des Öls ständig kleiner wird. Eine oft vorgenommene Beimengung des Zusatzes ist mit bedeutenden Mehrkosten und Instandhaltungsschwierigkeiten verbunden, weshalb ihre Anwendung unvorteilhaft ist. Bei den Überlegungen ist noch zu beachten, daß ein Einbau des Zusatzstoffes zwischen den gleitenden Oberflächen erfolgt und während einer relativ langen Zeit ihren günstigen Einfluß beibehält. Nach den aufgeführten Überlegungen entstand die Entscheidung, bis zu der ersten Großreparatur — gleichbedeutend mit 400–600 Betriebsstunden — die ESKA-Beimengung nur einmal vorzunehmen. Bei unserem Entschluß wurde auch berücksichtigt, daß vor Beginn des Prüfstandslaufes ebenfalls eine ESKA-Beimengung erfolgte. Die Durchführung zweier ESKA-Beimengungen bis zu der ersten Großreparatur entspricht bei den am Boden verwendeten Motoren einer ESKA-Beimengung je Ölwechselperiode mit dem Unterschied, daß bei den Landfahrzeugmotoren der Ölverbrauch wesentlich niedriger ist.

Der Betrieb der untersuchten Motoren wurde sorgfältig verfolgt. Es war festzustellen, daß die *Betriebsbereitschaft der mit ESKA behandelten Motoren genauso oder sogar noch größer war als die der unbehandelten Motoren.*

Bei der ersten Großrevision erfolgte die Demontage der Motoren und nach der gründlichen Befundung und Maßaufnahme war folgendes anzugeben:

*Bei den mit ESKA behandelten Motoren war praktisch keine Verkockung gegenüber den unbehandelten Motoren zu verzeichnen.* Es ist bekannt, daß eins der schwierigsten Probleme von Flugzeugmotoren die infolge der hohen Temperaturen in bedeutendem Maße auftretende Verkockung ist. Sie verursacht in erster Linie das Festlaufen und das Einfressen der Kolbenringe und der Ventile.

Die Piloten haben in den Betriebskenngrößen der Motoren keine bemerkbaren Änderungen bemerkt. Die Leistungszunahme von 1–2% ist während des Betriebes nicht bemerkbar, der Wert der Leistungstreuung der Motoren ist bedeutend größer als dieser Wert. Der Schmierölverbrauch ist während des Fluges nicht meßbar. Der Schmierölverbrauch der mit ESKA behandelten Motoren nahm vielleicht um ca. 2–3% ab, aber er war während des Betriebes real nicht zu bewerten, da der Schmierölverbrauch der Motoren stark von den Flugmanövern, der Motorbelastung abhängt. Diese Größen sind aber während des Betriebes kaum, oder äußerst schwierig zu verfolgen bzw. registrieren. Die Abnahme des Schmierölverbrauches um einige Prozente war ebenfalls geringer als die zugelassene Toleranz. Die Ermittlung der Schmierölverbrauchabnahme um einige Prozente auf Grund der Schmierölverbrauchs-Dokumente ist bekanntlich unmöglich.

Bei der Ermittlung der kennzeichnenden Maßänderung der Motor-Einzelteile bzw. bei der exakten Untersuchung des Verschleißes der Elemente übte die starke Verkockung der mit ESKA nicht behandelten Motoren einen starken Einfluß aus. Sie verhinderte praktisch die exakte Messung. Die auf den Einzelteilen entstandenen Koksschichten sind auf chemischem Wege schwer zu entfernen. Infolge des den Koks abbeizenden chemischen Materials wird auch die Oberfläche des Einzelteiles beschädigt. Beim mechanischen Entfernen (Reiben, Abtragen) des Kokes ist äußerst schwer festzustellen, ob auf der Oberfläche noch Koks vorhanden ist oder schon das Schleifen des zu untersuchenden Einzelteiles erfolgt. Das trifft besonders auf die Kolbenringe zu, wo oft Kokslagerungen mit einer Dicke von 0,1–0,15 mm zu finden waren.

Infolge des unsicheren Entfernens der Koksschicht kam oft vor, daß am Einzelteil keinerlei Verschleiß sondern in mehreren Fällen Maßzunahme nachweisbar war. Infolge der nicht richtig entfernten Koksschicht war bei Kolbenringen anstelle der Massenabnahme ein Massenzuwachs zu verzeich-

nen. Da es sich nach unseren Messungen auch in absolutem Maß um geringere Maßabweichungen handelt, wurde die Meßgenauigkeit schon durch die Genauigkeit der Meßinstrumente beeinflusst. Nach Betriebserfahrungen entsteht ein Verschleiß größeren Umfanges, der schon den Austausch der Einzelteile hinter sich zieht, nach mehreren Großreparatur-Perioden (1400–1800 Betriebsstunden). Dadurch ist verständlich, daß nach der ersten Großrevision schwer bewertbare Ergebnisse entstanden.

Interessenhalber sei bemerkt, daß die Motoren bis zu ihrer ersten Großrevision 2 Jahre lang betrieben wurden. Dadurch wird verständlich, daß eine reale Bewertung des ESKA-Zusatzes im Hinblick auf das Verschleißmaß der Motoren eine langwierige und arbeitsaufwendige Aufgabe ist. Daraus folgt aber, daß die reale Bewertung der bisher hergestellten äußerst vielfältigen ungarischen und ausländischen Zusatzstoffe für Verschleißreduktion eine äußerst schwierige und in vielen Fällen eine Aufgabe mit starker Subjektivität bedeutet.

Nach der Maßänderung der Einzelteile und der Messung der Kolbenringmassen war zu erfahren, daß der *Verschleiß bei den mit ESKA behandelten Motoren um 3–5% niedriger war im Vergleich zu den unbehandelten Motoren.*

Dieses Ergebnis entstand als Mittelwert aus nahezu 100 Einzelmessungen. Die einzelnen selbständigen Meßergebnisse waren miteinander praktisch nicht vergleichbar.

*Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Anwendung des ESKA-Schmierölzusatzes für Reibungs- und Verschleißreduktion in Flugzeugkolbenmotoren bis zu der ersten Großrevision kein Ergebnis solcher Art erbracht hatte, das seinen betriebsmäßigen Einsatz real befürwortet hätte.*

### Zusammenfassung

Der Beitrag behandelt den Einfluß des bei Flugzeugmotoren verwendeten Zusatzes mit der Markenbezeichnung ESKA. Die Untersuchungen verliefen auf Motorprüfständen und unter realen Betriebsbedingungen. Die Beimengung des Zusatzes erfolgte zweimal, vor dem Beginn des Prüfstandslaufes und dem Beginn des tatsächlichen Betriebes. Die Verschleißauswertung erfolgte nach dem Prüfstandslauf, in der Halbzeit des tatsächlichen Betriebes und bei der ersten Großrevision anlässlich der kompletten Demontage. Bis zum Erreichen der ersten Großrevision der Motoren verstrichen 2 Betriebsjahre. Bis zu der ersten Großrevision war zwischen dem entstandenen Verschleiß bei den mit ESKA behandelten und den unbehandelten Motoren keine wesentliche Änderung nachweisbar. Der Verschleiß der mit ESKA behandelten Motoren war bloß um 3–5% kleiner. Zwei wesentliche Einflüsse resultieren in diesem eigentlich neutralen Ergebnis. Die Flugzeug-

motoren haben einen großen Schmierölverbrauch, somit sinkt infolge der oft vorgenommenen Ölnachfüllung der ESKA-Gehalt des Schmieröls. Eine häufigere Beimengung von ESKA hätte aber die Betriebskosten merkbar erhöht und der Arbeitsaufwand für den Betrieb wäre auch gestiegen.

Der zweite Einfluß ist dadurch begründet, daß bis zu der ersten Großrevision die Motoren einem geringen Verschleiß unterworfen sind. Somit ist aber der Nachweis einer Verschleißdifferenz im Hinblick auf die mit ESKA behandelten und unbehandelten Motoren unsicher.

Das Aufzeigen realer Ergebnisse erfordert 4–6 Jahre, also praktisch die Gesamtlebensdauer eines Motors.

Nach den neutralen Ergebnissen von zweijähriger Betriebszeit und auf Grund der Mehrkosten, verursacht durch die öfters vorzunehmenden Nachfüllung des ESKA-Zusatzes, sowie nach theoretischen Überlegungen entstand die Entscheidung, wonach die Verwendung des ESKA-Zusatzes bei Flugzeugkolbenmotoren zur Zeit nicht als zeitmäßig zu betrachten ist.

### Literatur

1. PÁSZTOR, E.: Bestimmung der Reibungsverluste von Verbrennungsmotoren durch Messung, Möglichkeiten der Verminderung von Verlusten. KONES'87. Lublin, (ref. 36).
2. Untersuchung der Effektivität des Einheitszusatzes (ESKA) für Reibungs- und Verschleißreduktion. Forschungsbericht. Auftraggeber: Chemische Genossenschaft 'Politur'. Ausgearbeitet am Institut für Fahrzeugtechnik TU Budapest, Themenleiter: Pásztor, E. 1983. Manuskript. (Egységes súrlódás és kopáscsökkentő adalék (ESKA) hatásosságának vizsgálata.)
3. Überblick über die Effektivität der Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Tribologie bei der Unternehmengruppe VOLÁN. Forschungsbericht. Auftraggeber: Unternehmengruppe VOLÁN. Ausgearbeitet am Institut für Fahrzeugtechnik TU Budapest, Themenleiter: Pásztor, E. 1983. Manuskript. (A VOLÁN TRÖSZT tribológiai fejlesztési eredményei hatásának felmérése.)
4. Ausarbeitung der Verwendung des ungarischen Ölzusatzes mit der Markenbezeichnung ESKA in Flugzeugverbrennungskolbenmotoren. Forschungsberichte aus den Jahren 1985–1986–1987. Auftraggeber: Ministerium für Verkehrswesen - Direktorat für Luftverkehr und Flughafen. Ausgearbeitet am Institut für Fahrzeugtechnik, TU Budapest. Themenleiter: Pásztor, E. Manuskript. (Az ESKA márkájú magyar olajadalék repülőgép dugattyús motorokban történő felhasználásának kidolgozása.)
5. FODOR, J. – PÁSZTOR, E. – PERJÉSI, I.: Die Erhöhung der Leistung des KA-26 Helikopters durch Reibungsverminderung, KONES'85 Poznan.

#### Address:

Prof. Dr. Endre PÁSZTOR

Adj. Dr. István PERJÉSI

Lehrstuhl für Aero und Thermotechnik des Fahrzeuginstituts

Technische Universität, Budapest