



BAPT

NOVI SAD 25-26. 04. 2006. Serbia & Montenegro

Organizers:

BAPT- Balkan Association for Power Transmissions
Faculty of Technical Sciences - Novi Sad
ADEKO - Association for Design, Elements and Constructions

Supported by:

Ministry of Science and Environmental Protection of Republic of Serbia
Provincial Secretariat for Science and Technological Development
Secretariat for Economy and Tourism of Novi Sad

**THE 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE
"POWER TRANSMISSIONS 2006"**

PROCEEDINGS

Balkan Association for Power Transmissions

Turkey. Bulgaria. Romania. Greece. FYR Macedonia. Serbia & Montenegro. B&H-Republic of Srpska



The Faculty of Technical Science was established on May 18, 1960, by the decision of the People's Parliament of the Republic of Serbia, as the Faculty of Mechanical Engineering in Novi Sad, and as the part of the University of Belgrade. After the University of Novi Sad was founded on June 28, 1960, the Faculty became its integral part.

The Faculty has been established among the most developed institutions in the country in the field of engineering.

Basic studies include the studies of:

- Architecture
- Civil Engineering
- Graphical Engineering
- Industrial Engineering and Management
- Environmental Engineering
- Mechanical Engineering
- Traffic
- Production Engineering
- Electrotehnic
- Electrical and Computer Engineering
- Mechatronics

Undergraduate studies are performed in 9 fields in 38 majors in the Serbian language and 2 fields in the English language.

Specialization studies are organized in 8 majors, while the Master's studies are organized in 47 majors.

Nowadays, the Faculty of Technical Studies is the educational and scientific institution comprising 38 chairs, 13 institutes - departments, 6 scientific centers and 6 administration offices.

The faculty is located in 7 buildings on the area of 29.000 m².

We started working with 7 teachers and 10 assistants and grew into one of the largest faculties in Serbia with 644 employees and around 8.000 students. Until now, 7.524 students graduated from the faculty, 427 obtained MSc degree and 171 candidates obtained PhD degree.

The Faculty was the first one in our country to certificate its quality system according to the international standards ISO 90001 at the Federal Bureau for Standardization and at the International Certificate Organization RWTUV from Essen, Germany. In this year, the system has been re-certificated according to the changed standard ISO 9000 - 2000.

In the quality system documentation in accordance to the international standard ISO 9001 it is written down that the vision of the Faculty is:

REALIZATION OF HIGH POSITION AMONG THE BEST

It means that all the future activities would be underlined by this vision.



BALKAN ASSOCIATION OF POWER TRANSMISSIONS

THE 2nd INTERNATIONAL CONFERENCE
"POWER TRANSMISSIONS 2006"

PROCEEDINGS

FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES
NOVI SAD, 25-26. APRIL 2006

Publication name: The Second International Conference "Power Transmissions 2006" - Proceedings

Publisher: Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia and Montenegro

Print: Veris, Novi Sad, Serbia and Montenegro

CIP – Katalogizacija u Publikaciji
Biblioteka Matice srpske, Novi Sad

621.83(082)

INTERNATIONAL Conference "Power Transmissions 2006" (2; 2006; Novi Sad)

Proceedings / The Second International Conference "Power Transmissions 2006", Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, 25-26. April, 2006. – Novi Sad: Faculty of Technical Sciences, 2006 (Novi Sad: Veris). – VII, 548 str.: ilustr.; 30 cm

Tiraž 120. – Bibliografija uz svaki rad. – Registar.

ISBN 86-85211-78-6

a) Mehanički prenosnici - Zbornici

COBISS.SR-ID 212726535



Dear and honorable Ladies and Gentleman, members and friends of BAPT,

It's a great pleasure and special honor to greet You in the name of Presidency of Balkan Association of Power Transmissions and to thank You on taking part in The Second International Conference about Power Transmissions, which takes place at the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad, Serbia & Montenegro on 25th and 26th April 2006.

Main goal of Balkan Association of Power Transmissions is to gather, inform and actuate collaboration of experts from Balkan region, directly involved in mechanical transmission problematic. Having in mind huge significance and appliance of mechanical transmission, this association is supported from many scientific institutions, faculties, and companies, manufacturers of mechanical transmitters. Main reason for that is constant need for production of more efficient, simpler, stronger, smaller, easier, more attractive, cheaper and more noiseless transmitters, which can be easily and completely recycled and which are not harmful for environment. Today it is very hard to achieve all these demands.

This Proceedings are a review of scientific work results given by scientists from much wider region than what was the primary objective of founder of this Association and that is, for sure, confirmation of adequacy of its foundation. Proceedings have more than hundred papers, from eighteen countries, which is quite a number since it is the second conference and has no special tradition. I believe there will be much more papers at the next third conference, which will take place in two years in Thessaloniki (Greece), which will give great significance to this Association.

We shall try to be good hosts, and hope that conference will stay in a nice memory and that You will often gladly remember us. It will surely respond with recommendation of our conferences to your friends and colleagues in order to make the work of our association more massive and rise it's reputation among scientists even more by that.

Thank you on given trust. I wish you a lot success in Your work and many personal happiness. See you in two years in Thessaloniki. Cheers!

In Novi Sad, 25th April 2006

Prof. Sinisa Kuzmanovic, President of BAPT

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Sinisa Kuzmanovic' with a stylized flourish at the end.

SCIENTIFIC ADVISORY PANEL

Australia	Prof. Jack Phillips Prof. Aleksandar Subic	Japan	Prof. Katsumi Inoue Prof. Aizoh Kubo
Austria	Prof. Laurenz Rinder	FYR Macedonia	Prof. Kliment Trincev
Belgium	Prof. Jacques Sprengers	Poland	Prof. Stanislaw Legutko Prof. Tadeusz Zaborowski
B. & H.	Prof. Momir Sarenac	Romania	Prof. George Dobre
Bulgaria	Prof. Kyrill Arnaudow, vicepresident of BAPT	Russia	Prof. Alexandru-Viorel Pele Prof. Aleksandr V. Verhovski Prof. V.I. Goldfarb
Belarus	Prof. V.E. Starzhinsky	Slovakia	Prof. Marian Tolnay Prof. Stefan Valcuha
Croatia	Prof. Milan Opalic Prof. Bozidar Krizan	Slovenia	Prof. Jozse Duhovnik
Czechia	Prof. Miroslav Grois	Spain	Prof. Jose I. Pedrero
Finland	Prof. Heikki Martikka	Switzerland	Prof. Peter Schaecke
France	Prof. Daniel Play Prof. Emmanuel Rigaud Prof. Bernd-Robert Höhn	S & M	Prof. Vojislav Miltenovic Prof. Milosav Ognjanovic
Germany	Prof. Heinz Linke Prof. Wolfgang Predki Prof. Athanassios Mihailidis, vicepresident of BAPT	Turkey	Prof. Fatih Babalik
Greece	Prof. A. Dobroczeni	Ukraine	Prof. A.F. Kirichenko
Hungary	Prof. Simon Vilmos	USA	Prof. William Bradley Prof. Ron Huston Prof. Jesa Kreiner
Holland	Prof. Jan W. Polder Prof. M.J.W. Schouten		
Italy	Prof. Sergio Curioni		

ORGANIZERS

Balkan Association of Power Transmissions – BAPT
University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Society for Machine Elements and Design, Serbia & Montenegro

SUPPORTED BY

Ministry of Science and Environmental Protection of Republic of Serbia
Provincial Secretariat for Science and Technological Development
Secretariat for Economy and Tourism of Novi Sad

ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Sinisa KUZMANOVIC, chairman
Prof. Vojislav MILTENOVIC, co-chairman
Prof. Milosav OGNJANOVIC, co-chairman
Prof. Ilija COSIC, dean of Faculty of Technical Sciences
Ass. Ruzica TRBOJEVIC, techn. secretary
Ass. Milan RACKOV, techn. secretary

CONTENTS:

1. NEW DEVELOPMENT TRENDS OF UNIVERSAL GEAR REDUCERS Siniša KUZMANOVIĆ, Miroslav VEREŠ	1
2. TRAGFÄHIGKEIT VON ACHSEN UND WELLEN – GRUNDLAGEN VON DIN 743 UND WEITERFÜHRENDE BETRACHTUNGEN Iris RÖMHILD, Heinz LINKE, Dietmar MELZER, Uwe TREMPER	7
3. GEAR FLANK FAILURE PROBABILITY AND RELIABILITY IDENTIFICATION Milosav OGNJANOVIC	15
4. INGENIEURPROFIL DER ZUKUNFT Vojislav MILTENOVIC	23
5. A STUDY ON NEW TYPE WN RACK AND PINION Masaki WATANABE, Minoru MAKI	27
6. ON REDUCING THE PARAMETRICAL EXCITATION AT CYLINDRICAL GEARS George DOBRE, Radu-Florin MIRICA, Stefan SOROHAN	33
7. DIE TRIEBSTOCKVERZÄHNUNG - EINE SELTEN VORKOMMENDE VERZÄHNUNG Kyrill ARNAUDOW, Alexander ALEXANDROV, Stamen TOMOV	41
8. DEVELOPING OF THE 3D GEAR PAIR MODEL FOR LOAD DISTRIBUTION MONITORING Ivana ATANASOVSKA, Vera NIKOLIĆ-STANOJEVIĆ	45
9. INFLUENCE OF THE CUTTING PRECISION REGARDING THE DYNAMIC FACTOR FOR CYLINDRICAL GEARS Bogdan DEAKY, Radu VELICU	51
10. INFLUENCE OF THE CUTTING PRECISION REGARDING FACE LOAD FACTORS AT CYLINDRICAL GEAR Gheorghe MOLDOVEAN, Doru VELICU, Bogdan DEAKY	57
11. MAPPING THE COMBINED EFFECT OF INDEX ERRORS AND PROFILE CORRECTIONS ON THE DYNAMICAL EXCITATION OF A SINGLE STAGE SPUR GEARBOX Christos SPITAS, Vasilios SPITAS, Victor KAZILAS	63
12. AN INVESTIGATION ON DYNAMIC ANALYSIS OF INVOLUTE SPUR GEARS WITH ASYMMETRIC TEETH: DYNAMIC LOAD AND TRANSMISSION ERRORS Fatih KARPAT, Kadir CAVDAR, Fatih C. BABALIK	69
13. DETERMINANT BENDING LOAD CONDITIONS ON HIGH TRANSVERSE CONTACT RATIO SPUR AND HELICAL GEAR DRIVES José I. PEDRERO, Izaskun I. VALLEJO	75
14. EFFECT OF WEB THICKNESS ON THIN-RIMMED GEAR STRESS Gordana MARUNIĆ	81
15. DETERMINATION OF LOAD SPECTRUM AT GEAR CARRYING CAPACITY CALCULATION Dorđe MILTENOVIC, Aleksandar MILTENOVIC	85
16. DESIGN SYSTEM FOR GEAR TRAINS IN THE ENVIRONMENT OF SOLIDWORKS® Svetlin STOYANOV, Antoaneta DOBREVA, Vasko DOBREV	91

17. OPTIMIZATION OF MULTISTAGE INSTRUMENTAL TOOTHED REDUCERS BY VOLUME MINIMIZATION CRITERION Victor STARZHINSKY, Sergei OSSIPENKO, Yevgeni SHALOBAEV, Yuri MONAHOV	95
18. AUTOMATED BUILDING OF COMPLEX PARAMETRICAL MODELS OF EXTERNAL GEAR DRIVES Velislav VARBANOV, Bojhidar KALOYANOV, Emilia ANGELOVA, Peter NENOV	103
19. GEOMETRIC CONDITIONS FOR EXISTING OF HYPERBOLIC GEARS PITCH CIRCLES Valentin ABADJIEV, Dochka PETROVA, Emilia ABADJIEVA	111
20. THE ELABORATION OF MULTIPLE PRECESSIONAL GEAR THEORY Ion BOSTAN	117
21. GEOMETRICAL PARTICULARITIES INFLUENCE OVER THE CONTACT STRESS OF THE HYPOID BEVEL GEARS Doru VELICU, Gheorghe MOLDOVEAN	121
22. DEVELOPMENT OF PROCESSING METHOD FOR NONSTANDARD TEETH PROFILE GENERATION Valeriu DULGHERU, Ion BOSTAN	125
23. COMPUTER AIDED MODELING OF THE CYLINDRICAL GEAR WITH CURVED CYCLOIDAL TEETH Iulian STĂNĂȘEL, Alexandru PELE, Florin BLAGA	131
24. DESIGN PARAMETERS FOR PLANETARY GEAR TRANSMISSIONS OPTIMIZATION Aleksandar VULIĆ, Jelena STEFANOVIĆ-MARINOVIĆ	137
25. ANALYSIS OF THE STRESS OF TOOTHINGS ON PLANETARY GEARS Heinz LINKE, Uwe TREMPER, Frank BAUMANN	143
26. TORQUES, POWER-FLOW AND MECHANICAL EFFICIENCY FOR 1DOF TWO-PLANETARY GROUPS Radu VELICU	153
27. DYNAMIC PARAMETERS ANALYSIS OF PLANETARY TRANSMISSION STRUCTURE Božidar ROSIĆ, Aleksandar MARINKOVIĆ, Dragan UROŠEVIĆ	159
28. THE INFLUENCE OF THE ADDENDUM MODIFICATION COEFFICIENTS ON THE OPTIMUM TIP RELIEF PARAMETERS Mihai BANICA, Lucian BUTNAR	163
29. GEAR DISTURBANCE ENERGY TRANSMISSION THROUGH THE GEAR SYSTEM AND FREQUENCY SPEKTRUM Snežana ĆIRIĆ KOSTIĆ, Milosav OGNJANOVIĆ	167
30. THE ADVANTAGES OF A NEW STRUCTURE OF WORM-PLANETARY GEAR TRAIN Tomislav PETROVIĆ, Ivan IVANOV	173
31. TECHNOLOGICAL DESIGN OF WORMGEARS WITH A LOCALIZED CONTACT Sergey LAGUTIN, Alexandr VERHOVSKI, Stanislav DOLOTOV	177

32. HERTZ STRESSES ON FLANKS OF WORM GEAR PAIRS Vlastimir DOKIĆ, Aleksandar MILTENOVIĆ	183
33. ASPECTS OF LOCALIZING TEETH CONTACT IMPROVEMENT AND SOME RESULTS OF TECHNICAL CHARACTERISTICS INVESTIGATION FOR SZ-TYPE SPIROID GEARS Anatoly GEORGIEV, Ruslan SAMIGULLIN, Nikita ZAITSEV	189
34. ON THE CALCULUS OF THE GEAR SHAFT UNDER VARIABLE LOADING Radu-Florin MIRIĆĂ, George DOBRE	195
35. EXPERTSYSTEM FÜR DIE AUSWAHL DER WÄLZLAGERART Dragan MILČIĆ, Miroslav MIJALJOVIĆ	203
36. ANALYSIS OF EXTERNAL LOAD DISTRIBUTION TO BALL BEARING ROLLING ELEMENTS USING BY FINITE ELEMENT METHOD Sonja STEFANOVIĆ, Vera NIKOLIĆ-STANOJEVIĆ	211
37. DYNAMIC MODEL OF ROLLING BEARING Radoslav TOMOVIĆ, Vojislav MILTENOVIĆ, Radoš BULATOVIĆ	215
38. INFLUENCE OF DIFFERENT BOUNDARY CONDITIONS ON STEADY-STATE PERFORMANCE CHARACTERISTIC OF PLAIN HYDRODYNAMIC JOURNAL BEARINGS Života ANTONIĆ, Nebojša NIKOLIĆ, Tripo TOROVIĆ	221
39. STUDY USING CAD SYSTEMS REGARDING THE BEHAVIOR OF SOME HYDRAULIC DRIVES Horia CIOBAN, Mihai BANICA	227
40. OPTIMIZATION VIBRODIAGNOSTICS METODS Momir SARENAC, Ranko ANTUNOVIC	231
41. ERRORS OF THE DYNAMIC SYSTEMS OPTIMIZATION BY USING MATHEMATICAL PROGRAMMING Gavrila CALEFARIU, Claudiu COVRIG	235
42. DIAGNOSTIC MODEL OF BEHAVIOR ON THE GEAR-BOX OF THE BUCKET WHEEL EXCAVATOR Predrag JOVANČIĆ, Miloš TANASIJEVIĆ	239
43. PRINCIPAL TERMS AND DEFINITIONS OF GEOMETRICAL COMPONENTS AND PARAMETERS OF FACIAL GEARS, JOINTS AND GEARINGS Michael BARTOV, Garik N. RAIKHMAN	245
44. THE INTERNET OF THE RUSSIAN GEARS EXPERTS WWW.GEARS.RU Aleksandr V. VERHOVSKI	253
45. OPTIMAL HOB CUTTER SIZE RANGES FOR GENERATING 20° CIRCULAR FILLET SPUR GEARS FOR USE IN HIGH-POWER TRANSMISSIONS Vasilios SPITAS, Christos SPITAS	257
46. THE PARAMETERISATION MODELLING OF HOBGING CUTTER FOR INVOLUTE TEETH OF CYLINDRICAL GEARS George GHERGHINA, Dragos POPA, Mihaela BOGDAN	263

47. HOBGING AS THE POSSIBILITY OF C-C GEARING PRODUCTION Miroslav BOŠANSKÝ, Igor KOŽUCH, Miroslav VEREŠ	267
48. INVESTIGATIONS ON THE APPLICATION OF THE CERAMIC TOOLS IN HOBGING PROCESS Rafal TALAR, Stanislaw LEGUTKO	271
49. SOME RESEARCHES ABOUT MECHANICAL TRANSMISSION OF NUMERICAL AXES STRUCTURE OF CNC - MACHINES TOOLS Stefania IORDACHE, Dumitru DUMITRU	275
50. EQUIVALENT MACHINE-TOOL SETTINGS FOR A MACHINING OF SPIRAL BEVEL GEARS Vasilij V. AKIMOV, Andrei E. VOLKOV, Sergey A. LAGUTIN	279
51. PREPLANNING OF SPIRAL BEVEL GEARS PRODUCTION USING PROGRAM COMPLEX EXPERT Andrey E. VOLKOV, Vladimir I. MEDVEDEV	283
52. RESEARCHES FOR FRICTION AND LUBRICANT INFLUENCE ON SURFACE QUALITY CUT BY PUNCHING Lucian BUTNAR, Horia CIOBAN	287
53. EXPERIMENTAL RESEARCH REGARDING THE EXECUTION OF CONICAL GEARS WITH CURVED TEETH IN A CIRCLE ARC Ioan PANTEA, Ion ALMASAN	291
54. ANALYSIS OF MATERIAL QUALITY INFLUENCE ON LOAD CAPACITY OF HIGH-LOADED TOOTH-SHAFTS Radovan CIRIC, Svetislav Lj. MARKOVIC	295
55. CAD/CAM SYSTEM FOR CAM MECHANISMS AND CORRECTION OF THE NC – MILLING CODE BASED ON CMM MEASUREMENTS Ioannis TSIAFIS, Konstantin-D. BOUZAKIS, Sevasti MITSU	299
56. LASER PEENING – NEW DESIGNER'S TOOL Biljana MARKOVIĆ	305
57. OPTIMIZATION OF CLOSED-LOOP TRANSMISSION TEST STANDS Corina GRUESCU, Ioan NICOARA, Mariana EFTIMIE	309
58. AUTOMATED SYSTEM FOR A COMPLEX NON-DESTRUCTIVE TESTING OF THE STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF ENGINEERING MATERIALS Georgy VELEV	317
59. POSSIBILITY OF APPLICATION OF CYCLIC HEAT TREATMENT FOR THE PURPOSE OF INCREASE OF IMPACT STRENGTH OF CARBONIZED STEELS Vlatko MARUŠIĆ, Vedran AŽDAJIĆ, Mario DORIĆ	323
60. TESTING RAIL VEHICLE DYNAMIC CHARACTERISTICS USING SOFTWARE PACKAGE VAMPIRE Miloš MILOVANČEVIĆ, Dušan STAMENKOVIĆ	327

61. TERMINOLOGY AND CLASSIFICATION OF PRINCIPAL METHODS AND MODES OF FACIAL GEARS PROCESSING Garik RAIKHMAN, Victor STARZHINSKY	331
62. POSSIBILITIES OF FATIGUE STRENGTH SIMULATION IN RELIABILITY DESIGN OF CARBURIZED GEARS Katsumi INOUE, Tomoya MASUYAMA	339
63. EXPERIMENTALLY OBTAINED SOLID CONTACT TIME CURVES AS CRITERION OF THE EHL PERFORMANCE OF ROUGH SURFACES Christos SALPISTIS, Athanassios MIHAILIDIS, Nikolaos DRIVAKOS, Stelios GATSIOS	347
64. EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS ON FATIGUE CRACK PROPAGATION IN NOTCHED COMPONENTS Georgios SAVAIDIS	351
65. SPUR GEAR SPALLING CAUSED BY SUBSURFACE CRACKS Lubomir DIMITROV, Ivajlo KOVACHEV, Ivan RADENKOV	357
66. MODELLING OF A CAR POWER TRANSMISSION SYSTEM WITH THE USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS Jarosław MAMALA, Jerzy JANTOS, Krzysztof MALEWICZ	361
67. INVESTIGATION OF SPIROID GEARS WITH PLASTIC GEARWHEELS E.I. POPOVA, V.I. GOLDFARB	365
68. LOAD DISTRIBUTION IN STATICALLY LOADED SPIROID GEAR V.I. GOLDFARB, E.S. TRUBACHOV, A.S. KUZNETSOV	369
69. THE ESTIMATION OF FRICTION DEGREE IN THE CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION Jerzy JANTOS, Jarosław MAMALA, Andrzej BIENIEK	377
70. THE HEAT STRESS OF FRICTIONAL MECHANISMS Štefan ČORŇÁK, Jan FURCH	381
71. NON-DESTRUCTIVE EXAMINATION OF RAILWAY AXLES Aleksandar POPOV, Darin DIMITROV, Maria KAMENOVA	385
72. A METHOD OF ENGINE DURABILITY PREDICTION ON THE BASIS OF LABORATORY START-UP TEST Grzegorz KOSZALKA, Andrzej NIEWCZAS, Pawel KORDOS	389
73. AUTOMATED MANUAL TRANSMISSION FOR "ZASTAVA" VEHICLES Predrag MILENKOVIĆ, Nenad VITOŠEVIĆ	395
74. ABOUT THE TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF OILS TO THE GEARBOXES OF PASSENGER CAR FROM ASPECT OF MINIMIZING LUBRICATION Zorica VUKADINOVIĆ, Danica JOSIFOVIĆ	399
75. COMPLIANT BEHAVIOUR OF MOTION TRANSMISSION PARTS IN A MECHANICAL STRUCTURE Alexandru-Viorel PELE, Iulian STĂNĂŞEL, Sandu Florin BLAGA	403

76. METHOD AND EQUIPMENT FOR THE DIAGNOSIS OF MECHANIC ECCENTRIC PRESSES ON THE BASIS OF THE ACTIVE POWER EVOLUTION Corneliu BURLACU, Dan MIRCEA	407
77. A CVT SYSTEM FOR WIND ENERGY CONVERTERS Athanasios MIHAILIDIS, Georgios KARAOGLANIDIS, Ioannis NERANTZIS	411
78. OPERATIONAL STATE OF AIRPORT BACK UP POWER UNIT TRANSMISSION Mileta RISTIVOJEVIĆ, Radivoje MITROVIĆ, Zoran STAMENIĆ, Tatjana LAZOVIĆ	417
79. SURVEYING AND DEFINING THE DURATION OF TRANSIENT OPERATING REGIMES OF A DRIVING MECHANISM WITH A HYDRODYNAMIC COUPLING Rastislav ŠOSTAKOV, Dušan UZELAC, Jovan VLADIĆ	425
80. NEW DRAFT OUTLINE OF LONG TRAVEL MECHANISM OF HEAVY COKE MACHINES Milan MILOJEVIĆ, Vojkan NOJNER	431
81. OPTIMAL DESIGN OF THE DRIVING SYSTEM OF THE 630T MAXIPRESS Lucian TUDOSE, Dumitru POP	435
82. ANALYSIS OF MODELING AND SIMULATION OF THE WORK OF ELECTROMOTOR DRIVES Zoran MARINKOVIĆ, Aleksandar VULIĆ, Dragan MARINKOVIĆ, Goran PETROVIĆ, Saša MARKOVIĆ, Predrag MILIĆ	441
83. COMPARATIVE ANALYSIS OF SLIDER-CRANK MECHANISMS FOR ENGINES Teodosji STOEVIĆ, Emin GADJIEV, Benjamin DANILOV, Novruz RIZAIEV, Svetoslav SAVOV, Nikola TZONEV, Ivaylo MILEV, Stefan B. PAVLOV	449
84. EFFECTIVE ROTARY MOTION TRANSMISSION AND STABILIZATION DEVICES Bronislovas SPRUOGIS, Vytautas TURLA, Igor ILJIN	453
85. DYNAMIC ANALYSIS OF THE OAR OF A FLAT-BOTTOMED ROWING VESSEL WITH NEW TYPE OF DRIVING Simeon PANEV, Ilian LESSEV	457
86. CONCERNING METHODS FOR LOSSES DETERMINATION IN TRANSMISSIONS OF THE MOBILE MACHINES Nedka STANCHEVA, Remi ODOEME, Dimitar STANCHEV	463
87. KINEMATICAL SYNTHESIS OF THE COMPLEX PLANETARY MECHANISMS USED AS AUTOMATIC TRANSMISSIONS Ovidiu ANTONESCU, Paun ANTONESCU, Alexandru MARGINE	467
88. STUDY OF TIMING BELT TENSIONER BEHAVIOUR László LOVAS, Daniel PLAY, János MÁRIALIGETI	473
89. ELASTIC AND SAFETY CLUTCH WITH LAMELLAR BOWS RADIAL Ioan STROE	479
90. A RELIABILITY APPROACH TO NEW PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS Georgi TODOROV, Konstantin KAMBEROV	483

91. DETERMINATION OF CONVEYER NECESSARY DRIVE POWER AS WELL AS EXPENSES OF COMBINED DISCONTINUED TRANSPORT AT OPEN DIG "BOGUTOVO SELO" Anto GAJIĆ	487
92. DYNAMIC ANALYSIS OF HOISTING SYSTEM OF BUCKET WHEEL EXCAVATOR'S BOOM Srdjan BOŠNJAK, Zoran PETKOVIĆ, Nenad ZRNIĆ, Slobodan PETRIĆ	493
93. GEARED PRIMARY HYDROSTATIC UNITS: REDUCTION OF WEIGHT AND OVERALL DIMENSIONS Giulio DI FRANCESCO, Stefano MARINI	499
94. POSSIBLE WAY OF PREVENTIVE MAINTENANCE PROGRAM PREPARATION Jan FURCH, Štefan ČORŇÁK	501
95. ASSESSMENT OF SERVICE LIFE OF UNIVERSAL MOTOR GEAR REDUCERS Milan RACKOV, Siniša KUZMANOVIĆ, Ružica TRBOJEVIĆ	505
96. ABOUT DRIVING-TRANSMISSION SYSTEMS IN THERMOFORMING MACHINES Milan KOSTIĆ, Maja ČAVIĆ, Miodrag ZLOKOLICA, Čedomir VESELINOVIĆ	509
97. INFLUENCE OF TRANSMISSION ON WORKING PERFORMANCE OF VERTICAL RECIPROCATING CONVEYORS Rodoljub VUJANAC, Nenad MILORADOVIĆ, Radovan SLAVKOVIĆ	515
98. OPTIMIERUNG DES KFZ-BESCHLEUNIGUNGSVORGANGS MIT DEM CVT-GETRIEBE Ireneusz HETMAŃCZYK, Waclaw HEPNER	519
99. THE LARGE DIAMETER FLANGED DRILL STEM – A SPECIAL HEAVY POWER TRANSMISSION Adrian CREITARU	523
100. INTEGRATING SAFETY DURING THE MACHINE DESIGN STAGE Radivoje MITROVIĆ, Mileta RISTIVOJEVIĆ, Nebojša STEFANOVIĆ	531
101. DYNAMIC BEHAVIOUR OF ELEVATORS AND TRIBOLOGICAL PROCESSES IN THEIR DRIVING SYSTEMS Jovan VLADIĆ, Radomir ĐOKIĆ	537
102. GEAR BOX AND GEAR TRANSMISSION MAINTENANCE - OVERVIEW OF THE PUBLISHED PAPERS Ivan BEKER, Dragutin STANIVUKOVIĆ, Dragoljub ŠEVIĆ	543
INDEX	547



EXPERTENSYSTEM FÜR DIE AUSWAHL DER WÄZLLAGERART

Dragan MILČIĆ
Miroslav MIJALJLOVIĆ

Kurzfassung: Lagerungen haben die Aufgabe relative zueinander bewegliche Teile, insbesondere's Achsen und Wellen, in Maschinen, Geräten oder Bauteilen gegeneinander abzustützen oder zu führen und die dabei auftretenden Kräfte aufzunehmen und auf Fundamente, Gehäuse oder Bauteile zu übertragen. Meist werden stark wechselnde, statische oder unlaufende, oft stoßartige Kräfte übertragen, so daß diese nach ihrer Größe, Richtung und Wirkungsweise auf mehrere Lager verteilt werden müssen, wobei verschiedene Lagerarten unterschiedliche Möglichkeiten bieten. Die Anwendung der Wälzlager gegenüber der Gleitlager ist viel größer. In diesem Beitrag ist die Darstellung des entwickelten Expertensystem für die Auswahl der Wälzlager gegeben. Das Expertensystem für die Auswahl der Wälzlager ist ein Teil von der Integrierung der Intelligenz des System für den Konstrukteur von Getrieben ZPS.

Schlüsselwörter: Expertensystem, Auswahl der Wälzlagerart

1. EINLEITUNG

An der Fakultät für Maschinenbau Niš wird ein Programmsystem für Berechnung der Bauteile von Getriebe entwickelte. Dieses Programmsystem (Bild 1) wird von drei Gruppe den Programmmodule beschrieben:

1. Die Programmmodule für Berechnung der Elemente für der Übersetzung der Leistung,
2. die Programmmodule für Berechnung der Elemente für der Drehbewegung,
3. die Programmmodule für Auswahl und Berechnung der Welle-Nabe-Verbindung.

Mit erster Gruppe der Programmmodule werden die Module für Berechnung der Stirn- und Kegeträder, Schneckenradpaar, Ketentriebe, Flach-, Keil- und Zahnriementriebe und Reibräder umfasst. In der zweiten Gruppe sind die Programmmodule für Berechnung der Welle und Wälzlager, und in der Dritten die Programmmodule für die Auswahl der Welle-Nabe-Verbindungen und die Berechnung der Längskelverbindungen, Paßfederverbindungen, Zahnwellenverbindungen, Stift- und Bolzenverbindungen und Preßverbindungen.

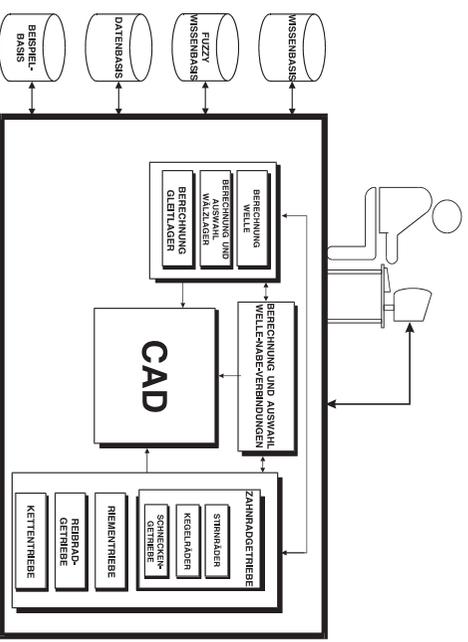


Bild 1. Aufbau eines Programmsystem ZPS

In diesem Beitrag ist die Darstellung des entwickelten Expertensystem für die Auswahl der Wälzlager gegeben. Das Expertensystem für die Auswahl der Wälzlager ZPS LEZ/ES ist ein Teil von der Integrierung der Intelligenz des System für den Konstrukteur von Getrieben ZPS. Bild 2 zeigt die Verbindunge das Expertensystems ZPS_LEZ/ES, das Modul für Berechnung der Welle ZPSS und das Modul für Berechnung der Wälzlager von SKF CADalog.

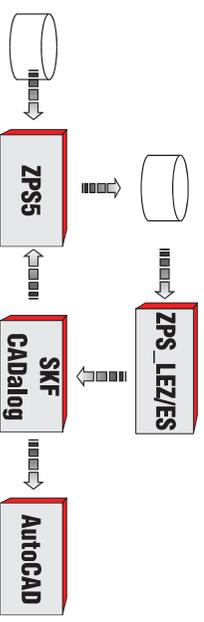


Bild 2. Verbindungen der Module für die Berechnung und Auswahl der Wälzlager und das Modul für Berechnung der Welle

2. AUSWAHL DER WÄZLLAGERART

Lagerungen, d.h. ein System von Lagern und auch einzelne Lager, haben die Aufgabe relative zueinander bewegliche Teile, insbesondere's Achsen und Wellen, in Maschinen, Geräten oder Bauteilen gegeneinander abzustützen oder zu führen und die dabei auftretenden Kräfte aufzunehmen und auf Fundamente, Gehäuse oder Bauteile zu übertragen. Lager lassen sich einteilen nach der Art ihrer Bewegungsverhältnisse in Gleitlager, bei denen eine Gleitbewegung zwischen Lager und gelagertem Teil erfolgt, und Wälzlager; bei denen durch Wälzkörper eine Wälzbewegung stattfinden. Wälzlager nehmen wie Gleitlager die Zapfen von Achsen oder Wellen auf. Gleitlager werden für Lagerungen mit hohen Drehzahlen und Belastungen bei hoher Lebensdauer bevorzugt. Wälzlager werden für möglichst wartungsfreie und betriebssichere Lagerungen bei normalen Anforderungen, z.B. bei Getrieben, Motoren,

Fahrzeugen, Ventilatoren, Werkzeugmaschinen, Pumpen usw. bevorzugt.

Bei Zahnradgetrieben, ist die Anwendung der Wälzlager gegenüber der Gleitlager viel größer. Um sie dennoch kostengünstig herzustellen, werden sie in sehr großen Stückzahlen auf teilweise automatisieren Fertigungsstraßen in Spezialbetrieben (SKF, FAG, RIV, GPZ, ZKL, und andere) produziert. Voraussetzung dazu ist, daß Wälzlager umfassend standardisiert sein müssen. Diese Standardisierung erfolgt auf nationaler sowie auf internationaler Ebene.

Je nach Art der Wälzkörper unterscheidet man die Grundformen Kugellager, Zylinderrollenlager, Nadellager, Kegelrollenlager und Tonnenlager.

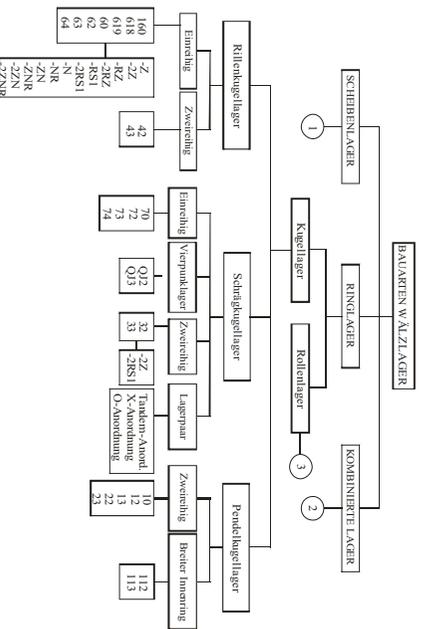


Bild 3. Einteilung der Wälzlager

Jede Lagerart hat charakteristische Eigenschaften, die sie für bestimmte Lagerungsfälle besonders geeignet machen. Wälzlager lassen sich einteilen nach der Richtung der Lagerkraft in Radial-(Quer-) Lager und Axial-(Lings-) Lager. Festlager können Kräfte beliebiger Richtung aufnehmen, d.h. deren radiale und axiale Komponenten. Loslager dagegen können nur radiale belastet werden und lassen eine zwanglose Längsverschiebung der Welle zu. Allgemein gültige Regeln für die Auswahl der Wälzlagerart lassen sich nicht aufstellen, da meist mehrere Faktoren berücksichtigt und gegeneinander abgewogen werden müssen.

In vielen Fällen ist eine der Hauptabmessungen des Wälzlagers – meist der Bohrungsdurchmesser – durch die Konstruktion bereits festgelegt. Für kleine Wellendurchmesser kommen hauptsächlich Rillenkugellager, für große Wellendurchmesser Pendelrollenlager in Frage. Wenn in radialer Richtung wenig Platz zur Verfügung steht, müssen Lager mit geringer Querschnittshöhe gewählt werden (z.B. Nadelkränze, Nadellager mit oder ohne Innerring, Rillenkugellager und Pendelrollenlager bestimmter Reihen) (Bild 4).

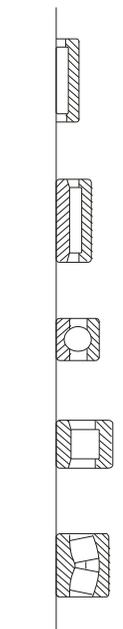


Bild 4. Wahl der Lagerart nach den Platzverhältnisse

Die Größe der Belastung ist in erster Linie für die Bestimmung der Lagergröße ausschlaggebend. Im allgemeinen können bei gleichen äußeren Abmessungen Rollenlager höher belastet werden als Kugellager (Bild 5).

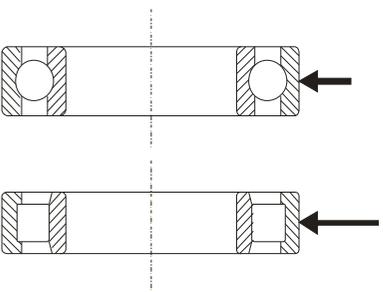


Bild 5. Wahl der Lagerart nach den Belastung

Bei kleinen und mittleren Belastungen werden daher meist Kugellager, bei höheren Belastungen und größeren Wellendurchmessern häufig nur Rollenlager verwendet.

Zylinderrollenlager mit einem bordfreien Ring (Bauformen NU und N) und Nadellager (ausgenommen kombinierte Nadellager) können nur rein radial belastet werden (Bild 6.a). Alle übrigen Radiallagerarten können außer radialen auch axiale Belastungen aufnehmen.

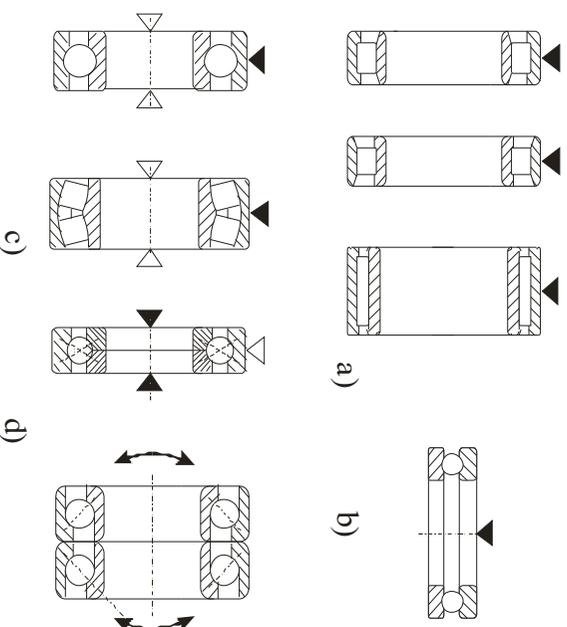


Bild 6. Wahl der Lagerart nach den Belastungsrichtung

Axial-Rillenkugellager sind nur für rein axial gerichtete, kleiner oder mittlere Belastungen geeignet (Bild 6.b). Einseitig wirkende Lager können nur in einer Richtung, zweiseitig wirkende Lager in beiden Richtungen belastet werden. Axial-Zylinderrollenlager und –Nadellager (mit und ohne Laufscheiben) eignen sich für hohe Axialbelastungen in einer Richtung. Axial-Pendelrollenlager nehmen außer sehr für hohe Axialbelastungen bis zu einem gewissen Verhältnis auch Radialbelastungen auf.

Kombinierte Belastungen setzen sich aus einer Radiallast und einer Axiallast zusammen. Wesentlich für die axiale Belastbarkeit eines Lagers ist sein Berührungswinkel α .

Je größer der Berührungswinkel ist, um so mehr eignet sich das Lager für axiale Belastungen. Bei kombinierte Belastung werden vor allem ein- und zweireihige Schrägkugellager oder einreihige Kegelrollenlager, daneben auch Rillenkugellager und Pendelrollenlager verwendet (Bild 6.c). Pendelkugellager und Zylinderrollenlager (Bauformen NJ, NUP und NJ mit Winkeling HJ) können ebenfalls in gewissem Umfang zur Aufnahme kombinierter Belastungen eingesetzt werden. Bei überwiegender Axialbelastung kommen Vierpunktlager und Axial-Pendelrollenlager in Frage. Einreihige Schrägkugellager, Kegelrollenlager, Zylinderrollenlager der Bauform NJ und Axial-Pendelrollenlager nehmen nur in einer Richtung Axialbelastungen auf.

Wenn bei kombinierter Belastung der Anteil der Axialbelastung groß ist, kann die Axiallast auch getrennt von der Radiallast aufgenommen werden. Dafür kommen neben den ausgesprochenen Axiallagern auch geeignete Radiallager, z.B. Rillenkugellager oder Vierpunktlager, in Frage.

Bei Schiefstellungen der Welle gegenüber dem Gehäuse sind winkelnbewegliche Lager erforderlich: Pendelkugellager, Radial- und Axial-Pendelrollenlager. Axial-Rillenkugellager mit kugelförmigen Gehäusescheiben und Unterlagscheiben können fertigungs- und montagebedingte Schiefstellungen zwischen Welle und Lagersitzfläche im Gehäuse ausgleichen. Y-Lager haben einen balligen Außenring und ermöglichen zusammen mit den jeweiligen Gehäusen den Ausgleich von Fluchtungsfehlern (z.B. bei landwirtschaftlichen Maschinen).

Die Drehzahl von Wälzlagern wird durch die zulässige Betriebstemperatur begrenzt. Lagerarten mit niedriger Reibung und entsprechend geringer Wärmeentwicklung im Lager sind für hohe Drehzahlen am besten geeignet.

Für Wellen bei denen hohe Laufgenauigkeit verlangt wird (z.B. Werkzeugmaschinenspindeln), und meist auch für Lagerungen mit sehr hohen Drehzahlen, sind Wälzlagern mit sehr höherer Genauigkeit als normal erforderlich. Die Wälzlagern mit hoher Genauigkeit können einreihige Schrägkugellager, zweireihige Zylinderrollenlager, Kegelrollenlager, Kreuzrollenlager und Axial-Schrägkugellager sein.

In bestimmten Einbaufällen z.B. bei Elektromotoren für Haushalts- oder Büromaschinen, kann das Laugeräusch von Wälzlagern für die Lagerauswahl eine Rolle spielen. Bei besonderen Ansprüchen in dieser Hinsicht werden in erster Linie Rillenkugellager gewählt.

Die elastischen Verformungen in einem belasteten Wälzlager sind sehr klein und können meist vernachlässigt werden. Nur in wenigen Fällen (z.B. bei Arbeitsspitzen von Werkzeugmaschinen) ist die Steifigkeit des Lagers von Bedeutung. Rollenlager, z.B. Zylinderrollenlager oder Kegelrollenlager, haben aufgrund der Berührungsverhältnisse zwischen Wälzkörpern und Laufbahnen eine größere Steifigkeit als Kugellager.

Die Lagerung einer Welle besteht im allgemeinen aus einem Fest- und einem Loslager. Loslager sind in Achsrichtung verschiebbar und verhindern ein gegenseitiges Verspannen der Lager, z.B. bei Längenänderungen der Welle infolge Wärmedehnungen.

Besonders geeignet als Loslager sind Zylinderrollenlager mit einem bodrfreien Ring (Bauformen NU und N) oder Nadellager. Beide Lagerarten ermöglichen Axialverschiebungen nach beiden Richtungen zwischen Wälzkörpern und Laufbahn. Werden selbsthaltende Lager (z.B. Rillenkugellager, Pendelrollenlager) als Loslager verwendet, muß einer der beiden Lagerringe eine lose Passung erhalten (Bild 7).

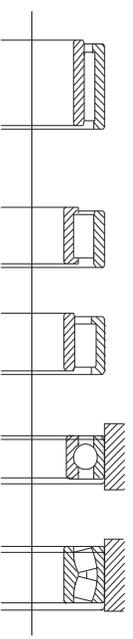


Bild 7. Wahl der Lagerart nach dem Eignung für Loslagerungen

Die Ringe von nicht selbsthaltenden Lagern (Zylinderrollenlager, Nadellager, Kegelrollenlager) werden getrennt ein- und ausgebaut. Sie sind daher – vor allem bei fester Passung für beide Lageringe oder häufigem Ein- und Ausbau – leichter zu montieren als die selbsthaltenden Lagerarten (Rillenkugellager, Schrägkugellager, Pendelkugellager, Pendelrollenlager) (Bild 8).

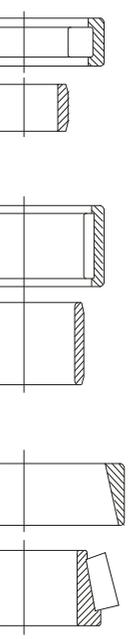


Bild 8. Wahl der Lagerart nach dem Eignung für Ein- und Ausbau

In der Literatur und in zahlmässige Kataloge werden die Anweisung für der Auswahl der Wälzlager in der Form von Matrixauswahl gefunden. In diesem Beitrag ist die Matrixauswahl von SKF dargestellt (Tabelle 1).

Tabelle 1.

Wahl der Lagerart		Zylinderrollenlager				Kegelrollenlager				Schrägkugellager				Pendelrollenlager				Kugellager			
		Nadel		NU		NUP		NJ		NUP		NJ		NUP		NJ		NUP			
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Wahl der Lagerart		0																			

Konstruktion bezüglich nach den Charakteristika von Wälzlagern gemacht. In der Gruppe den Charakteristika welche die Konstruktion von Wälzlagern charakterisieren sind: kegelige Bohrung, besitzung Deck- und Dichtscheiben, selbsthaltend, möglichkeit getrennt. In zweite Gruppe gehören die Eigenschaften von Wälzlagern, die Zweckmäßigkeit der Wälzlagern beschreiben, für: rein radiale Belastungen, rein axiale Belastungen, kombinierte Belastungen, rein axiale Belastungen, hohe Drehzahlen, hohe Momentbelastungen, hohe Steifigkeit, ruhige Arbeit, geringe Genauigkeit, hohe Steifigkeit, Festlagerung, Loslagerung und Reibung, Schiefstellung, Festlagerung, Loslagerung und axiale Verschiebbarkeit innerhalb des Lagers.

Als Basis für die Auswertung der Charakteristika von Wälzlagern wird die fünfteilige Skala nach VDI 2225 mit dem Werte von 0 bis 4 genutzt (Tabelle 2).

Tabelle 2.

Skalenwerte	Wertung Merkmal
0	unzufrieden
1	schlecht
2	gut
3	sehr gut
4	ausgezeichnet

Mit der Anwendung der fünfteilige Skala nach VDI 2225, wird die Matrixauswahl von SKF dem Bedarf von Expertensystem eingefügt (Tabelle 3).

Tabelle 3.

Lagerart	Kategorie	Anforderung		Eignung für	
		Verfahren	Material	Einzelteil	Einbaueinheit
Rollenlager	1	0	0	2	2
Rollenlager	2	0	0	2	2
Rollenlager	3	0	0	2	2
Schalenlager	1	0	0	2	2
Schalenlager	2	0	0	2	2
Schalenlager	3	0	0	2	2
Verpacklager	4	0	0	2	2
Zwischenlager	5	0	0	2	2
Zwischenlager	6	0	0	2	2
Zwischenlager	7	0	0	2	2
Zwischenlager	8	0	0	2	2
Zwischenlager	9	0	0	2	2
Zwischenlager	10	0	0	2	2

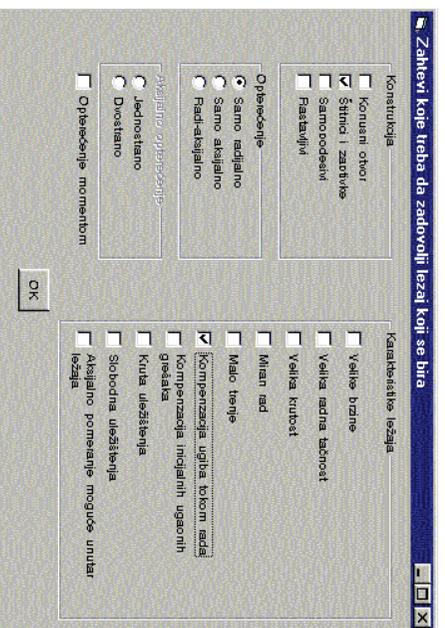


Bild 9. Benutzeroberfläche für definition von Wunscheigenschaften von Wälzlager

In dem Modul für Berechnung der Welle ergibt sich erforderlicher Wellendurchmesser und die Belastungen der Lager. Danach, der Konstrukteur nimmt die Standardwerten der Wellendurchmesser an. Weiter, der Konstrukteur definiert benötigte Merkmale den Wälzlagern. Bild 9 zeigt die Benutzeroberfläche für definition von Wunscheigenschaften von Wälzlager.

3. EXPERTENSYSTEM FÜR DIE AUSWAHL DER WÄLZLAGERTYP

Um intelligente Systeme zu implementieren, können spezielle Sprachen und Werkzeuge eingesetzt werden, die den Entwicklungsaufwand verringern und die Entwicklung größerer Expertensysteme überhaupt erst ermöglichen. Die wichtigsten Programmiersprachen der Künstlichen Intelligenz sind PROLOG, LISP und die objektorientierte Sprache Smalltalk.

Anstelle der Implementierung in einer klassischen oder einer KI-Sprache werden bei der Erstellung von Expertensystemen sogenannte Expertensystem-Schalen verwendet. Dies sind Programme, die es erlauben, Wissen in das System zu bringen (Wissensakquisitions-komponente), zu testen und das Wissen während der Konstruktion abzuarbeiten (Inferenzkomponente). Außerdem enthalten Schalen im allgemeinen Module zur Erstellung der Benutzerschnittstelle (user interface) und ein automatisches Hilfemodul. Bild 10 zeigt die Expertensystem-Schale.

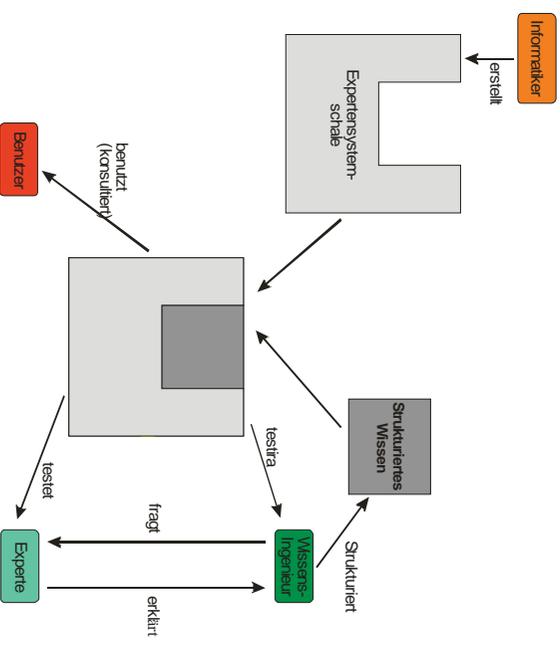


Bild 10. Entwicklung eines Expertensystems

Das Expertensystem für die Auswahl der Wälzlager ist mit Hilfe von Expertensystemschale CLIPS entwickelt, das objektorientierte Programmierung unterstützen. Im CLIPS wird das Wissen durch Objekte repräsentiert. Bei der Betrachtung von Objekten sind zwei Wesensmerkmale zu unterscheiden: Klassen zur Definition eines Objekts und Instanzen zur Speicherung von konkreten Werten. Wesentliche Merkmale einer Objektklasse sind ihre Eigenschaften sowie Regeln und Bedingungen, über die die Eigenschaftswerte hergeleitet und gültige Wertebereiche eingeschränkt werden können. Darüber hinaus wird eine Hierarchisierung von

Objektklassen in Objektkunterklassen unterstützt, wobei Eigenschaften einer Klasse an eine Unterklasse vererbt werden können.

3.1. Organisation des Wissens über die Wälzlager

Voraussetzung für einen effektiven Einsatz des Systems ist, daß ist das Wissen über die Wälzlager gut strukturiert. Zur systematischen Darstellung die unterschiedlichen Wälzlagern wurde zunächst Unterteilung nach dem Konstruktion auf Ringlagern, Scheibenlagern und Kombinierte Lagern gemacht (Bild 3).

Mit Unterteilung der Wälzlager ermöglicht die Klassifizierung der Wälzlager auf Klassen und Unterklassen.

Die Objekte (Instanzen einer Klasse) bestehen aus Attributen (bzw. Daten) und Methoden (bzw. Funktionen oder Anweisungen)

Lager ist die Superklasse, die mit den nächsten Attributen (Slots) beschreiben warden:

(Kon) kegelige Bohrung, (zap) besitzung Deck- und Dichtscheiben, (pod) selbsthaltend, (rast) Möglichkeit getrennt, (rad) Geeignet für Radiale Belastungen, (aks) Geeignet für Axiale Belastungen, (smeraks) Richtung Axiale Belastungen, (radaks) Geeignet für Kombinierte Belastungen, (mom) Geeignet für Moment Belastungen, (brz) Hohe Drehzahlen, (tac) Hohe Genauigkeit, (krut) Hohe Steifigkeit, (mirad) Ruhig Arbeit, (tr) Gering Reibung, (uglb) Schiefstellung, (kul) Festlagerung, (sul) Loslagerung und (map) Axiale Verschiebbarkeit, (Fr) Radiale Belastungen, (Fa) Axiale Belastungen, (Kn) Lebensdauer, (n) Drehzahl und (d) Bohrungsdurchmesser.

```
(defclass LEZAJ (is-a USER) (role concrete)
  (slot kon (create-accessor read-write))
  (slot zapl (create-accessor read-write))
  (slot pod (create-accessor read-write))
  (slot rast (create-accessor read-write))
  (slot rad (create-accessor read-write))
  (slot aks (create-accessor read-write))
  (slot smeraks (create-accessor read-write))
  (slot radaks (create-accessor read-write))
  (slot mom (create-accessor read-write))
  (slot brz (create-accessor read-write))
  (slot tac (create-accessor read-write))
  (slot krut (create-accessor read-write))
  (slot mirad (create-accessor read-write))
  (slot tr (create-accessor read-write))
  (slot uglb (create-accessor read-write))
  (slot ugao (create-accessor read-write))
  (slot kul (create-accessor read-write))
  (slot sul (create-accessor read-write))
  (slot map (create-accessor read-write))
  (slot Fr (create-accessor read-write))
  (slot Fa (create-accessor read-write))
  (slot Lh (create-accessor read-write))
  (slot n (create-accessor read-write))
  (slot d (create-accessor read-write))
)
```

Auf Grund der Aufteilung der Lager, die in Bild 3 gegeben, die Klasse PRSTENI_LEZAJ, die ist die Unterklasse von der Klasse LEZAJ. Weiter, die Klasse PRST_KUGLICNI_LEZAJ ist die Unterklasse von der Klasse PRSTENI_LEZAJ, und die Klasse PRST_KUGLICNI_LEZAJ_RAD_DODIR ist die

Unterklasse von der Klasse PRST_KUGLICNI_LEZAJ usw. Die Klasse PRSTENI_LEZAJ wird auf folgende Weise beschreibt:

```
(defclass PRSTENI_LEZAJ (is-a LEZAJ) (role concrete)
  (slot oc_konusni_otvor (create-accessor read-write))
  (slot oc_shtinci (create-accessor read-write))
  (slot oc_samopodesivi (create-accessor read-write))
  (slot oc_rastavljivi (create-accessor read-write))
  (slot oc_samo_radijalno_opterecenje (create-accessor read-write))
  (slot oc_samo_aksijalno_opterecenje (create-accessor read-write))
  (slot oc_radialksijalno_opterecenje (create-accessor read-write))
  (slot oc_opterecenje_momentom (create-accessor read-write))
  (slot oc_veliki_broj_obrtaja (create-accessor read-write))
  (slot oc_velika_radna_facnost (create-accessor read-write))
  (slot oc_velika_krutost (create-accessor read-write))
  (slot oc_miran_rad (create-accessor read-write))
  (slot oc_malo_trenje (create-accessor read-write))
  (slot oc_kompenzacija_ugiba (create-accessor read-write))
  (slot oc_kompenzacija_ugaoih_gresaka (create-accessor read-write))
  (slot oc_kruta_ulezistenja (create-accessor read-write))
  (slot oc_aksijano_pomeranje_unutar_lezaja (create-accessor read-write))
  (slot oc_IPS (create-accessor read-write))
)
```

Nach der Matrixauswahl (Tabelle 3) wird die Instanzen für alle Wälzlager geformiert. Zum Beispiel, die Instanz läßt sich für der Rillenkugellager beschreiben als:

```
(JKL of JEDNOREDNI_KL
  (oc_konusni_otvor 0)
  (oc_shtinci 1)
  (oc_samopodesivi 0)
  (oc_rastavljivi 0)
  (oc_samo_radijalno_opterecenje 2)
  (oc_samo_aksijalno_opterecenje 2)
  (oc_smer_aksijalnog_opt 2)
  (oc_radialksijalno_opterecenje 2)
  (oc_opterecenje_momentom 1)
  (oc_veliki_broj_obrtaja 4)
  (oc_velika_radna_facnost 4)
  (oc_velika_krutost 2)
  (oc_miran_rad 4)
  (oc_malo_trenje 4)
  (oc_kompenzacija_ugiba 1)
  (oc_kompenzacija_ugaoih_gresaka 1)
  (oc_kruta_ulezistenja 3)
  (oc_slobodna_ulezistenja 2)
  (oc_aksijano_pomeranje_unutar_lezaja 0)
  (oc_IPS 011))
```

Expertensystem ZPS_LEZ/ES liest die Datei aus der Module ZPS5 für Berechnung der Welle, die die Daten von Belastungen den Lagern enthält und liest die Instanz [KAR_LEZAJA], in der erwünschte Eigenschaften von Wälzlager definierte werden.

```
(defrule ucrtaj-instance
  (declare (salience 1000))
  (initial-fact)
=>
  (load "c:\\fczlp604\\mlcic\\lezaj\\lezajk11.clp")
  (load "c:\\fczlp604\\mlcic\\lezaj\\lezajk12.clp")
  (load "c:\\fczlp604\\mlcic\\lezaj\\lezajk13.clp")
```



```

(map ?map)
(test (= ?itez 1))
=>
(bind ?o_mom (send [JKL] get-
  _opterecenje_momentom))
(bind ?o_brob (send [JKL] get-oc_veiki_broi_obrtajaja))
(bind ?o_radiae (send [JKL] get-
  _velika_radna_tacnost))
(bind ?o_krut (send [JKL] get-oc_velika_krutost))
(bind ?o_mirad (send [JKL] get-oc_miran_rad))
(bind ?o_tr (send [JKL] get-oc_malo_trenje))
(bind ?o_ugtb (send [JKL] get-oc_kompenzacija_ugiba))
(bind ?o_ugao (send [JKL] get-
  _kompenzacija_ugaonih_gresaka))
(bind ?o_kul (send [JKL] get-oc_kruta_ulezistenjaja))
(bind ?o_sul (send [JKL] get-oc_slobodna_ulezistenjaja))
(bind ?o_apul (send [JKL] get-
  _akcijano_pomeranje_unutar_lezajaja))
(oc_aksijano_pomeranje_unutar_lezajaja)
(assert (ips ?ips))
(if (> ?mom 0) then
  (bind ?opmom (* ?mom ?o_mom))
  else
    (bind ?opmom 0))
(if (> ?brz 0) then
  (bind ?brzina (* ?brz ?o_brob))
  else
    (bind ?brzina 0))
(if (> ?tac 0) then
  (bind ?tacnost (* ?tac ?o_radiae))
  else
    (bind ?tacnost 0))
(if (> ?krut 0) then
  (bind ?krutost (* ?krut ?o_krut))
  else
    (bind ?krutost 0))
(if (> ?mirad 0) then
  (bind ?miran_rad (* ?mirad ?o_mirad))
  else
    (bind ?miran_rad 0))
(if (> ?tr 0) then
  (bind ?trenje (* ?tr ?o_tr))
  else
    (bind ?trenje 0))
(if (> ?ugtb 0) then
  (bind ?komp_ugiba (* ?ugtb ?o_ugtb))
  else
    (bind ?komp_ugiba 0))
(if (> ?ugao 0) then
  (bind ?komp_ugla (* ?ugao ?o_ugao))
  else
    (bind ?komp_ugla 0))
(bind ?komp_ugla 0))
(bind ?komp_ugla 0))
(bind ?komp_ugla 0))
(bind ?kulo (* ?kul ?o_kul))
else
  (bind ?kruto_ul 0))
(if (> ?sul 0) then
  (bind ?slobodno_ul (* ?sul ?o_sul))
  else
    (bind ?slobodno_ul 0))
)
(if (> ?map 0) then
  (bind ?aks_pom (* ?map ?o_apul))
  else
    (bind ?aks_pom 0))
)
(bind ?oc_jkl (+ ?opmom ?brzina ?tacnost ?krutost
  ?miran_rad ?trenje ?komp_ugiba ?komp_ugla ?kruto_ul
  ?slobodno_ul ?aks_pom))

```

```

(printout t "oc_jkl =" ?oc_jkl crlf)
(assert (OC_JKL ?oc_jkl))
(printout t "ocena ulezistenjaja sa jednorodim kuglicnim
  lezajem="
    ?oc_jkl crlf)
)

```

Die Verbindung die Expertensystem ZPS_LEZ/ES und die Module für Berechnung der Wälzlager von SKF – CADalog hat darüber der Datei gemacht.

```

default izlazna_dat
(Fr ?FrA)
(Fa ?FaA)
(n ?n)
(Lh ?Lh)
(d ?dA)
=>
(bind ?ni40 10)
(bind ?Temp 60)
(bind ?dmax (+ ?dA 10))
(bind ?Dmin 0)
(bind ?Dmax (* ?dA 2))
(open LezajA.cin fl "w")
(format fl "[OverAll]" %an")
(format fl "Title= Proracun lezaja u osloncu A%an")
(format fl "%an")
(format fl "Comments=%an")
(format fl "TwoBearingsOnAShaft=0%an")
(format fl "RequiredLife=%10.3F%an" ?Lh)
(format fl "RequiredS0=%10.3F%an" 2.5)
(format fl "NoOfIntervals=%11d%an" 1)
(format fl "ViscosityAt40DegC=0%an")
(format fl "%an")
(format fl "[BearingA]" %an")
(format fl "DimShaftMin=%10.3F%an" ?dA)
(format fl "DimShaftMax=%10.3F%an" ?dmax)
(format fl "DimOutsideMin=%10.3F%an" ?Dmin)
(format fl "DimOutsideMax=%10.3F%an" ?Dmax)
(format fl "IPS=%31d%an" ?ips)
(format fl "Id=0%an")
(format fl "%an")
(format fl "[Interval 1]" %an")
(format fl "Speed=%10.3F%an" ?n)
(format fl "Temperature=%6.2F%an" ?Temp)
(format fl "Viscosity=%6.2F%an" ?ni40)
(format fl "NoOfLoads=%11d%an" 1)
(format fl
  "Load_1=%21d%21d%21d%21d%10.3F%21d%10.3F%an" 1 0
  0 0
  ?FrA 0 ?FaA)
(format fl "%an")
(format fl "[Eiac]" %an")
(format fl "DoCCalculateEiac=0%an")
(format fl "AdvancedEiacDefined=0%an")
(format fl "EiacCatalogueMethod=0.2000%an")
(format fl "Lubrication=%an")
(format fl "ParticleHardnessHV=%an")
(format fl "FactorS=%an")
(format fl "DplsMeasured=0%an")
(format fl "DpMeasured=%an")
(format fl "ShapelsFlattened=0%an")
(format fl "SoftContamination=0%an")
(format fl "FilterRating=%an")
(format fl "RA=0%an")
(format fl "DoCCalculateRA=0%an")
(format fl "RA_choiceA=%an")
(format fl "RA_choiceB=%an")
(format fl "RA_choiceD=%an")
(format fl "RB=0%an")
(format fl "DoCCalculateRB=0%an")
)

```

```
(format fi "CombinationOfSeal=0%"")
(format fi "SealingBasic=0%"")
(format fi "ScalingCombined=0%"")
(format fi "RB_choiceB=0%"")
(format fi "RB_choiceC=0%"")
(format fi "RC=0%"")
(format fi "RD=0%"")
(format fi "RE=0%"")
(format fi "RF=0%"")
(format fi "RG=0%"")
(format fi "0%"")
(format fi "[Given]%"")
(format fi "Viscosities=1%"")
(format fi "ViscosityAt40DegC=0%"")
(format fi "Temperatures=1%"")
(format fi "0%"")
(format fi "[Defined]%"")
(format fi "Description=1%"")
(format fi "Bearings=1%"")
(format fi "RunningConditions=1%"")
(format fi "StaticLoads=1%"")
(format fi "Eac=1%"")
(format fi "0%"")
(format fi "[id]%"")
(format fi "program=CADalog%"")
(format fi "version=5%"")
(close)
)
```

4. ZUSAMMENFASSUNG

Auf der genannten Grundlage kann man folgendes zusammenfassen:

1. Der Konstruktionsprozeß von Produkten versteht die Anwendung CA, AI und die Kommunikations-technologien in allen Phasen.
2. Das Expertensystem für die Auswahl der Wälzlager ZPS_LEZ/ES ist ein Teil von der Integrierung der Intelligenz des System für dem Konstruieren von Getrieben ZPS, die auf der Fakultät für Maschinenbau nach Nis entwickelt. Die Grundlage der Expertensystem ist systematischen Wissen über die Wälzlager.
3. Die Expertensystem für der Auswahl der Wälzlager ist mit Hilfe von Expertensystem-schale CLIPS entwickelt, die objektorientierte Programmierung unterstützen.
4. Die Expertensystem ZPS_LEZ/ES ist mit dem Modul für Berechnung der Welle ZPSS und mit dem Modul für Berechnung der Wälzlager von SKF CADalog verbunden.

LITERATURE

- [1] *Milčić, D.*: Razvoji inteligentnog integrisanog sistema za konstruisanje zupčastih prenosnika snage. Doktorska disertacija, Mašinski fakultet Niš, 2000.
- [2] *Milčić, D.*: Intelligentni integrisani sistem za konstruisanje univerzalnih zupčastih i pužnih prenosnika snage. VIII SEVER-ov simpozijum o mehaničkim prenosnicima "SEVER PRENOSNICI 2001", Subotica, 2001., pp. 1-8.
- [3] *Milčić, D., Milhenović, V.*: Application of artificial intelligence methods in gear transmitters conceptual design. The scientific journal FACTA UNIVERSITATIS, Series: MECHANICAL ENGINEERING Vol. 1, No 6, 1999, pp. 721-734.
- [4] *Richlinie VDI 2225, Bl. 3 (Entwurf)*: Technisch-wirtschaftliches Konstruieren - Technisch-wirtschaftliche Bewertung. Düsseldorf, VDI-Verlag, 1990.
- [5] CLIPS Reference Manual. Version 6.0, NASA, 1993

KORRESPONDENZ



Dr.-Ing. Dragan MILČIĆ, Ass.Prof.
 Universität Niš
 Fakultät für Maschinenbau
 Aleksandra Medvedeva 14
 18000 Niš, Serbia & Montenegro
 dmilcic@ptt.yu
 milcic@masfak.ni.ac.yu



Miroslav MIJALOVIĆ, Dipl.-Ing.
 Universität Niš
 Fakultät für Maschinenbau
 Aleksandra Medvedeva 14
 18000 Niš, Serbia & Montenegro
 miroslav_mijajlovic@masfak.ni.ac.yu



METALS BANKA

Metals Banka a.d. Novi Sad
Bulevar Cara Lazara 1a, 21000 Novi Sad

ATB SEEVER
Technology in Motion

ATB SEEVER a.d.
Magnetna polja 6, 24.000 Subotica, Serbia and Montenegro
Phone:+381 (24) 547-974, Fax+381 (24) 547-203
www.atb-motors.com; sever@yu.atb-motors.com

ATB SEEVER a.d.

ATB SEEVER a.d., is located in Subotica, Serbia and Montenegro. It is a renowned manufacturer of electric motors with a tradition of over 80 years.

The production program includes electric motors from 0.06 kW to 7.500 kW of low and middle voltage ranges.

In addition to the main program the company offers programs of pumps and pumping systems, mechanical transmissions and engineering services in the field of energy sources, heavy and light industry.

Since January 2005 SEEVER is a 63 % daughter company of ATB Austria Antriebstechnik AG.

In addition to production of electric machine ATB Group supplements the product portfolio of ATB by taking over the majority of ATB SEEVER

