

STROJNIŠKI**VESTNIK 12**

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

strani - pages 687 - 732

ISSN 0039-2480 . Stroj V . STJVAX

cena 800 SIT

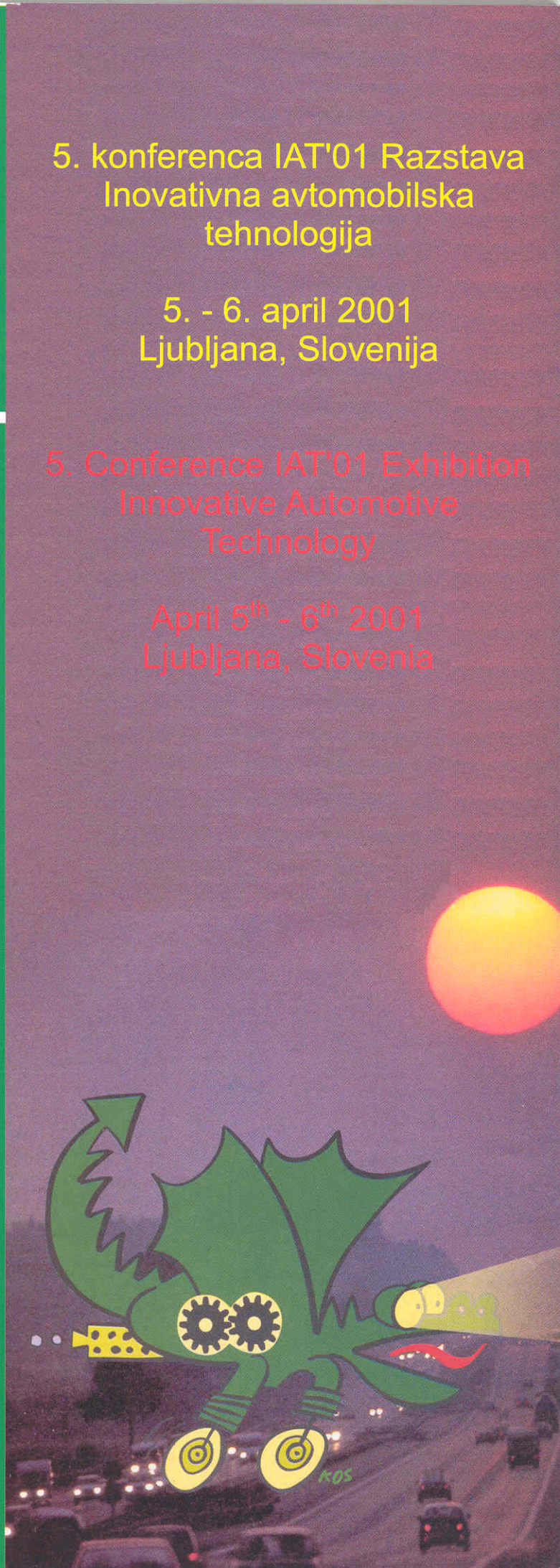
1. Optimizacija konstrukcije okvira za terensko tovorno vozilo
Optimum Frame for an Off-Road Truck
2. Razvoj izdelave avtomobilov in prevozov v Srednji Evropi v letih 2000 do 2020
Auto Mobility 2000 to 2020: Production and Transport in Central Europe
3. Krmiljenje temperature hladilne vode motorja z notranjim zgorevanjem v preskuševališču
Control of the Cooling-Water Temperature for an Combustion Engine on a Test Stand
4. Računalniško obvladovanje kakovosti v avtomobilski industriji
Computer-Supported Quality Control in the Automotive Industry

5. konferenca IAT'01 Razstava
Inovativna avtomobilska
tehnologija

5. - 6. april 2001
Ljubljana, Slovenija

5. Conference IAT'01 Exhibition
Innovative Automotive
Technology

April 5th - 6th 2001
Ljubljana, Slovenia



Vsebina

Contents

Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering
letnik - volume 47, (2001), številka - number 12

Razprave

- Harl, B., Lazović, M., Kegl, M.: Optimizacija konstrukcije okvira za terensko tovorno vozilo 688
Lešinský, J.: Razvoj izdelave avtomobilov in prevozov v Srednji Evropi v letih 2000 do 2020 697
Bombek, G., Hribernik, A.: Krmiljenje temperature hladilne vode motorja z notranjim zgorevanjem v preskuševališču 703
Metljak, D., Sluga, A.: Računalniško obvladovanje kakovosti v avtomobilski industriji 710

Strokovna literatura

Osebnosti

Navodila avtorjem

Vsebina 2001

Papers

- Harl, B., Lazović, M., Kegl, M.: Optimum Frame for an Off-Road Truck
Lešinský, J.: Auto Mobility 2000 to 2020: Production and Transport in Central Europe
Bombek, G., Hribernik, A.: Control of the Cooling-Water Temperature for an Combustion Engine on a Test Stand
Metljak, D., Sluga, A.: Computer-Supported Quality Control in the Automotive Industry

Professional Literature

Personal Events

Instructions for Authors

Contents 2001

Optimizacija konstrukcije okvira za terensko tovorno vozilo

Optimum Frame for an Off-Road Truck

Boštjan Harl - Momir Lazović - Marko Kegl

Prispevek opisuje postopek optimalnega projektiranja okvira terenskega tovornega vozila. Namen raziskave je minimizirati težo sedanjega okvira. Pri tem zahtevamo, da mora togost okvira ostati približno enaka, medtem ko lahko parametre prerezov spreminjamo znotraj predpisanih mej z namenom, da bi zmanjšali težo. Upoštevali smo več ločenih obremenitvenih primerov, ki simulirajo različne situacije obremenjevanja okvira. Optimizacijsko nalogo smo formulirali v obliki standardnega problema matematičnega programiranja. Ta problem smo nato rešili z uporabo gradientne optimizacijske metode. Okvir vozila smo diskretizirali z uporabo zelo natančnih končnih elementov – nosilcev.

© 2001 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

(Ključne besede: vozila terenska, okviri vozil, optimiranje konstrukcij, primeri obremenitveni)

We present an approach for the optimum design of a frame for an off-road truck. The objective was to minimize the weight of an existing frame. The stiffness of the frame had to remain approximately the same, while the cross-sectional parameters could be varied in some specified range in order to minimize the weight. Multiple load cases were taken into account simultaneously in order to consider different loading situations. The design problem was formulated in the form of a standard problem of mathematical programming. This problem was then solved using a gradient-based approximation method. The frame of the truck was discretized by employing highly accurate beam finite elements.

© 2001 Journal of Mechanical Engineering. All rights reserved.

(Keywords: off-road vehicles, vehicle frames, construction optimization, load cases)

0 UVOD

V zadnjem desetletju je optimizacija postala skoraj obvezen sestavni del sodobnega postopka projektiranja mehanskega sistema. Če se omejimo na črtne konstrukcije, je morda najbolj obetaven postopek tisti, ki temelji na uporabi tehnike projektnih elementov ([1] in [2]) in zelo kakovostnih končnih elementov – nosilcev. V tem primeru lahko projekt konstrukcije opišemo v odvisnosti od relativno majhnega števila N_b parametrov (projektnih spremenljivk), zbranih v vektorju $\mathbf{b} \in \mathbb{R}^{N_b}$. Na tej podlagi lahko praktično vsak problem optimalnega projektiranja zapišemo v splošni obliki nelinearnega problema P matematičnega programiranja:

$$\begin{aligned} \min f_0 \\ f_i \leq 0, \quad 1 \leq i \leq N_f \end{aligned} \quad (1),$$

kjer simbol $f_0 = \hat{f}_0(\mathbf{b})$ pomeni namensko funkcijo, $f_i = \hat{f}_i(\mathbf{b})$, $i \geq 1$ so omejitvene funkcije, N_f pa je njihovo skupno število. Pri tem smo simbol $\hat{(\)}$ uporabili za ločevanje imena funkcije od pripadajoče odvisne spremenljivke. Ta dogovor bo veljal v celotnem prispevku.

0 INTRODUCTION

In the last decade optimization has become an almost obligatory part of the modern design process for mechanical systems. If we restrict our interest to just skeletal structures, the most promising approach seems to be that based on the design-element technique ([1] and [2]) and the use of highly accurate beam finite elements. Using this approach the design of the structure can usually be described in terms of a relatively small number N_b of parameters (design variables) assembled in the vector $\mathbf{b} \in \mathbb{R}^{N_b}$. By adopting this arrangement, virtually any problem relating to optimum design can usually be formulated in the standard form of a non-linear problem P of mathematical programming

where the symbol $f_0 = \hat{f}_0(\mathbf{b})$ denotes the objective function, $f_i = \hat{f}_i(\mathbf{b})$, $i \geq 1$ are the constraint functions and N_f is the total number of these constraint functions. Here the symbol $\hat{(\)}$ was used to distinguish between the name of a function and the name of the dependent variable – we shall use this notation throughout the paper.

Pod predpostavko, da so vse projektne spremenljivke zvezne in vse funkcije v (1) odvedljive glede na \mathbf{b} , lahko problem P verjetno najučinkoviteje rešimo z uporabo ene od gradientnih metod matematičnega programiranja. Na primer, metodo KP (rekurzivno kvadratično programiranje) ali katero izmed aproksimacijskih metod ([3] in [4]) uporabljamo zelo pogosto. V splošnem je postopek reševanja P naslednji: rešitev \mathbf{b}^* problema P dobimo kot limito zaporedja aproksimacijskih rešitev $\{\mathbf{b}^{(k)}\}_{k \in \mathbb{N}}$, kjer je \mathbb{N} množica nenegativnih celih števil. Pri tem je treba začetni projekt $\mathbf{b}^{(0)}$ izbrati, medtem ko $\mathbf{b}^{(k+1)}$ dobimo kot rešitev problema $P^{(k)}$, ki pomeni neko aproksimacijo problema P v točki $\mathbf{b}^{(k)}$.

Nalogo nastajanja in reševanja problema $P^{(k)}$ praviloma prevzame optimizacijski algoritem, ki ga moramo v ta namen oskrbeti s številčnimi vrednostmi za f_i ter $df_i/d\mathbf{b}$, $0 \leq i \leq N_f$ v točki $\mathbf{b}^{(k)}$. Za izračun vrednosti f_i moramo opraviti analizo odziva mehanskega sistema, za izračun vrednosti $df_i/d\mathbf{b}$ pa analizo občutljivosti sistema.

1 OBRAVNAVANI OKVIR

Obravnava bomo konstrukcijo okvira terenskega vozila 162 T9 - 4×4, nosilnosti 3,0 tone in skupne mase 9,5 ton. Kot začetni projekt je bil vzet okvir gospodarskega vozila TAM 130 T11 - 4×2, nosilnosti 5,5 ton in skupne mase 11,0 ton ([5] in [6]). Analize so pokazale, da bi takšen okvir za potrebe novega terenskega vozila bil preveč tog. Zaradi tega smo se odločili, da bomo skušali z uporabo metod matematičnega programiranja sistematično določiti primernejši projekt.

Namen izboljšave je bil poiskati nove vrednosti parametrov prerezov vzdolžnih nosilcev (profil \square) in prečnih nosilcev (profili \square in \square), tako da bo masa okvira minimalna, postavljene omejitve pa izpolnjene. Dolžina in širina okvira morata ostati enaki. Postavljeni omejitveni pogoji se nanašajo predvsem na togost okvira. Predvsem razmerje med torzijsko togostjo okvira in togostjo obes mora biti znotraj predpisanih mej, da zagotovimo dobro funkcionalnost vozila v ekstremnih primerih premagovanja ovir. Konstrukcija in izmere okvira so prikazane na sliki 1.

2 OPTIMIZACIJA KONSTRUKCIJE

Obravnava bomo statično obremenjeno konstrukcijo. Za konstrukcijo predpostavimo, da jo bomo diskretizirali z uporabo metode končnih elementov. V tem primeru lahko enačbo za izračun odziva konstrukcije zapišemo v splošni obliki kot:

$$\mathbf{Q} = \mathbf{0}$$

Assuming that all the design variables are continuous and that all the functions in (1) are differentiable with respect to \mathbf{b} , the problem P can probably be most efficiently solved by employing one of the gradient-based methods of mathematical programming. The RQP (recursive quadratic programming) method or approximation methods ([3] and [4]) are frequently employed for this purpose. Usually, the procedure for solving P is as follows: the solution \mathbf{b}^* of the problem P is obtained as a limit of the sequence of approximate solutions $\{\mathbf{b}^{(k)}\}_{k \in \mathbb{N}}$, where \mathbb{N} is the set of non-negative integer numbers. Here, the starting design $\mathbf{b}^{(0)}$ has to be chosen, while $\mathbf{b}^{(k+1)}$ is obtained as a solution of $P^{(k)}$, defined as an approximation of P at the point $\mathbf{b}^{(k)}$.

The task of generating and solving the problem $P^{(k)}$ is usually done with an optimization algorithm, which in turn has to be supplied with the numerical values of f_i and $df_i/d\mathbf{b}$, $0 \leq i \leq N_f$ at the point $\mathbf{b}^{(k)}$. The calculation of f_i requires the response analysis of the mechanical system, while the sensitivity analysis of the system has to be done in order to get the values of $df_i/d\mathbf{b}$.

1 THE FRAME UNDER CONSIDERATION

The structure under consideration is the frame of the 162 T9 - 4×4 off-road vehicle, with a payload of 3.0 tons and total mass of 9.5 tons. As a starting point for the design we took the frame of the TAM 130 T11 - 4×2 on-road truck, this frame was designed for payload of 5.5 tons and the total mass of the vehicle was 11.0 tons ([5] and [6]). An analysis has shown that this frame would be too stiff for the off-road vehicle. Therefore, we decided to employ the methods of mathematical programming in order to determine a more appropriate design in a systematic way.

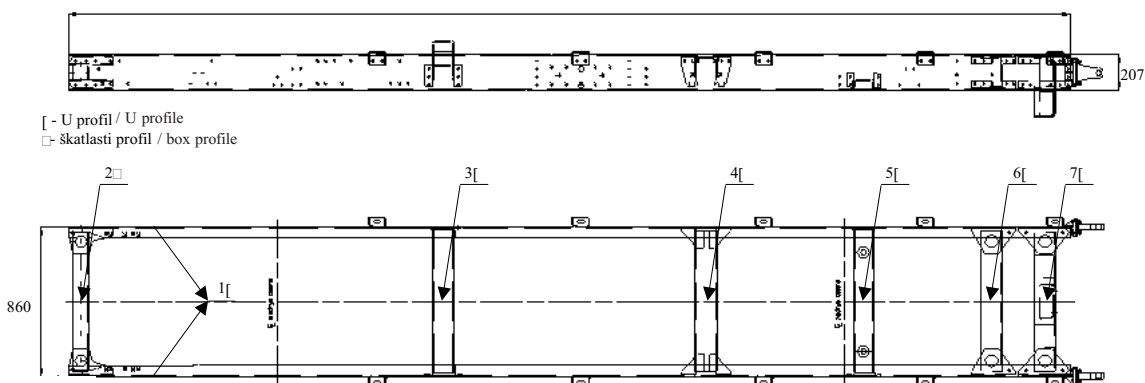
The objective was to find new cross-sectional parameters of the longitudinal beam elements (\square profile) as well as of the cross-beams (\square and \square profiles) so that the mass of the frame would be minimized and the imposed constraints will be fulfilled: the length, as well as the width, of the frame has to remain constant. The imposed constraints are mainly related to the stiffness of the frame. In particular, the ratio between the torsion stiffness of the frame and the stiffness of the suspension must be within some specified limits in order to ensure good functionality of the vehicle in extreme situations when overcoming obstacles. The structure and the dimensions of the frame are shown in Figure 1.

2 OPTIMIZATION OF A STRUCTURE

Let us consider a statically loaded structure. The structure is supposed to be discretized using the finite-element method. In this case the response equation of the structure may be written in a general form as:

$$(2),$$

5760



Sl. 1. Okvir terenskega vozila
Fig. 1 The frame of the off-road vehicle

kjer je vektor $\mathbf{Q} \in \mathbb{R}^{N_u}$ definiran kot razlika vektorja notranjih sil $\mathbf{F} \in \mathbb{R}^{N_u}$ ter vektorja zunanjih sil $\mathbf{R} \in \mathbb{R}^{N_u}$ oziroma $\mathbf{Q} = \mathbf{F} - \mathbf{R}$. Simbol N_u pri tem pomeni število prostostnih stopenj konstrukcije.

Enačbo (2) uporabljamo za izračun vektorja $\mathbf{u} \in \mathbb{R}^{N_u}$, ki predstavlja odziv konstrukcije (običajno so to pomiki vozlišč). Enačba (2), ki jo imenujemo tudi enačba odziva, je običajno nelinearna glede na \mathbf{u} , tako da jo moramo reševati z ustreznimi iteracijskimi metodami. Pri običajni analizi odziva je \mathbf{u} edina spremenljivka, ki se pojavlja v enačbi odziva. V primeru optimiranja, pa je zadeva nekoliko drugačna. Poleg spremenljivke \mathbf{u} , se v enačbo odziva vplete tudi vektor projektnih spremenljivk \mathbf{b} . Običajno predpostavimo, da sta od \mathbf{b} odvisna vektorja notranjih in zunanjih sil. Velja torej $\mathbf{F} = \hat{\mathbf{F}}(\mathbf{b}, \mathbf{u})$ ter $\mathbf{R} = \hat{\mathbf{R}}(\mathbf{b})$, pri čemer smo predpostavili, da vektor zunanjih sil ni odvisen od \mathbf{u} .

Iz zgoraj navedenega izhaja $\mathbf{Q} = \hat{\mathbf{Q}}(\mathbf{b}, \mathbf{u})$, enačbo odziva pa lahko sedaj razlagamo kot implicitno podano odvisnost \mathbf{u} od \mathbf{b} . Ali drugače: za vsako poljubno izbrano vrednost projektnih spremenljivk \mathbf{b} lahko iz enačbe odziva izračunamo pripadajoč odziv konstrukcije \mathbf{u} . Pri takšni razlagi enačbe odziva torej velja $\mathbf{u} = \hat{\mathbf{u}}(\mathbf{b})$.

Kadar se ukvarjamo z optimiranjem mehanskih sistemov, namenska in omejitvene funkcije običajno niso podane eksplicitno v odvisnosti od \mathbf{b} . Razlog je v tem, da so te funkcije navadno izražene v odvisnosti od vozliščnih pomikov, napetosti in tako naprej. Tako je i -ta funkcija mnogokrat podana v obliki $f_i = \hat{h}_i(\mathbf{b}, \mathbf{u})$, kar seveda lahko, ob upoštevanju $\mathbf{u} = \hat{\mathbf{u}}(\mathbf{b})$, interpretiramo kot standardno obliko $\hat{f}_i(\mathbf{b})$. Z upoštevanjem navedenega lahko torej problem optimiranja konstrukcije v dokaj splošni obliki zapišemo kot:

$$\min \hat{h}_0(\mathbf{b}, \mathbf{u}) \quad (3)$$

ob upoštevanju pogojev

subject to the constraints,

where the vector $\mathbf{Q} \in \mathbb{R}^{N_u}$ is defined as the difference between the internal forces $\mathbf{F} \in \mathbb{R}^{N_u}$ and the external forces $\mathbf{R} \in \mathbb{R}^{N_u}$, or symbolically $\mathbf{Q} = \mathbf{F} - \mathbf{R}$. Here the symbol N_u is used to denote the number of structural degrees of freedom.

Equation (2) is employed in order to calculate the vector $\mathbf{u} \in \mathbb{R}^{N_u}$ representing the structural response (usually nodal displacements). Equation (2), also termed the response equation, is typically non-linear with respect to \mathbf{u} . Thus it has to be solved by using appropriate iterative methods. For usual response analysis, \mathbf{u} is the only variable appearing in the response equation. However, in the case of optimization, the situation becomes somewhat different. Besides the variable \mathbf{u} , the response equation now also involves the vector of design variables \mathbf{b} . It is usually supposed that both the internal and the external forces depend on \mathbf{b} , this means that $\mathbf{F} = \hat{\mathbf{F}}(\mathbf{b}, \mathbf{u})$ and $\mathbf{R} = \hat{\mathbf{R}}(\mathbf{b})$, where it is assumed that the external forces do not depend on \mathbf{u} .

From the discussion above it follows that $\mathbf{Q} = \hat{\mathbf{Q}}(\mathbf{b}, \mathbf{u})$, whereas the response equation should now be understood as a relationship establishing an implicit dependency of \mathbf{u} on \mathbf{b} . In other words, for any chosen values of the design variables \mathbf{b} , one can calculate the corresponding structural response \mathbf{u} from the response equation. In effect, we can say that $\mathbf{u} = \hat{\mathbf{u}}(\mathbf{b})$.

When dealing with the optimization of mechanical systems, the objective and constraint functions are usually not expressed explicitly in terms of \mathbf{b} . The reason for this is that these functions are usually related to engineering quantities like displacement, stresses and so on. So the i -th function is often given in the form $f_i = \hat{h}_i(\mathbf{b}, \mathbf{u})$, which of course, taking into account that $\mathbf{u} = \hat{\mathbf{u}}(\mathbf{b})$, can be interpreted as the standard form $\hat{f}_i(\mathbf{b})$. This means that a structural optimization problem can, in effect, be written as:

$$\hat{h}_i(\mathbf{b}, \mathbf{u}) \leq 0, 1 \leq i \leq N_f \quad (4)$$

ter odvisnosti $\mathbf{u} = \hat{\mathbf{u}}(\mathbf{b})$ iz enačbe odziva:

and the relationship $\mathbf{u} = \hat{\mathbf{u}}(\mathbf{b})$ following from the response equation:

$$\mathbf{Q} = \mathbf{0} \quad (5)$$

Kakor smo že povedali, takšen optimizacijski problem verjetno najučinkoviteje rešimo z uporabo gradientnih metod. V ta namen moramo v k -ti iteraciji optimizacijske zanke izračunati f_i ter $df_i/d\mathbf{b}$, $0 \leq i \leq N_f$ v točki $\mathbf{b}^{(k)}$. Izračun f_i opravimo na temelju zgoraj opisanih povezav, izračun odvoda $df_i/d\mathbf{b}$ pa opravimo takole:

$$\frac{df_i}{d\mathbf{b}} = \frac{\partial \hat{h}_i(\mathbf{b}, \mathbf{u})}{\partial \mathbf{b}} + \frac{\partial \hat{h}_i(\mathbf{b}, \mathbf{u})}{\partial \mathbf{u}} \frac{d\mathbf{u}}{d\mathbf{b}} \quad (6)$$

Izračun členov desne strani z gornje enačbe je običajno razmeroma preprost – izjema je le izračun člena $d\mathbf{u}/d\mathbf{b}$, ki pomeni odvod odzivnih spremenljivk po projektnih spremenljivkah. Ta člen lahko izračunamo iz enačbe občutljivosti:

Such an optimization problem can be probably be most effectively solved by employing gradient-based methods. For this purpose, in the k -th iteration of the optimization loop we have to supply the values of f_i and $df_i/d\mathbf{b}$, $0 \leq i \leq N_f$ at the point $\mathbf{b}^{(k)}$. The calculation of f_i can be done by solving the response equation, meanwhile, the calculation of $df_i/d\mathbf{b}$ can be done as follows:

The calculation of the right-hand side of the above equation is usually quite straightforward, with the exception of the term $d\mathbf{u}/d\mathbf{b}$, which represents the total derivative of the response variables with respect to the design variables. This term can be calculated from the sensitivity equation:

$$\frac{\partial \mathbf{Q}}{\partial \mathbf{u}} \frac{d\mathbf{u}}{d\mathbf{b}} + \frac{\partial \mathbf{Q}}{\partial \mathbf{b}} = \mathbf{0} \quad (7)$$

ki jo dobimo z odvajanjem enačbe odziva po \mathbf{b} . Od tod lahko zapišemo:

derived by differentiating the response equation with respect to \mathbf{b} . It follows that:

$$\frac{d\mathbf{u}}{d\mathbf{b}} = - \left[\frac{\partial \mathbf{Q}}{\partial \mathbf{u}} \right]^{-1} \frac{\partial \mathbf{Q}}{\partial \mathbf{b}} \quad (8)$$

kjer je $[d\mathbf{Q}/d\mathbf{u}]^{-1}$ inverzna tangentna togostna matrika konstrukcije. Ker je enačba občutljivosti linearna glede na $d\mathbf{u}/d\mathbf{b}$ in ker smo matriko $[d\mathbf{Q}/d\mathbf{u}]^{-1}$ že izračunali pri analizi odziva, je izračun $d\mathbf{u}/d\mathbf{b}$ običajno razmeroma preprost.

where $[d\mathbf{Q}/d\mathbf{u}]^{-1}$ is the inverted tangent stiffness matrix of the structure. Since the sensitivity equation is linear with respect to $d\mathbf{u}/d\mathbf{b}$ and since the matrix $[d\mathbf{Q}/d\mathbf{u}]^{-1}$ is already known from the response analysis, the calculation of $d\mathbf{u}/d\mathbf{b}$ is usually relatively simple.

S tem imamo na voljo vse, kar potrebujemo za uspešen postopek optimizacije konstrukcije, na katero deluje neka podana statična obremenitev. V praksi pa je mnogokrat tako, da moramo pri optimiranju hkrati upoštevati več mogočih obremenitev. Z drugimi besedami, pogoji za pomike, napetosti in tako naprej morajo biti izpolnjeni pri vsaki obremenitvi, ki na konstrukcijo lahko deluje. Lahko torej rečemo, da imamo opravka z N_q enačbami odziva, kjer je N_q število ločenih obremenitev (v to shemo lahko vložimo tudi različne variante podprtja konstrukcije). Problem optimizacije konstrukcije, obremenjene na več načinov, bi torej lahko določili takole:

So far we have all the required prerequisites in order to perform a successful optimization of a structure subject to a single static load. However, in practical applications we typically need to take into account several different loading cases simultaneously. In other words, the constraints on displacements, stresses and so on, often have to be fulfilled for any load case by which the structure might be loaded. Effectively, we have to deal with N_q response equations, where N_q denotes the number of load cases (this scheme also permits us to consider different support conditions). Taking this into account, the problem of structural optimization, subject to several load cases simultaneously, can be formulated as follows:

$$\min \hat{h}_0(\mathbf{b}, \mathbf{u}) \quad (9)$$

ob upoštevanju pogojev

subject to the constraints:

$$\hat{h}_i(\mathbf{b}, \mathbf{u}^q) \leq 0, 1 \leq i \leq N_f, 1 \leq q \leq N_q \quad (10)$$

ter odvisnosti $\mathbf{u}^q = \hat{\mathbf{u}}^q(\mathbf{b})$ iz enačb odziva

and the relationships $\mathbf{u}^q = \hat{\mathbf{u}}^q(\mathbf{b})$ following from the response equations:

$$\mathbf{Q}^q = \mathbf{0}, 1 \leq q \leq N_q \quad (11).$$

Reševanje takšnega problema v praksi je tako, da moramo za vsako iteracijo optimizacijske zanke opraviti N_q analiz odziva ter občutljivosti. Potrebno računsko delo narašča torej linearno s številom ločenih obremenitev.

Of course, in order to solve such a problem we have to perform N_q response and sensitivity analyses for each iteration of the optimization process. Thus, the computational effort increases linearly with the number of load cases considered.

3 UPORABLJENI NOSILEC

3 THE EMPLOYED BEAM ELEMENT

Okvir vozila smo modelirali z zelo natančnim končnim elementom - nosilcem, ki je podrobno opisan v [2]. Podrobnosti o nosilcu zato tukaj ne bi navajali, bi pa kratko opisali njegove osnovne značilnosti in lastnosti.

The frame of the vehicle was modeled by employing a highly accurate beam element, which is rigorously described in [2]. Therefore, in this paper only a brief outline of the beam will be offered.

Uporabljen nosilec je povsem brez pojavov blokiranja, ker aproksimiramo le vektorsko polje rotacij, medtem ko je vektorsko polje pomikov podano z natančnimi nelinearnimi kinematičnimi odvisnostmi iz teorije (končnih deformacij) prostorskih nosilcev. Nosilec upošteva končne pomike in rotacije kakor tudi končne upogibne, osne, strižne ter torzijske deformacije, medtem ko izbočitev prereza zanemari. V neobremenjeni legi je nosilec lahko poljubno ukrivljen, za njegov material pa se predpostavlja, da je linearno elastičen. Nosilec omogoča natančno analizo odziva tudi pri zelo velikih pomikih in rotacijah.

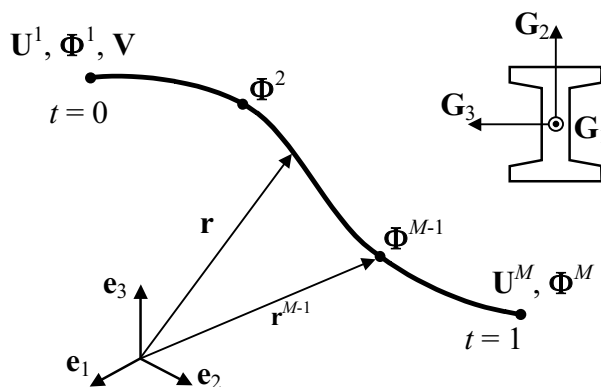
The employed beam is completely locking free since only the rotation vector field is approximated while the displacement vector field is given by the exact non-linear kinematic relations of the space (finite strain) beam theory. The element accounts for finite displacements and rotations as well as finite bending, extensional, shear and torsional strains where the warping deformations of the cross-section are neglected. In its undeformed configuration the element may be arbitrarily curved and its material is assumed to be linearly elastic. The element allows an accurate response analysis, even for very large displacements and rotations.

Oblika nosilca je podana z obliko njegove težiščne krivulje $\mathbf{r} = \hat{\mathbf{r}}(t)$, kjer je $t \in [0,1]$ ter z usmeritvijo prereza, ki je podana prek spremljajočega triroba ($\mathbf{G}_1, \mathbf{G}_2, \mathbf{G}_3$) (sl. 2). Nosilec ima lahko $M \geq 2$ vozlišč, stopnja integracije za izračun notranjih sil in tangentne togostne matrike pa je lahko poljubna.

The shape of the beam is given by the shape of its centroid curve $\mathbf{r} = \hat{\mathbf{r}}(t)$, where $t \in [0,1]$, as well as by the orientation of the cross-section, defined by the moving frame ($\mathbf{G}_1, \mathbf{G}_2, \mathbf{G}_3$), Figure 2. The beam can have $M \geq 2$ nodes, and the degree of numerical integration of the internal forces as well as the tangent stiffness matrix can be chosen arbitrarily.

Odziv obremenjenega nosilca je povsem podan s $3M+9$ skalarnimi spremenljivkami: šestimi pomiki obeh krajnih vozlišč, zbranih v vektorjih \mathbf{U}^1 in \mathbf{U}^M ; s $3M$ komponentami vozliščnih rotacijskih vektorjev Φ^1, \dots, Φ^M , imenovanih tudi rotacijski psevdovektorji ter s tremi Lagrangeovimi množitelji

The response of the loaded beam is completely specified by $3M+9$ scalar variables: 6 displacements of both end-nodes assembled in displacement vectors \mathbf{U}^1 and \mathbf{U}^M ; $3M$ components of nodal rotation vectors Φ^1, \dots, Φ^M , also called the rotational pseudovectors;



Sl. 2. Uporabljen nosilec: razporeditev vozlišč, odzivne spremenljivke in spremljajoči trirob glede na prerez
Fig. 2 The employed beam: nodal layout, response variables and the moving frame with respect to the cross-section

[2], zbranimi v vektorju \mathbf{V} (sl. 2). Rotacijski vektor je definiran kot zasuk spremljajočega triroba iz začetne (nedeformirane) v končno (deformirano) lego, medtem ko ima vektor \mathbf{V} fizikalni pomen negativne notranje sile v prvem vozlišču.

Na koncu povejmo še to, da lahko komponente rotacijskih vektorjev $\Phi^2, \dots, \Phi^{M-1}$ in Lagrangeove množitelje \mathbf{V} obravnavamo kot zunanje ali notranje prostostne stopnje nosilca. V slednjem primeru lahko te neznanke eliminiramo na ravni elementa, tako da nosilec vstopa v ravnovesno enačbo konstrukcije kot 2-vozliščni element z 12 prostostnimi stopnjami (pomiki in rotacije obeh krajnih vozlišč). Postopek eliminacije notranjih prostostnih stopenj je v tem primeru treba narediti tako pri analizi odziva kakor tudi pri analizi občutljivosti konstrukcije.

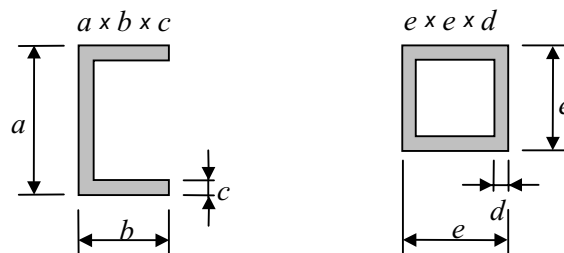
4 DOLOČITEV PROBLEMA

Obravnavajmo okvir, prikazan na sliki 1. Ta okvir je bil projektiran za 11-tonsko cestno vozilo in izkazalo se je, da bi bil ta okvir za terensko vozilo preveč tog. Predvsem je bilo premajhno razmerje togosti obes proti togosti okvira. Ocenili smo, da bi lahko togost okvira zmanjšali za približno 35%, pri čemer smo ciljno razmerje togosti obes proti togosti okvira postavili vrednost znotraj intervala od 2 do 3.

Glede na opisane razmere smo optimizacijski problem definirali na naslednji način: zunanje izmere in razpored nosilcev okvira bodo ostali enaki, medtem ko bomo poiskali parametre prerezov posameznih delov okvira (sl. 3), tako da bo masa okvira najmanjša. Postavljeni pogoji se nanašajo na togost okvira pri različnih stanjih obremenitve, na razmerje togosti obes in okvira, kakor tudi na napetosti pri dejanski statični obremenitvi okvira. Ti omejitveni pogoji morajo biti izpolnjeni pri petih različnih obremenilnih primerih.

Obravnavanih pet obremenilnih primerov (primer A do primer E, slika 4) se nanaša na naslednje teme in pogoje:

- Primer A: Strižna togost okvira; omejeni so relativni vzdolžni pomiki obeh vzdolžnih nosilcev.
- Primer B: Upogibna togost okvira; omejeni so maksimalni vertikalni pomiki.



Sl. 3. Spremenljivi parametri obeh uporabljenih tipov prerezov
Fig. 3 Variable parameters of both employed cross-section types

and three Lagrange multipliers [2], assembled in \mathbf{V} , Figure 2. The vector rotation is defined so as to rotate the frame from the initial (undeformed) to the final (deformed) position, while the vector \mathbf{V} has the physical meaning of the negative internal force at the first node.

Finally, it is also worth pointing out that the components of the rotation vectors $\Phi^2, \dots, \Phi^{M-1}$ and the Lagrange multipliers \mathbf{V} may be considered either as external or element internal degrees of freedom. In the latter case, these unknowns are eliminated on the element level and the beam enters the structural equilibrium equation as a two-node beam element with 12 degrees of freedom (displacements and rotations of both end-nodes). The elimination procedure has to be performed for the response as well as for the sensitivity analysis.

4 FORMULATION OF THE PROBLEM

Let us consider the frame shown in Figure 1. This frame was designed for an 11.0-ton on-road vehicle, and it turned out that the frame was too stiff for the off-road vehicle. In particular, the ratio of its suspension stiffness to frame stiffness was too low. It was estimated that the frame stiffness could be reduced by about 35%, while the target ratio of the suspension-to-frame stiffness was set to be within the interval 2 to 3.

In accordance with the above discussion, the design problem was defined as follows: the outer dimensions and the layout of the frame will remain constant, while we have to find the cross-sectional parameters of the individual frame parts, Figure 3, so that the mass of the frame will be minimized. The imposed constraints are related to the frame stiffness in different loading situations, to the ratio of the suspension-to-frame stiffness as well as to the stresses during the actual static loading of the frame. These constraints have to be fulfilled for 5 different loading conditions.

The 5 loading conditions (Case A through Case E, Figure 4) address the following topics and constraints:

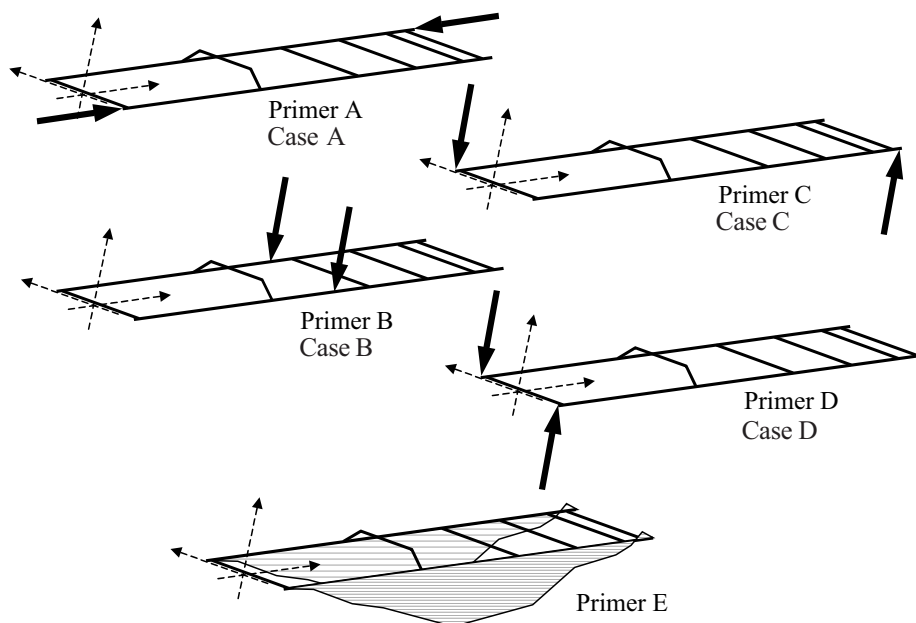
- Case A: Shear stiffness of the frame; constrained relative longitudinal displacements of both longitudinal beams.
- Case B: Bending stiffness of the frame; constrained maximum vertical displacements.

- Primer C: Diagonalna upogibna togost okvira; omejeni so največji vertikalni pomiki.
- Primer D: Togost obes in torzijska togost okvira; omejeno je razmerje togosti obes proti togosti.
- Primer E: Upogibne napetosti pri dejanski statični obremenitvi; omejene so največje napetosti obeh vzdolžnih nosilcev.

Okvir je sestavljen iz nosilcev z oblikovanim prerezom [ali □. Za profile [so spremenljivi parametri a , b in c medtem ko lahko pri □ profilu spreminjamo parametra d in e (sl. 3). Obstaja več različnih profilov [, tako da je skupno število spremenljivih parametrov prereza (projektnih spremenljivk) enako $N_b=17$. Za vseh 17 projektnih spremenljivk smo izbrali primerne spodnje in zgornje vrednosti, da bi s tem zagotovili tehnološko sprejemljivost končnega projekta. Izbran material je bil linearno elastičen z elastičnim modulom $E=2,1 \times 10^5$ MPa in Poissonovim količnikom $\nu=0,3$.

- Case C: Diagonal bending stiffness of the frame; constrained maximum vertical displacements.
- Case D: The stiffness of suspension and the torsional stiffness of the frame; constrained ratio of the suspension-to-the frame stiffness.
- Case E: Bending stresses at actual static load; constrained maximum stresses along the longitudinal beams.

The frame consists of beam elements with either [-or □ -shaped cross-sectional profiles. For [profiles the parameters, a , b and c are variable, while for the □ profile the parameters d and e may be varied, Figure 3. There are several different [profiles so that the total number of variable cross-sectional parameters (design variables) was $N_b=17$. For all 17 design variables appropriate lower and upper limits were imposed in order to guarantee that the final design would be technologically acceptable. The material chosen was linearly elastic with an elasticity modulus equal to $E=2.1 \times 10^5$ MPa and a Poisson ratio of $\nu=0.3$.



Sl. 4. Obremenitveni primeri od A do E
Fig. 4 Load cases A through E

Če povzamemo, lahko optimizacijski problem opišemo tako: znotraj predpisanih mej poišči vrednosti 17 projektnih spremenljivk, tako da bo masa okvira najmanjša, hkrati pa bodo pogoji, postavljeni za obremenitvene primere od A do E, izpolnjeni.

To summarize, the design problem can be described as follows: within the specified limits find the values of the 17 design variables so that the mass of the frame will be minimized, and at the same time, the constraints imposed at load cases A through E will all be fulfilled.

5 REZULTATI

Optimizacijski problem je bil definiran v obliki problema nelinearnega programiranja. Ta problem smo rešili za uporabo podprograma AMOPT, ki temelji na aproksimacijski metodi, predstavljeni v [3]. Podprogram aproksimira namensko in omejitvene funkcije z uporabo nelinearne aproksimacije prvega reda z dodatnim konveksnim členom [4].

5 RESULTS

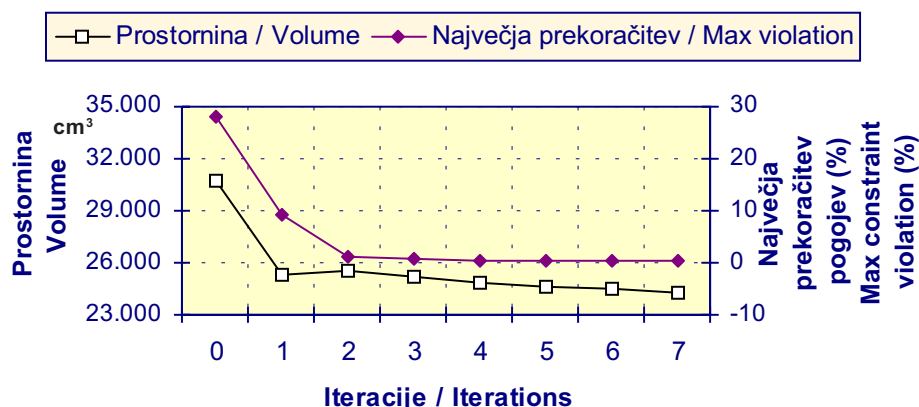
The optimum design problem was defined in the form of a non-linear programming problem. This problem was solved by employing the AMOPT subroutine based on the approximation method presented in [3]. The subroutine approximates the objective and constraint functions using a non-linear first-order approximation with an additive convex term [4].

Postopek reševanja je bil gladek in stabilen. Pri začetnem projektu je deloval le pogoj razmerja togosti, medtem ko je prostornina okvira znašala $30\,777\text{ cm}^3$. Skoraj optimalen projekt smo dobili po 8 iteracijah (sl. 5). Pri končnem projektu so bili dejavni trije pogoji (povezani s strižno togostjo, diagonalno upogibno togostjo in razmerjem togosti). Prostornina končnega okvira je znašala $23\,258\text{ cm}^3$.

The solution procedure was smooth and stable. During the initial design only the constraint on the stiffness ratio was active, while the volume of the frame was 30777 cm^3 . A near-optimum design of the structure was obtained within 8 iterations, Figure 5. During the final design three constraints (related to shear stiffness, diagonal bending stiffness and stiffness ratio) were active. The corresponding volume of the frame was 23258 cm^3 .

Preglednica 1. Začetne, optimalne in mejne vrednosti parametrov prereza
Table 1. Initial, optimum and limit values of the cross-sectional parameters

Profil (slika 1) Profile (Figure 1)	Začetni (mm) Initial (mm)	Optimalni (mm) Optimum (mm)	Spodnji (mm) Lower (mm)	Zgornji (mm) Upper (mm)
[- 1 (vzdolžni) [- 1 (longitudinal)	207×65×6	209,7×59,3×5	160×40×5	220×70×7
□ 2	90×90×4	70×70×3	70×70×3	110×110×5
[- 3	120×90×5	90×40×3	90×40×3	140×80×6
[- 4	130×80×5	119,5×80×4	100×80×4	140×120×6
[- 5	115×90×5	111,9×30×3	90×30×3	140×50×6
[- 6	120×90×5	140×90×4	140×90×4	190×120×8
[- 7	120×90×5	140×90×4	140×90×4	190×120×8



Sl. 5. Potek namenske funkcije ter največje prekoračitve pogojev
Fig. 5 Iteration history of the objective function and the maximum constraint violation

Med optimizacijskim procesom smo lahko izpolnili vse postavljene pogoje, največja prekoračitev pogojev pa se je zmanjšala od skoraj 30% na nič. Hkrati smo prostornino okvira zmanjšali za približno 24 odstotkov.

6 SKLEP

Povzememo lahko, da smo optimizacijo lahko uspešno uporabili za prilagoditev sedanjega okvira novim zahtevam. Pri končnem projektu so bili dejavni pogoji, ki so pripadali različnim obremenilnim primerom. Lahko rečemo, da je zmožnost hkratnega upoštevanja različnih obremenilnih primerov zelo pomembna. To še posebej drži pri praktičnih uporabah, pri katerih smo mnogokrat soočeni z mnogimi konstrukcijskimi in tehnološkimi zahtevami.

By running the optimization process all of the imposed constraints could be fulfilled because the maximum constraint violation was reduced from almost 30% to zero. At the same time the volume of the frame was reduced by about 24%.

6 CONCLUSION

We conclude that the optimization can be successfully applied in order to adjust our existing frame to the new requirements. During the final design, the constraints corresponding to several different loading cases were active. We can say that the possibility of considering several load cases simultaneously is very important. This is especially true in practical applications where we are often confronted with many structural and technological requirements.

7 LITERATURA

7 REFERENCES

- [1] Kegl, M., B.J. Butinar, M. M. Oblak (1995) Shape optimal design of elastic planar frames with non-linear response. *Int. J. Numer. Methods Eng.* 38, New York, 3227-3242.
- [2] Kegl, M., H. Antes (1998) Shape optimal design of elastic space frames with non-linear response. *Int. J. Numer. Methods Eng.* 43, New York, 93-110.
- [3] Kegl, M., B. J. Butinar, M. M. Oblak (1992) Optimization of mechanical systems: On strategy of non-linear first-order approximation. *Int. J. Numer. Methods Eng.* 33, New York, 223-234.
- [4] Kegl, M., M. M. Oblak (1997) Optimization of mechanical systems: On non-linear first-order approximation with an additive convex term. *Communications in Numerical Methods in Engineering*, 13, New York, 13-20.
- [5] Lazović, M., D. Kavnik (1997) Assurance of vehicles program reliability in development phase. *Proceedings of the Conference and Exhibition of Innovative Automotive Technology IAT'97*, Novo mesto.
- [6] Vide, D., M. Lazovic (1997) Development of the off road vehicle 80T40-4x4: *Final report of R&D phase of the Project*, Maribor.

Naslova avtorjev: dr. Boštjan Harl
doc.dr. Marko Kegl
Fakulteta za strojništvo
Univerza v Mariboru
Smetanova 17
2000 Maribor

dr. Momir Lazović
M.P.P. Razvoj d.o.o.
Ptujška 184
2000 Maribor

Authors' Addresses: Dr. Boštjan Harl
Doc.Dr. Marko Kegl
Faculty of Mechanical Eng.
University of Maribor
Smetanova 17
2000 Maribor, Slovenia

Dr. Momir Lazović
M.P.P. Development Ltd.
Ptujška 184
2000 Maribor, Slovenia

Prejeto:
Received: 26.7.2001

Sprejeto:
Accepted: 7.12.2001

Razvoj izdelave avtomobilov in prevozov v Srednji Evropi v letih 2000 do 2020

Auto Mobility 2000 to 2020: Production and Transport in Central Europe

Ján Lešinský

Gradiva, energija, potreba po zmanjšanju izgub, tehnološke možnosti in tehnične rešitve, zahteve kupcev glede cene vozil, uporabnost ter varnost vplivajo na izdelavo avtomobilov, njihovo obliko in možnost predelave v novi izdelek. V razmerah enakomernega razvoja – posebno v zadnjih dvajsetih letih lahko opazimo, da razvojni inženirji uporabljajo in vgrajujejo v vozila nova gradiva.

V tem prispevku je prikazan načrtovan razvoj izdelave avtomobilov, transporta in prevoznih sredstev, opisani so različni vplivi, od katerih bo ta razvoj odvisen v naslednjih dvajsetih letih.

© 2001 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

(Ključne besede: mobilnost, izdelava avtomobilov, gostota vozil, porazdelitev, Srednja Evropa)

Materials, energy, the need to reduce losses, technological possibilities, technical solutions, customer requirements car with respect to price, utility properties and safety, all influence the production of cars, their shape, use, and their "return" into a new product. In a steadily increasing way this has enabled designers to use new materials in vehicles, mainly in the last twenty years of the last century.

This paper deals with the expected development over the next twenty years from the point of view of the many aspects of vehicle production, globalisation and changes pre-conditioned by the purpose of transport and the means of transportation.

© 2001 Journal of Mechanical Engineering. All rights reserved.

(Keywords: mobility, car production, car density, distribution, Central Europe)

OUVOD

V preglednici 1 so prikazani nekateri parametri, ki opisujejo stopnjo razvoja avtomobilizma:

- da se je število na svetu vsako leto izdelanih avtomobilov v zadnjih 50. letih povečalo za petkrat,
- da se je število cestnih vozil na svetu od leta 1950 povečalo za 11-krat,
- da se je gostota – število avtomobilov na 1000 prebivalcev sveta med leti 1930 in 2000 povečala za 8-krat,

0 INTRODUCTION

In Table 1 there are some parameters relating to automobilisation, which show that:

- car production per annum over the last 50 years has increased 5 times,
- the fleet of road vehicles in the world has grown 11 times since 1950,
- the car density per 1000 inhabitants in the world in the period of 1930 to 2000 has increased 8 times,

Preglednica 1. Prikaz nekaterih parametrov avtomobilizma [6]

Table 1. Some parameters of automobilisation [6]

Leto Year	Št. na leto izdelanih vozil Annual production 10^6	Št. vseh vozil Fleet of PsC's 10^6	Svetovna gostota vozil [vozil/1000 preb.] World car density [cars/1000 inh.]	Gostota vozil v razvitih državah [vozil/1000 preb.] Developed countries [cars/1000 inh.]	Specif. prevožena pot [razdalja/preb./dan] Transport [distance/inh./day]
1930	do / up to 3	30	15	45	~ 3 km
1950	~ 10	60	25	70	~ 4 km
1970	~ 30	240	65	180	~ 20 km
1990	~ 50	590	105	315	~ 35 km
1999	56,54	700	110	340	~ 40 km
2005	~ 70	802	120	350	~ 41 km

- zvečanje števila avtomobilov je kljub naraščanju števila prebivalcev sveta omogočilo ljudem boljšo mobilnost, ki jo določa dnevna prevožena pot vsakega prebivalca našega planeta; ta se je v zgoraj omenjenem obdobju povečala za kar 10-krat.

Povečanje števila avtomobilov v drugi polovici prejšnjega stoletja, ki je znašalo v razvitih državah povprečno 3 odstotke na leto (podobne podatke lahko takrat zasledimo tudi, če opazujemo povečanje državnega bruto proizvoda in zmnožka števila prevoženih km ter potnikov), je povzročil:

- opazno zvečanje gradnje avtocest,
- gradnjo servisov in parkirišč,
- zvečanje emisije škodljivih snovi v izpušnih plinih,
- zvečanje hrupa v cestnem prometu,
- zvečanje neprijetne emisije prahu.

Od leta 1970, ko so nastali prvi predpisi o onesnaževanju okolja zaradi cestnega prometa, se je marsikaj spremenilo. Emisije škodljivih snovi v izpušnih plinih najnovejših avtomobilov so se v zadnjih 30. letih zmanjšale kar za 98 odstotkov, emisija hrupa vozil v istem obdobju pa vsaj za 80 odstotkov. Poraba goriva se je pri sodobnih avtomobilih zmanjšala za 35 odstotkov v primerjavi z letom 1975, število prometnih nesreč pa se je kljub velikemu – 3-kratnemu zvečanju gostote prometa zmanjšalo za 35 odstotkov.

Kljub vsem zgoraj omenjenim izboljšavam danes opažamo:

- a) Da razvojni inženirji pogonskih motorjev še vedno najdejo učinkovite tehnične rešitve, ki omogočajo nadaljnje zvečanje učinkovitosti pogonskih agregatov: bencinski motorji GDI, kakor tudi sodobni dizelski motorji z neposrednim vbrizgavanjem goriva so še vedno najbolj gospodarni pogonski stroji.
- b) Uporaba novih gradiv (aluminija, magnezija, plastičnih mas, kompozitov in posebnih jekel) je omogočila, da se je masa vozil občutno zmanjšala (povprečna ustrezna masa vozila je v l. 1970 znašala 2000 kg in je bila do danes zmanjšana na 1300 kg, v naslednjih dvajsetih letih pa jo bodo zmanjšali na vsega 900 kg).
- c) Nove izdelavne tehnike so omogočile nove načine izdelave avtomobilov (brez dragega skladiščenja in kopičenja surovin in izdelkov), uporabo modulne gradnje zaradi natančnejših, bolj kakovostnih in tehnično zanesljivejših postopkov. Tudi čas izdelave vozila se je izredno skrajšal.
- d) Razvojno raziskovalni oddelki izdelovalcev vozil so tudi posebej pozorni na možnost uporabe alternativnih – ne samo fosilnih goriv za pogon sodobnih motorjev. V poštev prihaja uporaba zemeljskega plina, vodika, pa tudi uporaba kombiniranih hibridnih pogonov – motorja z notranjim zgorevanjem in elektromotorja. Vir energije za pogon sta dandanes motor z notranjim zgorevanjem ali pa gorivna celica.

- an increasing numbers of cars in the above period has enabled a growing number of people to increase their mobility, i.e. daily distance traveled per inhabitant of the planet, 10 times.

The growth rate for cars in the second half of the last century, which in industrial countries has been 3% per year (the same rate of growth can be seen in the gross domestic product and the transport of persons given in person-kilometers) has caused:

- a significant increase in the construction of motorways,
- the construction of garages and parking areas,
- a growth in emissions from burnt fuel,
- an increase in noise in places with intensive traffic,
- an increase in dust nuisance.

Since 1970, when public interest initiated the formulation of technical standards for the design and operation of automobiles, many things have changed. The emissions from individual vehicles have decreased, due to radical technological innovations, by 98% compared with 30 years ago. Also noise has been reduced by a minimum of 80%. The fuel consumption of modern cars is lower by 35%, compared with 1975, and in spite of a three-times higher traffic density, the accident rate has been reduced by 35%.

In spite of these improvements:

- a) The designers of combustion engines still find new solutions to further lower fuel consumption and emissions with the development of GDI in petrol engines and TDI in Diesel engines, which are currently the most efficient thermal machines.
- b) The application of new materials — aluminum, magnesium, plastics, composites and special kinds of steel — allows the vehicle weight to be reduced substantially (in 1970 it was on average about 2000 kg, today it is 1300 kg, and in less than twenty years it will be 900 kg).
- c) Using new technologies enables manufacturers to apply new production systems (without material storage and losses). There is also a transition to platform systems and the widespread use of modules due to high-precision production, high quality and reliability, and the realization of the product in a very short time.
- d) Research and development departments look more intensively than ever before for the possibility of using different sources of fuel other than fossils — mainly natural gases, hydrogen, but they also investigate alternative drives — combinations of a combustion engine and an electric motor. The energy source for the motor is the combustion engine itself or so-called fuel cells.

1 AVTOMOBILI IN NJIHOVA IZDELAVA

Značilnost izdelave vozil določa masovna izdelava, interdisciplinarna povezanost različnih izdelovalcev in (navadno) neenakomerna razporeditev izdelovalcev širom po svetu. V l. 1990 je 423 svetovnih izdelovalcev avtomobilov, ki so imeli izdelavne kapacitete za 57 milijonov vozil, izdelali 45,7 milijonov avtomobilov. Izkoriščenost izdelavnih kapacitet je znašala 80%, vsaka izmed omenjenih tovarn pa je v povprečju izdelala v enem letu 108.000 vozil. Leta 1999 je 573 tovarn z zmogljivostjo 76,8 milijonov Enot izdelalo 56,5 milijonov avtomobilov (73-odstotna izraba zmogljivosti). Iz omenjenih podatkov lahko ocenimo, da je bilo v tem času skoraj 150 tovarn neaktivnih. Gradnja sodobnih obratov in »tovarn za 21. stoletje« mora poleg sprememb pri uporabi novih, sodobnih gradiv in izdelavnih tehnik upoštevati tudi nove stike na ravni izdelovalec – kupec. Omenjene povezave se kažejo v izbiri lokacij tovarn, ki sledijo toku gradiv in sestavnih delov, ter končne sestave agregatov in končnih izdelkov. Z letom 2006 pričakujemo, da bo kar 70 odstotkov lokalnih dobaviteljev izhajalo iz dežel zunaj Severne Amerike in Zahodne Evrope.

1 CARS AND THEIR PRODUCTION

A characteristic feature of car manufacturing is mass production, an interdisciplinary approach and large (not equally distributed) capacities. In 1990, 423 car factories with a total capacity of 57 million RMVs produced 45.7 million vehicles. The capacity efficiency was 80% (on average, the number of cars per factory was 108 000). In 1999, 573 car factories with a total capacity of 76.8 million units produced 56.5 million vehicles (73% of the capacity). We can say that hypothetically nearly 150 factories were redundant. In spite of this, more "21st century plants" are being built, rapidly changing materials make it possible to use new technologies, and a rapid change of conditions in the market requires a new concept of the relationship between producer and customer. These facts are reflected in locating production plants, the flow of the components, parts and aggregates on their way up to assembly lines. By 2006 we expect the relocation of 70% of production and assembly capacities out of North America and Western Europe.

Preglednica 2. Zasedenost, izraba in razvoj izdelovalnih zmogljivosti [6]

Table 2. Capacity, its utilisation and development [6]

Danes = svetovni delež ~ 2010 = porast v % Today = world share ~ 2010 = increase [%]	Zmogljivost os. avtom. danes Cap. PsC's today	Zmogljivost ~ 2010 Cap. ~ 2010	Izraba zmogl. '99 v % Utilisation of Cap. '99 [%]	Zmogljivost gosp. vozil danes Cap. LCV Today	Zmogljivost gosp. vozil ~ 2010 Cap. LCV ~ 2010
Evropa / Europe delež Sr. in V. Evrope share of C. and E. Europe	38,1 14,5	+ 10% + 45%	86 74	18,4 24,0	+ 10 % + 27 %
S. Amerika N. Amerika	21,9	+ 4 %	91	40,6	+ 4 %
Sr. in J. Amerika C. and S. America	5,3	+ 47%	48	3,5	+ 54 %
Azija Asia	33,1	+ 17%	74	35,9	+ 18 %
Afrika in Avstralija Africa and Australia	1,6	+ 30%	64	1,6	+ 0 %
celotne zmogl. v mio. enot /leto total cap. [mil. u./year]	50,4	+ 13%	81	18,6	+ 12 %
izraba zmogl. v l. 1999 utilisation - 1999	81 %			89 %	

2 POGOJI ZA RAZVOJ CESTNEGA
TRANSPORTA

Po splošnih napovedih se bo celotni cestni transport do leta 2020 povečal za 50%; pri tem bo znašalo povečanje prevoza z lahкими gospodarskimi vozili za 70%, količina prevoženega blaga pa bo sledila povečanju prevozov s težkimi gospodarskimi vozili. Transport s kombiniranimi in lahкими tovornimi vozili se bo po napovedih zelo povečal; pričakovati je kar 120-odstotno povečanje do l. 2020. Manjšo, 30-odstotno zvečanje transporta v istem razdobju pričakujejo za potniške prevoze z avtobusi. Pri tem seveda ne smemo pozabiti na vpliv

2 TRANSPORT TRENDS
AND CONDITIONS

By 2020, car traffic is forecast to grow by 50 %, and lorry traffic by 70% during the same period, with an increasing proportion of goods being moved by the largest vehicles. Light-van traffic is also expected to grow rapidly, with a forecast growth of 120 % by 2020. A smaller growth of 30 % in the period up to 2020 is expected in bus traffic. But the impact of vehicles on the environment need not be uncontrolled. Industry, some research institutions, national and international

povečane emisije škodljivih snovi v okolico, ki jih bo povzročila omenjena množica novih vozil. V tem pogledu so domači in mednarodni razvojnoraziskovalni inštituti ter izdelovalci vozil izvedli potrebne mere na pogonskih motorjih in gorivih, da bi omenjeni problem onesnaženja okolice zadovoljivo rešili.

V naslednjih 20. letih lahko pričakujemo v državah Srednje Evrope:

- povečanje kakovosti življenja,
 - ustrezno upravljanje z naravnimi viri,
 - povečanje uporabe izdelkov za potrebe informacijskih služb,
 - izpolnjevanje zahtev za ohranitev rasti;
- in od stroke oziroma panoge:
- široko uporabo novih načinov pogonov vozil in novih virov energije za pogon vozil: od hibridnih, preko gorivnih celic, do alternativnih goriv,
 - čimprejšnjo uporabo drugačnega bencina,
 - spodbude uporabnikom v masovnem transportu: javnemu avtobusnemu prometu, taksistom in drugim, da bi uporabili čistejša goriva,
 - spodbude k posodobitvi prometnega parka vozil. Pričakujemo pobude za zmanjšanje in rešitev problemov onesnaženja zraka v mestih in določenih mestnih četrti.

organisations, have already done much to reduce the environmental impact of motor vehicles, by cleaning up fuels and optimising vehicles.

Over the next two decades in Central European countries it is possible to expect:

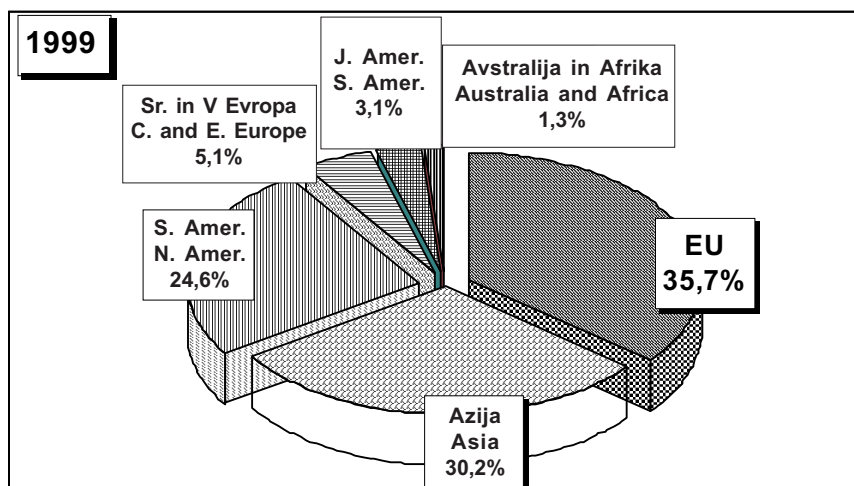
- an increase in the quality of life,
- management of living resources.
- an increase in the use of products for the information society,
- the fulfilment of conditions for sustainable growth, and from the branch site:
- a wider use of alternative power-hybrids, fuel-cells vehicles, and alternative fuels;
- the early adoption of reformulated petrol;
- new incentives might be found to encourage public-service vehicles – buses, taxis – to use cleaner fuels;
- and rapid car-fleet innovation trends. We expect more urban-zone works for the planning of areas, and local phenomenon – air pollution from traffic – to be solved.

3 SKLEP

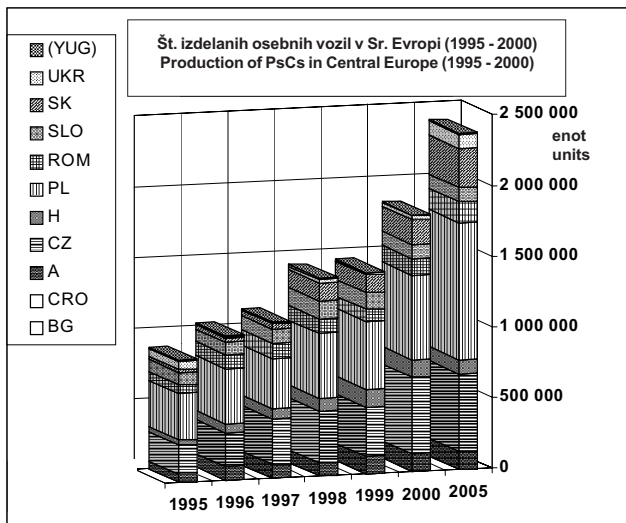
Razvoj transporta po cestah je v 20. stoletju spremenil naše življenje. Gibanje milijonov ljudi je svobodnejše, povečala se je njihova mobilnost. V razvitih državah ima dve tretjini gospodinjstev lastni avtomobil. Avtomobilski promet se bo po napovedih povečeval, ker bodo ljudje premožnejši, dejavnejši, živeli bodo dlje, število članov družine pa se bo tudi povečalo. Tudi v državah Srednje Evrope bodo omenjeni trendi v naslednjih 10 do 15 letih pomembni za doseganje boljših ekonomskih razmer, razvoju infrastrukture in izrabljanju prednosti, ki jih ponuja večja mobilnost.

3 CONCLUSION

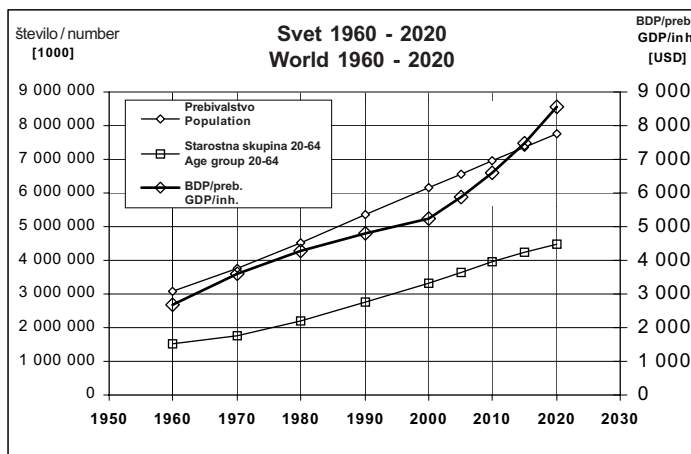
Road transport has transformed people's lives in the twentieth century. It has brought greater freedom, convenience and mobility to hundreds of millions. In the developed countries two thirds of households own a car. Traffic is forecast to increase, principally because people are expected to become richer and enjoy longer lives, economic activity will increase, and households will become more numerous. In Central European countries the next 10–15 years are maturity question in this matter. To be able, together with all Europeans, to prepare a better economic environment, infrastructure and reap the benefit of mobility.



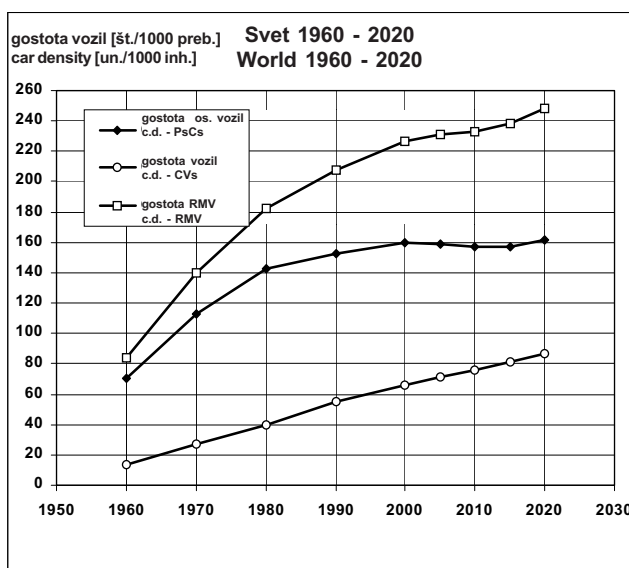
Sl. 1. Deleži svetovne izdelave osebnih avtomobilov v letu 1999 [6]
 Fig. 1. Share of zone by 1999 production of PsCs [6]



Sl. 2. Predvideni deleži števila izdelanih osebnih avtomobilov v nekaterih evropskih državah do 2005
 Fig. 2. PsCs production by selected countries to 2005



Sl. 3. Gospodarski razvoj in povečanje svetovnega prebivalstva v letih 1960 do 2020
 Fig. 3. Economic development and population – 1960 to 2020



Sl. 4. Povečanje gostote vozil v svetu za obdobje 1960 do 2020); upoštevano je prebivalstvo med 20. in 64. letom starosti
 Fig. 4. Auto-mobility by world – 1960 to 2020 (20 to 64 age group)

4 REFERENCES

4 LITERATURA

- [1] Oren, E.C. (1997) Automotive materials & technologies. In.: *ISS 39th Mechanical Working and Steel Processing Conference*, Indianapolis.
- [2] Lešinský, J. (1998) Significants by automobilization of Slovakia. In.: *Proceedings of 1998 FISITA World Automotive Congress*, F98S195, Paris, CD-ROM, Titus Consulting.
- [3] Keoleian, G. A., K. Kar, M.M. Manion, J.W. Bulkley (1997) Industrial ecology of the automobile - A life cycle perspective. *SAE, Warrendale, USA*, ISBN 1-56091-985-X.
- [4] Lešinský, J., M. Pokorný (1998) Possibilities to reduce exhaust emissions of road motor vehicles in Slovakia. *SAE Paper No. 98 2215, Total Life Cycle Conference and Exposition*, Graz..
- [5] Riley, R.Q. (1994) Alternative cars in the 21st century. *SAE, Warrendale, USA*, ISBN 1-56091-519-6.
- [6] Reports of FISITA, JAMA, VDA, AIA SR, OICA & Automobile Revue, JA.
- [7] Nakamura, H. (1997) Challenge to the automobile of the global environment. In.: *Proceedings of the IPC-9*, Keynote speeches, Nusa Dua, Bali, ISBN - 979 - 95334 - 0 - 6.
- [8] Lešinský, J. (1997) Automobil and the environment in the next decade. In.: *Proceedings of 38 th International Petroleum Conference*. p. C.4-1-C.4-10, Slovnaft VÚRUP, Bratislava.
- [9] Collective (1996,1997,1998, 1999) 17., 18.,19. Internationales Wiener Motorensymposium, Wien, *VDI Verlag*, Berichte VDI Nr.267, Nr.306, Nr.348, Nr.420, ISBN 3-18-334812-8.
- [10] Grunau, P. (1998) „The global automotive industry - incl. C. & E. Europe - in transition“. Keynote speech on Workshop „World Automotive Industry and Our Zone“ by *MEKO-AUTO '98*, org. SAITS, Vyhne.
- [11] Lešinský, J. (1999) Automobilization of Central Europe countries & trends. In.: *Proceedings of IAT'99*, IAT99 2068, Nova Gorica, ISSN 1408 - 1678, ISBN 961-6238-17-5.
- [12] Lešinský, J. (1999) Slovak fleet of car progress. In.: *MOT, Bratislava*, 4/99, ISSN 1210-2083.
- [13] Lešinský, J. (1999) Motoring and its requirements to metal forming products for 21st century. In.: *Acta Metallurgica Slovaca*, 5, ISSN - 1335 - 1532.
- [14] Koogh, P. van der (1999) Automotive industry trends, economy and technology. *Workshop of SAITS*, Bratislava.

Avtorjev naslov: prof.dr. Ján Lešinský
Tehnična univerza
Nám. slobody 17
SK 812 31 Bratislava
Slovaška

Author's Address: Prof. Dr. Ján Lešinský
University of Technology
Nám. slobody 17
SK 812 31 Bratislava
Slovak Republic

Prejeto: 14.11.2001
Received:

Sprejeto: 7.12.2001
Accepted:

Krmiljenje temperature hladilne vode motorja z notranjim zgorevanjem v preskuševališču

Control of the Cooling-Water Temperature for an Combustion Engine on a Test Stand

Gorazd Bombek - Aleš Hribernik

V prispevku je predstavljena rešitev problema s hlajenjem motorja, ki se je pojavil, ko smo preskušali tekočinsko hlajeni motor v preskuševališču za zračno hlajene motorje z notranjim zgorevanjem. Vgradili smo toplotni prenosnik voda-voda in mešalni ventil s pogonom. Krmiljenje odprtja mešalnega ventila in s tem temperature hladilne vode je bilo izvedeno z računalnikom, ki smo ga uporabili tudi za zbiranje podatkov o preskušanju. Sistem je bil preskušen v laboratoriju in omogoča nastavitve želene temperature hladilne vode na vstopu v motor, neodvisno od režima delovanja motorja.

© 2001 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

(Ključne besede: motorji ZNZ, hlajenje motorjev, voda hladilna, regulacija temperature)

The solution to an engine-cooling problem, which occurred during the testing of a water-cooled internal combustion engine in a test stand for air-cooled internal combustion engines, is presented in this article. A water-to-water heat exchanger and a control valve were incorporated into an existing engine-cooling system. The cooling-water temperature was controlled with a computer, which was also used for the data acquisition. The system was tested in the laboratory and allows to set the cooling-water temperature regardless of the operating regime of the engine.

© 2001 Journal of Mechanical Engineering. All rights reserved.

(Keywords: internal combustion engine, engine cooling, cooling water, temperature regulation)

0 UVOD

Pri preskušanju vodno hlajenih motorjev z notranjim zgorevanjem v preskuševališču za zračno hlajene motorje smo naleteli na problem. Izkazalo se je, da masni tok zraka preko hladilnika motorja ne zadošča za hlajenje. Tudi uporaba dodatnega ventilatorja razmer ni bistveno izboljšala. Najti je bilo treba rešitev, ki bi omogočala zanesljivo in učinkovito hlajenje motorja.

Preskuševališče je opremljeno z absorpcijsko zavoro na vrtnične tokove, s katero obremenjujemo motor. Mehanska energija se pri tem spreminja v toploto, ki jo je treba prek hladilnega sistema odvesti v okolico. Zmogljivost hladilnega sistema je dovolj velika, da zadošča tudi za hlajenje motorja. Tehnično najmanj zahtevna bi bila neposredna vezava hladilnega kroga motorja na zunanji hladilni sistem. Ta rešitev ni bila primerna, ker v hladilnem krogu motorja uporabljamo destilirano vodo, v zunanjem hladilnem krogu pa mehčano. Naslednja težava je dejstvo, da deluje hladilni sistem motorja pod majhnim nadtlakom (zaprti sistem), medtem ko je

0 INTRODUCTION

While testing a water-cooled internal combustion engine in a test stand designed for air-cooled engines we encountered a problem. It was clear that the air-flow through the original car radiator was insufficient for effective cooling of the engine, and the use of an extra fan did not improve the situation significantly. A solution had to be found that would allow the efficient and reliable cooling of the engine.

The test stand is equipped with an eddy-current dynamometer, which is used for setting an external load. During testing the mechanical energy of the engine is converted into heat, which has to be transferred from the test stand, and therefore a cooling system for the engine dynamometer was necessary. The capability of the dynamometer-cooling system is high enough to allow to cool an engine too. Technically, the least demanding solution would be the direct connection of both cooling systems. But this solution is not appropriate for various reasons. The engine-cooling system uses distilled water, while the dynamometer-cooling system uses softened water. Another problem is that the pressure in the engine-cooling system is a little higher than atmospheric pressure

zunanji hladilni sistem odprtega tipa. Kot najboljša rešitev se je pokazala vgradnja toplotnega prenosnika, s katerim smo ločili oba hladilna kroga.

1 IZBIRA IN VGRADNJA TOPLOTNEGA PRENOSNIKA IN MEŠALNEGA VENTILA

Motorska zavora omogoča preskušanje motorjev z močmi do 150 kW, kar pomeni, da bo približno takšen tudi največji toplotni tok, ki ga bo treba odvesti s hladilno vodo. Vgradili smo ploščni toplotni prenosnik Ipros, ki se uporablja v ogrevalni tehniki in ima moč 150 kW. Pri namestitvi toplotnega prenosnika smo izbirali med več možnostmi. Toplotni prenosnik bi bilo mogoče vgraditi namesto hladilnika motorja. Prednost le tega bi bila, da bi nekoliko spremenili tlačne padce v hladilnem sistemu motorja, pomanjkljivost pa, da bi lahko prišlo do pregrevanja motorja, če krmiljenje hlajenja ne bi zadovoljivo delovalo. Zato smo se odločili za zaporedno vezavo. Toplotni prenosnik smo vgradili pred hladilnik. S takšno namestitvijo lahko hladilnik še vedno uporabimo za hlajenje, če krmiljenje ne deluje zadovoljivo. Če je temperatura hladilne vode na vstopu v hladilnik dovolj nizka, da ne pride do vklopa ventilatorja na hladilniku, ima hladilnik majhen vpliv na temperaturo hladilne vode na vstopu v motor. Vgradnja toplotnega prenosnika zahteva tudi izvedbo sistema, ki bo omogočal krmiljenje temperature hladilne vode. Toplotni prenosnik je vezan tako, da sta hladilna voda motorja in zunanja hladilna voda nasprotnosmerni. To pomeni, da bi v primeru, če bi usmerjali celotni masni tok hladilne vode motorja skozi toplotni prenosnik, bila temperatura hladilne vode motorja na izstopu iz toplotnega prenosnika in s tem na vstopu v motor približno enaka temperaturi zunanje hladilne vode. To je za delovanje obremenjenega motorja nezaželeno, ker naj bi temperatura hladilne vode na vstopu v motor pri obremenjenem motorju znašala približno 85 do 90 °C. Zato smo uporabili mešalni ventil, s katerim je mogoče z ustreznim odprtjem nastaviti delež hladilne vode motorja, ki ga je treba hladiti, da bo temperatura na primernem mestu ustrezala željeni. Vgradnja toplotnega prenosnika, mešalnega ventila in lega merilnih točk so predstavljeni na sliki 1.

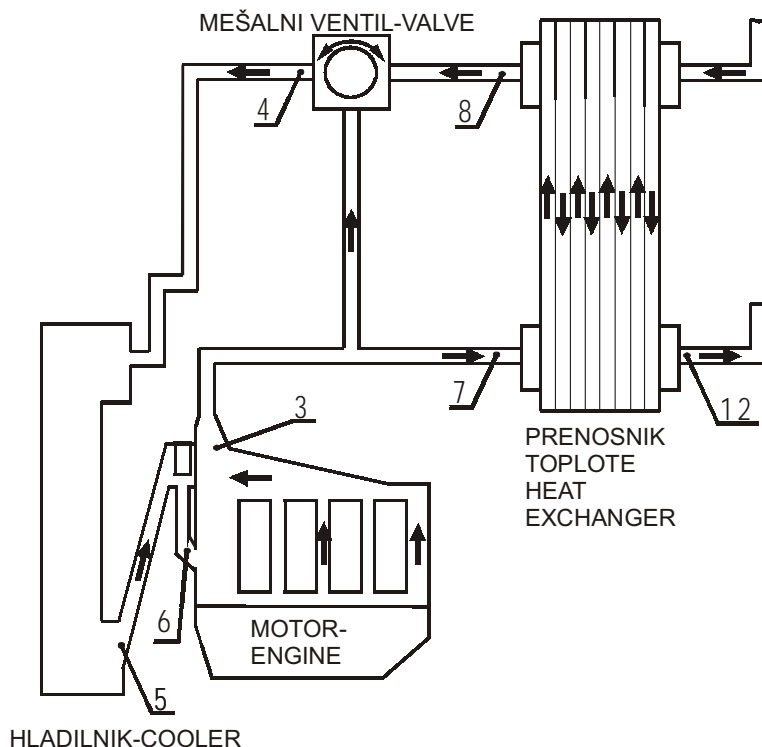
Ker je toplotna vztrajnost motorja dovolj velika, smo izbrali običajni mešalni ventil, ki se prav tako uporablja v ogrevalni tehniki. Izbrali smo tripotni mešalni ventil ESBE 3 G 50. Ta ventil ustreza pričakovani toplotni moči in potrebuje za pogon navor 5 Nm. Tak navor zagotavlja pogonski elektromotor Seltron MP 15. Elektromotor ima največji zasuk 90° in vgrajeni končni stikali v obeh skrajnih legah. Napaja se z napetostjo 230V. Običajni elektromotor potrebuje za polni tek 360 sekund. Z zamenjavo tuljave pa smo ta čas skrajšali na 60 sekund.

(closed system), while the dynamometer-cooling system pressure is equal to atmospheric pressure (open system). The use of a heat exchanger which physically separates both cooling systems, was found to be the best solution.

1 SELECTING AND BUILDING THE HEAT EXCHANGER AND THE CONTROL VALVE

The engine dynamometer allows to test engines with rated powers up to 150 kW, which means that the maximum cooling flux for an engine would be approximately the same. We used on Ipros plate water-to-water heat exchanger with a power of 150 kW that is used in heating installations. There were several possibilities for incorporating the heat exchanger into the engine-cooling system. For example, the car radiator could be replaced with a heat exchanger. The advantage of this solution is a relatively small change in the hydraulic resistance of the cooling system. However, the disadvantage is that the existing radiator provides back up if control of the cooling-water temperature fails. For this reason the heat exchanger was built in ahead of the car radiator, with the heat exchanger and car radiator placed one after another. In this way the radiator could still be used as a backup, and while the fan was switched off it had a negligible effect on the cooling-water temperature. The fan was switched off, if the cooling-water temperature was not too high. The disadvantage of this set up was the increase of the hydraulic resistance. The use of a heat exchanger also required a system to control the temperature of the cooling water. Since the engine cooling water and the external cooling water in the heat exchanger stream in opposite directions, it is possible (if the whole stream of engine cooling water is directed through the heat exchanger) for the engine cooling water to reach the temperature of the external cooling water. That means that the cooling-water temperature can be much lower that required (approximately 85 to 90°C) on its re-entry to the engine. This is why a control valve was built in to control the amount of cooling water to be directed into the heat exchanger so as to reach the desired temperature in a reference position. The heat exchanger, the control valve and the positions of the thermocouples are shown in Figure 1.

Because the heat capacity of the engine was high enough, a standard ESBE 3 G 50 3-way control valve was chosen, this type of valve is also used in heating installations. This valve was matched to the desired power and required an actuator; a Seltron MP 15 standard actuator was chosen. The valve had a maximum angle of rotation of 90°, and had end switches on both ends. It required 230 VDC to operate and needed 360 seconds for a full turn. We modified the actuator to shorten the time for a full turn to 60 seconds.



Sl. 1. Shematični prikaz hladilnega sistema
Fig. 1. Scheme of the cooling system

2 RAČUNALNIŠKO PODPRTO ZBIRANJE PODATKOV IN KRMILJENJE TEMPERATURE HLADILNE VODE

Pri preskušanju motorjev si prizadevamo, da čim bolj poznamo razmere, v katerih izvajamo preskuse. V ta namen imamo v hladilnem sistemu, preskuševališču in samem motorju nameščene termoelemente (namestitvena mesta so prikazana na sliki 1). Termoelementi so vezani na sistem za zbiranje podatkov, ki skrbi za zapisovanje temperaturnih razmer v preskuševališču. Prav tako sistem za zbiranje podatkov zapisuje tudi vrtilno frekvenco in navor motorja. Pri izdelavi sistema za podporo hlajenja smo poleg dovolj učinkovitega hlajenja imeli v mislih tudi možnost nastavljanja želene temperature na vstopu v motor kakor tudi čim boljše ujemanje dejanske in želene temperature vode na vstopu v motor. Za ta namen je bilo treba izdelati računalniški program, ki bo omogočil dovolj natančno krmiljenje.

Popis razmer, ki vladajo v hladilnem krogu motorja, je težaven. Črpalka za hladilno vodo je vezana na ročno gred motorja. Tako se vrtilna frekvenca črpalke spreminja s spreminjanjem vrtilne frekvence motorja, s tem pa tudi masni tok hladilne vode. Toplotni prenosnik je bilo treba vezati v hladilni krog (prav tako so bile potrebne določene prilagoditve pri vezavi hladilnika), kar je pomenilo uporabo kolen in določene razširitve in zožitve napeljave hladilne vode. Z namenom, da bi zmanjšali prenos vibracij, smo na nekaterih mestih uporabili tudi gumijaste cevi. Iz naštetega lahko, z upoštevanjem dejstva, da nimamo na voljo informacije o kotu odprtja mešalnega

2 COMPUTER-AIDED DATA ACQUISITION AND CONTROLLING THE COOLING-WATER TEMPERATURE

It is important to monitor the events that occur during engine testing. Therefore, several thermocouples were placed in the cooling system, the test stand and the engine (see Figure 1). The thermocouples were connected to the data-acquisition system, which automatically stored temperature data on the disk. The same system also acquires data relating to engine speed and torque. In addition to the effectiveness of the cooling system, the possibility of setting the temperature of the cooling water and to keep the temperature as close as possible to the set value was considered during the development of the system. A computer algorithm had to be developed to control the cooling-water temperature.

It is difficult to describe the exact conditions in a cooling system during the operation of an engine. The water pump is connected to the engine shaft and therefore the coolant flow changes with the engine speed. Some changes had to be made to build in the heat exchanger. Consequently, some restrictions and angles were introduced to the cooling system of the engine. To reduce the vibrations some pipes were made from rubber. Considering everything mentioned above and the fact that neither the

ventila, povzamemo, da želene temperature hladilne vode ne moremo zagotoviti z načelom krmiljenja (določitev ustreznega odprtja glede na vstopne parametre). Zato smo se odločili za načelo krmiljenja s povratno zvezo. V tem primeru je bilo treba izbrati mesto, na katerem smo merili primerjalno temperaturo. V primeru, da je temperatura v primerjalni točki različna od zelene, računalnik sproži postopek, ki ustrezno prilagodi odprtje mešalnega ventila. Za primerjalno mesto je mogoče izbrati katerokoli mesto v hladilnem krogu motorja za mešalnim ventilom. V našem primeru smo poskusili z obema skrajnima točkama (4 in 6 na sliki 1). Izkazalo se je, da je bolj ugodna točka številka 4, ker potuje voda od mešalnega ventila do točke manj časa (krajši mrtvi čas), pa tudi mešanje je dovolj dobro, da je izmerjena temperatura reprezentativna.

2.1 Strojna oprema

Računalniški sistem za zbiranje podatkov, ki ga uporabljamo v laboratoriju, je sestavljen iz večfunkcijske kartice AT-MIO-16E-2 in sistema za pripravo signalov. Tako za zbiranje analognih napetostnih signalov uporabljamo modul SCXI-1140, za zbiranje termoelektričnih napetosti modul SCXI-1102, imamo pa tudi modul SCXI-1124, ki omogoča dostop do analognih izhodnih signalov, in pa modul SCXI-1161, ki vsebuje 8 relejev in omogoča preklapljanje napetosti. Večfunkcijska kartica je nameščena v osebni računalnik, moduli pa v okrovu SCXI-1000. Vsa omenjena oprema je izdelek National Instruments. Odločili smo se, da bomo zbirali podatke o delovanju motorja (signale za vrtilno frekvenco in navor smo odvzeli iz motorske zavore in dovedli na modul SCXI-1140), temperaturah (termoelementi so vezani na SCXI-1102), krmiljenje odprtja mešalnega ventila pa bomo izvedli z releji v modulu SCXI-1161.

2.2 Programska oprema

Za pisanje programov uporabljamo programski paket LabVIEW, ki je prav tako izdelek podjetja National Instruments. Programiranje se izvaja grafično, kar omogoča dobro preglednost programov. Delovanje programa je predstavljeno na sliki 2.

Celoten program, se odvija v pogojni zanki. Najprej se določi trenutni čas iteracije. Nato se zberejo napetosti na termoelementih in spremenijo v temperaturo. Algoritem za spremembo napetosti v temperaturo je vgrajen v programu LabVIEW, prav tako pa oprema omogoča tudi merjenje in kompenzacijo temperature hladnega člena. Izračuna se razlika med dejansko in zeleno temperaturo na primerjalnem mestu. Glede na predznak razlike se preklopi rele R1 (odpiranje ali zapiranje mešalnega ventila). Glede na absolutno vrednost razlike pa se izračuna potreben čas vrtenja mešalnega ventila:

control valve nor the actuator allows us to know the exact position of the valve there was only one way to solve the problem; we had to develop a temperature feedback control system. We chose a reference point, and if the actual reference temperature was too high or too low then the computer-based algorithm made an adjustment to the control-valve opening. Every measuring point downstream of the control valve could be selected as a reference point. We experimented with the points directly after the control valve and just before the engine (points 4 and 6 in Figure 1). Point 4 gave us better results because the water takes less time to reach this point (shorter time delay).

2.1 Hardware

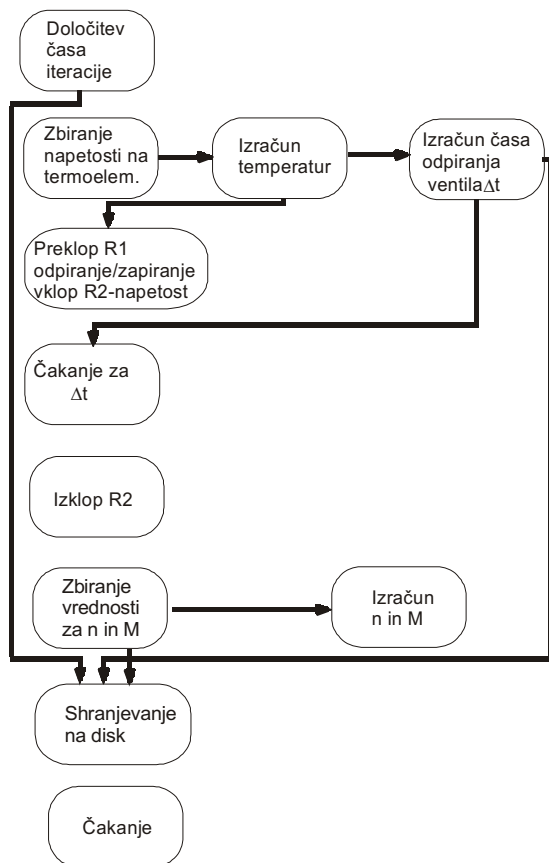
The computer-based data-acquisition system used in our laboratory consists of a multifunction Daq card AT-MIO-16E-2 and signal-conditioning modules. For the acquisition of analog voltage signals we use a SCXI-1140, the thermocouples are connected to a SCXI-1102. SCXI-1124 (access to analog output signals) and SCXI-1161 (8 power relays) modules are also placed in a SCXI-1000 chassis and can be used for control purposes. The equipment is produced by National Instruments. We decided to measure engine speed, torque (voltage signals were taken from engine dynamometer and connected to the SCXI-1140) and temperatures (thermocouples were connected to the SCXI-1102). Relays in the SCXI-1161 were used for the control valve.

2.2 Software

An algorithm was developed graphically using the LabVIEW Program, which gives us good transparency of programming. The flow-chart is presented in Figure 2.

The whole program is placed in a while loop. First, the running time of an iteration is determined, after this the thermocouple voltages are acquired and converted to temperature. The conversion algorithm is included in LabVIEW. The cold-junction compensation is also supported in the software and hardware. The difference between the actual temperature and the set-point value is calculated, if the actual temperature is higher than desired then R1 selects opening of the control valve and vice versa. According to the absolute value of the difference, the time of the power supply and consequently the rotation time of the control valve is calculated :

$$\Delta t = k \cdot |T_{dej} - T_{ciljni}| \quad (1),$$



Sl. 2. Delovanje programa

pri čemer je k koeficient, ki ga je mogoče spreminjati, najboljše rezultate za obravnavani motor pa dobimo pri vrednosti za k med 0,15 in 0,2.

Sledi vklop releja R2 za napajanje servomotorja. Po preteku časa Δt se rele R2 izklopi, s čimer se doseže želena sprememba odprtja mešalnega ventila. Ker potrebuje voda določen čas, da pripotuje iz mešalnega ventila do primerjalnega mesta, je treba ta čas upoštevati tudi v programu. Zato se čas po končani spremembi odprtja mešalnega ventila porabi za zbiranje podatkov o delovanju motorja in shranjevanje podatkov o motorju in temperaturah na disk. V primeru, da pride do nestabilnosti krmiljenja, pa je mogoče izvesti še dodatno čakanje na koncu iteracije, kar izboljša ponovljivost, v tem času pa je mogoče sistem uporabiti za zbiranje dodatnih parametrov o delovanju motorja (poteki tlakov v polnilnem kanalu, valju, signali iz elektronike motorja itn.)

Uporabljena oprema za zbiranje podatkov omogoča zbiranje do 32 temperaturnih signalov. V našem primeru smo temperaturo merili v 13 točkah.

3 REZULTATI

Delovanje sistema smo preskusili na motorju Renault J7T 706. Osnovni podatki o motorju so podani v preglednici 1.

Pri tem smo nastavili ročico za plin v določeno lego in pri tej legi na motorski zavori

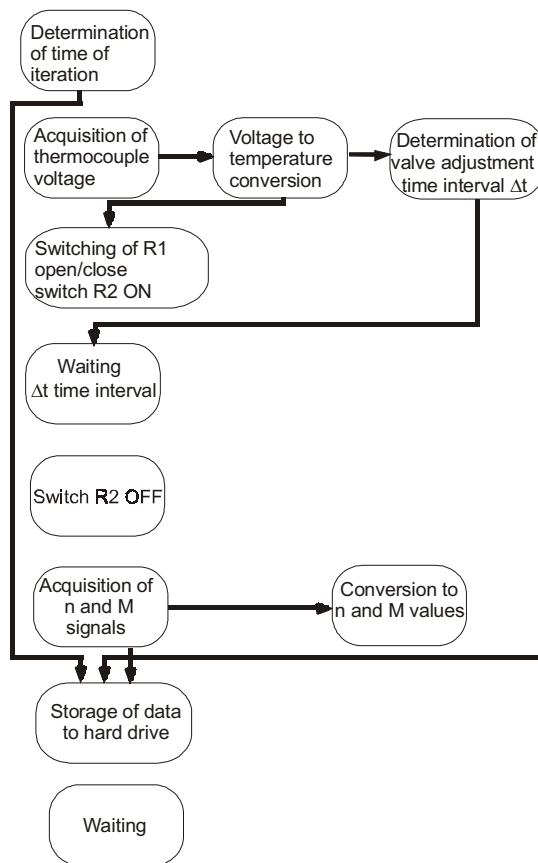


Fig. 2. Flow-chart of a program

where k is a parameter which can be adjusted. The best results were achieved with values of k between 0.15 and 0.2.

Relay R2 switches the power on. After the calculated time interval the power is switched off and an adjustment to the control-valve position is completed. Because it takes some time for the water to reach the measuring point, this time must be considered in the control algorithm. We also used this time for acquiring the engine torque and speed as well as storage of data to the disk. If the control becomes unstable or other signals have to be acquired it is possible to increase the waiting time and use it for acquiring other parameters (pressures in the intake manifold, valve, signals from engine electronics, etc.).

The equipment can acquire up to 32 thermocouple signals. In our case 13 thermocouples were used.

3 RESULTS

The system was tested on Renault J7T 706 engine, the engine characteristics are summarised in Table 1.

The throttle valve was fixed in a certain position and the engine speed was set to maximum.

Preglednica 1. Podatki o motorju Renault J7T 706

Table 1. Renault J7T 706 engine specifications

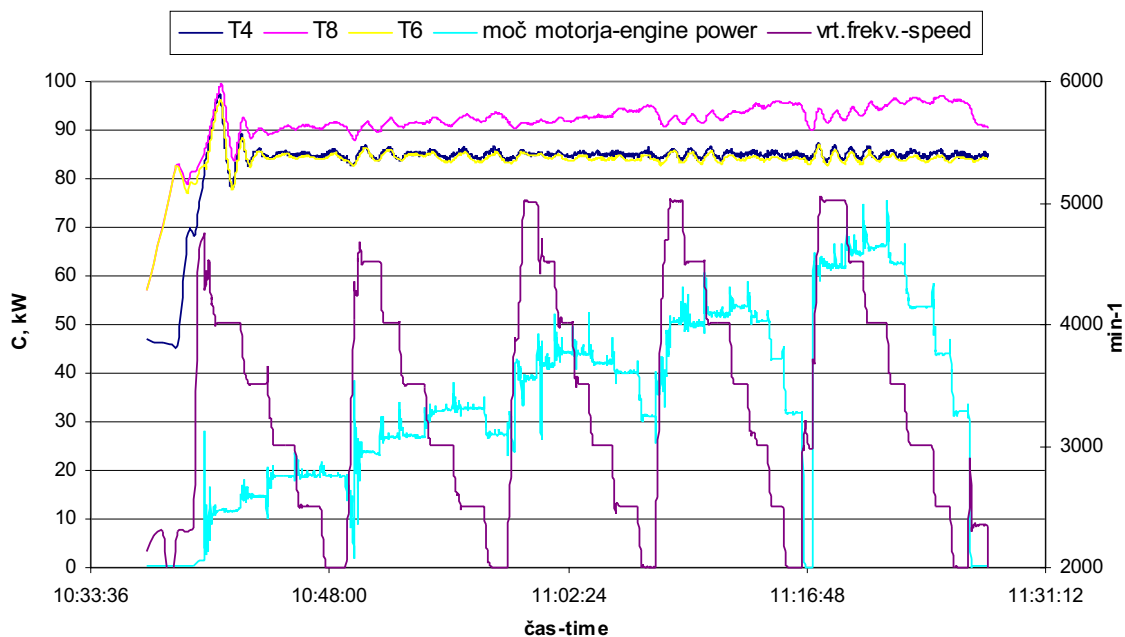
število valjev number of cylinders	4
največja moč rated power	75 kW
prostornina displacement	2200 ccm
gorivo fuel	bencin/petrol

spreminjali nastavljeno vrtilno frekvenco motorja v mejah od prostega teka motorja do vrtilne frekvence motorja 2000 min^{-1} s korakom po 500 min^{-1} . Ko smo dosegli vrtilno frekvenco 2000 min^{-1} , smo nekoliko dodali plin in ponovili postopek. Pri tem smo dosegli največjo moč motorja 65 kW in največjo vrtilno frekvenco motorja 5000 min^{-1} . Tako smo popisali zelo široko delovno območje, v katerem so se tudi močno spreminjale razmere v hladilnem sistemu motorja, tako zaradi sprememb toplotnega toka, ki s hlajenjem prehaja na hladilno vodo (sorazmerno moči motorja), kakor tudi zaradi spremembe pretoka (sorazmerno vrtilni frekvenci motorja). Potek temperatur v hladilnem sistemu in trenutna moč motorja sta prikazana na sliki 3. Konice poteka moči so posledica trenutnega povečanja obremenitve na zavori, do katerih pride pri spremembi vrtilne frekvence motorja.

Razvidno je, da sistem omogoča dobro ujemanje dejanske temperature na primerjalnem mestu z nastavljeno (85°C) ne glede na spremembo moči motorja in s tem povezano spremembo temperature vode na izstopu iz motorja, kakor tudi glede na spremembe

By changing the dynamometer load torque, the engine speed was reduced in 500-rpm steps until it reached 2000 rpm. The throttle valve was fixed in another position and the procedure was repeated. During the testing the engine power varied from 65 kW to 0 kW and the speed varied between 5000 rpm and 2000 rpm. The temperature-control algorithm was tested over a wide working range of the engine. During testing, parameters like heat flux (proportional to engine power) and cooling-water flow (proportional to engine speed) changed significantly. Temperatures of the cooling water at different positions in the cooling system are presented in Figure 3 together with engine power and speed. Peaks in the curve representing the engine power were caused by a sudden increase in the torque when the engine speed was reduced.

From Figure 3 we can make some more conclusions. The system gave us good agreement between the actual and desired (85°C) temperatures at the reference position, regardless of the engine speed and the power changes. The increase in the



Sl. 3. Potek temperature hladilne vode in moči motorja med preskušanjem
Fig. 3. Temperatures in the cooling system and engine power during testing

masnega toka hladilne vode, ki so posledica spremembe vrtilne frekvence motorja. Zvišanje temperatur na začetku testiranja je posledica popolnega zaprtja mešalnega ventila na začetku testiranja. V trenutku, ko termostatski ventil spusti vodo iz motorja v hladilni sistem, pride do skokovite spremembe temperature hladilne vode in krmiljenje potrebuje nekaj časa, da ustrezno prilagodi odprtje mešalnega ventila. Ko se razmere ustalijo, je krmiljenje dovolj hitro in dovolj stabilno, da zadrži temperaturo hladilne vode znotraj območja ± 2 °C od želene temperature ne glede na spremembo moči motorja in njegove vrtilne frekvence. Razlika med temperaturama T4 (na vstopu v hladilnik) in T6 (na vstopu v motor) je približno 1 °C, iz česar je mogoče sklepati o toplotnem toku hlajenja pri izklopljenem ventilatorju.

Zapisovanje temperatur in podatkov o delovanju motorja poteka avtomatično, kar razbremeni osebo, ki izvaja preskušanje. Sistem se da z manjšimi spremembami (faktor k v enačbi (1)) uporabiti pri testiranju drugih vodno hlajenih motorjev.

temperatures at the beginning of the test is the result of a closed control valve. At the moment when water is released from the engine to the cooling system (opening of the thermostatic valve), the temperatures in the cooling system change suddenly and the system needs some time to react. After stabilisation, the system is capable of maintaining the temperature to within ± 2 °C, regardless of engine power and speed changes. The difference between the temperatures T4 and T6 is approximately 1 °C, from which we can estimate the cooling power of the car radiator with its fan switched off.

Using this procedure we have acquired the temperatures, the engine speed and the power automatically. This is useful because the number of staff performing the test can be reduced. The system was (with some modifications to parameter k) successfully used for testing other water-cooled engines as well.

Naslov avtorjev: mag. Gorazd Bombek
dr. Aleš Hribenik
Univerza v Mariboru
Fakulteta za strojništvo
Smetanova ulica 17
2000 Maribor

Authors' Address: M.Sc. Gorazd Bombek
Dr. Aleš Hribenik
University of Maribor
Faculty of Mechanical Eng.
Smetanova ulica 17
2000 Maribor, Slovenia

Prejeto: 6.8.2001
Received:

Sprejeto: 7.12.2001
Accepted:

Računalniško obvladovanje kakovosti v avtomobilski industriji

Computer-Supported Quality Control in the Automotive Industry

Drago Metljak - Alojzij Sluga

Predstavljen je sistem računalniško podprtega spremljanja proizvodnje in obvladovanja kakovosti v verigi dobaviteljev v avtomobilski industriji. Opisan je standardiziran splošen model tovarne z najpomembnejšimi poslovno-proizvodnimi funkcijami in v tem okviru tudi funkcije sistema računalniško podprte kakovosti (RPK - CAQ). Poudarek je dan na opisu modela merjenja in obvladovanja procesov in izdelkov, obvladovanja neskladnosti in sistemskega uvajanja izboljšav. Za ponazoritev sta prikazana dva primera uspešne uporabe sistema RPK.

© 2001 Strojniški vestnik. Vse pravice pridržane.

(Ključne besede: obvladovanje kakovosti, CAQ, zasledovanje proizvodnje, QS9000)

We present a computer-supported system for monitoring and quality control in a supply chain in the automotive industry. A standardized general model of a factory revealing the structure of the important business and manufacture functions, including functions of the CAQ (computer-aided quality) system, is defined. Within the model there is an emphasis on (1) the measurement and control of processes and products, and (2) the management of nonconformities and systematic corrective and preventive action and continual improvement. For illustration, two case studies of successful CAQ-system implementations are demonstrated.

© 2001 Journal of Mechanical Engineering. All rights reserved.

(Keywords: quality control, CAQ, production monitoring, QS9000)

0 UVOD

Podjetja, vključena v verigo dobaviteljev v avtomobilski industriji, so z vidika obvladovanja kakovosti pod nenehnim pritiskom svojih odjemalcev. Po eni strani jim narekuje tempo sama standardizacija kakovosti, še bolj pa po drugi strani stopnjujejo pritisk vedno večje zahteve za kakovost in krajšanje dobavnih rokov, ki jih določajo odjemalci. Povsod je opazna zahteva po zmanjševanju stroškov, tako proizvodnih kakor stroškov zaradi kakovosti in še posebej zaradi nekakovosti.

Sodoben proizvodni postopek mora biti kar najbolj prilagodljiv, hitro se mora odzivati na poslovne postopke. Organizacija postaja vse bolj prožna, segmenti proizvodnega postopka dobivajo večjo samostojnost ukrepanja in pripadajočo odgovornost. Vse bolj se v proizvodni postopek vključujejo dobavitelji. Povezave dobavitelj - odjemalec so vse bolj mednarodne, srečujemo se z zahtevami, ki jih postavljata metodologiji zagotavljanja kakovosti ISO 9001 in še bolj QS 9000 s svojimi zahtevami po vnaprej opredeljenih postopkih in njihovem doslednem izvajanju, protokoliranju itn. Te in podobne probleme

0 INTRODUCTION

Companies that are part of the supply chain in the automotive industry are under constant customer pressure from the point of view of quality management and control. The pace of quality control is imposed by quality standardization from one side, and the stringent requirements regarding quality and shorter lead times imposed by customers on the other. Particular requirements to cut the costs of production, of improve and detect failures are present.

Modern production processes must become more flexible and be able to react to business processes. Organization is becoming more flexible, and the key segments of the production process are gaining more autonomy when it comes to decision making, and responsibility is being adequately redistributed. More and more suppliers are being included in the production process and customer-supplier chains and relationships are becoming more international. The requirements arising from quality assurance methodology as defined by ISO 9000 and QS 9000, in terms of well-defined processes, consistent opera-

je mogoče učinkovito premagovati le z uvajanjem računalniške podpore kakovosti, opisane v nadaljevanju.

Eden izmed pomembnih vidikov v verigi avtomobilске industrije je uvajanje tehnologije RPK, ki je zaradi svoje zapletenosti zahteven projekt.

1 ANALIZA POSTOPKOV PODJETJA

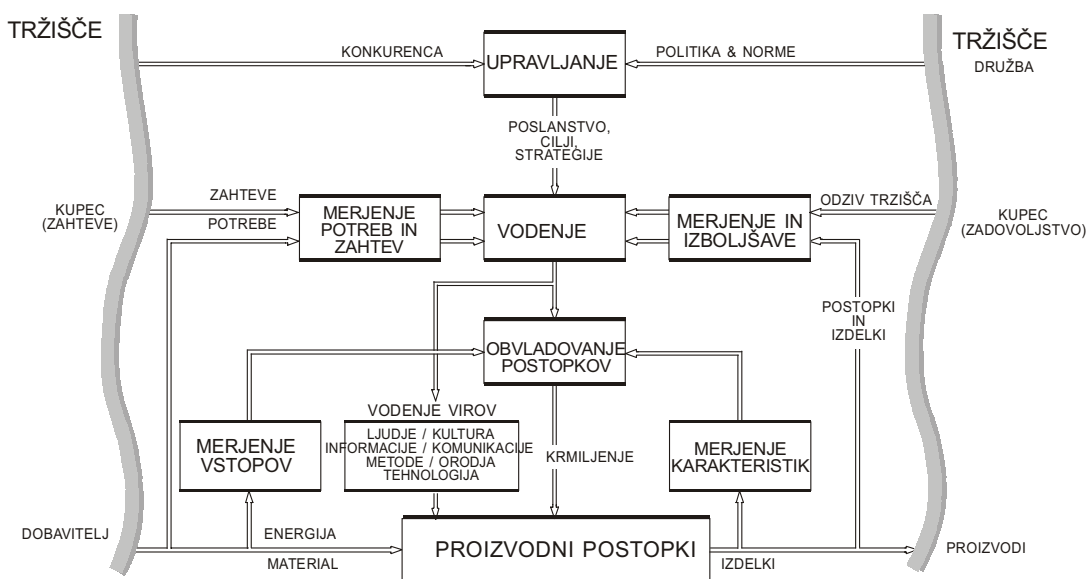
Da bi se lahko dobro pripravili na uvajanje računalniškega spremljanja proizvodnega postopka in kakovosti, moramo najprej dobro proučiti poslovne in proizvodne postopke, ki jih želimo podpreti. To najlaže naredimo, če si podjetje ponazorimo kot model, na katerem analiziramo posamezne poslovne in proizvodne postopke.

tions and recording in protocols are the basis for these chains. These issues can only be effectively managed by computer-aided quality operations.

The important issue for the customer-supplier chain is the introduction of CAQ technology, which, due to its complexity, is an exacting project.

1 AN ANALYSIS OF COMPANY PROCESSES

In order to have a sound basis for the introduction of a computer-supported system for monitoring and quality control one first has to carry out a thorough analysis of the business and production processes. It is probably best if we illustrate the enterprise as a model in which the business and production processes are analyzed. The objective of the analysis



Sl. 1. Model upravljanja proizvodnega podjetja

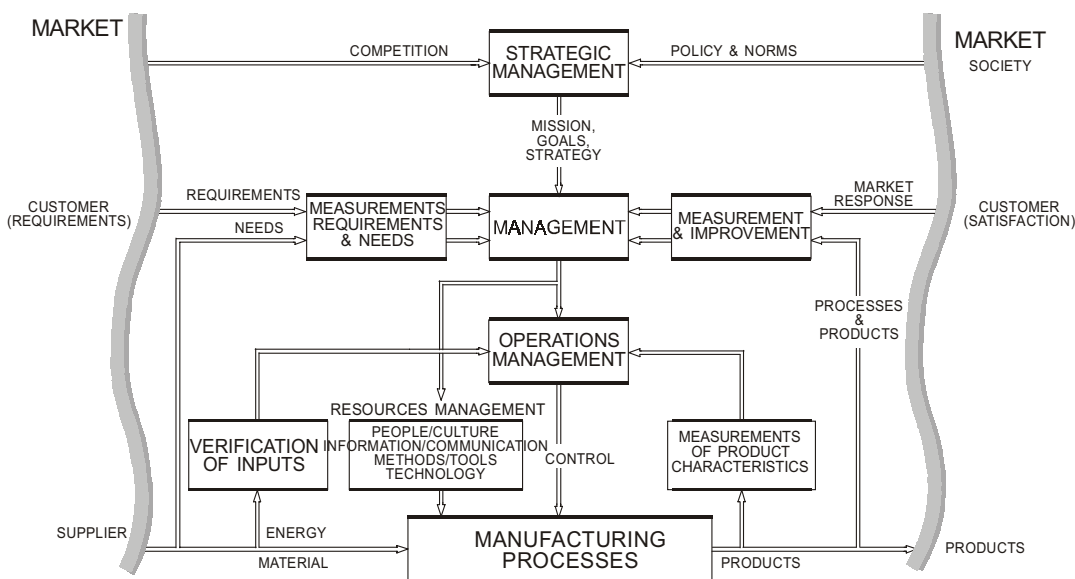


Fig. 1 Model of enterprise management

Namen teh analiz je jasna definicija in razmejitev poteka posameznih postopkov ter njihova organizacijska, logistična, tehnološka, strukturna in informacijska slika.

Na sliki 1 je predstavljen model upravljanja, vodenja in obvladovanja proizvodnih postopkov v podjetju. Slika prikazuje trinivojsko strukturo, upravljanje/vodenje/izvajanje in pripadajoče povezave s tržiščem. Za uspešno vodenje je treba na kakšen način opazovati in meriti zahteve in potrebe tržišča, prav tako pa tudi njegove odzive. Odziv tržišča je v končni fazi zadovoljstvo kupca. Na podlagi vrednotenja teh opazovanj in merenj se lahko izvaja vodenje, ki se na proizvodnem nivoju izvaja kot obvladovanje proizvodnih postopkov, vodenje virov in merjenje vhodnih in izhodnih karakteristik proizvodnih postopkov. Koncept je skladen s standardom ISO 9001:2000 [1]. Označene številke v okvirčkih se navezujejo na poglavja omenjenega standarda. V nadaljevanju je podrobneje opisan model upravljanja, vodenja in obvladovanja proizvodnih postopkov, predstavljen na sliki 1.

Na upravljavski ravni vodstvo družbe/podjetja določa njegovo razvojno strategijo izdelkov, marketinško, finančno, kakovostno in proizvodno strategijo.

Vodstvo na temelju strateških usmeritev izvaja dejavnosti, potrebne za njihovo uresničitev. Marketing na podlagi zahtev tržišča določi zahteve za izdelek ter zahteve za proizvodne tehnologije v nadaljnjem razvoju se te zahteve preoblikujejo v tehnologije, primerne za razvoj izdelka in njegovo izdelavo. V razvoju izdelka in proizvodni tehnologiji pripravijo izdelčno in tehnološko kosovnico, ki ju dajo v upravljanje s proizvodnjo, ta pa jih v dodelani obliki sporoča nabavni službi. Nabavna služba pred nakupom komponent in tehnologij, potrebnih za proizvodnjo, upravlja z dobavitelji tako, da so izpolnjene strateško določene zahteve. Nabavljena sredstva se predajo v upravljanje s proizvodnimi viri. V upravljanju s proizvodnjo upravljajo z energijo, vhodnimi materiali in komponentami na podlagi tehnično-tehnološke dokumentacije iz izdelčnega in procesnega razvoja skladno z naročili. V upravljanju s proizvodnimi viri upravljajo z razpoložljivimi proizvodnimi sredstvi in merilnimi in nadzornimi napravami. Nad proizvodnimi sredstvi bdi vzdrževanje. Rezultat proizvodnega postopka so izdelki in množica operativnih proizvodnih podatkov. Na proizvodni ravni nastaja torej največja množica podatkov, s katerimi je treba selektivno in postopkovno usmerjeno upravljati, še zlasti ob motnjah proizvodnega postopka. Ti podatki se potem v bolj zgoščeni obliki uporabljajo pri delu na vodstveni ravni, v še bolj zgoščeni in integrirani obliki na upravljavski ravni ter v namensko izbrani obliki pri uvajanju popravilnih ukrepov in izboljšav.

is a clear definition and a distinction between specific processes and their organizational, logistic, technological, structural and informational description.

Figure 1 shows a conceptual model of the management and control of the production process in a factory. It reveals a three-level structure, i.e. strategic management, management and operations and adequate links with the market. For successful management we must observe and measure the needs and requirements of the market/customer, as well as measuring their response. The key response can be customer satisfaction. Based on an assessment of these observations and measurements the proper management can be established and reflected at the production level as resource management, production process control, and supervising of input and output process characteristics. The presented concept conforms with ISO 9001:2000 [1]. The labeled numbers in the boxes are associated with the chapters of the standard. In the next part the model of management and control of the production process is discussed in more detail.

On a strategic level the management defines the strategy of the product, marketing, financial, quality and production strategy.

The management at the management level, based on strategic directives, executes all activities that are necessary for their realization. Based on customer requirements, marketing defines the requirements for the product and the technology for its realization. The deployment of these requirements is the basis for the preparation of technology with reference to the product development and its producibility. Product development and the development of production technology enable the preparation of a bill of material for the product and the technology. The bill of material is then worked out by production management and forwarded to procurement. The procurement manages the suppliers in such a way that strategic requirements are fulfilled before any actual purchase of components and/or technology. Supplied means are then transferred to resource management, materials and components. Production management then manages the energy, input materials and components according to technical and workshop documentation based on product and process development in conformance with customer orders. The management of production resources is engaged with the available production means, e.g. tools, machines, measurement as well as measuring and monitoring devices. Maintenance is responsible for these means. The outputs of the production process are the products with actual characteristics and a host of operative production data. Thus, on the shop-floor level here is a great deal of data in a factory. These data have to be managed selectively, with the reference to the processes, particularly when disturbances to the production process occur. The aggregated data are then used for decision making at the management level. Particular selections of data are

Funkcija kakovosti upravlja s sistemom kakovosti, tako da zagotovi nemoteno in optimalno izvajanje tako zastavljenega poslovnega in proizvodnega postopka, skladno z izbranim modelom zagotavljanja kakovosti.

Analiziranje delovanja podjetja in postopkov znotraj njega ima namen ugotoviti (1) dejanski potek (organizacijski, logistični, strukturni) posameznih postopkov, (2) njihovo informacijsko strukturo, (3) način njihovega delovanja ob načrtovani računalniški podpori, (4) zahteve do informacijskih sistemov, ki jih želimo računalniško podpreti in (5) skladnost s standardi kakovosti, po katerih mora podjetje poslovati.

2 MERJENJE IN OBVLADOVANJE POSTOPKOV IN IZDELKOV

Podporo nadzora proizvodnega postopka in zagotavljanja kakovosti bomo opisali na primeru upravljanja z izboljšavami, prikazanem na sliki 2. Imena modulov in zaslonska slika se nanašajo na RPK sistema programskega paketa RQM, ki je opisan v 4. poglavju. Pri tem funkcijska struktura modulov podpira zahteve standarda QS 9000 [2].

Posamezne bistvene funkcije proizvodnega postopka in postopke njegovega nadzora spremljajo posamezni funkcijski moduli sistema RPK. Ti moduli po eni strani komunicirajo s pripadajočimi postopki, ki jih podpirajo, po drugi pa z bazo podatkov RPK, kjer so shranjeni vsi podatki o stanju proizvodnje in kakovosti. Moduli sistema RPK imajo na tak način v povezavi s sliko 1 vlogo detektorjev, ki opazujejo, merijo in vrednotijo stanje opazovanih postopkov. Po zajetju podatkov v postopku sledi njihovo vrednotenje in nato ugotavljanje skladnosti dobro/slabo. To se nanaša na nadzor toka materiala in upravljanje z njim, t.i. materialno poslovanje. Prav tako zajemamo tudi t.i. nematerialne probleme, npr. različne predloge za izboljšave, pritožbe odjemalcev, poročila o odstopanju pri izvajanju presoj ipd. Povedano drugače, računalniška podpora nadzora proizvodnega postopka in kakovosti omogoča merjenje in nadzorovanje stanja postopkov in izdelkov.

Tako ti moduli delujejo kot identifikatorji odstopanj od načrtovane kakovosti in posledično tudi kot vir kasnejših predlogov za izboljšave. V okviru materialnega poslovanja je prožilec postopka izboljševanja, npr. (1) notranja reklamacija v proizvodnem postopku, (2) zunanja reklamacija, (3) obvestilo o težavah v proizvodnem postopku, (4) zavrnitev šarže pri medfaznem ali pošiljke pri končnem pregledu.

Drugo skupino proženj zahtevkov za izboljšave pomenijo moduli, ki podpirajo nematerialno poslovanje, npr. (1) razni predlogi za izboljšave, (2) poročilo o odstopanju pri izvajanju

used for corrective actions and for improvements. The quality function manages a quality system in order to ensure trouble-free and optimum execution of the particular business and production processes in conformance with the appointed model of quality assurance.

An objective of the analysis of operations of a company and its processes is to determine (1) the de facto course (organizational, logistic and structural) of the processes, (2) their informational structure, (3) the manner of working of the planned computer support, (4) the requirements for information systems that are expected to be computer supported, and (5) conformance with quality standards, which have to be taken into account in the course of the company's operations.

2 PROCESS AND PRODUCT MEASUREMENT AND CONTROL

Computer support of the production process and quality assurance is shown in the case of improvement management in Fig. 2. The module names and the screen picture are from the CAQ system RQM, which is described in more detail in Section 4. The functional structure of the modules supports the requirements of the QS 9000 standard [2].

Particular vital functions of production process and monitoring processes are supported by particular functional modules of the CAQ system. These modules communicate with processes that they belong to on one side, and on the other side, they communicate with a CAQ database where all the data about the state of production as well as the quality data are stored. Thus, in the context of Fig. 1 the modules of the CAQ system play the role of detectors, which monitor, measure and analyze the state of the observed processes. After the data acquisition for a process the data analysis takes place. From this follows a statement of conformance, e.g. good/non-conformable. This procedure is typical for material management. In addition, we also capture non-material issues, e.g. propositions for improvement, customer complaints, reports of deficiencies found during the audit. Hence, computer support to the monitoring of the production process and the quality of products allows us to measure and monitor the state of the processes and products.

These modules also act as identifiers of deviations from planned quality and, consequently, they act as a source of propositions for improvement. In terms of material management it is a kind of generator of a process of improvement, e.g. (1) internal claim in production process, (2) customer complaint, (3) information on about nonconformities in realization processes, (4) rejection of a lot at in-process control or at out-going control.

The other group of possible claims for improvement represents modules, which support non-material operations, e.g. (1) various propositions for improvement, (2) report of nonconformance as no-

presoje sistema kakovosti, (3) razne pritožbe in pripombe, (4) delo z moduli sistema RPK, ki podpirajo delo z zadolžitvami. Npr. izvajanje presoj ima za posledico zadolžitve s točno določenimi nalogami in roki, timsko delo z analizo FMEA prav tako, delo po postopku APQP samo po sebi ustvarja zadolžitve, s katerimi je treba upravljati. Ne nazadnje, reševanje vseh vrst reklamacij prav tako terja nadzor njihovega reševanja.

2.1 Obvladovanje neskladnosti

Neskladnosti določamo na tak ali drugačen način. Materialne neskladnosti v praksi obravnavamo kot reklamacije. Reklamacije na splošno razvrstimo v (1) zunanje (reklamacije novih izdelkov, reklamacije iz tržišča oz. odjemalcev in reklamacije pri uporabniku zaradi nekakovosti dobaviteljev), ter (2) v notranje (reklamacije zaradi notranje neskladnosti, reklamacije, zajete v vhodnem nadzoru, in reklamacije, do katerih prihaja v proizvodnji). Vsaka vrsta reklamacije zahteva načeloma svoj postopek reševanja. Sami postopki pa so lahko podobni. Pri tem se zahteva tudi ustrezna razpoložljivost podatkov.

Obvladovanje neskladnosti izdelkov vključuje zbiranje, tehnično ter komercialno obdelavo ter upravljanje z neskladnimi izdelki. Upravljanje z neskladnimi izdelki poteka v sodelovanju z logističnim podsistemom. Tehnična obdelava obsega klasifikacijo problema, analizo vzroka neskladnosti, samo tehnično določitev rešitve problema in nato izvajanje ukrepov oz. uvajanje izboljšave. Komercialna obdelava neskladnosti je usmerjena v ugotavljanje in zbiranje stroškov, nastalih zaradi same neskladnosti in reklamacijskega postopka.

V avtomobilski industriji je uveljavljen način obdelave neskladnosti po 8D metodi. Faze te metode reševanja so (1) določitev tima, (2) opis problema, (3) takojšnji ukrepi, (4) določitev vzroka, (5) popravni ukrepi, (6) trajne izboljšave, (7) organizacijske izboljšave in (8) sporočilo vodstvu. Vsaka faza ima točno določeno vsebino, odgovornega nosilca in termin rešitve naloge. Naj obdelujemo neskladnost na kateri koli način, vedno pri vsakem koraku postopka njenega reševanja nastane neka zadolžitev oz. ukrep, ki ga moramo nekomu dodeliti in nadzorovati njegovo izvajanje.

Pri obdelavi neskladnosti si pomagamo z orodji in vsemi potrebnimi podatki o izdelčni in postopkovni kakovosti, stanju delovnega naloga, proizvodnega postopka in merilnih sredstvih, ki jih ponuja sistem RPK. Osnovno orodje je reklamacijski modul s svojimi vrednotenji in funkcijami za podporo upravljanja z neskladnostmi. Dodatna orodja so (1) standardna vrednotenja v sistemu RPK in njegovih

tic by internal auditing of the quality system, (3) various claims and observations, (4) work with modules of the CAQ system that support handling with assignments. For example, audit processing generates assignments with defined tasks and deadlines, teamwork with FMEA analysis likewise, APQP procedure defines assignments too. One has to handle these assignments with complaint processing, which also requires a kind of supervision.

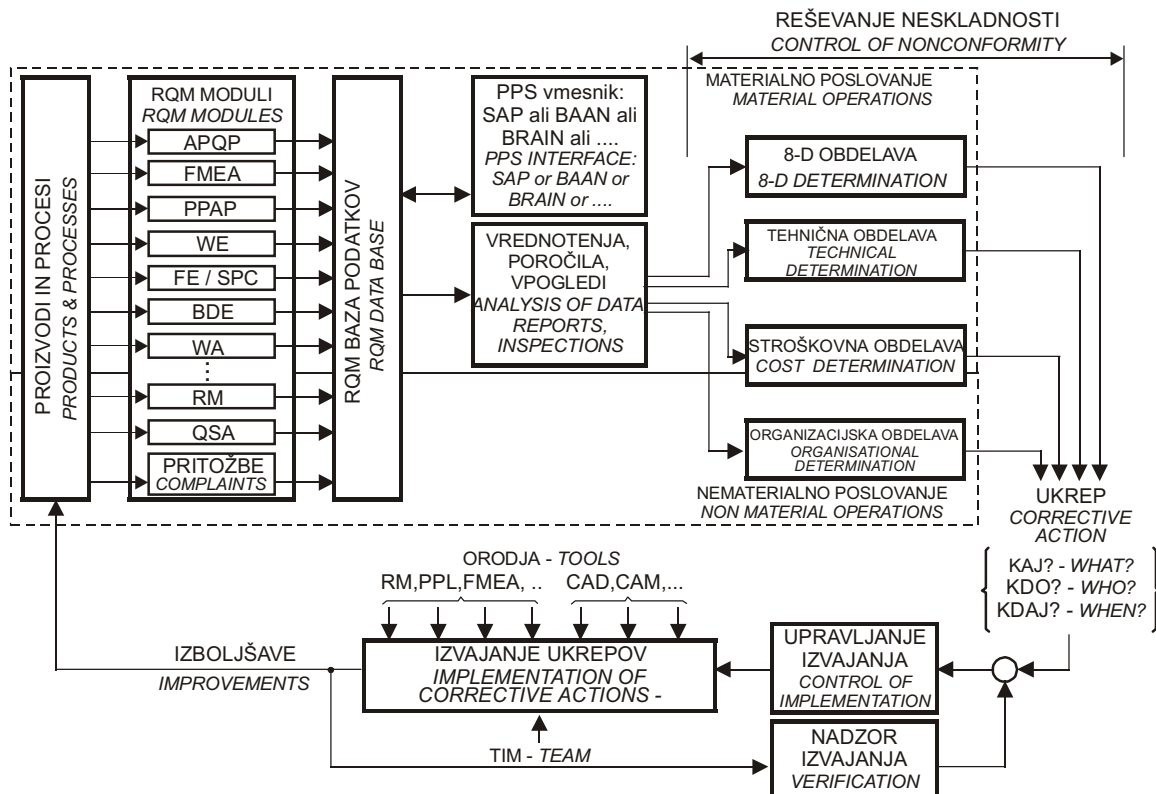
2.1 Control of nonconformity

Nonconformities are established in various ways. The material type of nonconformity is usually treated as a complaint. Complaints are usually systemized in two groups, i.e. (1) external complaints (customer complaint or complaints from the market during the warranty period, complaints about purchased products or about supplier products) and (2) internal complaints (complaints resulting from internal nonconformance, complaints in incoming control and complaints from production). Each type of complaint requires its own method of solution. Of course, procedures can be similar. However, the availability of particular data is required for complaint treatment.

Control of nonconforming products includes identification, technical and commercial handling and supervision of nonconforming products. Supervision of nonconforming products is in close relation to the logistic subsystem. The technical handling includes classification of nonconformity, determination of the causes of nonconformity, a technical determination of the corrective action needed and afterwards the implementation of the corrective action or improvement. The commercial handling of nonconformity is focused into costs related to nonconformity itself and costs due to the complaint process.

In the automotive industry a popular way of handling nonconformity is the use of the 8D method. The phases of this method are as follows: (1) team determination, (2) problem description, (3) immediate actions to ensure that nonconformities do not recur, (4) determining the causes of nonconformity, (5) determining and implementing the corrective action needed, (6) continual improvement, (7) organizational improvements, (8) report for management. The content, responsible personnel and deadline for the solution are defined for each phase. Generally, whatever the method for controlling, the nonconformity is to be performed the assignment and the measures are generated that are allocated to someone. In addition, the controlling of the action taken is also defined.

In the handling of nonconformity the tools and the necessary product and process quality data, the status of the work order, the status of the production process and of the measuring devices that offer the CAQ system are of significant assistance. The basic tool is the module for complaints that provides analysis and functionality to support the control of nonconformity. Additional tools are: (1) standard



Sl. 2. Nadzorovano uvajanje izboljšav
Fig. 2 Control of the introduction of improvements

modulih, (2) druga povpraševanja in namenska oz. problemsko usmerjena vrednotenja, izdelana z modulom AUGÉ (modul RQM za izdelavo uporabniških vrednotenj in poizvedovanj v bazi podatkov), (3) metoda FMEA in (4) modul za upravljanje s kosom in nadzornimi načrti. Bistveno pri tem je, da so podatki vedno v bazi podatkov in jih lahko vedno prikličemo v ustrezni obliki, primerni za obdelavo ali vrednotenje, oziroma jih med postopkom obdelave neskladnosti dopolnjujemo. Ti podatki so tudi izhodišče za poglobljeno analizo vzrokov, ki so pripeljali do neskladnosti. S sledljivostjo, vgrajeno v sistem, pridemo do podatkov, ki so vzrok ali pa posledica dejanskega problema. Primer: če odjemalec reklamira slabo izdelane kose, pridemo preko podatka o izdelku in dobavnici do delovnega naloga in nadzornega načrta ter naprej do posameznih rezultatov meritev izdelkov in procesnih veličin, ki so bile uporabljene pri izdelavi danega naloga. Od tu naprej lahko določimo vzroke za nekakovost in jih lahko tudi ustrezno odpravimo. Prav tako lahko pri reševanju problema uporabimo podatke oz. vrednotenja, ki so sestavni del drugih modulov.

Podobno obdelujemo tudi neskladnosti, ki za seboj nimajo "reklamiranega" izdelka, t.i. neskladnosti organizacijske narave ali različne predloge za izboljšave. V obeh primerih moramo najprej predlog izboljšave (tehnične ali organizacijske narave) oz. pritožbo najprej zajeti, jo klasificirati z ustreznimi šifrantmi, analizirati, poiskati oz. optimirati

evaluations that are built-in both RQM system and its modules, (2) other queries and designed, problem-oriented evaluations as a part of the AUGÉ model (RQM module for generating user-specific evaluations and queries in the database), (3) the FMEA method, and (4) the module for the management of items and control plans. However, it is essential that the data are available in a form required for the processing of nonconformity and which can be updated and complemented easily. These data also serve for the in-depth analysis of the causes of nonconformity. The traceability that is built in to the system helps us to find the data that are the cause or the consequence of the treated problem, e.g. if a customer claims nonconforming products one can find a corresponding supply order, work order, control plan, measurement data of the product's characteristics, and the process parameters applied. Thus, we can identify the causes of the nonconformity and take proper corrective action. When processing a particular problem one can also use data that are related to other modules.

A similar method is used for the handling of nonconformities that are not product related, i.e. to handle an organizational type of nonconformity or when handling various propositions for an improvement. In both cases we have to capture the proposition or complaint, to classify, to analyze, to find an optimized solution, to distribute assignments,

rešitev, razdeliti zadolžitve ter nadzorovati izvajanje izboljšav.

Razdelitev zadolžitev se izvaja v obliki t.i. seznamov zadolžitev To-Do, ki jih dobijo uporabniki sistema RPK na zaslon ob prijavi v sistem. Seznam se sproti obnavlja. To je okno s seznamom vseh, posameznemu izvajalcu dodeljenih, zadolžitev z oznako datuma zapadlosti. Izvajalec si s seznama v okviru prednosti izbere dodeljeno zadolžitev, pri čemer se sproži izbrana zadolžitev, in jo rešuje. Ko jo reši, določi morebitne stroške, označi stanje zadolžitve za rešen in le-ta izžene s seznama.

Pri uvajanju informacijskega sistema RPK je bistveno, da so pravilno in dovolj na široko zastavljeni vsi potrebni sifranti, tako da z njimi lahko podpiramo reševanje (1) funkcijskih problemov, ki se kažejo kot pojavne oblike izvirnih napak (npr. motor ne vžge, ker je akumulator prazen), (2) reševanje funkcijskih napak (npr. stikalo ne vklaplja), (3) reševanje dejanskih napak izmer (npr. premer gredi se ne ujema z risbo) in (4) reševanje nematerialnih napak (npr. prepozna dostava polizdelkov, sprememba delovnih navodil). Orodje in metodologija dela so vedno enaki, različna je le vsebina dela.

3 RAČUNALNIŠKA PODPORA PROIZVODNEGA POSTOPKA IN KAKOVOSTI

Kakor je razvidno iz opisanega, je spremljanje proizvodnje po zahtevah standarda QS 9000 na običajen način zelo problematično. Če pa imamo pred očmi še kakovost podatkov in njihovo učinkovito razpoložljivost, je običajen način spremljanja povsem neučinkovit. Proizvodni postopek je s svojim ponavljajočim se delom v proizvodnji, še posebej, če je le ta organizirana po načelih zagotavljanja kakovosti po QS 9000, malodane neizčrpen vir podatkov, ki jih je brez sodobne in ustrezno vpeljane informacijske tehnologije že skorajda nemogoče obvladovati v okvirih sprejemljivih stroškov in časovnih odzivov. Neustrezna informacijska podpora takšne proizvodnje ima za posledico drago in zamudno pripravo podatkov v obliki, količini in odzivnih časih, ki največkrat ne izpolnjujejo pričakovanj svojih uporabnikov in zahtev standarda kakovosti.

3.1 RQM - primer sistema RPK

Kot primer računalniške podpore spremljanja proizvodnega postopka lahko uporabimo RPK programski sistem RQM, ki učinkovito podpira vse bistvene proizvodne funkcije po zahtevah standarda QS 9000.

Prednost sistema RQM pred posameznimi programskimi paketi in sistemi, ki lahko podpirajo posamezne dele proizvodnega postopka, je v njegovi celovitosti in medsebojnih povezavah med moduli sistema ter zelo razdelanimi funkcionalnimi podrobnostmi. Z njimi podrobno podpiramo spremljanje proizvodnje in zahteve standarda

and to monitor and record the improvement actions taken.

The distribution of assignments is carried out by a so-called To-Do list of assignments that is displayed when users log on to the system. The list is updated simultaneously. A window list contains all the assignments of particular user and the due dates. The user selects and solves the one with the highest priority. When it is solved, the user defines the potential cost and changes its status to solved.

The very important issue during the implementation of the CAQ system is to develop a coding system in order to support (1) functional problems of a product that manifest themselves as root faults (e.g. an engine does not start because the battery is empty), (2) solving functional errors (e.g. switch does not work), (3) solving dimensional errors (e.g. the diameter of a shaft is not consistent with the specifications), (4) solving nonmaterial nonconformity (e.g. late delivery of input materials/components, change of work instructions), and so on. The methodology of the work is always the same; the difference is only in the content.

3 COMPUTER SUPPORT OF THE PRODUCTION PROCESS AND THE QUALITY OF PRODUCTS

From the description above it is evident that it is quite problematic to monitor production according to QS 9000 in a traditional way. If we also take into account the quality of data and their efficient disposal, then it is clear that the classical monitoring of production is not adequate at all. The production process is in a repeatable part of production a source of the vast data, in particular if it is organized according to QS 9000, that cannot be managed adequately without proper information technology in an acceptable time and at an acceptable cost. Improper information technology support in such production results in costly and time-consuming data preparation in terms of form, quantity, quality, and responsiveness and consequently it does not fulfill user expectations and the requirements of quality standards.

3.1 RQM - CAQ system

For the case study of computer support for monitoring and quality control the CAQ system RQM is shown. It supports all the vital production functions according to QS 9000.

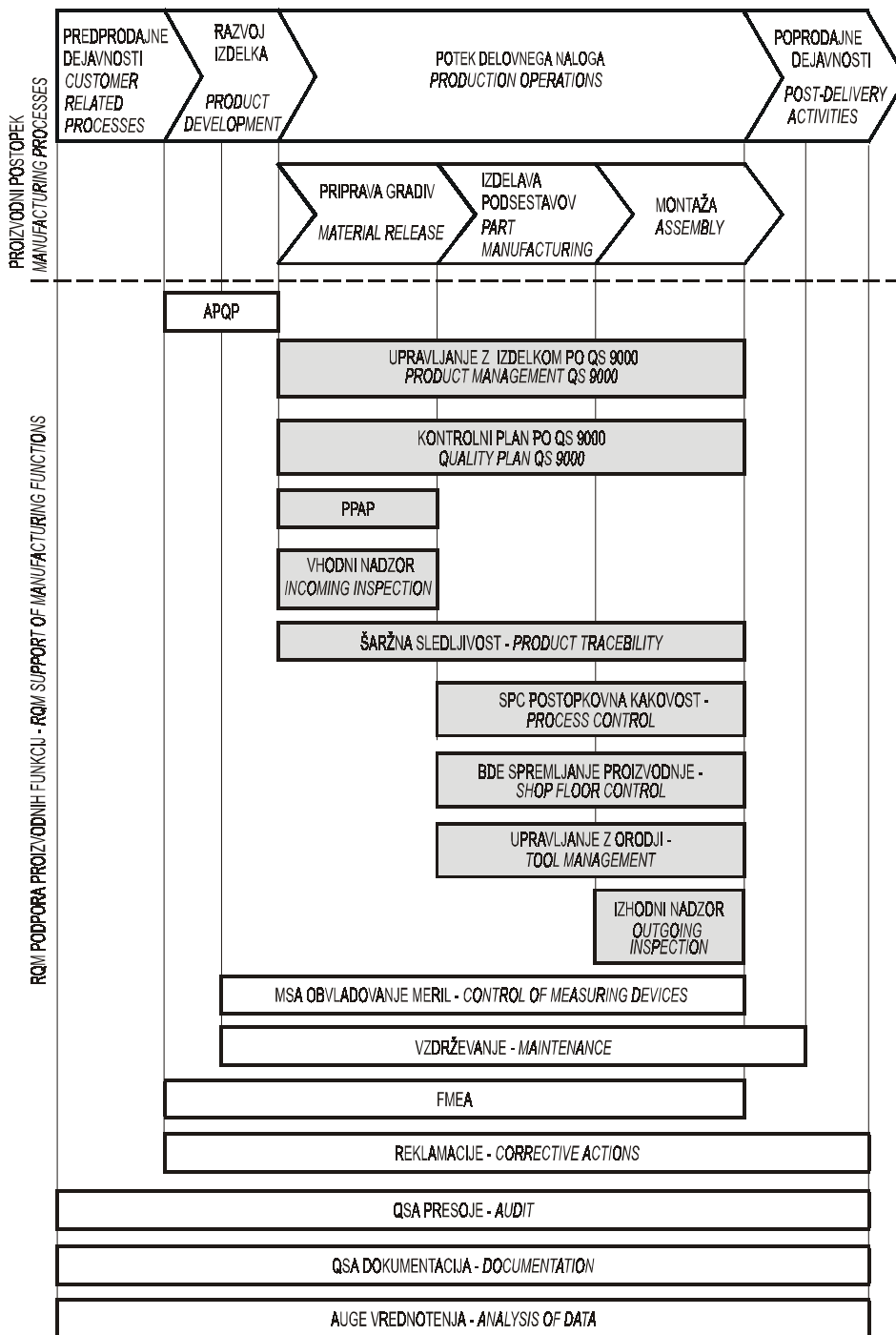
The RQM system has several advantages over other program packages and systems that support various segments of the production process independently. Its main advantage lies in its integrity and in the mutual connection between modules of the system and in the structural support down to the very detail. Thus, it allows supporting the monitoring of production and the requirements of quality

kakovosti z upoštevanjem posameznih specifičnih zahtev.

Prednost tega sistema nasproti celovitim poslovnim rešitvam, poleg njegove zelo razdelane funkcionalnosti, pa je še v integrirani podpora postopkov upravljanja s proizvodnjo in kakovostjo, ki jih celoviti poslovni informacijski sistemi običajno ne podpirajo zadovoljivo. Sistem RQM izpolnjuje stroge zahteve standarda kakovosti in nemalokrat še strožje zahteve posameznih uporabnikov v verigi

standards taking into consideration particular requirements of a particular production.

In addition, the advantage of the RQM system over existing enterprise resource planning (ERP) systems lies, besides in its detailed functionality at the production level, in the integral support of production and quality management, which a typical ERP system does not support satisfactorily. The RQM system fulfils the stringent requirements of quality standards as well as the even tighter ones



Sl. 3. Podpora proizvodnega postopka s sistemom RQM
Fig. 3 RQM system support for a production process

avtomobilskih dobaviteljev [3]. Sistem RQM in podobni sistemi za spremljavo proizvodnega postopka in podporo kakovosti delujejo optimalno le, če so na eni strani integrirani s sistemom za načrtovanje proizvodnje in na drugi strani s proizvodnim postopkom. Zaradi tekoče izmenjave podatkov je primerna integracija tudi z drugimi informacijskimi podsistemi v podjetju.

3.2 Opis sistema RQM

Osnovna misel, ki je botrovala razvoju sistema RQM, je ena izmed definicij kakovosti, ki pravi, da kakovost pomeni ustrezno zadovoljstvo kupca ob najmanjših stroških. To pomeni, da mora sistem podpirati vse postopke v podjetju, ki neposredno in posredno vplivajo na stanje proizvodnega postopka, izdelka in njegovo kakovost ter jih obenem stroškovno nadzorovati [4]. Na sliki 3 je prikazana podpora proizvodnega postopka s sistemom RQM. Slika poleg same predstavitve sistema prikaže tudi zapletenost in celovitost računalniške podpore spremljanja proizvodnega postopka in obvladovanja kakovosti.

Na zgornjem delu slike je ponazorjen proizvodni postopek, ki ga sestavljajo predprodajne dejavnosti, napredovanje delovnega naloga in poprodajne dejavnosti. Sam proizvodni postopek je simbolično predstavljen s pripravo materialov in komponent, izdelavo podsestavov in njihovo montažo. Sivo označeni moduli so moduli, ki so neposredno povezani z izdelčno sledljivostjo v proizvodnem postopku.

V spodnjem delu slike 3 so predstavljeni moduli sistema RQM in njihova podpora posameznim delom proizvodnega postopka oziroma s proizvodnjo in kakovostjo povezanih poslovnih postopkov. Razvoj izdelka je podprt z modulom RQM-APQP (načrtovanje kakovosti izdelkov in planov kontroliranja), pri katerem po postopku petih faz upravljamo z zadolžitvami pri razvoju izdelka in njegovem uvajanju v proizvodnjo. Rezultat razvoja proizvoda v skladu z obvladovanjem kakovosti je med drugim tudi izdelani nadzorni načrt z natančno opredeljenimi kakovostnimi in postopkovnimi karakteristikami po posameznih delovnih operacijah proizvodnega postopka. Ta načrt je kasneje osnova za spremljanje proizvodnje in izdelka. Upravljanje z izdelkom in pripadajočimi nadzornimi načrti je tudi podprto z ustreznim modulom. Preden dobavitelj prične redno dobavljati izdelek, mora skozi postopek odobritve prvih vzorcev po postopku PPAP (postopek odobritve sestavnih delov) in šele za tem lahko steče njegova redna proizvodnja. Materiale na vhodu nadziramo s podporo vhodnega nadzora, z modulom RQM-WE, njihovo sledljivost v proizvodnem postopku nadzorujemo s šaržno sledljivostjo, izdelčno kakovost in kakovost ter stabilnost proizvodnega postopka pa nadzorujemo z modulom RQM-FE/SPC, pač glede na način vzorčenja in mesto pregleda oz. testiranja. Dogajanja na stroju oz. mestu dela in okoli

of the users in a supply chain in the automotive industry [3]. The RQM system and similar computer-supported systems for monitoring production process and quality control are efficient if they are integrated with the system for production planning and also with other information subsystems in a company.

3.2 Description of the RQM system

The basic proposition that has driven the development of the RQM system is one of definitions of quality that states that quality means customer satisfaction at the minimum cost. This means that the system has to support all the processes in a company that influence the state of the production process, the product and its quality, either directly or indirectly, and at the same time it has to monitor their costs [4]. In Fig. 3 the possible RQM system support is shown. Besides the support structure it reveals the complexity and wholeness of the computer support for monitoring te production process and quality control.

The production process is presented in the upper part of Fig. 3. It consists of customer-related processes, product development and production and post-delivery activities. Material release, part production and assembly symbolically represent production process. The gray marked modules are the ones that are in direct relation with product traceability in the production process.

In the lower part of Fig. 3 the modules of the RQM system that support individual parts of the production process and with production and quality, related business processes. Product development is supported by the APQP (Advanced Product Quality Planning and Control Plan) module, where responsibility at product development and its introduction into production according to a five-step procedure is managed. The output of the product development in terms of quality control is, among other things, a quality control plan where detailed specifications of quality and process characteristics related to all operations involved are given. This plan is a basis for process and product control. Product management and related quality plans are also supported by a corresponding module. Before the supplier starts to deliver its product on a regular basis it is subjected to the PPAP (Production Part Approval Process) procedure. Materials and products are monitored by incoming inspection and verification of purchased product, module RQM-WE, their traceability in the production process is monitored by batch traceability, product quality and stability and the quality of the production process are monitored and controlled by module RQM-FE/SPC, relative to a way of sampling and a type of control or testing. Monitoring the state of work devices and tools, work order status, prod-

njega, stanje delovnega naloga, uporabljene materiale ter procesne karakteristike zajemamo z modulom RQM-BDE.

Sledljivost proizvodnega postopka je širše gledano povezana še z upravljanjem z merili in določanjem merilne zmožnosti (postopek MSA - analiza merilnih sistemov), vzdrževanjem (proizvodnih sredstev in objektov), izboljšavami in optimizaciji proizvodnega procesa in izdelka (FMEA), upravljanju z neskladnostmi in uvajanjem izboljšav (reklamacijski modul RQM-RM), presojami izdelka in sistema kakovosti in z dokumentacijo sistema kakovosti. Moduli sistema RQM so medsebojno povezani. Tam, kjer je to primerno, delamo neposredno s podatki, zbranimi v drugih modulih oz. v drugih delih informacijskega sistema podjetja. S tem vmesni izpisi in ponovni vnosi podatkov niso več potrebni, tako sistemsko zagotavljamo skladnost in objektivnost podatkov.

3.3 Primeri uporabe sistema RQM

V Sloveniji sistem RQM kot celovit sistem še ni močno zastopan, ker v naših podjetjih načeloma še ni mogoče najti sistematičnega postopka za celovito računalniško podporo spremljanja proizvodnje in kakovosti z uporabo specialističnih informacijskih sistemov. Dostikrat se v podjetjih zadovoljijo z delnimi in manj povezanimi informacijskimi rešitvami, oziroma pričakujejo, da jim bodo tovrstne probleme rešili celoviti poslovno-informacijski sistemi. Ti sistemi žal ne omogočajo reševanja opisane problematike tako celovito in s takšnimi postopkovno usmerjenimi funkcijskimi podrobnostmi, kakršne podpira RQM. Vendar usmeritve nakazujejo, da se potrebe po uporabi tovrstnega informacijskega sistema povečujejo. Posamezni moduli RQM so v nekaterih slovenskih podjetjih že nekaj časa opazni. Primer podjetja, ki se je sistematsko lotilo uvajanja celovite informacijske podpore nadzora kakovosti in spremljave proizvodnega procesa, je Cablex d.o.o. v Ljubljani. Podjetje uvaja hkrati sistem CAQ in sistem za upravljanje materialnih tokov po vnaprej izdelanem načrtu postopnega uvajanja. Pri tem so podrobneje analizirali svoje sedanje informacijske vire in potrebe ter na temelju ugotovitev načrtovali celovit informacijski sistem. Sistem bo sestavljen iz več komponent različnih ponudnikov, ki bodo v končni fazi delovali kot enovit informacijski sistem.

RQM je v Nemčiji eden najboljših tovrstnih programskih sistemov in je nameščen v najvidnejših nemških avtomobilskih tovarnah in tovarnah, vključenih v verigo njihovih dobaviteljev. Poleg teh namestitev ga uporablja še druga kovinsko predelovalna, elektrotehnična in elektronsko usmerjena proizvodnja, tako da skupno število

uct identification, materials used, and process characteristics are captured and monitored by module RQM-BDE.

In broad terms the traceability of a production process is also in relation to the control of measuring and monitoring devices and measurement capability determination (MSA - Measurement Systems Analysis), maintenance (production devices and buildings), improvement and optimization of production process and product (FMEA), control of nonconformity and improvement (module RQM-RM), verification of products and internal audit, and to quality-system documentation. RQM modules are mutually linked. Data are used as needed, no matter how and where they were captured, in other modules, in an other part of a company information system. Various intermediate printouts and repeated data entering are not necessary any more. Thus, consistency and objectivity of data are systematically assured.

3.3 Case studies of RQM implementations

In Slovenia there is no implementation of the RQM system as a whole system implementation. This is due to a lack of a systematic approach to full computer support of monitoring of production and quality with an aide of specialized information system. Usually, companies are supposed to be able to satisfy information needs by introducing partial, only weakly linked solutions, or it is supposed that these issues may be solved by introducing an enterprise-wide business-computer-supported information system. Unfortunately, the latter cannot support the issues under consideration, particularly with all the detailed functionality, in particular on operation level, as fully as a RQM, or similar, system. However, trends indicate that the need for such an information system is increasing. In Slovenian industry there are single modules of RQM system already in use. Cablex Ltd. from Ljubljana is a company in which a systematic approach to simultaneous support to quality control and to monitoring of production is being introduced. In addition, in the company CAQ system and the system for material flow management are systematically and concurrently planned for implementation. In the project an intensive analysis of requirements and existing information resources has been performed. On this basis a fully computer-supported information system has been planned. The system will be composed of several components from various suppliers and it will work as a single information system.

In Germany, the RQM system is one of the leading systems in this class and is widely used in renowned automotive industries and also in companies that are included in their supplier chains. In addition to automotive industries, several installations of the RQM system are in metal manufacturing, the electro-technical and electronic industries. There are

namestitev presega številko 300. V nadaljevanju sta prikazana dva primera uspešne uporabe sistema RQM. Oba primera sta obenem primera integriranih rešitev različnih programskih izdelkov v celovito informacijsko rešitev.

Primer uporabe RQM pri tovarni Daimler Chrysler

Daimler Chrysler AG, tovarna gonil v Gaggenau-u [5] se je odločila za posodobitev svojega informacijskega sistema (stanje leta 2000). Problem, ki so ga najprej hoteli rešiti z instalacijo RPK, je bil premajhna razumljivost in razpoložljivost podatkov, ki so se zbirali in obdelovali v 14 znanih programskih paketih oziroma sistemih. Ko bo vpeljan sistem RPK, bodo vpeljali še poslovno-informacijski sistem SAP, vendar samo module, ki podpirajo finančno in poslovno delovanje podjetja. S sistemom RPK se bo povezal na ravni poslovnega sistema. Rešitev, ki so jo zahtevali od ponudnika sistema RPK, je morala biti navznoter (1) integriran sistem z objektno usmerjeno podatkovno strukturo, navzven pa (2) odprt sistem modularne zgradbe, (3) zgrajen s standardnimi moduli, ki se jih lahko vzdržuje, (4) z vmesniki do obstoječih uporab in ki (5) povezuje podjetje v enovit podatkovni model. Podjetje Pickert & Partner GmbH je izpolnilo pričakovanja z instalacijo RPK sistema RQM z moduli Audit, Auge, Upravljanje z reklamacijami, Vhodna kontrola, Kontrolni načrti, Upravljanje z merili in Statistični nadzor proizvodnega postopka. Na dveh strežnikih je instalirana baza podatkov Oracle, s katero se sporazumeva približno 950 delovnih mest. Nekaj okvirnih karakterističnih števil: sistem upravlja 117.000 različnih izdelkov, 18.500 vhodnih gradiv, 30 vhodnih skladišč, ki letno opravijo 100.000 prevzemov in 160 delavcev v vhodnem nadzoru opravi 2600 reklamacij 1.500 dobaviteljem. Metrološki modul skrbi za približno 90.000 meril.

Z modulom RQM-AUDIT upravljajo vse presoje sistema kakovosti v podjetju, ki ima približno 8000 sodelavcev. Modul RQM-AUGE je namenjen uporabniško specifičnim vrednotenjem. Pri tem uporabnikom ni treba podrobneje poznati podatkovne strukture informacijskega sistema. Z njim si v postopku obdelave neskladnosti in pri podpori procesa odločanja pripravijo ustrezna vrednotenja oz. prikaze zelenih podatkov. Z modulom RQM-RM upravljajo vse tipe reklamacij in obenem nadzorovano uvajajo izboljšave. Modul RQM-PPL upravlja nadzorne načrte izdelkov skladno z zahtevami QS 9000 in dodatnimi specifičnimi zahtevami naročnika. Z moduli RQM-WE in RQM-EMP upravljajo vhodna gradiva in prve vzorce po postopku PPAP. Modul RQM-PMV upravlja z merili, določa merilno sposobnost po metodologiji MSA in je integriran s programom

over 300 systems installed in Germany. In the next two cases the successful installation of RQM system is presented. In both cases the fully integrated solution consisted of components from various suppliers.

RQM System Implementation at DaimlerChrysler

DaimlerChrysler AG, the power-transmission factory in Gaggenau (de) [5], decided to update its information system in order (1) to enhance the transparency and availability of data that have been acquired and used in 14 existing program packages by the introduction of a single CAQ system, and (2) to introduce a SAP system as a computer-supported business information system. SAP functionality would include modules for financial and business support (state-of-the-art 2000). SAP and CAQ integration would be realized on a management information level. Thus, the features of a solution that was required from a tendering firm were as follows: (1) an integrated system with an object-oriented data structure and architecture, (2) an open, modular structured system, (3) standardized modules with good maintainability, (4) interfaces to existing applications, and (5) integrability on the enterprise level in terms of a uniform data model. The company Pickert & Partner GmbH (P&P) fulfilled the requirements and introduced the following RQM modules: Audit, Auge, Complaint management, Incoming inspection, Quality plans, Statistical process control and Management of measuring and monitoring devices. An ORACLE database is installed on two servers and is accessible by 950 workstations. Some other approximative characteristics: 8.000 employees, the system controls 117.000 items, 18.500 input materials, 30 input stores where 100.000 acceptances are performed by 160 people. 2.600 complaints are sent to 1.500 suppliers. A metrology module supports control of over 90.000 measuring and monitoring devices.

The module RQM-AUDIT supports all kinds of quality system audits in the company. The module RQM-AUGE supports user-specific evaluations. Users do not need to know the data structures of the information system in more detail. Such typical evaluations and data presentations are to support a handling of non-conformity and to support management decision-making. The module RQM-RM supports all types of complaint handling and also improvement management. Module RQM-PPL supports quality-control plans for products in accordance with the requirements of QS 9000 and specific customer requirements. RQM-WE supports incoming inspection, module RQM-EMP supports control of the first part of the approval process in accordance with PPAP procedure as defined in QS 9000. The module RQM-PMV supports management and control of measuring and monitoring devices, enables determination of measurement system capability in accordance with MSA methodology and is integrated with the program system ROBI (the information system for

ROBI (informacijski sistem za upravljanje z modularnimi nadzornimi sredstvi v proizvodnji). RQM-PMV je zaradi večje preglednosti razpoložljivosti meril povezan z medmrežjem. Modul RQM-SPC povezuje poleg ročnih SPC delovnih mest še praktično vse 3D merilne stroje in SPC avtomate v proizvodnem postopku.

Primer RQM uporabe pri BMW

V tovarni BMW AG v Wackersdorfu izdelujejo konzolne plošče za vozila serije 3. Zahteva naročnika projekta je bila, da se izvede nadzor proizvodnje s spremljanjem stanja napredovanja delovnega naloga, mest dela, strojev in naprav ter njenih postopkovnih parametrov in izdelčne kakovosti. Ti podatki se povezujejo s sistemom za načrtovanje proizvodnje (program lastne izdelave) in prek njega na poslovni ravni s sistemom SAP. Nalogo je ponudnik rešil z uvedbo RPK in zbiranje proizvodnih in postopkovnih podatkov (ZPPP - BDE) sistema RQM z moduli RQM-BDE, RQM-SPC in RQM-ISH (vzdrževanje). Strežnik baze podatkov je v 60 km oddaljenem Landshutu. Stanje proizvodnega postopka in kakovost izdelkov nadzorujejo z vrednotenji, ki jih omogočata modula BDE in SPC. Stiskalnice za brizganje plastike so povezane s sistemom BDE z logičnimi krmilniki Simatic, ki imajo nalogo zbirati in prikazovati (1) stanje delovnega naloga, (2) določene karakteristike postopka, (3) stanje proizvodnje, (4) stanje proizvodne opreme ter (5) materialno in (6) osebno sledljivost ter jih (7) sporočiti v sistem RPK in (8) jih posredovati drugim informacijskim sistemom. RPK delovna mesta, v proizvodnem postopku jih je 8, so opremljena z bralniki črtne kode za identifikacijo izdelkov, gradiv in dokumentov. Parametri postopkov se v sistemu RPK nadzorujejo z vidika toleranc in v primeru njihove prekoračitve sistem sporoči napako. Sistem ZPPP v sodelovanju s podatki, zbranimi iz modula ISH (vzdrževanje strojev in opreme) in SPC (kakovost izdelka) preračunava indeks izdatnosti celotne opreme (ICO - OEE), ki kaže stopnjo doseganja optimalne proizvodnje in njene kakovosti. Ta pokazatelj združuje podatke o doseženi kosovni proizvodnji, njeni kakovosti in načrtovanem času, v katerem naj bi bili izdelki narejeni.

4 SKLEP

Sodobna proizvodnja, še posebej to velja za avtomobilsko, zaradi zahtev standardov, zahtev odjemalcev in izrazitih informacijskih dejavnosti zahteva računalniško podporo na vseh ravneh podjetja. Še posebej velja to za merjenje postopkov in nadzor uvajanja izboljšav. Poleg tega je kakovostna in sistematična priprava na uvajanje računalniške podpore kakovosti in spremljanje proizvodnje

management modular monitoring devices in manufacturing). RQM-PMV is also accessible on Intranet in order to servis several functions with the availability of devices. Module RQM-SPC supports statistical process control for various work systems, e.g. SPC workstations, 3D-Measuring machines, SPC automatic machines in the production process.

RQM system implementation at BMW

BMW AG, the factory manufactures cockpits for Series 3 cars in Wackersdorf, Germany. It is a completely new factory using the latest concepts of manufacturing. The requirements were to build a system for the monitoring of production, of work order deployment, of work systems statuses and process parameters, and of product quality. These data should be integrated with the Production Planning and Control system, which is originally a product of BMW, and with the SAP system on a business level. P&P offered the CAQ system RQM modules as follows: RQM-BDE (capturing and managing of production and process data), RQM-SPC in RQM-ISH (maintenance of machines and devices). The server is located in Landshut, 60 km away from the factory. BDE and SPC modules monitor the state of the production process and product quality. Plastic jet presses are connected to the BDE module with Simatic logic controllers, which have to capture and present (1) work order status, (2) critical process characteristics, (3) status of production, (4) conditions of production machines and devices, (5) material traceability, (6) labor traceability, (7) transmit data to CAQ system, (8) transmit data to other information systems. There are 8 CAQ workstations in the production process. They are also equipped with bar-code readers for the registration and identification of the products, materials and documents. Process parameters are monitored and in the case of violation of tolerances the system notifies shop-floor management of the exceeded parameter(s). The BDE module, also based on data captured in modules IHS and SPC, calculates and notifies the process performance index OEE (overall equipment efficiency) that characterizes deviations in terms of optimum production and quality. This index combines information about product quantity, product quality in relation to planning on a one-day planning-horizon basis.

4 CONCLUSION

Modern production can be characterized by stringent customer requirements, intensive information activities, requirements arising from standards, and calls for computer support on at all levels of the company. In particular, this is the case in measuring and monitoring the processes and products and in improvements in management. The desired performance of computer-support implementation in quality

ključnega pomena za njeno uspešno izvedbo. Za nekatere dejavnosti v okviru izvedbe pa je celo pogoj, kakor npr. integracija med različnimi informacijskimi sistemi.

V tujini se spremljanje proizvodnega postopka na opisan način močno uveljavlja v celotnih dobaviteljskih verigah v avtomobilski industriji in zunaj nje. Večja podjetja s svojim položajem dobesedno zahtevajo oz. predpisujejo informacijsko podporo spremljanja proizvodnega postopka in nemalokrat zahtevajo od dobaviteljev rešitve, ki so jih vpeljali sami. Če želijo tudi naša podjetja enakopravno nastopati v teh verigah, morajo že sedaj pričeti vpeljevati v svojo proizvodnjo tovrstne metode dela in računalniško podprto tehnologijo.

Problemi, ki jih srečujemo v slovenski industriji na splošno, kažejo pomanjkljivo razumevanje celovite računalniške podpore kakovosti in širše, pomanjkljivo razumevanje in poznavanje prednosti, ki jih ponuja sodobna informacijska tehnologija. Prav tako je opaziti pomanjkljivo poznavanje lastnosti (prednosti in pomanjkljivosti) posameznih programskih sistemov, kar vodi podjetje k manj optimalnim informacijskim rešitvam. Pri njihovem uvajanju je dano premalo poudarka natančni analizi postopkov, ki jih želimo podpreti, načinu izvedbe njihove podpore in premajhni proučitvi informacijske ponudbe na tržišču. V podjetjih, v katerih tovrstni paketi uspešno delujejo, gre predvsem zasluga intenzivnim in sistematičnim pripravam pred uvajanjem ter ugodnemu razumevanju informacijske tehnologije in njene vloge v poslovnem in proizvodnem postopku.

control and in the monitoring of production can only be achieved if the preparation for introduction is systematic. For example, good preparation is required for the successful integration of various systems.

Measurement and monitoring of the production process, as presented in this paper, are being introduced intensively in the automotive and other industries. Major companies, from their position, require a verbatim or direct computer support of monitoring of the production process and in many cases they even suggest their own solutions for monitoring in order to be compatible. If Slovenian companies want to cooperate in these supply chains on equal terms they have to start introducing these kinds of methods of work and computer-aided technologies.

The key issues in Slovenian industry, in general, are in an insufficient understanding of computer-supported quality and monitoring of production and in an insufficient familiarity with the potential benefit that may result from information technology. An insufficient acquaintance with the features of program systems (advantages and deficiency) is also present, which leads to non-optimum solutions for a particular company. There is not enough emphasis given on a thorough analysis of the processes that are going to be supported, on the way of the support and on insufficient investigation of a respective supply in the market. In the companies where computer-supported systems work effectively it is due to intensive and systematic preparation before the introduction and an objective understanding of information technology and its role in business and the production process.

5 LITERATURA 5 REFERENCES

- [1] PSIST ISO/DIS 9001, Sistemi vodenja kakovosti - Zahteve, 2000.
 [2] Quality System Requirements QS 9000, Carwin Continuous Ltd.
 [3] Sluga A., D. Metljak (1997) Referenzmodel der CAQ Sytem Einfuehrung, *Eureka INTO Isytrans*.
 [4] RQM Systembeschreibung (1999) *Pickert & Partner GmbH*, Pfnztal b. K.
 [5] Erfahrungs-Bericht, Umsetzung CAQ-System RQM, *Daimler Chrysler AG, Werk Gaggenau*, 2000.

Naslova avtorjev: Drago Metljak
 PSM d.o.o.
 Runkova 10
 1000 Ljubljana

Prof. dr. Alojzij Sluga
 Fakulteta za strojništvo
 Univerze v Ljubljani
 Aškerčeva 6
 1000 Ljubljana

Authors' Addresses: Drago Metljak
 PSM Ltd.
 Runkova 10
 SI-1000 Ljubljana, Slovenia

Prof. Dr. Alojzij Sluga
 Faculty of Mechanical Eng.
 University of Ljubljana
 Aškerčeva 6
 SI-1000 Ljubljana, Slovenia

Prejeto:
 Received: 5.11.2001

Sprejeto:
 Accepted: 7.12.2001

Strokovna literatura

Professional Literature

Ocene knjig

Miroslav Bobrek:
**QMS DESIGN – Projektovanje sistema
menadžmenta kvaliteto**

Zal.: Mašinski fakultet Banjaluka, Industrijsko
Inženjerstvo, 2000.

Obseg: format 16,7 x 24 cm, 230 strani, 54 slik,
12 prilog.
Cena je 7 €.

Strategija in poslovni cilji, povezani s kakovostjo izdelka/storitve, so postali na koncu drugega tisočletja osnovna skrb modernega menedžmenta. Tehnike načrtovanja, uvajanja, vzdrževanja in stalnega izboljševanja sistema kakovosti sodijo med najpomembnejša in uporabljiva znanja sodobnega menedžerja. S tem namenom je avtor zasnoval knjigo kot učbenik za študente strojništva, v kateri izhaja iz splošne teorije sistemov ter načel projektiranja kibernetskih sistemov (v tem primeru industrijskih sistemov). Knjiga je razdeljena na sedem poglavij:

- Novo pojmovanje kakovosti – Demingov izziv za tretje tisočletje;
- QMS – Sistem menedžmenta kakovosti skladno z ISO 9000:2000;
- Osnove teorije sistemov in kibernetike;
- Proces v industrijskih sistemih;
- Horizontalna in vertikalna integracija procesa;
- Postopek projektiranja in uvajanja sistema menedžmenta kakovosti;
- QMS delavnica.

Osnovno izhodišče avtorja pri načrtovanju sistemov kakovosti v poslovnih (industrijskih) sistemih je poudarjena metodologija sistemskega postopka, ki temelji v teoriji na že dobro znanih tehnikah, ki jih ponujajo teorija sistemov, kibernetika in teorija informacij. Za lažje razumevanje teoretičnih osnov je opis posameznih menedžerskih tehnik dodatno ponazorjen z praktičnimi primeri pri načrtovanju in uvajanju sistemov kakovosti v dejanskih industrijskih sistemih. Obravnavani model načrtovanja sistema menedžmenta kakovosti je skladen z zahtevami nove izdaje serije standardov ISO 9000:2000, ki postopoma nadomešča sistem zagotavljanja kakovosti, definiran v verziji ISO 9000:1994.

Knjiga je napisana pregledno, v razumljivem jeziku, dodatno podkrepljena s primeri iz prakse, zato jo poleg študentov strojništva, katerim je v zasnovi namenjena, priporočamo tako načrtovalcem sistemov

menadžmenta kakovosti kakor tudi uporabnikom teh sistemov. Primerno gradivo je lahko tudi načrtovalcem različnih programov izobraževanja in usposabljanja kadrov na področju menedžmenta kakovosti.

M. Soković

Walter Jorden: Form- und Lagetoleranzen

Zal.: Carl Hanser Verlag, München, Wien, 2.
predelana in izpopolnjena izd. 2001.

Obseg: format 17 x 24 cm, 288 strani, 170 slik,
16 preglednic, 189 predpisov.
Cena je 30,58 €.

Avtor je v knjigi predstavil pomembnost toleranc oblike in lege, ki so vezane na premost, ravnost, okroglost, obliko valja, obliko površine in vzporednost, pravokotnost, nagib, lego središča, somernost ter soosnost. Tolerance zajemajo dovoljene odstopke od referenčne geometrijsko idealne oblike in lege enega ali več elementov. Tehnična dokumentacija posameznega strojnega elementa mora biti izdelana v celoti in enoznačno. Raziskave so pokazale, da temu ni tako in da pri 80 odstotkih v praksi manjkajo tolerance oblike in lege telesa.

V knjigi so sistematično predstavljeni in podani načini prikazovanja medsebojnih odvisnosti med tolerancami mer, oblike in lege. V dopoljeni izdaji je avtor posebej predstavil na tem področju prihajajoče novosti v standardih, ki so pomembni pri povezovanju kakovosti proizvodnje in menedžmenta.

Knjiga je namenjena vsem, ki se intenzivno ukvarjajo z izdelovanjem tehnične dokumentacije in študentom univerzitetnega in visokega strokovnega študija na predmetnih področjih Tehnična dokumentacija in Strojni elementi.

I. Prebil

Wolf-Dietr Klix: Konstruktive Geometrie

Zal.: Carl Hanser Verlag, München, Wien 2001.

Obseg: format 17 x 24 cm, 291 strani, 394 slik,
54 primerov - disk z nalogami in rešitvami.
Cena je 30,58 €.

Avtor prikazuje nadgradnjo in razvoj klasične opisne geometrije z analitičnimi metodami, ki omogočajo uvajanje računalniške podpore pri

dimenzioniranju in risanju tehnične dokumentacije. Prikazana so načela uvajanja osnovnih znanj geometrije in postopkov predstavitve objekta v aksonometriji, perspektivi in normalnem pogledu ter matematične metode za definiranje posameznih stikov, obrisov in krivulj.

Posebej so predstavljeni postopki konstruiranja in računanja za strojništvo pomembnih oblikovnih modelov ploskev, krogel, prerezov, prebodov, plaščev, krivulj itn. Primeri so v celoti rešeni in v vseh fazah rešitve nazorno predstavljeni.

Knjiga je namenjena konstrukterjem v industriji in študentom univerzitetnega in visokega strokovnega študija na predmetnih področjih Opisna geometrija in Tehnična dokumentacija.

I. Prebil

Zoran Ren - Srečko Glodež: Strojni elementi - I. del

Založništvo Fakultete za strojništvo, Maribor 2001.

Obseg: format 17 x 24 cm, 422 strani, 325 slik,

116 preglednic.

Cena je 3.940 SIT.

Avtorja sta v knjigi Strojni elementi, I. del predstavila teoretične osnove za trdnostni preračun zvarjenih, lotanih, zlepnih in kovičenih nerazstavljivih spojev, osnove za razstavljive strojne zveze, to so vijajčne zveze, gredne zveze z obliko in s silo ter osnove pomožnih grednih veznih elementov, elastičnih deformljivih elementov in elementov za prenos gibanja, kakor so osi, gredi, drsni in kotalni ležaji ter raznovrstne sklopke. Poglavlja v knjigi so

zapisana kot celote, ki podajajo teoretične osnove, navodila za konstruiranje v praksi in trdnostni preračun posameznih strojnih elementov. Podatki so v celoti vezani na veljavne mednarodne standarde SIST ISO in tiste standarde DIN, ki niso zajeti v SIST ISO.

Knjiga je namenjena konstrukterjem v industriji, saj jih vodi skozi postopke in priporočila v razvojni fazi izdelka in še posebej študentom univerzitetnega in visokega strokovnega študija na predmetnih področjih Strojni elementi in Postopki konstruiranja.

I. Prebil

Zoran Ren - Aleš Belšak: Zbirka nalog iz strojnih elementov - I. del

Založništvo Fakultete za strojništvo, Maribor 2001.

Obseg: format 17 x 24 cm, 179 strani, 70 slik.

Cena je 3.940 SIT.

Avtorja sta kot dopolnilo h knjigi Strojni elementi, I. del dodala še zbirko nalog. Naloge so vezane na primere v praksi. Podane so rešitve preračunov nerazstavljivih spojev, razstavljivih zvez, vzmetnih elementov in podpornih elementov za prenos gibanja in pojavljajočih se obremenitev.

Zbirka nalog v knjigi je namenjena študentom univerzitetnega in visokega strokovnega študija na predmetnem področju Strojni elementi in kot priročnik rešitev za strojniško prakso pri konstruiranju strojnih elementov.

I. Prebil

Osebnosti

Personal Events

Prof.dr. Adolf Šostar - Zaslužni profesor

Prof.dr. Adolf Šostar se je rodil 1. marca 1934 v Ljubljani, maturiral na 1. gimnaziji v Mariboru in študiral strojništvo na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani, kjer je diplomiral leta 1960. V letih od 1953 do 1959 je bil med študijem dve leti na praksi v znanih tujih firmah. V letih od 1959 do 1964 je v TAM-ovi proizvodnji vodil Eksperimentalno skupino za osvajanje novih proizvodov in novih orodij.

Leta 1962 je bil izvoljen na Višji tehniški šoli kot honorarni asistent pri prof. E. Mareku za področje Mehanske tehnologije, Priprava proizvodnje in Tehnološke meritve. Med leti 1964 do 1966 je vodil delavnice TŠESS in vodil gradnjo in opremljanje Tehnološkega laboratorija VTŠ. Po izvolitvi v naziv profesor višje šole leta 1971 je kot znanstveni sodelavec na Inštitutu za proizvodno strojništvo TU v Gradcu vodil Centralno delavnico TU. Doktoriral je leta 1975 na Fakulteti za strojništvo TU Gradec. V naziv izredni profesor je bil izvoljen leta 1975 in leta 1981 v naziv redni profesor.

Z raziskovalnim delom in uspešnimi rezultati je postal mednarodno priznan izvedenec in zato bil povabljen k sodelovanju v strokovno-znanstvene komisije in tehnične komiteje VDI/VDE, CMMA, ISO-TC3 in TC54 ter vključen kot strokovni sodelavec podjetij KOMEG in Carl Zeiss za področje Koordinatne merilne tehnike. Organiziral je enega prvih večjih strokovno-znanstvenih sestankov strokovnjakov z vsega sveta leta 1989 v Dubrovniku ter 3 mednarodne seminarje s tega področja na Tehniški fakulteti v Mariboru. V skupini s prof. P. Šmarčanom in takrat še asistentom prof. F. Čušem je organiziral tudi 6 Evropskih seminarjev, ki so predstavljali vodilne smernice razvoja proizvodnih tehnologij, obdelovalnih in merilnih



strojev. Na visoki tehniški šoli, Tehniški fakulteti in Fakulteti za strojništvo je opravljal naslednje funkcije: bil je predstojnik dopolnilne dejavnosti, vodja Laboratorija za tehnološke meritve od leta 1963, predstojnik Inštituta za proizvodno strojništvo od leta 1991, predstojnik VTO (oddelka) strojništvo v letih 1975 do 1979, dekan Visoke tehniške šole od 1979 do 1983, prorektor UM v letih 1984/85, dekan Fakultete za strojništvo od leta 1995 do 2001.

Pomembne funkcije je opravljal tudi v okviru dejavnosti skupščine in komisij za šolstvo in raziskovalno dejavnost Republike Slovenije pri Ministrstvu za šolstvo in šport in Ministrstvu za raziskovalno dejavnost. Sedaj je član Komisije Republike Slovenije za Zoisove nagrade, Slovenskega meroslovnega sveta in Slovenskega inštituta za standardizacijo. Bil je mentor 7 doktorantom na TF oz. FS ter mentor in komentor 5 doktorantom na TU Gradec. Od leta 1992 do 1994 je bil gostujoči profesor na Fakulteti za strojništvo TU Gradec na do- in podiplomskem študiju za področje merilne tehnike. V času pedagoške dejavnosti je napisal in objavil 8 enot študijskega gradiva na Univerzi v Mariboru in 3 na TU Gradec.

Njegovi asistenti so bili danes priznani učitelji prof.dr. A. Polajnar, prof.dr. F. Čuš, mag. T. Seljak in doc.dr. B. Ačko. Njegov celotni opus objav obsega 420 del. Je član vrste strokovnih društev doma in v tujini ter član Slovenske inženirske akademije in Slovenskega društva za tehniko in naravoslovje SATENA. Dobil je vrsto nagrad, med drugimi Zlati znak Univerze v Mariboru, državno odlikovanje Red dela s srebrnim vencem SFRJ, diplome univerz oz. fakultet v Ljubljani, Zagrebu in Gradcu ter priznanja in diplome strokovnih društev.

Prešernova nagrada Fakultete za strojništvo v Ljubljani za leto 2001

Radovan Dražumerič

Delo: Geometrijska optimizacija procesa zvrnitve konzole

Mentor: Prof.dr. Franc Kosel

Radovan Dražumerič je bil rojen 24. aprila 1975 v Ljubljani. V letih 1982 do 1990 je obiskoval Osnovno šolo Pirniče. V šolskem letu 1990/91 se je

vpisal na Srednjo tehniško šolo za strojništvo v Ljubljani - smer strojni tehnik. Srednjo šolo je sklenil leta 1994 in se v šolskem letu 1994/95 vpisal v prvi letnik univerzitetnega študija Fakultete za strojništvo v Ljubljani. Bil je zelo dober študent, njegova ocena izpitov in vaj od prvega do četrtega letnika je bila 8,91. Kandidat je uspešno diplomiral v aprilu leta 2001 na smeri konstrukterstvo in

gradnja strojev pri prof.dr. Francu Koselu. V šolskem letu 2001/02 se je vpisal v prvi letnik podiplomske šole na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani in se kot raziskovalec - pripravnik tudi zaposlil na tej fakulteti.

V nagrajenem delu je obravnavan problem stabilnosti upogibno obremenjene elastične konzole z vidika geometrijske optimizacije. Prikazan je brezdimenzijski matematično - fizikalni model procesa zvrnitve tanke konzole po teoriji velikih pomikov. Na podlagi tega modela je izvedena geometrijska optimizacija konzole pravokotnega prečnega prereza. Predstavljen je analitični pristop k problemu optimizacije. Geometrijsko

optimizacijo konzole je izvedel na osnovi definicije in rešitve ustreznega variacijskega problema v brezdimenzijski obliki. Določil je takšen potek funkcije debeline konzole vzdolž njene osi, da je kritična sila zvrnitve največja, pri čemer sta prostornina in višina optimirane konzole definirana z izbiro izmer referenčne konzole nespremenljivega prečnega prereza. Na podlagi numerične rešitve sistema nelinearnih diferencialnih enačb, ki omogočajo opisati postopek zvrnitve, je kandidat predstavil tudi primerjavo med potekom premečnega stanja geometrijsko optimirane konzole in referenčne konzole nespremenljivega prečnega prereza v nadkritičnem področju.

Magisteriji, specializacije, diplome

MAGISTERIJI

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru je z uspehom zagovarjal svoje magistrsko delo:

dne 14. decembra 2001: Vlado Fras, z naslovom: "Hrup v delovnem okolju in njegov vpliv na obremenitev človeka".

S tem je navedeni kandidat dosegel akademsko stopnjo magistra tehničnih znanosti.

SPECIALIZACIJE

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru je z uspehom zagovarjal svoje specialistično delo:

dne 10. decembra 2001: Andrej Kolmanič, z naslovom: "Izgradnja modela proizvodno informacijskega sistema v PE Cevarna, Impol".

S tem je navedeni kandidat dosegel akademsko stopnjo specialista.

DIPLOMIRALISO

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani so pridobili naziv univerzitetni diplomirani inženir strojništva:

dne 21. decembra 2001: Gregor HRIBAR, Matjaž KARIŽ, Jakob KOKALJ, Primož NELEC, Luciano PICEK, Jurij ŠKRABA, Franci VE HAR.

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru so pridobili naziv univerzitetni diplomirani inženir strojništva:

dne 19. decembra 2001: Martin REBULA, Ambrož ROŽMAN.

*

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani so pridobili naziv diplomirani inženir strojništva:

dne 13. decembra 2001: Aleš GABRIJEL, Valentin GOLOB, Luka GORJUP, Peter JUVAN, Gorazd KAMBIČ, Dejan NOŽAK, Urban ODLAZEK, Aleš PEVEC, Boštjan TOPLIŠEK, Miran VOLK;

dne 19. decembra 2001: Klemen AMBROŽIČ, Dean TERČELJ, Primož ZUPANČIČ.

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru so pridobili naziv diplomirani inženir strojništva:

dne 12. decembra 2001: Marko ROZMAN;

dne 19. decembra 2001: Dejan GJURA, Tomaž PERNAT, Marko ŽIVIČ, Darko ŽMITEK.

*

Na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru so pridobili naziv inženir strojništva:

dne 19. decembra 2001: Aleš BRENCE, Stanislav HORJAK, Jure MAJC, Matej MAURIČ, Stojan SAVIČ, Tadej TOPOLŠEK.

Navodila avtorjem

Instructions for Authors

Članki morajo vsebovati:

- naslov, povzetek, besedilo članka in podnaslove slik v slovenskem in angleškem jeziku,
- dvojezične preglednice in slike (diagrami, risbe ali fotografije),
- seznam literature in
- podatke o avtorjih.

Strojniški vestnik izhaja od leta 1992 v dveh jezikih, tj. v slovenščini in angleščini, zato je obvezen prevod v angleščino. Obe besedili morata biti strokovno in jezikovno med seboj usklajeni. Članki naj bodo kratki in naj obsegajo približno 8 tipkanih strani. Izjemoma so strokovni članki, na željo avtorja, lahko tudi samo v slovenščini, vsebovati pa morajo angleški povzetek.

Vsebina članka

Članek naj bo napisan v naslednji obliki:

- Naslov, ki primerno opisuje vsebino članka.
- Povzetek, ki naj bo skrajšana oblika članka in naj ne presega 250 besed. Povzetek mora vsebovati osnove, jedro in cilje raziskave, uporabljeno metodologijo dela, povzetek rezultatov in osnovne sklepe.
- Uvod, v katerem naj bo pregled novejšega stanja in zadostne informacije za razumevanje ter pregled rezultatov dela, predstavljenih v članku.
- Teorija.
- Eksperimentalni del, ki naj vsebuje podatke o postavitvi preskusa in metode, uporabljene pri pridobitvi rezultatov.
- Rezultati, ki naj bodo jasno prikazani, po potrebi v obliki slik in preglednic.
- Razprava, v kateri naj bodo prikazane povezave in posplošitve, uporabljene za pridobitev rezultatov. Prikazana naj bo tudi pomembnost rezultatov in primerjava s poprej objavljenimi deli. (Zaradi narave posameznih raziskav so lahko rezultati in razprava, za jasnost in preprostejšo bralčevo razumevanje, združeni v eno poglavje.)
- Sklepi, v katerih naj bo prikazan en ali več sklepov, ki izhajajo iz rezultatov in razprave.
- Literatura, ki mora biti v besedilu oštevilčena zaporedno in označena z oglatimi oklepaji [1] ter na koncu članka zbrana v seznamu literature. Vse opombe naj bodo označene z uporabo dvignjene številke¹.

Oblika članka

Besedilo naj bo pisano na listih formata A4, z dvojnimi presledki med vrstami in s 3 cm širokim robom, da je dovolj prostora za popravke lektorjev. Najbolje je, da pripravite besedilo v urejevalniku Microsoft Word. Če uporabljate kakšen drug urejevalnik besedil, prosimo, da besedilo konvertirate v navadno ASCII (tekstovno) obliko. Hkrati dostavite odtis članka na papirju, vključno z vsemi slikami in preglednicami ter identično kopijo v elektronski obliki.

Prosimo, da ne uporabljate urejevalnika LaTeX, saj program, s katerim pripravljamo Strojniški vestnik, ne uporablja njegovega formata. V urejevalniku LaTeX oblikujte grafe, preglednice in enačbe in jih stiskajte na kakovostnem laserskem tiskalniku, da jih bomo lahko presneli.

Enačbe naj bodo v besedilu postavljene v ločene vrstice in na desnem robu označene s tekočo številko v okroglih oklepajih

Enote in okrajšave

V besedilu, preglednicah in slikah uporabljajte le standardne označbe in okrajšave SI. Simbole fizikalnih veličin v besedilu pišite poševno (kurzivno), (npr. v , T , n itn.). Simbole enot, ki sestojijo iz črk, pa pokončno (npr. ms^{-1} , K, min, mm itn.).

Papers submitted for publication should comprise:

- Title, Abstract, Main Body of Text and Figure Captions in Slovene and English,
- Bilingual Tables and Figures (graphs, drawings or photographs),
- List of references and
- Information about the authors.

Since 1992, the Journal of Mechanical Engineering has been published bilingually, in Slovenian and English. The two texts must be compatible both in terms of technical content and language. Papers should be as short as possible and should on average comprise 8 typed pages. In exceptional cases, at the request of the authors, speciality papers may be written only in Slovene, but must include an English abstract.

The format of the paper

The paper should be written in the following format:

- A Title, which adequately describes the content of the paper.
- An Abstract, which should be viewed as a miniversion of the paper and should not exceed 250 words. The Abstract should state the principal objectives and the scope of the investigation, the methodology employed, summarize the results and state the principal conclusions.
- An Introduction, which should provide a review of recent literature and sufficient background information to allow the results of the paper to be understood and evaluated.
- A Theory
- An Experimental section, which should provide details of the experimental set-up and the methods used for obtaining the results.
- A Results section, which should clearly and concisely present the data using figures and tables where appropriate.
- A Discussion section, which should describe the relationships and generalisations shown by the results and discuss the significance of the results making comparisons with previously published work. (Because of the nature of some studies it may be appropriate to combine the Results and Discussion sections into a single section to improve the clarity and make it easier for the reader.)
- Conclusions, which should present one or more conclusions that have been drawn from the results and subsequent discussion.
- References, which must be numbered consecutively in the text using square brackets [1] and collected together in a reference list at the end of the paper. Any footnotes should be indicated by the use of a superscript¹.

The layout of the text

Texts should be written in A4 format, with double spacing and margins of 3 cm to provide editors with space to write in their corrections. Microsoft Word for Windows is the preferred format for submission. If you use another word processor, please convert to normal ASCII (text) format. One hard copy, including all figures, tables and illustrations and an identical electronic version of the manuscript must be submitted simultaneously.

Please do not use a LaTeX text editor, since this is not compatible with the publishing procedure of the Journal of Mechanical Engineering. Graphs, tables and equations in LaTeX may be supplied in good quality hard-copy format, so that they can be copied for inclusion in the Journal.

Equations should be on a separate line in the main body of the text and marked on the right-hand side of the page with numbers in round brackets.

Units and abbreviations

Only standard SI symbols and abbreviations should be used in the text, tables and figures. Symbols for physical quantities in the text should be written in Italics (e.g. v , T , n , etc.). Symbols for units that consist of letters should be in plain text (e.g. ms^{-1} , K, min, mm, etc.).

Vse okrajšave naj bodo, ko se prvič pojavijo, napisane v celoti v slovenskem jeziku, npr. časovno spremenljiva geometrija (ČSG).

Slike

Slike morajo biti zaporedno oštevilčene in označene, v besedilu in podnaslovu, kot sl. 1, sl. 2 itn. Posnete naj bodo v kateremkoli od razširjenih formatov, npr. BMP, JPG, GIF. Za pripravo diagramov in risb priporočamo CDR format (CorelDraw), saj so slike v njem vektorske in jih lahko pri končni obdelavi preprosto povečujemo ali pomajšujemo.

Pri označevanju osi v diagramih, kadar je le mogoče, uporabite označbe veličin (npr. t , v , m itn.), da ni potrebno dvojezično označevanje. V diagramih z več krivuljami, mora biti vsaka krivulja označena. Pomen oznake mora biti pojasnjen v podnapisu slike.

Vse označbe na slikah morajo biti dvojezične.

Za vse slike po fotografskih posnetkih je treba priložiti izvirne fotografije ali kakovostno narejen posnetek. V izjemnih primerih so lahko slike tudi barvne.

Preglednice

Preglednice morajo biti zaporedno oštevilčene in označene, v besedilu in podnaslovu, kot preglednica 1, preglednica 2 itn. V preglednicah ne uporabljajte izpisanih imen veličin, ampak samo ustrezne simbole, da se izognemo dvojezični podvojitvi imen. K fizikalnim veličinam, npr. t (pisano poševno), pripišite enote (pisano pokončno) v novo vrsto brez oklepajev.

Vsi podnaslovi preglednic morajo biti dvojezični.

Seznam literature

Vsa literatura mora biti navedena v seznamu na koncu članka v prikazani obliki po vrsti za revije, zbornike in knjige:

- [1] Tarng, Y.S., Y.S. Wang (1994) A new adaptive controller for constant turning force. *Int J Adv Manuf Technol* 9(1994) London, pp. 211-216.
- [2] Čuš, F., J. Balič (1996) Rationale Gestaltung der organisatorischen Abläufe im Werkzeugwesen. *Proceedings of International Conference on Computer Integration Manufacturing*, Zakopane, 14.-17. maj 1996.
- [3] Oertli, P.C. (1977) Praktische Wirtschaftskybernetik. *Carl Hanser Verlag*, München.

Podatki o avtorjih

Članku priložite tudi podatke o avtorjih: imena, nazive, popolne poštne naslove, številke telefona in faksa ter naslove elektronske pošte.

Sprejem člankov in avtorske pravice

Uredništvo Strojniškega vestnika si pridržuje pravico do odločanja o sprejemu članka za objavo, strokovno oceno recenzentov in morebitnem predlogu za krajšanje ali izpopolnitev ter terminološke in jezikovne korekture.

Avtor mora predložiti pisno izjavo, da je besedilo njegovo izvirno delo in ni bilo v dani obliki še nikjer objavljeno. Z objavo preidejo avtorske pravice na Strojniški vestnik. Pri morebitnih kasnejših objavah mora biti SV naveden kot vir.

Rokopisi člankov ostanejo v arhivu SV.

Vsa nadaljnja pojasnila daje:

Uredništvo
STROJNIŠKEGA VESTNIKA
p.p. 197/IV
1001 Ljubljana
Telefon: (01) 4771-757
Telefaks: (01) 2518-567
E-mail: strojniksi.vestnik@fs.uni-lj.si

All abbreviations should be spelt out in full on first appearance, e.g., variable time geometry (VTG).

Figures

Figures must be cited in consecutive numerical order in the text and referred to in both the text and the caption as Fig. 1, Fig. 2, etc. Figures may be saved in any common format, e.g. BMP, GIF, JPG. However, the use of CDR format (CorelDraw) is recommended for graphs and line drawings, since vector images can be easily reduced or enlarged during final processing of the paper.

When labelling axes, physical quantities, e.g. t , v , m , etc. should be used whenever possible to minimise the need to label the axes in two languages. Multi-curve graphs should have individual curves marked with a symbol, the meaning of the symbol should be explained in the figure caption.

All figure captions must be bilingual.

Good quality black-and-white photographs or scanned images should be supplied for illustrations. In certain circumstances, colour figures may be considered.

Tables

Tables must be cited in consecutive numerical order in the text and referred to in both the text and the caption as Table 1, Table 2, etc. The use of names for quantities in tables should be avoided if possible: corresponding symbols are preferred to minimise the need to use both Slovenian and English names. In addition to the physical quantity, e.g. t (in Italics), units (normal text), should be added in new line without brackets.

All table captions must be bilingual.

The list of references

References should be collected at the end of the paper in the following styles for journals, proceedings and books, respectively:

- [1] Tarng, Y.S., Y.S. Wang (1994) A new adaptive controller for constant turning force. *Int J Adv Manuf Technol* 9(1994) London, pp. 211-216.
- [2] Čuš, F., J. Balič (1996) Rationale Gestaltung der organisatorischen Abläufe im Werkzeugwesen. *Proceedings of International Conference on Computer Integration Manufacturing*, Zakopane, 14.-17. maj 1996.
- [3] Oertli, P.C. (1977) Praktische Wirtschaftskybernetik. *Carl Hanser Verlag*, München.

Author information

The following information about the authors should be enclosed with the paper: names, complete postal addresses, telephone and fax numbers and E-mail addresses.

Acceptance of papers and copyright

The Editorial Committee of the Journal of Mechanical Engineering reserves the right to decide whether a paper is acceptable for publication, obtain professional reviews for submitted papers, and if necessary, require changes to the content, length or language.

Authors must also enclose a written statement that the paper is original unpublished work, and not under consideration for publication elsewhere. On publication, copyright for the paper shall pass to the Journal of Mechanical Engineering. The JME must be stated as a source in all later publications.

Papers will be kept in the archives of the JME.

You can obtain further information from:

Editorial Board of the
JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING
P.O.Box 197/IV
1001 Ljubljana, Slovenia
Telephone: +386 (0)1 4771-757
Fax: +386 (0)1 2518-567
E-mail: strojniksi.vestnik@fs.uni-lj.si

Vsebina 2001

Contents 2001

Uvodnik

- Tuma, M.: Ob ponatisu prof. Zorana Ranta: Termodinamika, knjiga za uk in prakso 2
Bergles, A.E., Golobič, I.: ASME-ZSITS International Thermal Science Seminar 343
Uvodne besede ob objavi izbranih prispevkov s konference IAT'01 592

Razprave

- Saucha, J., Radoš, J., Ivaković, Č.: Stabilnost antenskega stebra ob upoštevanju hkratnega delovanja lastne teže in zunanje obremenitve 4
Vajde Horvat, R., Welzer Družovec, T., Rozman, I., Soković, M.: Ocenjevanje zahtevnosti postopkov 15
Simonovski, I., Boltežar, M.: Spremljanje trenutne frekvenčne vsebine pri zagonu pralnega stroja 28
Milfelner, M., Čuš, F.: Analiza temperatur in toplotne energije pri odrezavanju 45
Franjič, K.: Značilnosti radialnih malih vodnih turbin s prečnim tokom 53
Jošt, D., Škerget, L.: Napoved izkoristka francisove turbine z numeričnim izračunom toka 70
Jerman, B., Hodnik, R., Kramar, J.: Analiza raznosa tlaka pri uporabi prilagodljivega pridrževala z možnostjo nadzora pridrževalne sile med globokim vlekom 83
Pepelnjak, T., Kampuš, Z.: Analize kakovosti pridrženja pločevine pri globokem vleku 94
Kalin, M., Vižintin, J.: Tribokemijske spremembe med jeklom in keramiko v fretinških razmerah 114
Kalin, M., Vižintin, J.: Izračun kontaktnih temperatur v fretinških razmerah 129
Vižintin, J., Arnšek, A.: Primerjava triboloških lastnosti mineralnih in repičnih mazalnih olj - Osnove, načini preskušanja ter izbira preskusnih olj (1. del) 140
Podgornik, B., Vižintin, J.: Vpliv kemotermične obdelave podlage na tribološke lastnosti trdih prevlek 152
Podgornik, B., Vižintin, J., Leskovšek, V.: Obrabna odpornost konstrukcijskega jekla, nitriranega v plazmi 163
Arnšek, A., Vižintin, J.: Primerjava triboloških lastnosti mineralnih in repičnih mazalnih olj - Rezultati mehansko-dinamičnih analiz (2. del) 174
Likar, J., Čadež, J.: Drugačna metoda določevanja koncentracij plinov zaprtih prostorov v odvisnosti od časa 192
Skeiker, K.: Identifikacija sezonskih modelov za temperaturo zraka v coni glavnega mesta Sirije "Damask" 199

Editorial

- Tuma, M.: Second Edition Prof. Zoran Rant's: Thermodynamics, Book for Learn and Practice
Bergles, A.E., Golobič, I.: ASME-ZSITS International Thermal Science Seminar
Introduction to the Selected Papers from the IAT'01 Conference

Papers

- Saucha, J., Radoš, J., Ivaković, Č.: The Stability of an Antenna Column under the Simultaneous Action of its Own Weight and on Effective Load
Vajde Horvat, R., Welzer Družovec, T., Rozman, I., Soković, M.: An Evaluation of Process Complexity
Simonovski, I., Boltežar, M.: Monitoring the Instantaneous Frequency Content of a Washing Machine during Startup
Milfelner, M., Čuš, F.: An Analysis of Temperatures and Thermal Energy during Cutting
Franjič, K.: Characteristics of Cross-Flow Radial Mini-Hydro Turbines
Jošt, D., Škerget, L.: Using Numerical Flow Analysis to Predict the Efficiency of a Francis Turbine
Jerman, B., Hodnik, R., Kramar, J.: An Analysis of the Spreading of a Holding Pressure by Means of a Pliable Blank Holder with the Controllable Holding Force during a Deep-Drawing Process
Pepelnjak, T., Kampuš, Z.: Analysing the Quality of Sheet-Metal Holding during Deep Drawing
Kalin, M., Vižintin, J.: Tribochemical Changes in Steel and Ceramics under Fretting Conditions
Kalin, M., Vižintin, J.: Calculating the Contact Temperature for Lubricated and Dry Fretting Conditions
Vižintin, J., Arnšek, A.: Tribological Properties of Rapeseed Oils Compared to Mineral Oils - Basics, Test Methods and Test Oil Selection (part 1)
Podgornik, B., Vižintin, J.: Influence of Substrate Pretreatment on the Tribological Properties of Hard Coatings
Podgornik, B., Vižintin, J., Leskovšek, V.: Wear Resistance of Plasma Nitrided Structural Steel
Arnšek, A., Vižintin, J.: Tribological Properties of Rapeseed Oils Compared to Mineral Oils - Results of Mechanical - Dynamic Investigations (part 2)
Likar, J., Čadež, J.: Alternative Method for Determine Concentration of Gases in Enclosed Structures as a Function of Time
Skeiker, K.: An Identification of Seasonal Models for Air Temperature in the Capital Zone "Damascus" in Syria

- Pezdirnik, J.: Tok tekočine skozi reže v hidravličnih sestavinah 210
- Arnšek, A., Udovč, A., Vižintin, J.: Primerjava triboloških lastnosti mineralnih in repičnih mazalnih olj - Rezultati fizikalno-kemijskih analiz (3. del) 217
- Predin, A., Biluš, I.: Gonilni mehanizmi kavitacijskega vrtnca v vstopnem vodu radialne črpalke 234
- Ternik, P., Marn, J., Kanduti, D., Dervarič, E.: Potenčni zakon kot model zmesi elektrofiltrskega pepela in vode 248
- Steinman, F., Banovec, P., Šantl, S.: Načrtovanje razvoja vodovodnih sistemov z uporabo genetskih algoritmov 263
- Uлага, S., Flašker, J., Zafošnik, B., Ciglarič, I.: Optimizacijski postopek v procesu zasnovе zobnikov 286
- Stritih, U., Može, M., Novak, P.: Model in simuliranje delovanja odprtega hladilnega postopka brez uporabe CFC 300
- Fošnarič, S.: Analiza delovnega postopka pri praktičnem pouku s poudarkom na projektni nalogi 313
- Černe, B., Medved, S.: Toplotne izgube v tla pri stavbah glede na standard SIST EN ISO 13370 - poenostavljena metoda izračuna 325
- A. Bejan: Entropy generation minimization: the method and its applications 345
- Didion, D., Brown, J.S.: Challenges in developing environmentally safe heat pumping systems 356
- Meyer, J. P.: The performance of the refrigerants R - 134a, R - 290, R404A, R - 407c and R - 410A in air conditioners and refrigerators 366
- Novak, P.: Role of the heat-exchangers in the factor 4 energy policy 374
- Assovskiy, I. G.: Heat transfer in laser pulse interaction with reactive substances 378
- Honner, M., Kuneš, J.: Microscale nonequilibrium heat transfer in technologies using intensive heat sources 383
- Tarnawski, V.R., Wagner, B., Leong, W.H., Gori, F.: An expert system for estimating soil thermal & transport properties 390
- Tiselj, I., Pogrebnyak, E., Mosyak, A., Hetsroni, G.: Numerical study of thermal streak spacing in turbulent boundary layer with constant heat-flux boundary condition 396
- Vesely, Z., Honner, M.: The 3d simulation of thermomechanical processes in the industrial pusher-type furnace 403
- Lalot, S., Lecoeuche, S.: Online identification of heat dissipaters using artificial neural networks 411
- Trivic, D.N., Djordjevic, B., Grbavcic, Z.: Influence of particles size and concentration in particles cloud radiation by Mie theory 417
- Hadjisophocleous, G.V., An, M., Costa, V.A.F., Sousa, A.C.M.: Fire suppression using water mists – a numerical model 424
- Pezdirnik, J.: Fluid Flow Through Gaps in Hydraulic Components
- Arnšek, A., Udovč, A., Vižintin, J.: Tribological Properties of Rapeseed Oils Compared to Mineral Oils – Results of Physical and Chemical Analysis (part 3)
- Predin, A., Biluš, I.: The Driving Mechanisms of the Cavitation Swirl in the Entrance Pipe of a Radial Pump
- Ternik, P., Marn, J., Kanduti, D., Dervarič, E.: The Power Law as a Model for an Electrostatic Filter Ash and Water Mixture
- Steinman, F., Banovec, P., Šantl, S.: Genetic-Algorithms-Supported Planning of Water-Supply Systems
- Uлага, S., Flašker, J., Zafošnik, B., Ciglarič, I.: Optimisation Feature in Gear Design Procedure
- Stritih, U., Može, M., Novak, P.: Design and Simulation of a CFC-Free Open Air-Conditioning System
- Fošnarič, S.: An Analysis of the Working Process in Practical Classes with the Accent on the Project Task
- Černe, B., Medved, S.: Heat Losses to the Ground According to the SIST EN ISO 13370 Standard - a Simplified Calculation Method
- A. Bejan: Entropy generation minimization: the method and its applications
- Didion, D., Brown, J.S.: Challenges in developing environmentally safe heat pumping systems
- Meyer, J. P.: The performance of the refrigerants R - 134a, R - 290, R404A, R - 407c and R - 410A in air conditioners and refrigerators
- Novak, P.: Role of the heat-exchangers in the factor 4 energy policy
- Assovskiy, I. G.: Heat transfer in laser pulse interaction with reactive substances
- Honner, M., Kuneš, J.: Microscale nonequilibrium heat transfer in technologies using intensive heat sources
- Tarnawski, V.R., Wagner, B., Leong, W.H., Gori, F.: An expert system for estimating soil thermal & transport properties
- Tiselj, I., Pogrebnyak, E., Mosyak, A., Hetsroni, G.: Numerical study of thermal streak spacing in turbulent boundary layer with constant heat-flux boundary condition
- Vesely, Z., Honner, M.: The 3d simulation of thermomechanical processes in the industrial pusher-type furnace
- Lalot, S., Lecoeuche, S.: Online identification of heat dissipaters using artificial neural networks
- Trivic, D.N., Djordjevic, B., Grbavcic, Z.: Influence of particles size and concentration in particles cloud radiation by Mie theory
- Hadjisophocleous, G.V., An, M., Costa, V.A.F., Sousa, A.C.M.: Fire suppression using water mists – a numerical model

Lalot, S.: Analytical representation of the internal shape factor of sheathed electrical heating elements	435	Lalot, S.: Analytical representation of the internal shape factor of sheathed electrical heating elements	435
Prstic, S., Iyengar, M., Bar-Cohen, A.: Bypass effect in high performance heat sinks	441	Prstic, S., Iyengar, M., Bar-Cohen, A.: Bypass effect in high performance heat sinks	441
Soontornchainacksaeng, T.: Parameters analysis and potential of energy storage Case study: Solar collector for diurnal water heating and nocturnal water cooling	449	Soontornchainacksaeng, T.: Parameters analysis and potential of energy storage Case study: Solar collector for diurnal water heating and nocturnal water cooling	449
Kljenak, I.: Modeling of void fraction and liquid temperature profiles evolution in vertical subcooled nucleate boiling flow	455	Kljenak, I.: Modeling of void fraction and liquid temperature profiles evolution in vertical subcooled nucleate boiling flow	455
Chodkiewicz, R., Donevski, B., Krysinski, J., Krzton, J., Porochnicki, J.: Recuperated gas turbine integrated with the PFBC combined cycle power plant	462	Chodkiewicz, R., Donevski, B., Krysinski, J., Krzton, J., Porochnicki, J.: Recuperated gas turbine integrated with the PFBC combined cycle power plant	462
Guzović, Z., Matijašević, B., Ruševljan, M.: Generalized correlations for heat transfer determination in turbine cascades	468	Guzović, Z., Matijašević, B., Ruševljan, M.: Generalized correlations for heat transfer determination in turbine cascades	468
Lee, S.L., Sheu, S.R.: Filling process in an open tank	476	Lee, S.L., Sheu, S.R.: Filling process in an open tank	476
Smith, I.K., Stošić, N., Kovačević, A.: Use of screw machines as a throttle valve replacement in refrigeration plants	484	Smith, I.K., Stošić, N., Kovačević, A.: Use of screw machines as a throttle valve replacement in refrigeration plants	484
Bojic, M., Yik, F., Wan, K., Burnett, J.: Investigation of cooling loads in high-rise residential buildings in Hong Kong	491	Bojic, M., Yik, F., Wan, K., Burnett, J.: Investigation of cooling loads in high-rise residential buildings in Hong Kong	491
Levy, A., Jelinek, M., Borde, I.: Single stage absorption system based on refrigerants R125 and R134a with DMETEG	497	Levy, A., Jelinek, M., Borde, I.: Single stage absorption system based on refrigerants R125 and R134a with DMETEG	497
Amahmid, A., Hasnaoui, M., Douamna, S.: Analytical and numerical study of double-diffusive parallel flow induced in a vertical porous layer subjected to constant heat and mass fluxes	501	Amahmid, A., Hasnaoui, M., Douamna, S.: Analytical and numerical study of double-diffusive parallel flow induced in a vertical porous layer subjected to constant heat and mass fluxes	501
Sakellari, D., Lundqvist, P.: Towards energy-use optimisation of a domestic heating system based on a heat pump	506	Sakellari, D., Lundqvist, P.: Towards energy-use optimisation of a domestic heating system based on a heat pump	506
Önel, S., Gürüz, G.: Energy optimization of the Yankee-Hood dryer	512	Önel, S., Gürüz, G.: Energy optimization of the Yankee-Hood dryer	512
de Swardt, C.A., Meyer, J.P.: A performance comparison between an air-source and a ground-source reversible heat pump	519	de Swardt, C.A., Meyer, J.P.: A performance comparison between an air-source and a ground-source reversible heat pump	519
Pavlovic, M.: Energy savings by recycling	527	Pavlovic, M.: Energy savings by recycling	527
Delalic, S., Aranutovic, A., Alagic, S.: Optimization of thermal energy transportation executed in long pipes	531	Delalic, S., Aranutovic, A., Alagic, S.: Optimization of thermal energy transportation executed in long pipes	531
Demir, H.: Thermal convection of viscoelastic fluid with Biot boundary conduction	537	Demir, H.: Thermal convection of viscoelastic fluid with Biot boundary conduction	537
Bremec, B., Kosel, F.: Izbočitev krožnega kolobarja v elasto-plastičnem področju: elastičen linearno utrjevalni reološki model	554	Bremec, B., Kosel, F.: Buckling of a Circular Annular Plate in the Elastic-Plastic Region: an Elastic Linear Hardening Rheological Model	554
Fulder, T., Polajnar, A., Pandža, K.: Vloge orodjarn v dobavni verigi	566	Fulder, T., Polajnar, A., Pandža, K.: The Role of Toolmakers in the Supply Chain	566
Kosec, B., Kosec, L., Kopač, J., Škrinjar, A.: Analiza poškodb na površini orodja za tlačno litje nosilca iz aluminijeve zlitine AlSi9Cu3	575	Kosec, B., Kosec, L., Kopač, J., Škrinjar, A.: Damage Analysis on the Surface of Die Casting Die of Girder Made by Aluminium Alloy of AlSi9Cu3	575
Klemenc, J., Fajdiga, M.: Modeliranje padavinskih matrik z mešanico Gaussovih funkcij	593	Klemenc, J., Fajdiga, M.: The Modelling of Rainflow Matrices with a Mixture of Gaussian Functions	593

- | | | |
|--|-----|---|
| Gantar, G., Ljevar, M., Kuzman, K.: Uporaba numeričnih simuliranj pri razvoju orodij za izdelavo pločevinastih sestavnih delov avtomobilov | 605 | Gantar, G., Ljevar, M., Kuzman, K.: The Use of Numerical Simulations in the Development of Tools for the Sheet-Metal Parts of Cars |
| Dolenc, A., Trenc, F.: Analiza sistemov za neposredno vbrizgavanje goriva v sodobne hitrotekoče dizelske motorje | 615 | Dolenc, A., Trenc, F.: An Analysis of Fuel-Injection Systems for Advanced High-Speed Diesel Engines |
| Volmajer, M., Kegl, B.: Obravnavanje curka plinskega olja | 627 | Volmajer, M., Kegl, B.: Diesel-Spray Analysis |
| Tušek, J., Uran, M., Jonke, M.: Izdelava in optimizacija nove tehnologije varjenja pedala za avtomobilsko zavoro | 642 | Tušek, J., Uran, M., Jonke, M.: Development and Optimisation of a New Technology for Welding the Brake Pedal of a Motor Vehicle |
| Glavač, M., Ren, Z., Prašnički, M.: Elasto-plastična analiza deformiranja naprave za zaščito pred podletom za motorna vozila | 654 | Glavač, M., Ren, Z., Prašnički, M.: Elasto-Plastic Deformation Analysis of a Rear-Underrun Protection Device for Load-Carrying Vehicles |
| Medica, V., Imper, B., Imper, Z.: Določitev imenske moči motorja s poskusom pospeševanja vozila | 662 | Medica, V., Imper, B., Imper, Z.: Determining an Engine's WOT Performance from a Vehicle Speed-Up Test |
| Bizjan, F., Rodman, S., Trenc, F.: Priprava motorja za tekmovalni razred | 672 | Bizjan, F., Rodman, S., Trenc, F.: How to Prepare an Engine for Motorcycling's Supersport Class |
| Harl, B., Lazović, M., Kegl, M.: Optimizacija konstrukcije okvira za terensko tovorno vozilo | 688 | Harl, B., Lazović, M., Kegl, M.: Optimum Frame for an Off-Road Truck |
| Lešinský, J.: Razvoj izdelave avtomobilov in prevozov v Srednji Evropi v letih 2000 do 2020 | 697 | Lešinský, J.: Auto Mobility 2000 to 2020: Production and Transport in Central Europe |
| Bombek, G., Hribernik, A.: Krmiljenje temperature hladilne vode motorja z notranjim zgorevanjem v preskuševališču | 703 | Bombek, G., Hribernik, A.: Control of the Cooling-Water Temperature for an Combustion Engine on a Test Stand |
| Metljak, D., Sluga, A.: Računalniško obvladovanje kakovosti v avtomobilski industriji | 710 | Metljak, D., Sluga, A.: Computer-Supported Quality Control in the Automotive Industry |

Poročila

Strokovna literatura

Osebnosti

Navodila avtorjem

Reports

Professional Literature

Personal Events

Instructions for Authors