

Българско списание за **Инженерно ПРОЕКТИРАНЕ**

брой №9, септември 2011г.

ЦЕЛ И ОБХВАТ

„Българско списание за инженерно проектиране” е периодично научно списание с широк научен и научно-приложен профил. Целта му е да предостави академичен форум за обмен на идеи между учените, изследователите, инженерите, потребителите и производителите, работещи в областта на машиностроенето, транспорта, логистиката, енергетиката, технологиите, съвременното компютърно проектиране, а също така и в областта на различни интердисциплинарни научни и научно-приложни проблеми. Издателите приветстват научни публикации с високо качество и значими научни, научно-приложни и творчески приноси.

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

Почетен председател

Л. Димитров, ТУ-София, България

Председател

Б. Григоров, ТУ-София, България

Членове

М. Георгиев	ТУ-София, България	К. Деметрашвили	ТУ, Тбилиси, Грузия
Д. Ралев	ТУ-София, България	С. Симеонов	ТУ, Бърно, Чехия
Г. Дюкенджиев	ТУ-София, България	В. Иванов	Одески национален политехнически университет, Украйна
М. Денчев	ТУ-София, България	А. Янакиев	Nottingham Trent University, UK
И. Малаков	ТУ-София, България	Н. Чернев	University of Auvergne, France
П. Петров	ТУ-София, България	V. Lepadatescu	Transilvania University of Brashov, Romania
В. Панов	ТУ-София, България	N. Zrnic	University of Belgrad, Serbia
М. Георгиев	ТУ-София, България	M. Jovanovic	University of Nish, Serbia
Ст. Карапетков	ТУ-Сливен, България	D. Michalopoulos	University of Patras, Greece

Редактор

Р. Митрев, ТУ-София, България

Издател: Машиностроителен факултет, Технически университет-София. ISSN 1313-7530; **Адрес на редакцията:** София, бул.Климент Охридски №8, Технически Университет-София, бл.4, Машиностроителен факултет; **Електронна версия:** bjed.tu-sofia.bg; **Дизайн на корицата:** Радослав Козарев

Bulgarian journal for **Engineering Design**

issue №9, september 2011

AIM AND SCOPE

Bulgarian Journal for Engineering Design is a periodical scientific issue covering wide scientific and application areas of engineering activities. The aim of the journal is to provide an academic forum for exchange of ideas and information between scientists, engineers, manufacturers and customers working in the spheres of mechanical engineering, transport, logistics, power engineering, modern computer – aided design and technology and solving different interdisciplinary scientific and applied problems. The editors welcome articles of substantial quality bearing significant contribution to the engineering knowledge.

EDITORIAL BOARD

Honorable chairman

L.Dimitrov, TU-Sofia, Bulgaria

Chairman

B.Grigorov, TU-Sofia, Bulgaria

Members

M.Georgiev	TU-Sofia, Bulgaria	K.Demetrashvili	TU, Tbilisi, Georgia
D.Ralev	TU-Sofia, Bulgaria	S.Simeonov	TU, Brno, Czech Republic
G.Diukendzhiev	TU-Sofia, Bulgaria	V.Ivanov	Odessa national university, Ukraine
M.Denchev	TU-Sofia, Bulgaria	A.Ianakiev	Nottingham Trent University, UK
I.Malakov	TU-Sofia, Bulgaria	N.Chernev	University of Auvergne, France
P.Petrov	TU-Sofia, Bulgaria	B.Lepadatescu	Transilvania University of Brashov, Romania
V.Panov	TU-Sofia, Bulgaria	N.Zrnic	University of Belgrad, Serbia
M.Georgiev	TU-Sofia, Bulgaria	M.Jovanovic	University of Nish, Serbia
St.Karapetkov	TU-Sliven, Bulgaria	D.Michalopoulos	University of Patras, Greece

Editor

R.Mitrev, TU-Sofia, Bulgaria

Publisher: Mechanical Engineering Faculty, Technical University-Sofia. ISSN 1313-7530; **Publisher Address:** Bulgaria, Sofia, Kliment Ohridski blvd. №8, Technical University-Sofia, Mechanical engineering faculty; **Electronic version:** bjed.tu-sofia.bg; **Cover design:** Radoslav Kozarev

СЪДЪРЖАНИЕ

Some comments on the Hellenic standard KTX 2008, on fatigue and corrosion of steel in reinforced concrete structures	5
Ch.Alk.Apostolopoulos, D.Michalopoulos, L.Dimitrov	
К вопросу о решении прямой позиционной задачи для одноковшовых гидравлических экскаваторов	13
П.Побегайло	
Problems in design of lap welded jpoints of reinforcing steel bars	19
Ch.Alk.Apostolopoulos, P.Th.Savvopoulos, L.Dimitrov	
Design of a measurement platform for communications systems	27
P.Th.Savvopoulos, A.Apostolopoulos	
Избор на схемно решение за интегрирано изпълнение на специализиран робот с пневмо-задвижване за обдухване и обмазване на пресформите при хоризонтални машини за леене под налягане	35
В.Гълъбов, В.Славков, С.Савчев, Г.Славов, Г.Тодоров, Н.Николов, Я.Софронов, Я.Стоянова	
Относно пресмятанията в процеса на проектиране на технически обекти	45
М.Лепаров	
Относно модулите за оценяване на съответствието	57
И.Николова	
Конструиране на корпус за уред за инициране на вълновод за неелектрически системи за взривяване	65
Г.Станчев	
Актуални CAD системи за машиностроително проектиране – класификация, възможности приложение: Част I	71
Г.Тонков	
Актуални CAD системи за машиностроително проектиране – класификация, възможности приложение: Част II	79
Г.Тонков	
Актуални CAD системи за машиностроително проектиране – класификация, възможности приложение: Част III	95
Г.Тонков	
Типови производствени клетки за нанасяне на покрития	111
Р.Петкова	

CONTENTS

Some comments on the Hellenic standard KTX 2008, on fatigue and corrosion of steel in reinforced concrete structures	5
Ch.Alk.Apostolopoulos, D.Michalopoulos, L.Dimitrov	
Solution of the direct kinematics task for hydraulic excavators	13
P.Pobegailo	
Problems in design of lap welded joints of reinforcing steel bars	19
Ch.Alk.Apostolopoulos, P.Th.Savvopoulos, L.Dimitrov	
Design of a measurement platform for communications systems	27
P.Th.Savvopoulos, A.Apostolopoulos	
Selection of a schematic solution for integrated implementation of die spray unit with pneumatic actuation for horizontal die casting machines	35
V.Galabov, V.Slavkov, S.Savchev, G.Slavov, G.Todorov, N.Nikolov, Y.Sofronov, Y.Stoyanova	
About calculations in the design of technical objects	45
M.Leparov	
About conformity assessment modules	57
I.Nikolova	
Mechanical construction of a device for initiating the tube for non electric detonators	65
G.Stanchev	
Actual CAD systems for machinery constructions – classification, possibility, application: Part I	71
G.Tonkov	
Actual CAD systems for machinery constructions – classification, possibility, application: Part II	79
G.Tonkov	
Actual CAD systems for machinery constructions – classification, possibility, application: Part III	95
G.Tonkov	
Types of manufacturing cells for applying coating	111
R.Petkova	

SOME COMMENTS ON THE HELLENIC STANDARD KTX 2008, ON FATIGUE AND CORROSION OF STEEL IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Ch. Alk. APOSTOLOPOULOS¹, D. MICHALOPOULOS¹, Lubomir DIMITROV²

¹Department of Mechanical Engineering and Aeronautics, University of Patras, Greece

²Department of Mechanical Engineering, Technical University of Sofia, Bulgaria

charrisa@mech.upatras.gr

Abstract: The recent extraordinary and shocking earthquake in Japan, revealed several potential problems on the text of the Hellenic Technology Standards of concrete reinforcing steel bars (KTX 2008), which is now mandatory for new buildings. More specifically, certain requirements and statements of the standard must be clarified and re-evaluated with emphasis on corrosion and fatigue of steel reinforcement. The purpose of this paper is the development of a scientific debate and clarification of specific topics. It is mandatory for B500c steel to be improved as a product in order to continue to cover the medium and small construction projects. At the same time the introduction of steel with stable mechanical properties and high ductility (uniform elongation limit of 12%) for major projects and structures of high importance must be discussed and re-evaluated.

Keywords: KTX 2008, B500c, steel bar corrosion, fatigue

1. INTRODUCTION

The Hellenic Technology standard for Steel Reinforced Concrete of 2008, known also as KTX 2008, has been in validation. The whole project is commendable, but there is always a danger of a personal excess. In the meantime, from the first posting of the draft regulation until the final regulatory text, many labels and annotations were not properly addressed. Taking into consideration the recent shocking earthquake in Japan, are presented again, briefly, some of the concerns and comments that were raised on the KTX2008 code, with the intent of initiating an open discussion with ultimate goal the upgrading of the regulation and steel code, since it is determined that the product B500c, provides opportunities for improvement to continue to cover the medium and small projects. At the same time they might discuss the introduction of steel with stable mechanical properties and high ductility (uniform elongation limit of 12%) for major projects and structures of high importance.

2. COMMENTS AND REMARKS ON FATIGUE MATTERS

- The code KTX 2008, concerning steel reinforced concrete, on page 18, paragraph 3.2.4 states that for the requirements for mechanical fatigue

testing: “The frequency of load change should be less than or equal to 200 Hz “.

Comment: This requirement is indifferent about the size of the test cross section and the geometry of the ribs. It also ignores the existence of such a non-certified control center in Greece, at least, with a center frequency range of application possibilities for example from 100 to 200 Hz. The requirement to test for fatigue loading frequency range from 0.1 to 200 Hz, to material given to vary the mechanical behavior of cross sections up from 8 mm to 40 mm [3], does not seem easy to convince on its effectiveness.

Apart from these it is scientifically documented that the response of any metallic material (including of the steel reinforcement) in cyclic loading from 0.1 to 200 Hz is unstable. In addition to the assumption made and Annex 10.3 (of the final text) in which it is indicated that the frequency affects the fatigue. Therefore it is expected a very large deviation of the mechanical fatigue testing, even for samples of the same cross sectional area. In this sense, the question is raised whether establishing a minimum required number of cycles at least 2,000,000 may be sufficient for all profiles or each cross section should be certified differently? In addition, since the large and small projects are all related to the quality and cost, it seems useful to ask who will assume the financial costs of certification of all cross sectional area of steel that will be used in scientific centers abroad? And if, after all, whether the results can give a convincing

answer as to the strength of steel during fatigue? And in this case, for which reliability of the results can the engineer be responsible for?

In principle, therefore, it becomes clear that the proposed KTX 2008 experimental procedure does not seem to be able to address in a reliable manner the mechanical behavior of steel reinforced concrete during fatigue.

- The KTX 2008, on page 125, Appendix 10.1 formulating requirements for fatigue states that: "For practical engineering applications the number of loading cycles required to maintain strength of the material is in the order of $2 \cdot 10^6 - 10 \cdot 10^6$."

Comment: The text at this point appears to contradict itself when it requires a large number of cycles such as $2 \cdot 10^6 - 10 \cdot 10^6$ while elsewhere it indicates that no fatigue occurs frequently in construction projects and elsewhere it is stated that it occurs in special structures such as bridges. It will be interesting to explain how these limits were established, and whether there is a scientific justification (not just standards) on how to choose these claims. Perhaps these requirements were selected based on the response of materials over time?

At least, as a general condition of the experimental treatment of fatigue it should have been a need for statistical analysis by Weibull $M > 12$ and therefore the minimum number of cycles $2 \cdot 10^6 - 10 \cdot 10^6$ for tensile strength $\sigma_{max} = 300$ MPa must be the result through correlation with statistical deviation.

- The KTX 2008, on page 125, paragraph 10.1 states that: "In cases of low cycle fatigue and very large scale fluctuations trends, such as during earthquakes, any potential failure usually occurs prior to manifestation of the phenomenon of fatigue."

Comment: It is overlooked here the fact that fatigue is a cumulative phenomenon and unrecognizable by "naked eye" and that the true picture of failure can only be obtained through fractography.

- It is also well known that fatigue is a mechanism of cumulative damage. The low cycle fatigue (seismic loading), measured by number of loading cycles, and essentially gives the history of seismic loads that may involve more than one seismic event. In these cases, the accumulation of fatigue damage from earthquake loading, not only exists but it also works in a cumulative manner (additive) and of course against the structural safety.

- The KTX 2008, on page 125, paragraph 10.2 states that the fatigue due to fracture suggests that: "In the third stage fracture of the rod results due to reduction of the cross-section which is caused by the crack propagation and the highest stress field developed at the edge of the crack".

Comment a: Never the less, the upcoming fracture in the third stage does not come from the reduction of cross section, but mainly due to the very high stress field at the edge of the crack which may lead to velocities greater than those of the speed of sound, which explains the reason why the fracture is often accompanied by a sound signal. The smooth surface area of the surface of rupture is not caused by successive openings and closings of the crack but by the symmetrical development of maximum stresses in the direction of $\pm 45\%$ at the edge of the crack.

Comment b: Fatigue is a combined loading condition with imposed repetitive mechanical stresses and strain (positive or negative) and its consequences in the material are related to the original structure of the material, its history, the morphology of the free surface and environmental conditions. In general, however, the effect of mechanical stress and deformation in the lifetime of the material is represented by the Wöhler curves as opposed to references to section 3.2.4 page 18 of KTX 2008 regulation. It is also known that the reliability of a material in fatigue is related to the size of the test section and especially the geometry of its surface. In this further clarification is required on whether the size of the cross sectional area, the length of the specimen, the existing geometry of the ribs and the manufacturer's label (logo) may lead to discrepancies in the results of the expected lifetime of the material or not.

- The KTX 2008 regulation on page 18, paragraph 3.2.4. supports the view that the requirement of resistance of a material is at least 2,000,000 cycles at maximum tensile strength of 60% (guaranteed) yield point of the material with stress ratio $R = 0,50$.

Comment : This view ignores the actual operating conditions of the steel reinforcement during the earthquake and selects values of stress ratio $R = 0.50$ meters, away from the possibility of disclosing the actual loading of steel in tension and compression.

Experiments designed to test material fatigue, may be performed with $R = -1$ since it is accepted that the critical loads of structures during earthquakes, create tensile and compressive loads on the reinforcing bars.

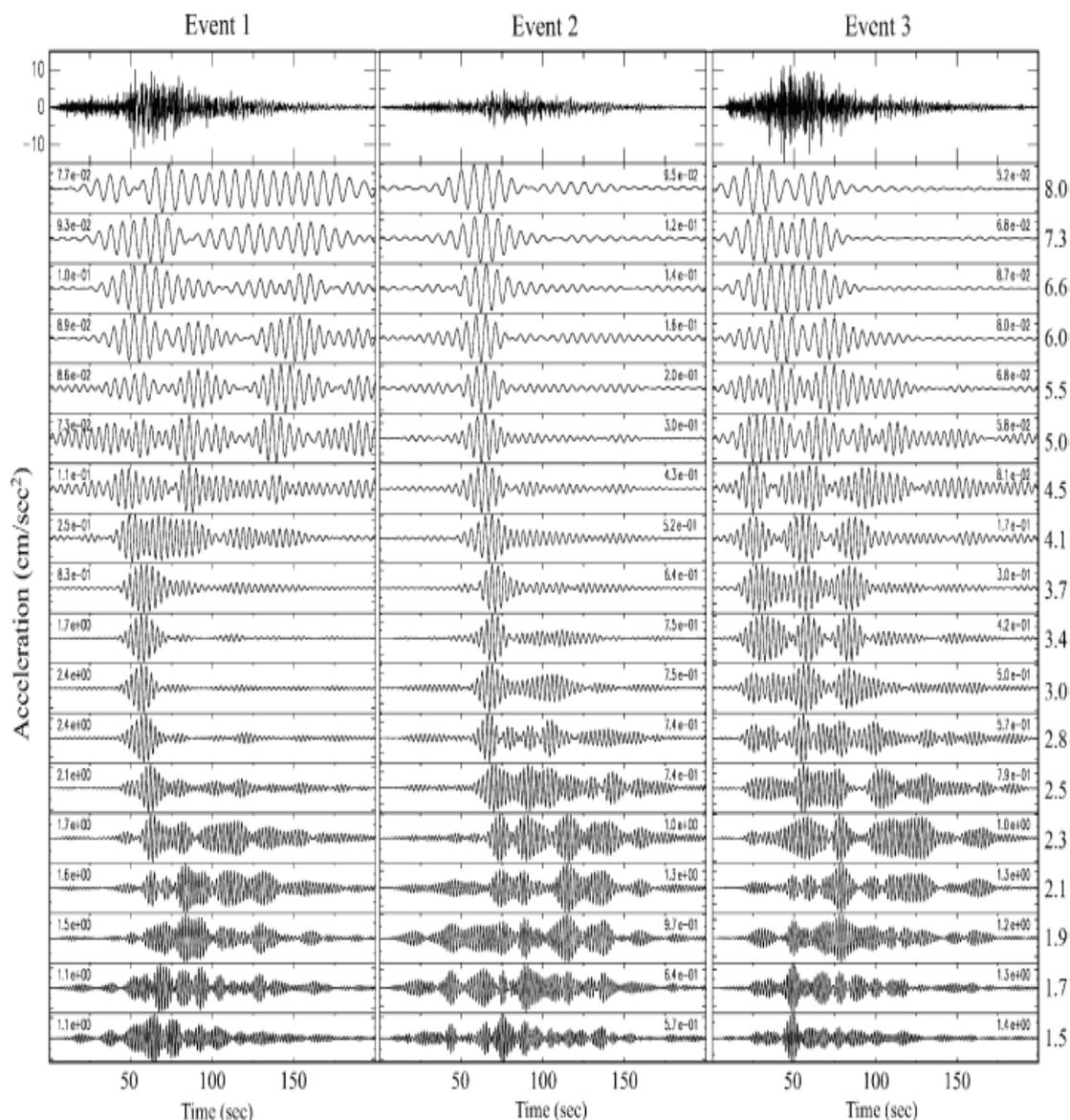


fig.1 Normalisation of acceleration graphs in terms of time [Martin Gardenas – Soto et al 2006]

More realistic conditions, of course, is a range of real seismic event since there appears the "Bauschinger effect" of the material which reveals the true mechanical behavior of the material. By choosing stress ratio values of $R = 0,50$, the important factor of mechanical performance of the material during earthquakes is overlooked.

The real tensile stress behavior of a structure (or a material) can not be calibrated in terms of strength of materials, but with the state of its deformation. During a strong earthquake event, of 5 to 50 or even 120 sec duration, where the evolution of the vibrations is so fast, it is expected that the process of measuring the trend of tensions presents a phase difference with

the actual deformation, while on the other hand the other is clearly influenced by time.

In this case, the dependence of the stress directly from the time required to apply the load is obvious. Instead, only the records (or the mechanical tests) that are based on the deformation conditions can give real, and therefore acceptable results [2].

Of course, most reliable measurements can be carried out based on real range deflections by seismic events or specific seismic events. It is already known that American and Japanese standards define that : the mechanical fatigue tests should be conducted under conditions of controlled deformation.

In an attempt to illustrate the large differences in the response of the life of steel reinforcement, based in KTX 2008 and the proposed way through a range of deformation the following approach took place.

EVALUATION OF THE STRENGTH TO FATIGUE OF B500c STEEL UNDER ACTUAL LOADING RANGE.

Based on accelerograms (from three stations), of the main earthquake event of magnitude 5.6 on the Richter scale, in Mexico 1985 and 20 sec duration [8], as shown in Figures 1, 2 and 3, the resistance to fatigue B500c through the specialized code Vida Analysis, was performed.

Based on certain characteristics and geometric data structures in code Vida namely: the individual properties of the three-phase material B500c, geometry F_{12} , the coefficient of concentration (due to the ribs) $K_t = 1.42$ and analysis based on the theories of Soderberg, Goodman, Gerber and other interesting results emerged.

Setting the standard block of Fig. 3 as the maximum normal stress 300 MPa (according to KTX 2008), the analysis showed failure of the material after 265 blocks.

Similarly, setting the threshold value as the maximum yield point at 500 MPa as maximum normal stress the analysis showed failure of the material in less than 4 blocks namely: in other words shorter life by 66 times.

Setting as maximum seismic deformation 10.2 % in the 20 sec block , the analysis showed failure of the material at 6.7 blocks.

For comparison reasons, setting a maximum displacement of 4.9 % in the same block of 20 sec du-

ration, the analysis showed failure of the material in 93 blocks.

With time evolution of the same event at 10 sec, at maximum displacement of 5.01 %, the analysis showed failure of the material in less than 19 blocks or 5 times shorter lifespan.

From the above analysis it becomes clear that:

a) The mechanical fatigue test at a frequency of 20 Hz with $\sigma_{max} = 300$ MPa, has guaranteed lifetime of at least 100000 sec, while with application of the same stress at the typical block (Fig. 3) the lifetime will not exceed the 265 blocks * 20 sec = 5300 sec.

b) The imposition of the maximum value of yield stress of 500 MPa versus 300 MPa, reduced the life expectancy by 66 times.

c) Similarly, the duration of each load block seems to have great importance in the response of the tested material. From the above analysis it has been shown that the change in the duration of each block load from 20 sec to 10sec, reduced the lifetime of the material by 5 times. It becomes clear therefore that the time evolution of the block load is an important factor in material testing.

These observations are made without any prior discussion and whatever already is known about the variability of mechanical properties of reinforcing steel from cross section to cross section [3] and from producer to producer [1].

After all this the question is again rises if we should we continue to feel safe that the limit of 2.10^6 cycles with a ratio of $R = 0,50$ ($\sigma_{max} = 300$ MPa and $\sigma_{min} = 150$ MPa), a criterion for securing major projects under conditions of strong earthquakes?

The superficial treatment of the subject, by KTX 2008 and the underestimation of the severity of the control of the strength of steel reinforcement in fatigue is shown also by the statement of page 35, paragraph 4.5.8 which states that: "In the usual random checks the control of fatigue strength is not included".

COMMENTS AND REMARKS ON MATTERS OF CORROSION

Although the practicing civil engineers in general perform their duties satisfactorily, very often, the problem of reliability of structures is related to the ability of the reinforcing steel to maintain the mechanical properties below a potential corrosion.

• The KTX 2008, on page 76, paragraph 10.2 by making admission requirements of the degree of corrosion on the reinforcing steel before using it states: "If the steel surface shows deterioration due to corrosion, it should be examined if the amount of corrosion products exceeds 300 g/m^2 . If it exceeds this value then the existence of pitting should be investigated".

Comment a: The proposed control of the critical depth of pitting, $h_{crit} = 0.125(\sqrt{d} - 1)$, after verification of the mass loss due to corrosion of the steel reinforcement for more than 300 g/m^2 , does not seem credible. It is similar also the comment of paragraph 10.3 referring to the critical depth of pitting. It is known that pitting causes stress concentration and precedes the general corrosion which records a substantial loss of mass. From a simple application

symmetrical pit (V-shaped groove) in a bar nominal diameter 12mm, depth equal to $h_{crit} = 0.308 \text{ mm}$, the stress concentration factor (K_t) is left to depend only on the radius r of the depth of the notch. So for $r = 0.1 \text{ mm}$, $K_t = 1.71$, and for $r = 0.01 \text{ mm}$ $K_t = 4.65$; and for $r = 0.001 \text{ mm}$ $K_t = 14.7$. Therefore the choice of the empirical depth h_{crit} without the possibility of measuring various geometric features of location (near the rib) like the factor r , does not seem credible.

Comment b: From experimental salt spray corrosion tests and measurements on steel bars of 12 mm diameter (B500c) showed a mass loss in 10 days of 170 g/m^2 , and respectively for 20 days of 367.4 g/m^2 . Simultaneously, the measurement of the maximum pit depth in 20 days was 0.240 mm, in 30 days 0.245 mm and in 45 days 0.267mm.

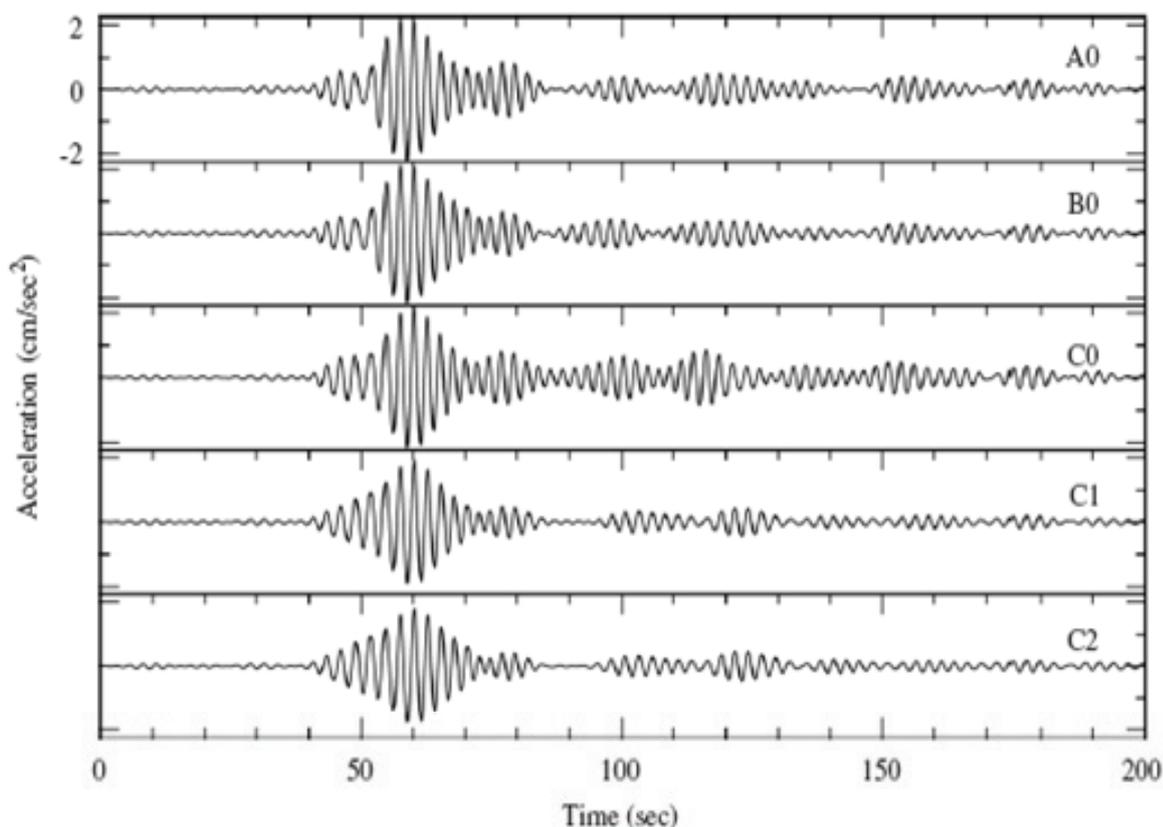


fig.2 Typical correlated Strain Amplitude. [Martin Gardenas – Soto et al 2006]

Mexico City 1985

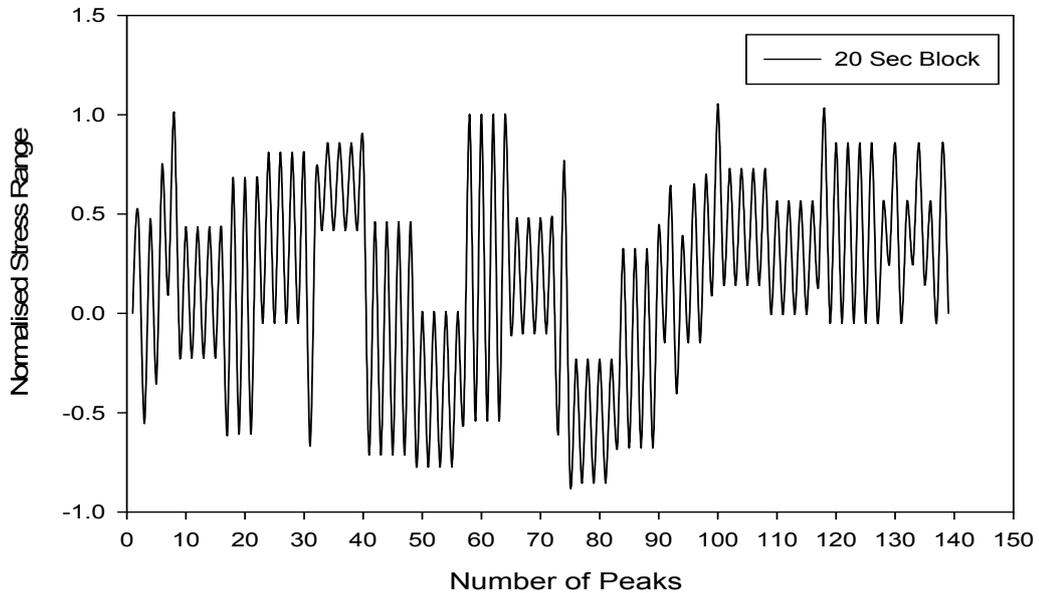


fig. 3 Typical block graph with stress conditions of 20 sec duration [Martin Gardenas – Soto et al 2006]



fig. 4 Typical correlated Strain Amplitude. [Martin Gardenas – Soto et al 2006]

All these values however are below the critical depth of 0.308 mm. According to the provisions of the regulation, a steel reinforcement lot with damage equivalent to 45 (or more) days in salt spray, may be acceptable! Furthermore, it is known that, corroded steel, even at grade less than 300g/m², present higher rates of corrosion than those who have not been corroded at all. Therefore, measuring the depth of the pit might not seem capable of protecting the engineer and the various users. Without any suspensions and

spins, the KTX 2008 should be reformed by making stricter conditions of acceptance, for every product of corroded batch. The need for acceptance of lower limits was confirmed also by the results of the work [4, 9]. Indeed, the results of this work may be helpful in redrafting the relevant issue of the existing paragraph construction.

- The KTX 2008, on page 17, Table 3-3 refers to the limits of the mechanical properties of steel in tension.

Comment: The evaluation of the mechanical performance of steel reinforcement is accomplished by using the quality index Qd in which included are mechanical properties of strength and ductility. From the works [1, 2, 5, 6] is now known that the index of the quality Qd of steel reinforcement differs significantly from cross section to cross section, from manufacturer to manufacturer, and to the degree of corrosion. The variability of the mechanical performance Qd however, is not taken into account by KTX2008.

8. The 2008 KTX on page 111 Paragraph 7.4.3 states that: "If the process of formation of iron oxides has already progressed, then chances are that the effects of oxidation to be visible on the surface of the concrete from the rust spots due to swelling".

Comment: The results of oxidation of steel reinforcement in the old (existing) structures are not always obvious from the typical cracks parallel to the reinforcement, the bulges, the ejections of concrete and rust spots, mainly due to strong porous concrete of the old building s. Indicative are the photographs of Fig. 4.

- The KTX 2008 on page 111, Paragraph 7.4.3 states that: "It is noted that the reduction in cross section by 5% or of the diameter by 0.50 mm, could lead to intervention."

Comment: The intervention after reducing the cross section at a rate of 5% may be characterized as particularly "late" since it will already have caused negative consequences in the structural integrity of the steel reinforcement (loss of strength and ductility) and the corresponding component of reinforced concrete. It is known that the bonding of the steel reinforcement in concrete is reduced dramatically (especially after a mass loss of 2% - 3%). Also, the reduction of the cross section by 5% represents a loss of 0.50 mm in diameter only for the 20 mm diameter bars. In bars with diameters of 8, 10, 12, and 14 mm the reduction in diameter by 0.5 mm corresponds to cross section loss of 12%, 9.8%, 8.2% and 7% respectively.

- The KTX2008 on page 111 Paragraph 7.4.3 states that: "When the concrete around the steel is carbonated and now the (uniform) corrosion of steel is almost certain". **Comment:** In real structures (and particularly coastal), often the type of uniform corrosion appears to be "wishful thinking" since by observations and measurements in many

occasions cases of local corrosion appeared with negative results. A characteristic example is shown in Fig. 4 [7].

3. CONCLUSIONS

The above analysis indicates:

1. Control of the fatigue strength of steel reinforcement can not be calibrated in terms of strength (tensions $\sigma_{\max} = 300$ MPa, $\sigma_{\min} = 150$ MPa).
2. It is possible to establish mechanical tests of steel reinforcement in fatigue, through low cycle fatigue of controlled deformation range $R = -1$. Of course the most reliable measurements of fatigue strength can be made based on conditions ranging from limited seismic deformation events.
3. There is a need for establishing lower limits of acceptance of a new batch of corroded steel reinforcing bars. Even low percentages of mass loss in the concrete may have significant adverse effects on the structural integrity of the steel reinforcing bars. Similarly, it is proposed that new much lower than 5% acceptance limits are established of the degree of corrosion in of the reinforcing bars in concrete prior to intervention.

References

1. **Alexopoulos N., C.Apostolopoulos, M.Papadopoulos, S. Pantelakis**, «Mechanical performance of BStIV grade steel bars with regard to the long-term material degradation due to corrosion damage» Construction and Building Materials, V21, 2007, p.p. 1362-1369.
2. **Apostolopoulos C.**, «Mechanical Behavior of Corroded Reinforcing Steel Bars S500s tempcore under Low Cycle Fatigue», Construction and Building Materials,, V21 November 2007, pp 1447-1456.
3. **Apostolopoulos C.**, «The influence of corrosion and Cross Section Diameter on the Mechanical Properties of B500c Steel», Journal of Materials Engineering and Performance, 2009, pp.1-6.
4. **Apostolopoulos C, Papadakis E, Demis S.** «Διερεύνηση της ανθεκτικότητας των κατασκευών από σπλισμένο σκυρόδεμα και της επακόλουθης υποβάθμισης λόγω διάβρωσης από την δράση χλωριόντων» 16th Conference of Reinforced Concrete, Cyprus, October 2009.
5. **Apostolopoulos C, Aleksopoulos N., Papadopoulos M.**, «Επίδραση της διάβρωσης στην μηχανική συμπεριφορά δομικών χαλύβων S500s και S500c», 15th National Conference, TEE, 25-27 Oct. 2006, Aleksandroupolis pages 553-563.

6. **Apostolopoulos C., V.P. Passialis** “Use of quality indices in comparison of corroded technical steel bars B500c and s500s on their mechanical performance basis”, *Construction and Building Materials*, Vol.22 (12), 2008, pp.2325-2334.
7. **Apostolopoulos C.**, «Ιστορικά στοιχεία από την ανέγερση-βλάβες στη δομή του νέου ναού του Αγίου Ανδρέα Πατρών», 3rd National Conference, Protection of Historical Structures, New Design Approaches, 9-11 April 2009, Salonika.
8. **Martin Gardenas – Soto et al** , « Earthquake ground motion in Mexico City: An Analysis of data recorded at Roma array» *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 27 , 2007, pp.475-486.
9. **Apostolopoulos Ch. Alk, D. Michalopoulos, L. Dimitrov.** «The Impact of Corrosion on the Mechanical Behavior of Welded Reinforcing Steel S400_s and B400_c». *Journal of Materials Engineering and Performance*, Springer, JEMPEG 17, 2008, pp. 70-79.

К ВОПРОСУ О РЕШЕНИИ ПРЯМОЙ ПОЗИЦИОННОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ОДНОКОВШОВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ

Пётр ПОБЕГАЙЛО

ИМАШ им. Благодравова А.А. РАН, Москва, Россия

e-mail: petrp214@yandex.ru

Резюме: В статье представлен один из возможных способов решения прямой позиционной задачи для рабочего оборудования одноковшовых гидравлических экскаваторов прямого и обратного копания. Решение задачи приведено в формализованной форме.

Ключевые слова: прямая позиционная задача, гидравлические экскаваторы, рабочее оборудование

В ходе решения различных задач проектирования одноковшовых гидравлических экскаваторов (ОГЭ) и их подсистем, а также при управлении экскаватором и его рабочим оборудованием (РО) в реальном времени необходимо определять положения его элементов относительно неподвижной системы координат – абсолютные положения звеньев.

Известны различные способы решения этой задачи [1 – 34 и др.]¹. Однако для ОГЭ они по тем, или иным причинам неудобны (даже если они использованы нашими коллегами и предшественниками). Поэтому предлагаем свой подход к решению прямой позиционной задачи².

Отметим, что решение прямой позиционной задачи приведено в формальной форме. При этом использованы такие понятия как лемма и теорема. Это сделано не случайно. Ибо нами ведется работа по созданию неформальной аксиоматической теории проектирования РО ОГЭ. Однако, её завершение, это дело будущего. Поэтому дока-

зательства лемм и теорем мы в рамках нашей работы не приводим.

Заметим, что ниже речь идет о n – звенном плоском последовательном манипуляторе с цилиндрическими шарнирами.

Определение 1. Введем следующие условные обозначения, которые иллюстрирует рисунок 1:

- номер звена - $1, 2 \dots n$;

- номер шарнира - $A_0, A_1, \dots, A_i, i = n$;

- длина звена - $l_{01}, l_{12}, \dots, l_{i-1,i}$;

- угол, определяющий положение стрелы и углы между звеньями - $\alpha_{01}, \alpha_{12}, \dots, \alpha_{i-1,i}$.

Определение 2. Кинематическая длина звена РО $l_{i-1,i}$, $i = 1, 2 \dots n$, где n - число звеньев РО, это расстояние между осями его концевых шарниров.

Определение 3. Центр основной правой прямоугольной декартовой системы координат находится в точке A_0 , т.н. «пяте стрелы» (рис. 1).

Определение 4. Первое звено (l_{01}) РО, качающееся относительно точки (шарнира) A_0 , всегда расположено в I или в IV квадранте.

Лемма 1. Угол α_{01} наклона первого звена (l_{01}) РО относительно горизонтали, проходящей через точку (шарнир) A_0 , всегда принимает значения из диапазона:

$$0 < \alpha_{01} < \frac{\pi}{2} \text{ или } \frac{3 \cdot \pi}{2} < \alpha_{01} \leq 2 \cdot \pi \quad (1)$$

Лемма 2. Координаты точки A_{i-1} , $i = 1, 2 \dots n$, где n - число звеньев РО ($X_{A_{i-1}}$, $Y_{A_{i-1}}$),

¹ Учитывая большое число работ в этой области, выше мы указываем лишь некоторые, имеющие непосредственное отношение к ОГЭ.

Большой вклад в решение рассматриваемого нами вопроса внесен советскими и русскими учеными. Это в частности: Акуленко А.Д., Болотник Н.Н., Верещагин А.Ф., Воробьев Е.И., Гаврилов С.В., Глазунов В.А., Градецкий В.Г., Диментберг Ф.М., Зенкевич С.Л., Кобринский А.Е., Колисков А.Ш., Коноплев В.А., Корендяев А.И., Крутько П.Д., Лебедев П.А., Лесков А.Г., Медведев В.С., Морозкин Ю.Ф., Овакимов А.Г., Павлов Б.И., Саламандра Б.Л., Синёв А.В., Степаненко Ю.А., Тывес Л.И., Черноусько Ф.Л., Ющенко А.С. и др. Все они занимались и занимаются роботами-манипуляторами.

² В работах [35, 36] можно найти наиболее простые подходы к решению рассматриваемой нами задачи для роботоманипуляторов.

при $i = 2$ (шарнир стрела-рукоять), однозначно определяются следующими параметрами:

- углом α_{01} ;
- кинематической длиной первого звена (l_{01})

РО.

Иначе говоря, имеют место следующие формулы (для абсциссы и ординаты соответственно):

$$X_{A_{i-1}} = l_{01} \cdot \cos(\alpha_{01}) \quad (2)$$

$$Y_{A_{i-1}} = l_{01} \cdot \sin(\alpha_{01}) \quad (3)$$

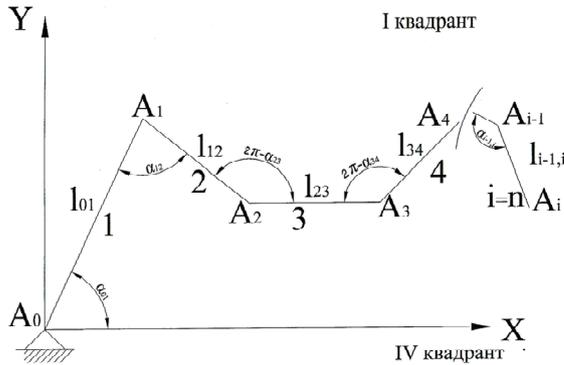


рис.1 Схема РО

Определение 5. Угол α_{12} наклона звена l_{12} относительно звена l_{01} всегда принимает значения из диапазона:

$$0 < \alpha_{12} < \pi \quad (4)$$

Определение 6. Угол $\alpha_{i-1,i}$, $i = 3, 4, \dots, n$, где n

- число звеньев РО, наклона звена $l_{i-1,i}$ относительно звена $l_{i-2,i-1}$ всегда принимает значения из диапазона:

$$0 < \alpha_{i-1,i} < 2 \cdot \pi \quad (5)$$

Теорема 1. Для однозначного определения координаты точки (шарнира) A_{i-1} , $i = 3, 4, \dots, n$, где n - число звеньев РО (X_i, Y_i), достаточно знать:

- значение угла α_{01} ;
- значение всех кинематических длин звеньев РО, расположенных от точки A_0 до точки A_i

включительно (координаты точки A_{i-1} при $i = 2$ определяются из Леммы 2);

- значение всех углов $\alpha_{i-1,i}$, $i = 2, 3, \dots, n$, где n

число звеньев РО, характеризующих повороты звеньев относительно друг друга.

Иначе говоря, имеют место следующие формулы:

- для четного звена ($i = 2, 4, 6, \dots$) (абсцисса и ордината соответственно):

$$X_i = X_{i-1} + l_{i-1,i} \cdot \sin\left(\alpha_{01} + \sum_{j=2}^n \alpha_{i-1,j} - \frac{\pi}{2}\right) \quad (6)$$

$$Y_i = Y_{i-1} - l_{i-1,i} \cdot \cos\left(\alpha_{01} + \sum_{j=2}^n \alpha_{i-1,j} - \frac{\pi}{2}\right) \quad (7)$$

- для нечетного звена ($i = 3, 5, 7, \dots$) (абсцисса и ордината соответственно):

$$X_i = X_{i-1} + l_{i-1,i} \cdot \sin\left(\alpha_{01} + \sum_{j=2}^n \alpha_{i-1,j} - \frac{3 \cdot \pi}{2}\right) \quad (8)$$

$$Y_i = Y_{i-1} - l_{i-1,i} \cdot \cos\left(\alpha_{01} + \sum_{j=2}^n \alpha_{i-1,j} - \frac{3 \cdot \pi}{2}\right) \quad (9)$$

Пояснение 1. В указанной только что Теореме 1 предполагается последовательный процесс определения координат шарниров от первого и до n -ого. Это пояснение распространяется и на приведенную ниже Теорему 2.

Замечание 1. Ограничения на экстремальные значения углов $\alpha_{i-1,i}$, α_{12} и α_{01} вытекают из конструктивных особенностей РО ОГЭ, а именно из характеристик гидроцилиндров, координат точек привязки гидроцилиндров к элементам РО (из кинематической схемы РО) и к ОГЭ.

Определение 7. Элементы любого звена, жестко связанные с ним, т.е. перемещающиеся вместе с ним, будем называть «жесткими точками» (рис. 2). В противном случае будем говорить о «мягких точках» (рис. 3).

Определение 8. У первого звена (l_{01}) есть только «жесткие точки» и они могут быть расположены как под этим звеном, так и над ним.

Лемма 3. Для определения расстояния от пяты стрелы (точка A_0 на рис.1) до любой «жесткой точки» Δl принадлежащей звену 1 (l_{01}) достаточно знать две геометрические величины:

- перпендикуляр, опущенный из «жесткой точки» на звено 1 - ll_1 ;
- расстояние от пяты стрелы до точки пересечения звена 1 с перпендикуляром ll_1 - ll_2 .

Иначе говоря, имеет место формула:

$$\Delta l = \sqrt{(ll_1)^2 + (ll_2)^2} \quad (10)$$

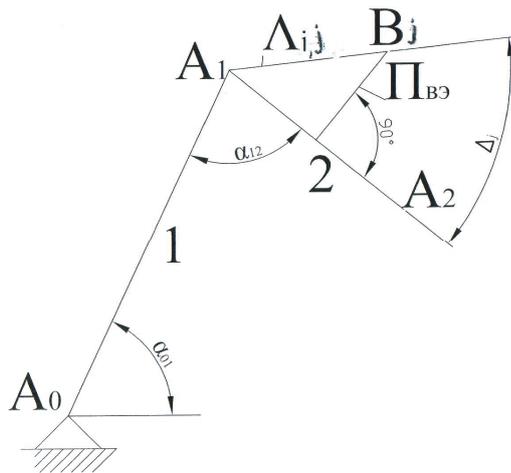


рис.2 Схема „жесткой точки”

Лемма 4. Для определения угла Δ - угла отклонения отрезка Δl от отрезка A_0A_1 (звено 1) достаточно знать две геометрические величины ll_1 и ll_2 .

Иначе говоря, имеет место формула:

$$\Delta = \arctg\left(\frac{ll_2}{ll_1}\right) \quad (11)$$

Пояснение 2. Для леммы 4 и теоремы 2 знак угла Δ положителен, если ll_2 больше нуля, отрицателен в противоположном случае. Естественно, что случай равенства нулю в этом случае не возможен.

Теорема 2. Для определения координат любой «жесткой точки» звена 1 достаточно знать следующие параметры:

- Δl и Δ ;
- угол α_{01} .

Иначе говоря, имеют место следующие формулы (абсцисса и ордината соответственно):

$$X_{1,j} = \Delta l \cdot \cos(\alpha_{01} + \Delta) \quad (12)$$

$$Y_{1,j} = \Delta l \cdot \sin(\alpha_{01} + \Delta) \quad (13)$$

Определение 9. Угол $\Delta_{i,j}$, $j=1,2...m$, где m - число «жестких точек» звена i (причем $i \neq 1$), между звеном i и прямой, соединяющей точку A_{i-1} с точкой $B_{i,j}$, $j=1,2...m$, отсчитывается от звена i против часовой стрелки, т.е. при этом мы считаем его положительным.

Лемма 5. Расстояние $\Lambda_{i,j}$ между точкой A_{i-1} и жесткой точкой звена i - $B_{i,j}$, однозначно определяется по формуле:

$$\Lambda_{i,j} = \frac{P_{BЭ}}{\sin(\Delta_{i,j})} \quad (14)$$

где $P_{BЭ}$ - заданное значение длины перпендикуляра, опущенного из точки $B_{i,j}$ на звено i ; значение угла Δ_j также должно быть задано.

Теорема 3. Для однозначного определения координаты «жесткой точки» $B_{i,j}$ ($X_{i,j}$, $Y_{i,j}$), $j=1,2...m$, где m - число «жестких точек» звена i (причем $i \neq 1$), расположенной на звене i , достаточно знать:

- все параметры, упомянутые в Теореме 1;
- угол $\Delta_{i,j}$, длину $P_{BЭ}$ и из Леммы 3 расстояние $\Lambda_{i,j}$.

Иначе говоря, имеют место следующие формулы:

- для четного звена ($i = 2,4,6...$) (абсцисса и ордината соответственно):

$$X_{i,j} = X_{i-1} + \Lambda_{i,j} \cdot \sin\left(\alpha_{01} + \sum_{i=2}^n \alpha_{i-1,i} - \frac{\pi}{2} + \Delta_{i,j}\right) \quad (15)$$

$$Y_{i,j} = Y_{i-1} - \Lambda_{i,j} \cdot \cos\left(\alpha_{01} + \sum_{i=2}^n \alpha_{i-1,i} - \frac{\pi}{2} + \Delta_{i,j}\right) \quad (16)$$

- для нечетного звена ($i = 3,5,7...$)(абсцисса и ордината соответственно):

$$X_{i,j} = X_{i-1} + \Lambda_{i,j} \cdot \sin \left(\alpha_{01} + \sum_{i=2}^n \alpha_{i-1,i} - \frac{3 \cdot \pi}{2} + \Delta_{i,j} \right) \quad (17)$$

$$Y_{i,j} = Y_{i-1} - \Lambda_{i,j} \cdot \cos \left(\alpha_{01} + \sum_{i=2}^n \alpha_{i-1,i} - \frac{3 \cdot \pi}{2} + \Delta_{i,j} \right) \quad (18)$$

Замечание 2. Число «жестких точек» гораздо больше числа «мягких точек» в РО ГЭ.

Теорема 4. Для определения координаты «мягкой точки» $C_k (X_k, Y_k)$, $k=1,2...l$, где l - число «мягких точек», расположенной между звеном i (причем $i \neq 1$), и звеном $i+1$, достаточно, опираясь на все выше изложенное, выписать и решить систему из двух квадратных уравнений, вида:

$$\begin{cases} (X_k - X_1)^2 + (Y_k - Y_1)^2 = R_1^2 \\ (X_k - X_2)^2 + (Y_k - Y_2)^2 = R_2^2 \end{cases} \quad (19)$$

где X_1, Y_1, X_2, Y_2 - уже известные координаты двух «жестких точек» звеньев i и $i+1$ (координаты центров соответствующих окружностей); R_1, R_2 - радиусы окружностей с центрами в точках с координатами X_1, Y_1, X_2, Y_2 , проведенные из этих центров до рассматриваемой «мягкой точки».

При этом, в каждом частном случае, необходимо добавить ограничения на выбор нужного значения корня выписанной системы.

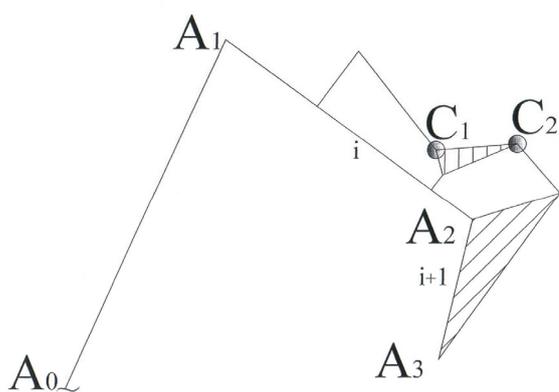


рис.3 Схема „мягкой точки“

Замечание 3. Текущая длина любого гидроцилиндра $\Delta\Gamma_{i,i}$, где индексы указывают на номера звеньев, к которым прикреплен гидроцилиндр, на основании всего выше сказанного, однозначно определяется по формуле:

$$\Delta\Gamma_{i,i} = \sqrt{(X_3 - X_4)^2 + (Y_3 - Y_4)^2} \quad (20)$$

где X_3, Y_3, X_4, Y_4 - уже известные координаты „жестких“ и/или „мягких“ точек, соответствующие точкам крепления гидроцилиндра к элементам РО и ГЭ.

Пояснение 3. Для некоторых кинематических схем РО, в ряде их конфигураций в пространстве, не представляется возможным «реализовать» экстремальные значения углов $\alpha_{i-1,i}$ (или, иначе говоря, «реализовать» экстремальные длины некоторых гидроцилиндров).

Замечание 4. Разработанный нами подход базируется, при реализации на ЭВМ, на прохождении диапазонов существования углов $\alpha_{i-1,i}$ и α_{01} с каким-то заданным шагом. Не существует принципиальных сложностей для перехода от этих углов к длинам гидроцилиндров (в качестве параметра, определяющего положение элементов РО). Эти подходы эквивалентны.

Закключение. Описанный нами сейчас подход к решению прямой позиционной задачи для экскаваторов является составной и важной частью созданной нами САПР РО ОГЭ. Указанная САПР позволяет проектировать рациональное РО для строительных и карьерных ОГЭ прямого и обратного копания. При этом возможно рассмотрение и других подобных технических систем.

Кроме этого, описанный способ решения прямой позиционной задачи входит в состав разрабатываемой нами неформальной аксиоматической теории проектирования и модернизации ОГЭ.

Литература

1. Бровин В.А. Исследование и проектирование шарнирно-рычажных механизмов гидравлических экскаваторов: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1969.
2. Перлов А.С. Исследование нагрузок в рабочем оборудовании обратной лопаты одноковшового гидравлического экскаватора: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1970. 144 с.

3. **Абрамов С.В., Перлов А.С., Смоляницкий Э.А., Тарасов В.Н.** Аналитический метод расчета кинематических и силовых параметров механизмов рабочего оборудования гидравлических экскаваторов // Ст. в сб. «Строительные и дорожные машины». № 1. / ЦНИИТЭстроймаш. М., 1971. с. 3 – 8.
4. **Мокин Н.В., Смоляницкий Э.А.** Гидравлические экскаваторы. Ч. II. Расчет и конструирование механизмов. Новосибирск: НИИЖТ, 1976. 72 с.
5. **Зарецкий Л.Б.** Расчет положений и статический анализ плоских механизмов // Автоматизация расчетов строительных и дорожных машин: Науч. тр. № 75. / ВНИИСДМ. М., 1977. с. 30 – 39.
6. **Шлыков В.Н.** Исследование одноковшового экскаватора с гидроприводом с целью повышения точности выполнения земляных работ: Дисс. ... канд. техн. наук. Омск, 1978. 143 с.
7. **Зарецкий Л.Б.** Статический и динамический анализ плоских механизмов // Машиностроение, 1979. №2. с. 3 – 10.
8. Расчет и проектирование строительных и дорожных машин на ЭВМ / Под ред. Е.Ю. Малиновского. М.: Машиностроение, 1980. 216 с.
9. **Павлов В.П.** Расчет на ЭВЦМ рабочего оборудования гидравлических экскаваторов. Красноярск: КПИ, 1981. 43 с.
10. РД 22-158-86. Экскаваторы одноковшовые гидравлические. Рабочее оборудование. Расчет металлоконструкций на статическую прочность. М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1987. 133 с.
11. **Живейнов Н.Н., Карасев Г.Н., Павлов В.П.** Проектирование одноковшовых экскаваторов с применением ЭВМ и САПР. Красноярск: КГТУ, 1988. 184 с.
12. **Козлов М.В.** Оптимизация параметров энергосберегающей гидросистемы привода стрелы экскаватора: Дисс. ... канд. техн. наук. Омск, 1988. 124 с.
13. **Панов В.К.** Изследване на трептенията на пневмоколенен хидравлически багер: Дисс. ... канд. техн. наук. Болгария, София, 1989. 171 с.
14. **Григорьев А.Г.** Автоматизация проектирования рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1990. 191 с.
15. **Крикун А.В.** Нагруженность рабочего оборудования карьерного гидравлического экскаватора прямого копания: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1991. 250 с.
16. **Круль К.** Метод определения составляющих сопротивления грунта копанию и нагрузок в шарнирах рабочего оборудования гидравлического экскаватора // Строительные и дорожные машины. 1992. №11-12.
17. **Koivo A.J.** Kinematics of excavators (backhoes) for transferring surface material. Journal Aerosp. Eng., 7(1), 1994. pp. 17 – 32.
18. **Koivo A.J., Thoma M., Kocaoglan E., Andrade-Getto J.** Modeling and control of excavator dynamics during digging operation. Journal Aerosp. Eng., 9(1), 1996. pp. 10 – 18.
19. **Данчев Д.И.** Хидромеханичен анализ и синтез на задвижващи механизми на багери: Дисс. ... докт. техн. наук. Болгария, София, 1999. 304 с.
20. **Коротких П.В.** Разработка методики анализа динамической нагруженности рабочего оборудования одноковшового экскаватора: Дисс. ... канд. техн. наук. Омск, 2001. 192 с.
21. **Park V.** Development of a virtual reality excavator simulator: a mathematical model of excavator digging and a calculation methodology. Ph.D. Diss. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blackburg, Virginia, USA, 2002. 223 p.
22. **Hall A.** Characterizing the operation of a large hydraulic excavator. Master Diss. School of Engineering the University of Queensland, Brisbane, Australia, 2002. p. 150.
23. **Frimpong S., Hu Y., Chang Z.** Performance simulation of shovel excavators for earthmoving operations // In Summer in computer simulation conference (SCSC'03). 2003. pp. 133 – 138.
24. **Комиссаров А.П.** Моделирование рычажно-гидравлических механизмов и обоснование перспективных конструкций карьерных гидравлических экскаваторов: Дисс. ... докт. техн. наук. Екатеринбург, 2004. 214 с.
25. **Щербаков И.С.** Система автоматизации и моделирования одноковшового экскаватора с гидроприводом: Дисс. ... канд. техн. наук. Омск, 2006. 179 с.
26. **Павлов В.П.** Основы системотехники многоцелевых землеройных машин. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. 332 с.
27. **Hiller N.** Geometric algorithms for machine dynamics. Ph.D. Diss. School of Engineering the University of Queensland, Brisbane, Australia, 2006. 200 p.
28. **Исаков В.С.** Принципы построения и синтез функциональных механизмов строительных, подъемно-транспортных и горных машин с напряженными замкнутыми кинематическими контурами: Дисс. ... докт. техн. наук. Новочеркасск, 2006. 479 с.
29. **Geu Flores F., Keckemethy A., Pottker A.** Workspace analysis and maximal force calculation of a face-shovel excavator using kinematical transformers. 12th IFToMM World Congress, Besancon, June 18 – 21, 2007. 6 pp.
30. **Mitrev R.** PSAB – a new tool for position and static force analysis of a backhoe excavating equipment // Българско списание за инженерно проектиране, бр. 1, декември 2008. pp. 36 – 45.
31. **Mitrev R.** Position and static force analysis of a backhoe excavating equipment // Zeszyty Naukowe

Politechniki Poznańskiej. Budowa Maszyn i Zarządzanie Produkcją. 2008. № 8. pp. 1–8.

32. **Engel S.** Urządzenie sterujące pojazdami na przykładzie symulatora koparki. Praca dyplomowa magisterska: Academia Gorniczo-Hutnicza, katedra Informatyki, Krakow, 2008. 78 p.

33. **Inyang H., Frimpong S., Hu Y.** Dynamic modeling of hydraulic shovel excavators for geomaterials. International journal of geomechanics, ASCE, January – February, 2008. pp. 20 – 29.

34. **Митрев Р.П.** Кинематическое моделирование шарнирно-рычажных механизмов горных и строи-

тельных машин // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. докладов IX Международной научно-технической конференции. Чтения памяти В.Р. Кубачека. Екатеринбург: УГТУ. 2011. с. 385 – 401.

35. **Зенкевич С.Л., Ющенко А.С.** Основы управления манипуляционными роботами. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 480 с.

36. **Корендяев А.И., Саламандра Б.Л., Тывес С.М.** Теоретические основы робототехники. В 2 т. Т.1. М.: Наука, 2006. 383 с.

SOLUTION OF THE DIRECT KINEMATICS TASK FOR HYDRAULIC EXCAVATORS

Petr POBEGAILO

Blagonravov Mechanical Engineering Research Institute of RAS, Moscow, Russia

e-mail: petrp214@yandex.ru

Abstract: In article one of possible ways for solution of direct kinematics task for the working equipment of hydraulic excavators is presented. Solution of the problem is presented in formalized form.

Keywords: direct kinematics, hydraulic excavators, the working equipment

PROBLEMS IN DESIGN OF LAP WELDED JOINTS OF REINFORCING STEEL BARS

Ch. Alk. APOSTOLOPOULOS¹, P. Th. SAVVOPOULOS², Lubomir DIMITROV³

¹Department of Mechanical Engineering and Aeronautics, University of Patras, Greece
e-mail: charrisa@mech.upatras.gr

²Department of Electrical and Computer Engineering, University of Patras, Greece

³Department of Mechanical Engineering, Technical University of Sofia, Bulgaria
e-mail: Lubomir_dimitrov@tu-sofia.bg

Abstract: High compression loads are well sustained by concrete elements, while tensile loads are poorly tolerated. Therefore reinforcing steel bars of various standard sizes and lengths are used for the design of Reinforced Concrete Structures. Due to length limitations of the reinforcing bars, and in order to maintain continuity of the reinforcement, splicing is used so that the desired continuity is accomplished. Lap welded splices of reinforcing steel bars suffer from eccentricity problems and probable failures of the surrounding concrete due to the kinematic behaviour of the end connections. The constantly changing anti-earthquake regulations and seismic design criteria have critically affected the adequacy and reliability of the design and use of such splices. A numerical simulation is undertaken in this paper in order to examine the reliability and behaviour of lap welded steel splices, for loads up to the yield point region of the reinforcing steel.

Keywords: lap welded splices, eccentricity, seismic design, reinforced steel bar

1. INTRODUCTION

In order to satisfy the needs for extension of structural elements in concrete structures, like beams and columns, the most common practice is the method of lap splicing, providing that sufficient steel length is available.

Mechanical connections are cost effective and they are usually made with proprietary splice devices of which the effectiveness and application is accomplished on a per piece basis, providing that they satisfy the code requirements [1, 2, 3, 4]. In Greece this procedure is governed by the ELOT 1421-3, KTX 2008 and ELOT 971 codes [5, 6, 7]. Lately in newly erected reinforced concrete structures constructional faults are portrayed in the reinforcement of the structural elements. The constructional errors create divergence from the relative provisions of the Technology of Steels code (KTX 2008) and uncertainty in their behavior after an intense seismic event. A case of problematic formation and tying of joints, mainly in the reinforcement in the vertical main direction and foundation members has a negative influences on the mechanical attributes of the construction elements due to appearance of deviation phenomena (lateral displacement of the welded ends). The problem was

intensified progressively and particularly after the increased use of welded meshes combined with insufficient technical supervision.

Indicative of the situation is Figure 1 from newly erected structures where it is often observed reduced ties in the vertical direction of the reinforcement of columns and consequently the existence of bars with free length of 200 to 1000 mm.

The popular lap welded joints of reinforcing bars, shown in Figure 2, according to specifications [ELOT] 971, [KTCH] 2008, [ELOT] 1421 [5, 6, 7], present functional problems related to the following: 1) different behavior of the connection in tension and compression, with the development of additional intensity due to eccentric axial loading [8], [10] and 2) caused displacement of the end connections in the welded region [8], [10].

Constructional faults of the vertical bar connections with the fasteners, create reduction of the yield strength, and elimination of the corresponding safety factor against seismic actions.

In the present paper as also in work [9], the tensile mechanical behavior of lap welded joints is examined:

- a) with the aid of numerical analysis;
- b) by application of elastic analysis up to the appearance of cracks in the exterior fiber of the reinforcing bars, and

c) by application of bilinear behavior of the tension and examining the progressive and complete plasticity of bar cross-section.

The factors that are seriously considered in the analysis of the lap welded joints are: The bar diameters ($d= 8, 10, 12, 14, 16, 18, \text{ and } 20 \text{ mm}$), the length of the weld ($4d \text{ and } 5d$), the distance “ a ” between the ends of the welded parts and the free length of bars “ l ” for $l=300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, \text{ and } 1000 \text{ mm}$.



fig.1 Poor practice of ties in vertical columns

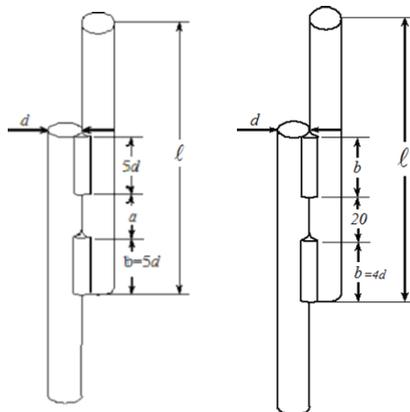


fig.2 Schematic of welded lap joint of reinforcing steel specimens

In the present article the development of tensile axial loads are calculated in the region of connection and the corresponding displacement of the ends of the rebar.

2. NUMERICAL SIMULATION

In order to study the tensile mechanical behavior of the lap welded joints, the influence of the various geometric characteristics of the steel bars and of the welds, along with the appearing sideways movements of the ends of the bars, were examined through considerable linear and non-linear analyses.

For the geometric mesh discretization of the welded bars, assuming smooth outer bar surface, SOLID45 element of the ANSYS finite element analysis program (FEA) was used. This 8- nodes element with 3-degrees of freedom at each node is shown in Fig. 3, while in Fig. 4 the 3-dimensional beam element LINK8 is presented, which was used to discretize the stirrups.

A typical finite element model of the lap welded rebar is presented in Fig. 5. The model sizes, concerning the number of nodes and elements for each case depend on the examined for each case geometry. Thus the number of nodes ranged between 14000-33000 and the corresponding elements between 12500-30000.

The bar and weld material were assumed to be steel with modulus of elasticity $E = 210 \text{ GPa}$ and Poisson ratio $\nu = 0.3$. The boundary conditions applied to the model concern the complete restraint of all the degrees of freedom of the nodes that are found in the lower end of the bottom bar.

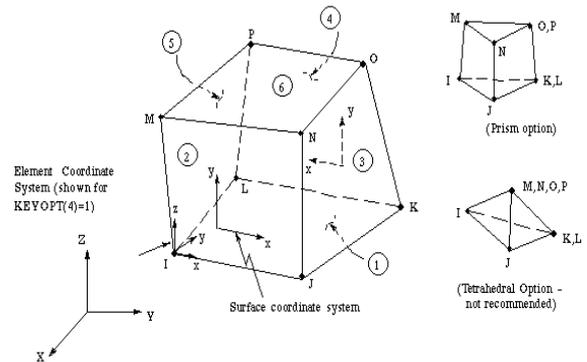


fig.3 SOLID45, Finite Element types

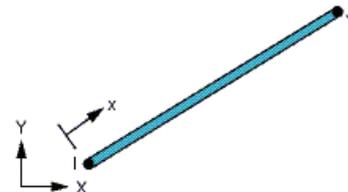


fig.4 LINK8 Finite Element types

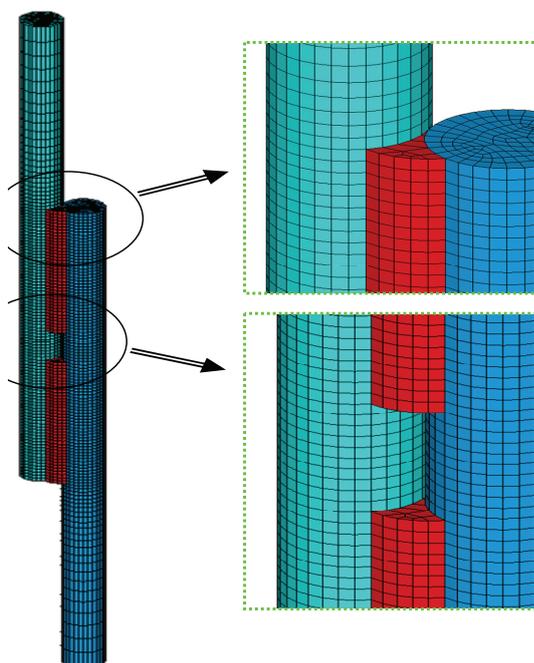


fig.5 Lap welded steel reinforcing bars finite element model

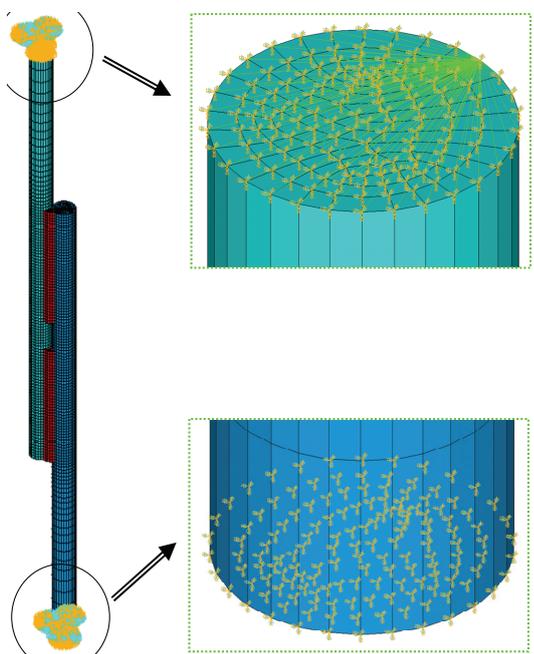


fig.6 Boundary conditions at the ends

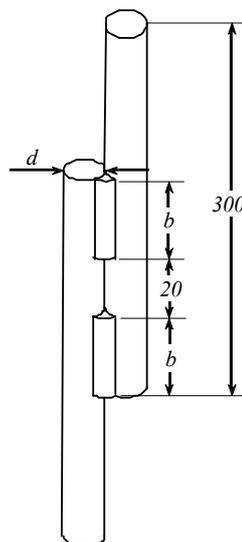


fig.7 Geometrical characteristics of the weld

On the nodes of the upper end of the top bar, restrictions were applied on all degrees of freedom except of the vertical bar motion. At the same time on these nodes the same displacement was assigned also in the vertical direction. Figure 6 shows the boundary conditions applied on the finite element model.

3. RESULTS

In the case of normal tension of the lap welded steel joints, the geometry is altered as it is expected, resulting in the dislocation of the edges of the bars. This dislocation is causing initially spot damage of the concrete which will evolve as a local explosion of the overlapped surrounding concrete.

ANALYSIS No 4

Analyses 1-3 were presented in a previous paper [9].

During the group analysis based on the elastic behavior of the rebar and until the yield point value appears on the outer fiber cross-section, the effect of weld length on the calculated displacement of welding rods in tension at the yield point. For the analysis, as the length of rod $l = 300\text{mm}$ was chosen as shown in Figure 7. On the rebar tensile stress of 500 MPa was imposed and the analysis was performed by assuming linear elastic behavior of steel.

Table 1 shows the variables used for the geometry of No 1 analyses.

table 1 Geometric variables for analyses No. 4

Variables	Values (mm)
b	4d , 5d
d	8, 10, 12, 14, 16, 20
a	20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150, 200

In Figures 8 and 9 and Table 2 the calculated maximum lateral displacements of the ends of the lap welded bars are presented as a function of the variables of Table 1. An increase of the weld length from

4d [5] to 5d [6] it only reduces the displacement of the lap welded ends by a small amount.

ANALYSIS No. 5 (Non linear)

The non linear behaviour of the lap welded bars according to the non linear behaviour of the material as shown in Fig. 10. An incrementally increasing stepwise 10 MPa load was applied on the welded bars. For each loading step, yielding failure of the material was examined.

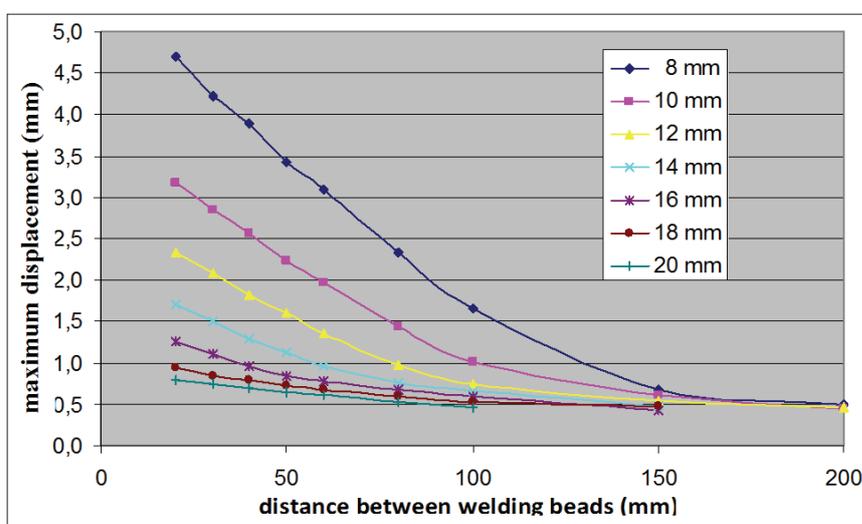


fig.8 Lateral displacements of the lap welded bars as a function of the distance between welds for different diameter values d and weld length 4d

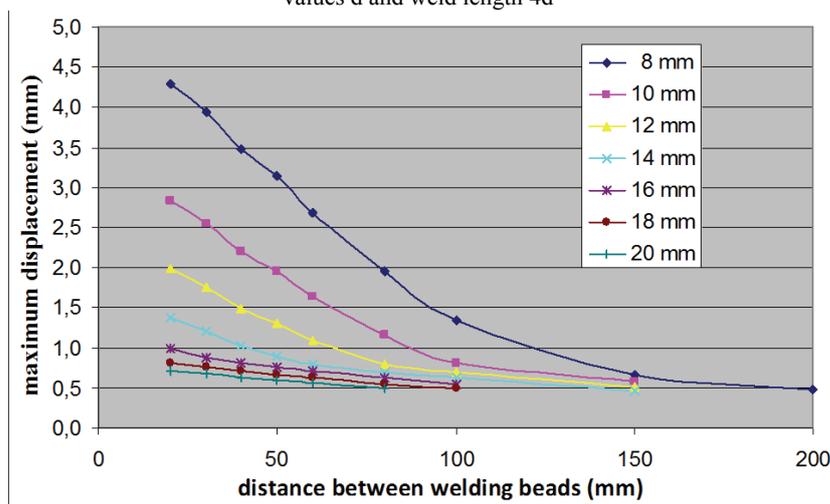


fig.9 Lateral displacements of the lap welded bars as a function of the distance between welds for different diameter values d and weld length 5d.

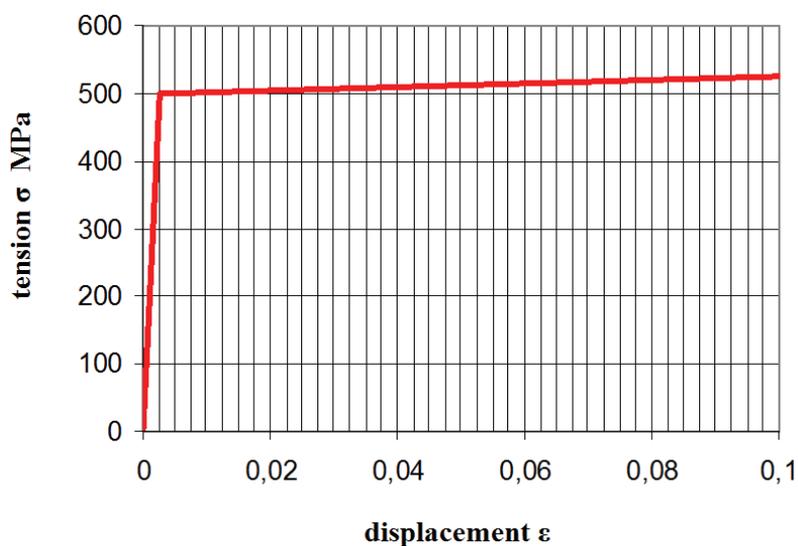


fig.10 Mechanical behaviour of steel B500c

table 2 Maximum displacement of the lap welded joints, analysis

Weld length	Bar diameter (mm)	Bar length (mm)							
		300	400	500	600	700	800	900	1000
4d	8	4,710	4,230	3,885	3,427	3,092	2,333	1,658	0,677
	10	3,186	2,843	2,567	2,227	1,972	1,444	1,010	0,606
	12	2,335	2,094	1,820	1,601	1,360	0,982	0,749	0,546
	14	1,706	1,510	1,298	1,130	0,962	0,761	0,665	0,487
	16	1,263	1,108	0,956	0,844	0,774	0,674	0,591	0,424
	18	0,949	0,851	0,788	0,737	0,684	0,598	0,526	0,479
	20	0,802	0,749	0,695	0,652	0,606	0,532	0,469	
5d	8	4,296	3,945	3,485	3,138	2,685	1,957	1,345	0,655
	10	2,833	2,550	2,209	1,950	1,647	1,167	0,816	0,585
	12	1,981	1,753	1,497	1,300	1,088	0,796	0,700	0,521
	14	1,382	1,209	1,029	0,899	0,801	0,703	0,621	0,456
	16	0,992	0,876	0,805	0,757	0,706	0,623	0,552	
	18	0,809	0,760	0,709	0,668	0,625	0,554	0,491	
	20	0,712	0,671	0,628	0,593	0,556	0,492		

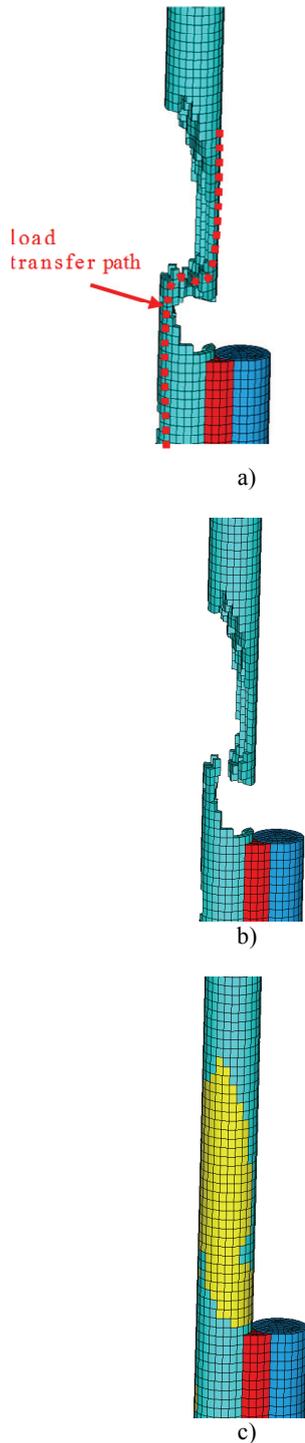


fig.10 Tensile failure of lap welded joints

The audit was selecting and displaying only the elements of finite element model, whose tensile strength was less than the yield strength of the material (500 MPa).

The externally applied tensile strength for which a discontinuity appeared for the first time in the model, it was considered to be as the point of complete yield failure of the welded connection. Figure 10 shows the above procedure. Figure 10 (a) shows the elements of the model with tensile load a step lower than the threshold limit before the yield point of the material. It is observed that while a large number of finite elements has tensile load σ_v over the yield point of the material (elements not shown in this figure), the welded connection remains capable of carrying the applied external load. Unlikely in Figure 10 (b) after complete yielding failure of the connection a discontinuity appears in the model. Finally in Figure 10 (c) marked in yellow, the elements with tensile load above 500 MPa, are shown.

Table 3 presents the results of the nonlinear analysis with the maximum allowable external load until the appearance of full yield for different combinations of geometric features like bar length, distance between welds, and bar diameter.

It is observed that the eccentricity of the lap welded joints precludes the use of the mechanical characteristics of the material B500c with yield point of 500 MPa.

ANALYSIS No.6 (Nonlinear connections)

Non linear connections of lap welded joints were also made, connected with connectors of the same type steel B500c. The geometry of the connections analyzed, is shown in Figure 11.

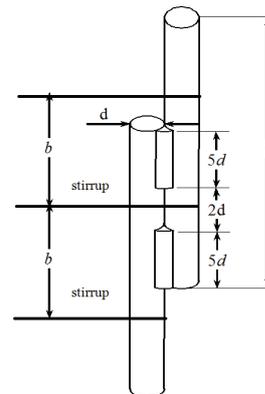


fig.11 Schematic of welded lap joint of reinforcing steel specimens with stirrups

In order to find the load of complete yield the methodology described in analysis No5 was applied. In Fig. 12 (a) marked in yellow the points of equivalent tensile load greater than 500 MPa, are shown while in Figure 12 (b) these elements are separated in the display of the model, revealing the failure. As in these analyses the increase in load was stepwise of 1 MPa, the total failure trends were calculated with the same accuracy.

The cases examined are shown in Table 4. The same table shows also the results of analysis that concern the tensile load of complete yield failure of the cross section of the bars.

Table 4 shows a great reduction of the deflection of the rod tips when there is retention of the main reinforcement with stirrups.

ANALYSIS No. 7 (Nonlinear analysis with connectors and steel corrosion)

In order to calculate the effect of corrosion on the strength of welded steel bars, the analyses No. 5 were repeated, considering as yield point of the material of one of the two bars equal to $R_p = 470$ MPa. Table 5 presents the failure loads (and the percent variation of the strength) calculated in both corroded and non

corroded material.

table 3 Maximum externally applied load until appearance of complete failure of the joint (analysis 5).

Bar length l (mm)	Weld distance a (mm)	Bar diameter d (mm)	Externally applied load (MPa)
200	20	8	450
200	20	12	460
200	20	16	480
200	30	8	450
200	30	16	500
200	60	8	460
200	60	12	480
300	20	8	440
300	20	16	460
300	30	8	470
300	30	16	460
300	60	12	480
300	60	16	470

table 4. Maximum external load where complete yield failure of the welded junction appears.

Bar length (mm)	Weld bead length (mm)	Bar diameter (mm)	Distance between Stirrups (mm)	Complete failure (MPa)	Failure prior to yielding (mm)
l	a	d	b		
200	48	12	50	490	0,225
200	48	12	100	482	0,49
300	48	12	50	480	0,171
300	48	12	100	469	0,258

table 5. Yield point of steel bars for the indicated exterior loading (No. 7 analyses)

Bar length l (mm)	Welding bead distance a (mm)	Bar diameter d (mm)	Exterior failure load (MPa)		% reduction in strength
			Non corroded (Rp= 500MPa)	Corroded (Rp= 470MPa)	
200	20	8	450	430	4.44%
200	20	12	460	440	4.35%
200	20	16	480	470	2.08%
200	30	8	450	430	4.44%
200	30	16	500	500	0.00%
200	60	8	460	450	2.17%
200	60	12	480	470	2.08%
300	20	16	460	440	4.35%
300	30	16	460	450	2.17%
300	60	12	480	450	6.25%
300	60	16	470	450	4.26%

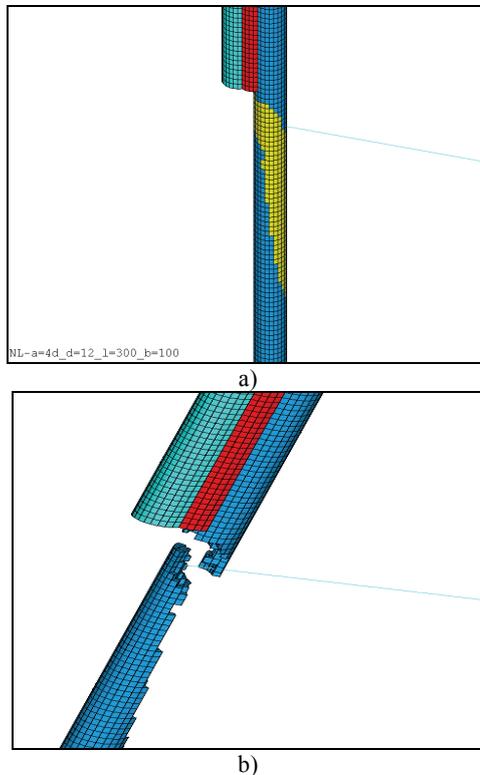


fig.12 Points of failure of the welded bars
4. CONCLUSIONS

Lap welded splices of steel rebar are susceptible to eccentricity problems and probable failures of the surrounding concrete due to the kinematic behaviour of the end connections. Questions are raised for their acceptance after workability problems generate significant displacement of the ends and their potential association of the guaranteed nominal mechanical strength of steel (B500c) with yield point of $R_p = 500$ MPa. After the segments long before the external imposition of good R_p load at the ends of the bars, the area of welded connection has already exceeded the yield stress R_p .

A reevaluation of the existing design codes, treating complex tensile or compressive behaviour of welded splices, is mandatory.

Further investigation is required on the welding methods in order to promote and secure the safety of reinforced concrete structures and especially during expansion and addition of new elements.

The regulatory directive to restore continuity in reinforced steel bars with welded fitting quote when steel reinforcement bars make a significant degradation of mechanical components of reinforced concrete.

After that, it would be appropriate, re-discussing the issue with a key to review use similar ways to link the construction of reinforced concrete.

References

1. ACI code, AWS D1 4-92, American Welding Society, Structural welding code reinforcing steel, D1, 4-92.
2. Metal Arc Welding of Steel for Concrete Reinforcement, CEN 247/BS 7123, 1989.
3. Welding of Reinforcing bars in reinforced concrete structures, W186-M 1990, 1998.
4. Welding of Reinforcing Steel, prEN ISO 17660, 2002.
5. Weldable Steels for the Reinforcement of Concrete, ELOT 971, Hellenic Standard, Athens, 1994.
6. Steel for the Reinforcing of Concrete—Weld able Reinforcing Steel—Part 3, ELOT 1421-3, Hellenic standard, Technical class B500c, Athens, 2005.
7. Reinforced Concrete Steel Code Technology, ___ 2008 (Government Gazette No. 1416 / _/ 17.07.2008), Hellenic Ministry of Public Works.
8. Ch. Alk. Apostolopoulos, D. Michalopoulos, L. Dimitrov, “The Impact of Corrosion on the Mechanical Behavior of Welded Splices of Reinforcing Steel S400 and B500c”, Journal of Materials Engineering and Performance, pp.70-79, 2008.
9. Ch. Alk. Apostolopoulos, D. Michalopoulos, L. Dimitrov, “Numerical Simulation of Tensile Mechanical Behavior of Lap Welded Reinforcing Steel Bar Joints, Bulgarian Journal for Engineering Design, No. 3, November 2009, p 5-11.
10. C.A. Issa, “An Experimental Study of Welded Splices of Reinforcing Bars”, Building and Environment, 2006, 41(10), pp. 1394–1405

DESIGN OF A MEASUREMENT PLATFORM FOR COMMUNICATIONS SYSTEMS

P. Th. SAVVOPOULOS¹, A. APOSTOLOPOULOS²

¹Department of Electrical and Computer Engineering, University of Patras, Greece¹,
e-mail: psavvop@ieee.org

²Department of Mechanical Engineering and Aeronautics, University of Patras, Greece²

Abstract: This paper presents a programmable measuring platform that integrates a powerful processing unit combining software and hardware modules with a set of powerful signal generation and analysis instruments for realizing realistic evaluations and measurements on receiver subunits and receiver prototypes. The test-bed exploits the telecommunication instruments in order to provide fully controlled channel emulation while it can manipulate real signals from various antennas through respective processing implemented inside its software and hardware circuits. All the units of the test-bed are interconnected through the Gigabit Ethernet interface which gives the necessary means for systematic and efficient multi-level measurements of various receiver processing circuits. The key feature of the presented platform is that it can be easily adapted to any standard and specification due to its programmable nature. For better realization of the platform capabilities and potential, the newest European standard for broadband satellite communications DVB-S2 is used for evaluation purposes.

Keywords: measurement systems, aeronautical/satellite instrumentation set-up

1. INTRODUCTION

Modern communications systems rely on new advances in various technical fields, such as adaptive modulation, iterative signal processing and error control coding ^[1] for providing new services. As a result, the hardware and software implementation of such systems involves complex and demanding techniques in terms of processing power and speed. Due to the embedded and multi-domain functionality, i.e. from physical to network layer and from complex signal representations to binary user data, system-on-chip (SoC) solutions are realized in the form of a multi-processing and multi-tasking environment, where the various processing stages are implemented as concatenated and parallel software circuits that interact with multiple hardware accelerator modules. Therefore, receiver prototyping appears to be a quite challenging task, since the data flow from different hierarchical levels, e.g. physical-layer signaling, multi-space constellation mappings and error correcting codewords, need to be monitored, associated and often visualized, which requires a more sophisticated testing and validation approach.

Meanwhile, software defined radio (SDR) is a promising technology that enables, the required adaptivity and reconfigurability through the combination of programmable hardware (FPGA – Field Programmable Gate Arrays) and software (DSP –

Digital Signal Processor) units that is able to support multiple operational modes, along with the integration of new functions in existing designs. The SDR concept is related with the advances in Analog to Digital (A/D) converters technology, in terms of higher sampling rates and resolution (bit length of generated words), which helps digital signal processing to expand towards the antenna by minimizing traditional analog components such as channel filters, frequency mixers e.t.c. These technological advances give the designers the ability to realize flexible and versatile digital receiver designs that can handle IF signals with proper digital processing techniques ^[2]. DVB-S2 comprises the newest European standard for broadband satellite communications that exploits new achievements in the fields of modulation and coding. DVB-S2 meets the high performance requirements of today's satellite broadcasting and interactive communications in terms of capacity and power efficiency, while keeping the complexity of the receiver terminal at acceptable levels. Both functional characteristics are based on the versatility of the DVB-S2 physical layer with frame-by-frame adaptability according to the channel conditions [3,4]. DVB-S2 supports three modes of operation: Constant, Variable and Adaptive Coding and Modulation (CCM, VCM and ACM) with differentiated levels of signal robustness and protection levels. It accommodates the widely used MPEG transport

stream as well as generic streams of constant or variable length packets.

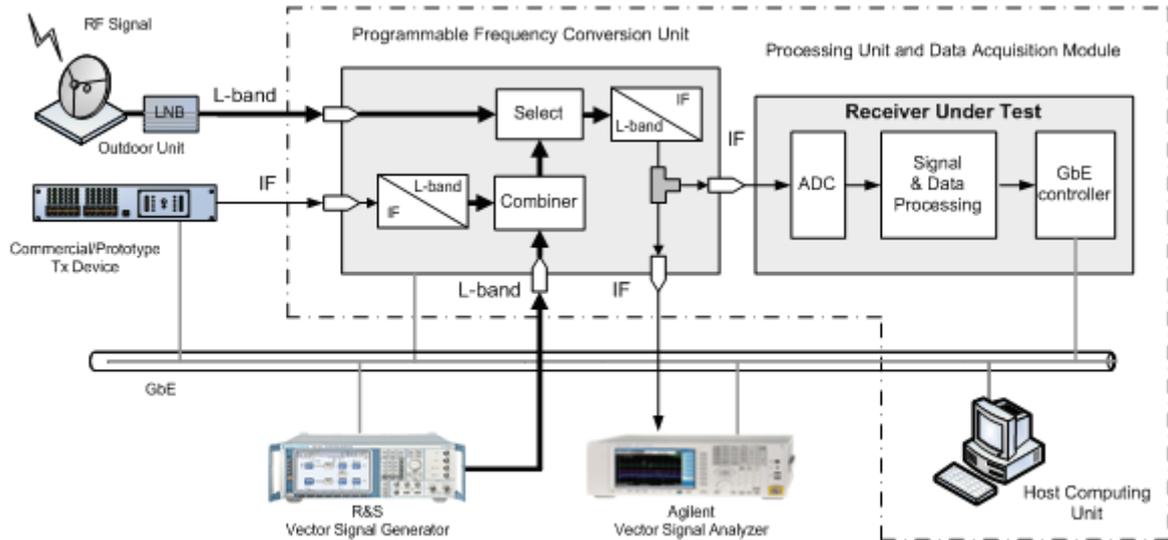


fig.1 Instrumentation and Measurements setup

As a result of the DVB-S2 standardization, a variety of products have come to the market and services are being launched by several broadcasters around the world. Verification of the DVB-S2 technology involves accurate signal measurements based on laboratory tests that correspond to various signal parameters and conditions. In particular, when commercial equipments are under test, measurement results are obtained using specialized instruments that emulate various signal impairments [5].

In this paper, we will present a flexible instrumentation setup for telecommunications signal measurements by using the DVB-S2 technology as a test case. The presented instrumentation setup is based on a software radio platform that integrates a DVB-S2 digital receiver along with a custom multi-domain data acquisition and control module that enables the communication with a host application via a variety of standard and custom interfaces for measurements visualization, diagnostic results and statistics collection.

The above setup can be easily adapted to any transmission technology used in either commercial, and industrial environments or satellite and aeronautical communications systems. Also the above platform can be either used for the development of full receiver designs and realizations or for specific signal processing subunits of a receiver such as mixers,

down-converters, synchronization and decoding modules, e.t.c.

In the first Section, the architecture of the measurement platform is analyzed, which is based on the SDR prototyping device where the receiver subunits are implemented. Additional information are given for the external devices and units utilized for enhancing the platform capabilities and applicability. These devices are feeding the SDR subunit providing the requisite flexibility to the platform. In the second Section, the structure of the prototype receiver under test is highlighted and the receiver procedures are depicted in terms of their criticality and implementation approach. The functionality of a typical telecom receiver is briefly explained. Finally, the test case of the DVB-S2 is further analyzed with several figures and visualizations that can be acquired during the operation of the designed prototype receiver through the utilization of the platform and its different sub-units.

2. THE SIGNAL MEASUREMENT PLATFORM

The structure of the proposed signal measurement system is given in fig.1. The instrumentation environment consists of a programmable frequency con-

version unit, a software radio based processing unit with signal demodulation and data acquisition capabilities and a host computing unit for visualization of measurements, diagnostics and signal statistics.

The programmable frequency conversion unit (FCU) converts the RF input signal (of over 2 GHz center frequency) to the suitable IF band in order to be processed by the reconfigurable-software radio receiver. The FCU supports multiple signal paths based on independent 'L-band to IF' and 'IF to L-band' conversion modules, thus enabling the injection of various signal impairments in different signal processing stages. The software radio unit (SRU) constitutes of a digital design of a prototype receiver with a data acquisition functionality, both implemented on its reconfigurable hardware and software modules. The receiver unit performs signal demodulation and decoding according to the complying standard or specification, while the data acquisition module collects data from various stages of the signal processing chain for post signal analysis and measurements.

The host computing unit (HCU), which coincides with a commercial desktop computer, performs data visualization and generates measurement reports and statistics based on a high-level custom application. The application is designed into a sophisticated modeling environment such as MATLAB/Simulink. The interconnection between the various measurement subsystems and units is realized via a Gigabit Ethernet (GbE) link.

The laboratory setup presented in Figure 1 is completed with the use of high-precision commercial instrumentation devices, such as a Vector Signal Generator for noise injection to the IF input signal and a Vector Signal Analyzer for general purpose signal measurements at the input of the SRU. All instrumentation components of Figure 1 can be controlled and programmed by the HCU, through the GbE interface with specific program scripts running on the computing device. As a result, the presented platform constitutes a versatile and extremely flexible instrumentation environment for various signal measurements on various standards and technologies. Based on the signal path flexibility of the FCU and the architectural design of the SRU, the system presented in Figure 1 can be used for direct measurements and analysis of signals from an outdoor unit (ODU) as well as for signal validation and performance tests of commercial or prototype transmitters of

specific standards. The SRU is implemented based on reconfigurable hardware, such as digital signal processors (DSP) and field programmable gate arrays (FPGA), and combines software radio techniques for supporting wideband receiver demodulation stages along with multi-domain signal processing and acquisition functions.

According to the criticality of the various receiver operations and functions, their implementation is either placed on hardware logic or software logic. The most critical functions are placed into hardware circuit, while the others are realized as software programs running on the DSP of the SRU, since hardware is significantly faster than software modules.

In the next two sections, we describe the architecture of the SRU and we present a test case of a DVB-S2 signal validation based on the presented instrumentation platform and a commercial DVB-S2 compliant transmitter and related devices.

3. PROCESSING UNIT ARCHITECTURE

The SRU consists of a complete digital receiver and a multi-domain data acquisition module for signal measurements and diagnostic reports. In Figure 3, the architecture and functional structure of the SRU is presented. The architecture is based on a reprogrammable hardware platform with multiple FPGA and DSP devices interconnected on a carrier board via custom and vendor dependent interfaces [6]. A Virtex-II Pro (XC2VP7) device with an embedded PowerPC processor is responsible for the setup management and control. An SMT395 [6] device by Sundance Multiprocessor Technology Ltd. that integrates FGPA and DSP circuits and utilized in the presented SRU unit, is given in Figure 2. This device constitutes the heart of the implemented logic as it is a typical commercial software radio processing unit providing the requisite reconfigurability.



fig.2 Instrumentation and Measurements setup.

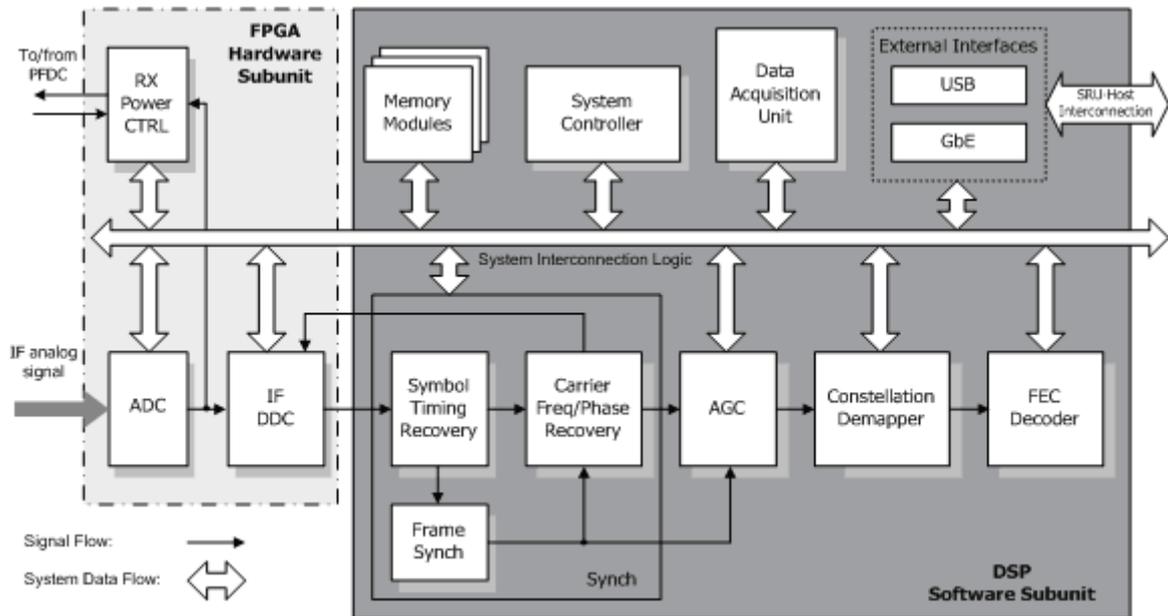


fig.3 Processing unit architecture

The software radio receiver involves all signal processing stages for the demodulation of signals. Figure 3 shows the signal data flow. The analog IF input from the FCU is digitized by a high-speed 12-bits 210 MSps analog to digital converter (ADC). The FCU output level is controlled by a custom power control unit, which properly adjusts the SRU input signal amplitude to the dynamic range of the ADC and also isolates the desired signal bandwidth.

The input samples are then driven to the IF to baseband digital down-converter (DDC) that removes the carrier frequency of reception signal with controllable error. The above down-converter is realized into the hardware circuits of a dedicated FPGA. Sequentially, the signal symbol rate is estimated and recovered, while the limits of the physical layer frames are detected by the frame synchronizer. As soon as frame synchronization is achieved, carrier frequency and phase offset estimation and compensation are performed. Finally, after proper gain scaling, the retrieved symbol stream is forwarded to the signal constellation demapper and the respective bit frames are further processed by the forward error correction (FEC) unit.

The data acquisition module is responsible for capturing and storing samples and performance parameters from the various stages of the signal proc-

essing chain and associates them using a common time-scale. The samples are the I/Q quadrature signal components or the recovered bitstreams. As described, the module also collects various signal parameters from the different processing stages of the receiver. Such parameters include estimated symbol rate, carrier frequency error and phase offset. The captured samples and parameters are stored in real-time at the system memory modules based on efficient DMA (Direct Memory Access) mechanisms and then are uploaded to the HCU. All the procedures from the recovery of the signal parameters to the forward error correction are implemented as a software code running on a DSP processor.

The operation of the receiver, the data acquisition process and the uploading of measurements data are controlled by a system controller. In particular, the system controller is responsible for the configuration of the various receiver units according to current signal parameters, e.g. coding rate, signal constellation, size of frame, nominal symbol rate, etc., as well as for programming the data acquisition unit to capture specific signals for measurements and visualization purposes. The upload of the measurements results is realized via a number of standard interfaces such as GbE and USB (Universal Serial Bus). At the HCU application environment, post-processing and

visualization is performed using commercially available tools such as MATLAB/Simulink. Based on the presented measurement system architecture, it is able to fully analyze a signal as well as to observe the evolution of several signal parameters at the various processing stages of the receiver. Table 1 shows the input sampling rates (MSps) of various processing units of the presented software radio in-

strumentation system for different values of symbol rate, R_s (MBaud), when the IF center frequency is 70 MHz and the roll-off factor is 0.35. The sampling rate values have been selected in order to satisfy the Nyquist criterion as well as the implementation requirement for an input sampling rate, which is an even integer multiple of the nominal symbol rate.

table 1: Instrument processing rates for 70 MHz IF input signal and 0.35 roll-off factor

R_s (MBaud)	ADC (MSps)	IF- DDC (MSps)	Baseband Sampling Frequency (MSps)	Frame Carrier/Phase Recovery (MSps)
10.0	200	40	20	10.0
12.5	200	50	25	12.5
15.0	180	60	30	15.0
17.5	210	70	35	17.5
20.0	200	80	40	20.0
22.5	180	90	45	22.5
25.0	200	100	50	25.0

4. THE TEST CASE OF DVB-S2 SIGNAL VALIDATION

Figure 4 depicts the experimental setup used for DVB-S2 signal validation based on the presented instrumentation system and a commercial DVB-S2 transmitter. The input signal is generated by a DVB-S2 compliant IF modulator with programmable

signal parameters. The input data stream to the modulator is selected between standard asynchronous stream or GbE packets. The IF signal is first up-converted to the L-band and then is down-converted back to IF, 70 MHz, through an agile up/down converter module, before it is driven to the ADC of the software radio platform.

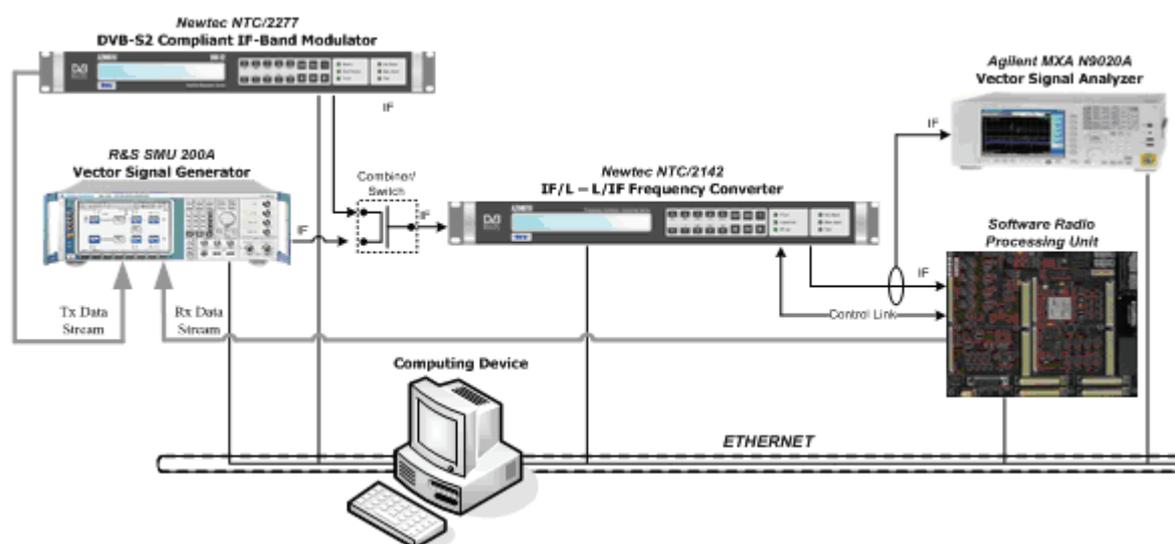


fig.4 The experimental setup used for validation of the DVB-S2 signal

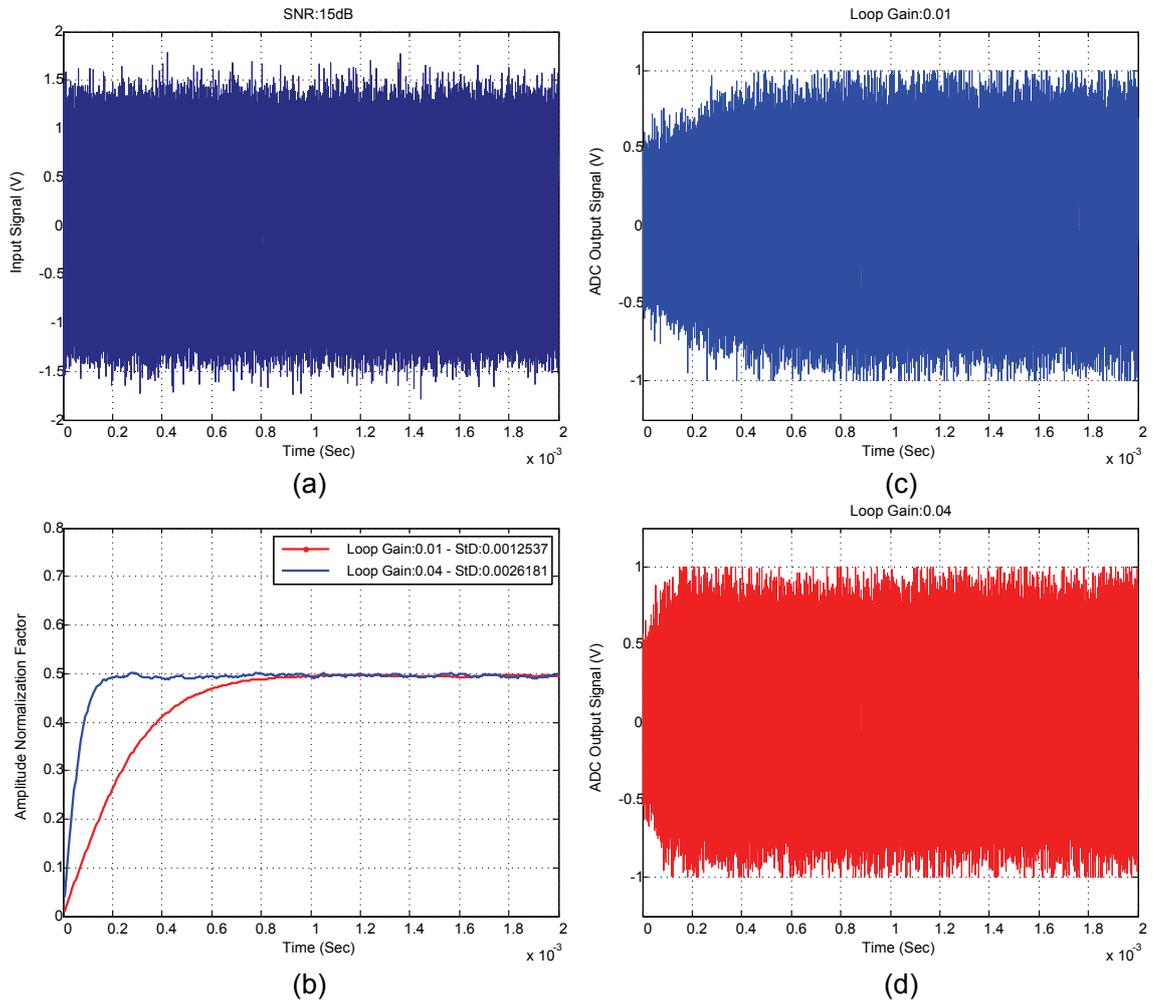


fig.5 SRU input signal power level adjustment through a closed-loop with two different values of loop gain for a given Signal to Noise ratio of 15dB (a: Input Signal, b: Gain/Attenuation Parameter, c: Output Signal with 1st Step, c: Output Signal with 2nd Step)

An RF Vector Signal Analyzer is also attached to the IF analog output of the FCU providing reference signal measurements. When the first level of signal identification and validation is completed based on the measurements results [7] provided by the presented instrumentation system, distortion is added to the IF modulator output using an RF Vector Signal Generator. Several types of impairments can be induced into the transmitted signal either at the IF or the L-Band:

- Additive white Gaussian noise (AWGN).

- Fading conditions (Standard/Fine Delay, Pure Doppler, Rayleigh, Rice, Lognormal and Suzuki).
- IQ Impairments (offset, gain imbalance, quadrature offset).
- Carrier frequency offset errors.
- Symbol rate offset errors.
- Any combination of the above.

Thus, measurement results are obtained for various signal conditions and performance results regarding the quality of service (QoS), providing an important insight into the characteristics of the modulation,

channel coding, framing and synchronization techniques of the DVB-S2 system.

An example of a measurement acquired by using the above DVB-S2 measurement platform is given in the Figure 5. These measurement correspond to the input signal power adjustments that are performed inside the SRU through a first order closed loop and lead to the generation of a normalization factor that is applied to the external FCU output. This operation is performed in order to minimize the clipping of the input signal during the quantization of the analog to digital conversion. In this Figure two different loop gain configurations are depicted with the same power at the FCU input (see Figure 5(a)) and additive white Gaussian noise conditions.

5. CONCLUSIONS

In this paper, the structure and concept of a fully controllable and programmable platform that can be used for measuring the performance of various receiver designs complying to a wide range of specifications and technologies, has been presented. The different units of the platform have been analyzed in terms of their functionality and contribution for the effective multi-level measurement of DVB-S2 receiver performance. The presented test-bed comprises a fully controlled environment for prototyping, testing and measurement procedures that provide an improved design of the overall receiver performance

under realistic channel conditions. The key feature of the presented test-bed is that it can be easily adapted to any communications standard and technology since it integrates a set of powerful and flexible external devices and reprogrammable hardware/software logic into a unified environment.

References

1. **A. Morello and V. Mignone**, "DVB-S2: The second generation standard for satellite broad-band services," *Proc. IEEE*, vol. 94, no. 1, pp. 210–227, Jan. 2006
2. **Peter B. Kenington**, *RF and Baseband Techniques for Software Defined Radio*, Artech House, 2005.
3. "Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications," ETSI EN 302 307 v1.1.2, 06-2006.
4. **A. Morello and V. Mignone**, "DVB-S2: The second generation standard for satellite broad-band services," *Proc. IEEE*, vol. 94, no. 1, pp. 210–227, Jan. 2006.
5. **A. Bartella, V. Mignone, B. Sacco, and M. Tabone**, "Laboratory evaluation of DVB-S2 state-of-the-art equipment," *EBU Tech. Rev.*, no. 309, Jan. 2007.
6. Sundance Multiprocessor Technology Ltd., "SMT 148 User Manual," ver. 1.4, Aug. 2006.
7. Sundance Multiprocessor Technology Ltd., "SMT 395 User Manual," ver. 1.1.7, Nov. 2005.
8. "Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems," ETSI TR 101 290 v1.2.1, 05-2001.

ИЗБОР НА СХЕМНО РЕШЕНИЕ ЗА ИНТЕГРИРАНО ИЗПЪЛНЕНИЕ НА СПЕЦИАЛИЗИРАН РОБОТ С ПНЕВМОЗАДВИЖВАНЕ ЗА ОБДУХВАНЕ И ОБМАЗВАНЕ НА ПРЕСФОРМИТЕ ПРИ ХОРИЗОНТАЛНИ МАШИНИ ЗА ЛЕЕНЕ ПОД НАЛЯГАНЕ

Витан ГЪЛЪБОВ¹, Венцислав СЛАВКОВ², Светослав САВЧЕВ¹, Гочо СЛАВОВ³,
Георги ТОДОРОВ⁴, Николай НИКОЛОВ¹, Явор СОФРОНОВ¹, Яна СТОЯНОВА¹

¹катедра „Теория на механизмите и машините”, Технически университет - София, България
e-mail: vgalabov@tu-sofia.bg, opito@abv.bg, nickn@tu-sofia.bg, zayavor@dir.bg, yast@tu-sofia.bg

²СПЕСИМА GmbH, 1113 София, България

e-mail: office@spesima.eu

³катедра „Механика”, ВТУ ”Тодор Каблешков” - София, 1113 София, България

e-mail: office@spesima.eu

⁴лаборатория „CAD, CAM, CAE в индустрията”, Технически университет - София, България

e-mail: gdt@tu-sofia.bg

Резюме: Цел на настоящата работа е избора на схемно решение за специализиран робот за обдухване и обмазване на пресформите за обслужване на хоризонтални машини за леене под налягане DAK 125 и DAK 200 на фирмата Oskar FRECH. Специализираният робот трябва да бъде изцяло с пневмозадвижване, като управлението му бъде изцяло интегрирано с управлението на леярската машина, а основната му плоча се монтира директно към основната плоча на машината без необходимост от отделна стойка. Интегрирането на управлението на специализирания робот с управлението на леярската машина и замяната на електрозадвижването с пневмозадвижване, ще доведе до приблизително двойно намаляване на себестойността на робота в сравнение с предлаганите на пазара решения, което е от особено значение в условията на световна финансова и енергийна криза, спад в производството и потреблението и засилена конкуренция.

Ключови думи: синтез, специализиран робот за обдухване и обмазване, хоризонтални машини за леене под налягане.

УВОД

Леенето под налягане е изключително продуктивен процес за формиране на изделия [1]. Машинното леене на алуминиеви сплави е приоритетно в производството на части за автомобилната, електро- и електронната индустрия, както и в изделията за бита и телекомуникациите.

Европейската и световна тенденция е максимално висок дял от средствата за производство да бъдат снабдени със системи за автоматизация. В частност леярското производство и по-специално машинното леене на алуминиеви сплави предоставя изключително голямо поле за внедряване на специализирани работи за дозирано хранване на леярските машини, за изваждане и контрол, палетизация и транспорт на готовите детайли, почистване и обмазване на пресформите и др. Автоматизирането на тези операции има не само социален ефект. То води до повишаване на про-

изводителността на труда и качеството на отливките.

Световни лидери в роботостроенето, като ABB, KAWASAKI, KUKA, REIS, TOSHIBA, HITACHI, FANUC и др., предлагат универсални работи за автоматизация на процесите на леене. Тази автоматизация е сравнително скъпа и трудно достъпна за масово приложение, а също така е свързана и с необходимост от висококвалифициран персонал за препрограмиране на роботите.

Специализираните работи, които имат по-малко на брой степени на свобода, имат широко приложение в леярското производство, главно заради по-ниската си цена и лесно програмиране и обслужване. Тези работи обикновено се произвеждат от фирмите производителки на машините за леене на алуминиеви сплави, както например е при фирма Buehler – Швейцария (манипулаторите Pickmat, BuhlEx и Fillmat), фирмите ITALPRESS, IDRA, COLOSIO – Италия, URPE – Испания, ZITAI – Тайван и др. Има и

фирми, които произвеждат само специализирани работи за машини за леене на алуминиеви сплави, например като BEKARO – Германия, NORDA – Италия, POMAC – Холандия, SNAIR – USA. Към тази група от фирми принадлежи и българо-немската фирма „Спесима” ООД.

Реализацията на подобен тип специализирани работи е широка пазарна ниша. В света има много фирми производителки на вертикални и хоризонтални машини за леене, но пазарът се държи основно от няколко фирми, сред които са Buehler – Швейцария, Italpresse, Colosio, IDRA – Италия, Muhler Weingarten, FRECH – Германия, Toshiba – Япония, Zitai – Тайван, LK – Китай. Само фирма FRECH има в момента над 4000 продадени машини, които не са изцяло автоматизирани.

През 2008 г. фирма OSKAR FRECH закупи немската фирма Muhler Weingarten и се превърна световен лидер в производството на хоризонтални машини за леене под налягане с топла и студена камера, като обхваща изключително широк диапазон от типоразмери и тегла на отливките: при топла камера от 5 тона до 800 тона затварящо усилие на пресформата – около 10 типа и възможност за леене на Zn и Mg сплави с тегло до 15 кг. При машините със студена камера типоразмерите са то 125 тона до 5200 тона затварящо усилие и тегла на отливките от Al сплави до 100 кг. Тези огромни машини се използват главно в автомобилната индустрия, където клиенти на фирма OSKAR FRECH са фирми като BMW, Mercedes, VW, Seat, Opel и други производители в САЩ, Индия и Южна Корея.



Фиг.1 Специализираният робот за обдухване и обмазване на пресформите BuhlSpray (Radial Die Spray Unit) на фирмата Buhler [2]

Допълнителен пазар за реализация на специализираните работи е и окомплектовката на новите машини, които се произвеждат. В момента „Спесима” ООД продава годишно около 50 бр. специализирани работи за дозиране и хранване на машини за хоризонтално леене под налягане и такива за изваждане на детайли от пресформата на машината.

В условията на световна финансова и енергийна криза, спад в производството и потреблението и засилена конкуренция възниква необходимостта от създаването на продукти със себестойност, явяваща стимул за тяхното потребление. Един от начините за постигане на тази цел е замената на електрозадвижванията с пневматични задвижвания, в случаите, в които това е възможно. Това води до намаляване на себестойността на изделията, тъй като отпадащите компоненти като АС мотори, редуктори и честотни инвертори са заменят с доста по-евтината елементна база на пневмозадвижванията.

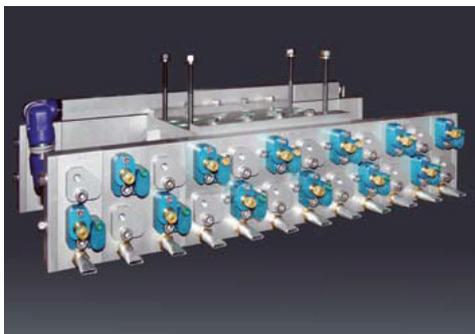
Цел на настоящата работа е да бъде избрано схемно решение за специализиран робот за обдухване и обмазване с пневмозадвижване, който да бъде интегриран към хоризонтални леярски машини за леење на алуминиеви и магнезиеви сплави DAK 125 и DAK 200 на фирмата Oskar FRECH, като интегрирането включва интегриране на управлението на робота с управлението на леярската машина и директен монтаж към основната плоча на леярската машина.

СРАВНИТЕЛНИ ПАРАМЕТРИ НА СПЕЦИАЛИЗИРАНИТЕ РОБОТИ ЗА ОБДУХВАНЕ И ОБМАЗВАНЕ НА ПРЕСФОРМИТЕ

На фиг.1-10 са представени наличните на пазара специализирани роботи за обдухване и обмазване на пресформите на хоризонтални машини за леење под налягане.

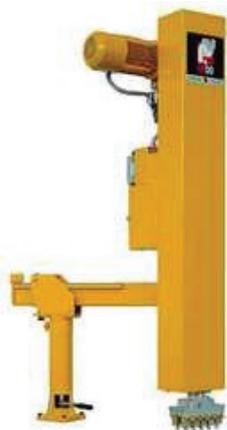
Върху основата на научни, технологични и маркетингови проучвания са определени сравнителните параметри на съществуващи конкуренти специализирани роботи:

- брой управляеми оси;
- реализация на системата за управление (интегрирана или Stand Alone);
 - вид на задвижването (електрическо, електрическо и пневматично, пневматично);
 - бързодействие;
 - ефективност на използване на работното пространство на пресформата;
 - дължина на основния ход (вертикалното движение);
- начин на монтаж;
- себестойност.



фиг.2 Специализираният робот за обдухване и обмазване на пресформите BuhlSpray (Linear Die Spray Unit) на фирмата Buhler [2]





фиг.3 Специализираните роботи за обдухване и обмазване на пресформите Velox и Rapid на фирмата COLOSIO srl [3]

Въз основа на определяне на сравнителните параметри на съществуващите конкурентни решения се стигна до извода, че в условията на задълбочаващата се световна финансова и икономическа криза, възможностите за пазарна реализация са свързани освен с функционалните възможности на специализираните роботи също така и в пълна степен с пазарната им себестойност. Поради тази причина се стигна до налагането на следните две ограничения при избора на схемно решение на специализирания робот за обдухване и обмазване на пресформите:

- управление на специализирания робот да бъде интегрирано с управлението на леярската машина;
- задвижването на специализирания робот да бъде изцяло пневматично.



фиг.4 Специализираните роботи за обдухване и обмазване на пресформите Directo и Plus на фирмата COLOSIO srl [3]



фиг.5 Специализираните роботи за обдухване и обмазване на пресформите Spraymotion 1 и Spraymotion 2 на фирмата Oscar Frech [4]



фиг.6 Специализираният робот за обдухване и обмазване на пресформите на фирмата ZITAI [5]

При избора на схемно решение трябва да бъдат удовлетворени следните структурни и функционални изисквания:

- брой управляеми оси на основния манипулационен механизъм – 1;
- реализация на системата за управление – интегрирана;
- вид на задвижването – пневматично;
- бързодействие – 4 s.
- дължина на основния ход (вертикалното движение) – 600÷800 mm.
- ефективност на достъп до работното пространство на пресформата – 90%;
- начин на монтаж – към неподвижната плоча на машината;
- себестойност – около 2 пъти по-ниска от тази на специализираните роботи с електрозадвижване.

Възможни са две компоновки на специализирания робот за обдухване и обмазване на пресформата – разполагане на манипулационния механизъм в равнина, успоредна на равнината на пресформата (фиг.11), или в равнина, перпендикулярна на равнината на пресформата (фиг.12). На фиг.13 е изобразена работната сцена на леярската машина при разполагане на манипулационния механизъм на CP2 в равнина, успоредна на

равнината на пресформата. Избрани са по подходящ начин три характерни положения на „ръката“ на CP – съответно начално, междинно и крайно.

По тези три положения са определени положението на двата базови шарнира [8], [9], с което е дефинирана напълно метриката на манипулационния механизъм на специализирания робот, който може да обслужва машини за леење на алуминиеви сплави от типа DAK 125 и DAK 200.



фиг.7 Специализираните роботи за обдухване и обмазване на пресформите Die Sprayer model 410 и Die Sprayer Model 310 на фирмата POMAC [6]



фиг.8 Специализираният робот за обдуване и обмазване на пресформите 410 Servo Drive Reciprocator на фирмата RIMROCK [7]

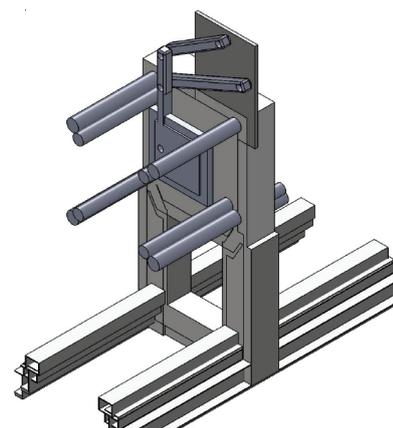


фиг.9 Специализираният робот за обдуване и обмазване на пресформите 414 Servo Drive Reciprocator на фирмата RIMROCK [7]

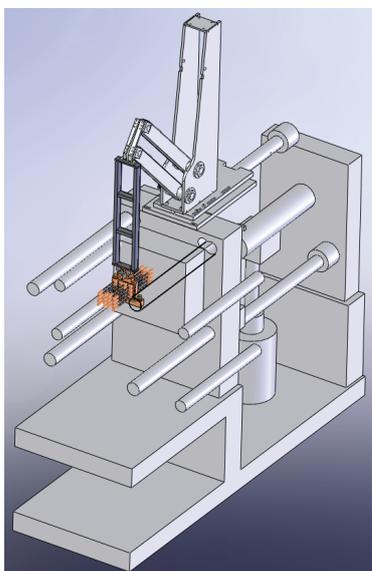


фиг.10 Специализираният робот за обдуване и обмазване на пресформите 510 Two-Axes Servo Drive Reciprocator на фирмата RIMROCK [7]

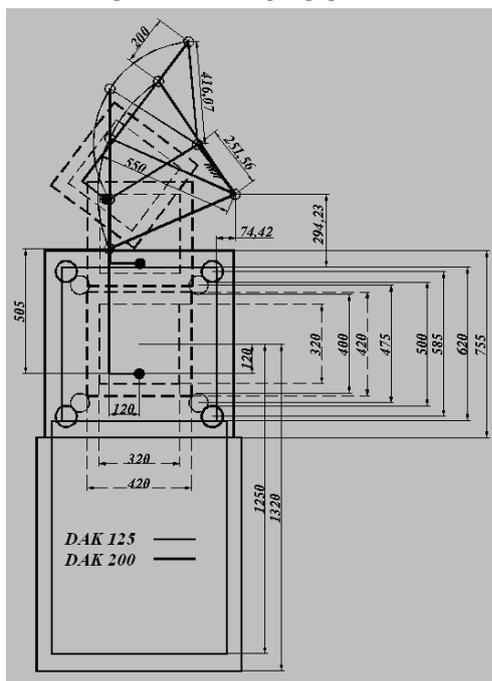
На фиг.14 е изобразена работната сцена на леевската машина при разполагане на манипулационния механизъм на CP2 в равнина, перпендикулярна на равнината на пресформата. Избрани са по подходящ начин три характерни положения на „ръката“ на CP – съответно начално, междинно и крайно. По тези три положения са определени положението на двата базови шарнира, с което е дефинирана напълно метриката на манипулационния механизъм на специализирания робот, който може да обслужва машини за лееене на алуминиеви сплави от типа DAK 125 и DAK 200.



фиг.11 Разполагане на манипулационния механизъм на специализирания робот в равнина, успоредна на равнината на пресформата



фиг.12 Разполагане на манипулационния механизъм на специализирания робот в равнина, перпендикулярна на равнината на пресформата



фиг.13 Определяне на основните параметри на специализирания робот с манипулационен механизъм, разположен в равнина, успоредна на равнината на пресформата

И двете кинематични схеми на екстрактори са функционално годни. Двете схеми са структурно идентични и осигуряват обдухването и обмазването на цялата пресформа. В първия случай (фиг.11 и фиг.13), поради това, че манипулационният механизъм работи в равнина, успоредна на равнината на пресформата, след като завърши обдухването и обмазването, обдухващата и обмазваща глава остава над пресформата на машината (фиг.15). Този вариант би наложил поставянето на допълнителен подвижен щит над пресформата на машината, с цел предпазване от капки обмазваща течност. Тази необходимост се избягва при варианта, представен на фиг.12 и фиг.14, при който манипулационният механизъм работи в равнина, перпендикулярна на равнината на пресформата. В този случай в края на процеса обмазващата и обдухваща глава се изтегля назад и не попада над пресформата на машината (фиг.16), което елиминира необходимостта от екранирането ѝ посредством предпазен щит. Това дава основание тази кинематична схема да бъде предпочетена като окончателно схемно решение за специализирания робот.

Избраното решение се отличава със следните преимуществени параметри:

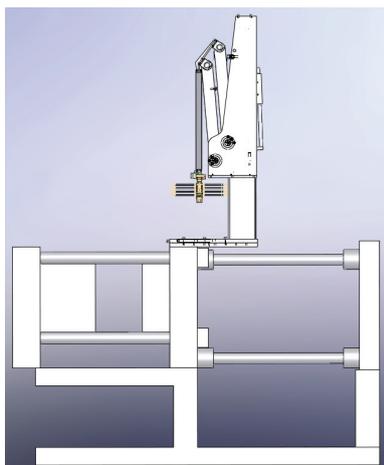
- Интегрирано с леярската машина управление на робота, което ще доведе до намаляване на стойността на екстрактора с около 30% в сравнение със Stand Alone изпълнението му.

- Използване в качеството му на манипулационен механизъм на механизъм с една степен на свобода, четиризвенна топологична структура и въртящи кинематични двоици. Това ще доведе до намаляване на себестойността му с 20% в сравнение със случая с две степени на свобода на основния манипулационен механизъм, а изпълнението на механизма само с въртящи двоици ще доведе до намаляване на габарита по височина в горно-положение (извън машината – положение на изчакване), което ще даде възможност за използване на специализирания робот в по-ниски помещения.

- Задвижването на специализирания робот е изцяло пневматично, като за целта се използва един пневмоцилиндър. Това ще доведе до намаляване на себестойността на СР1 с около

на специализирания робот в по-ниски помещения.

Синтезът на манипулационния механизъм на специализирания робот е извършен по три положения, като получените резултати са използвани като стартови при по-нататъшния оптимизационен синтез и проектиране на специализирания робот.



фиг.16 Крайно положение на обдухващата и обмазмаша глава при специализиран робот с манипулационен механизъм, разположен в равнина, перпендикулярна на равнината на пресформата

Благодарности

Публикуването на настоящата статия е свързано с договор №112лд045-5/2011 г. между МТФ и НИС при ТУ-София.

Литература

- 1.Белопухов, А. Литье под давлением. Машиностроение, Москва, 1975, 400 с.
- 2.www.buhlergroup.com
- 3.www.colosiopresse.it
- 4.www.frech.com
- 5.www.zitai.com
- 6.www.pomacautomation.com
- 7.www.rimrockcorp.com
- 8.Гълъбов, В. Синтез на механизми в робототехниката, ТУ - София, 1992. 264 с.
- 9.Гълъбов, В. Структурно-метричен синтез на механизми, Дисертация за д.т.н., ТУ-София, 1998, 491 с.

SELECTION OF SCHEMATIC SOLUTION FOR INTEGRATED IMPLEMENTATION OF DIE SPRAY UNIT WITH PNEUMATIC ACTUATION FOR HORIZONTAL DIE CASTING MACHINES

Vitan GALABOV¹, Ventsislav SLAVKOV², Svetoslav SAVCHEV¹, Gocho SLAVOV³, Georgi TODOROV⁴, Nikolay NIKOLOV¹, Yavor SOFRONOV¹, Yana STOYANOVA¹

¹ Department of TMM, TU – Sofia, 8, Kl. Ohridski Blvd., 1000 Sofia, Bulgaria

e-mail: vgalabov@tu-sofia.bg, opito@abv.bg, nickn@tu-sofia.bg, zayavor@dir.bg, yast@tu-sofia.bg

² SPESIMA³ GmbH, 1113 Sofia, Bulgaria

e-mail: office@spesima.eu

³ Department of Mechanics – VTU “Т. Kableshkov” – Sofia, 1113 Sofia, Bulgaria

e-mail: office@spesima.eu

⁴ “CAD, CAM, CAE in Industry” lab, MTF, TU – Sofia, 8, Kl. Ohridski Blvd., 1797 Sofia, Bulgaria

e-mail: gdt@tu-sofia.bg

Abstract: The goal of the present paper is selection of schematic solution for die spray unit for servicing of horizontal die casting machines DAK 125 and DAK 200 produced by Oskar FRECH. The die spray unit has to be fully pneumatic actuated. Its control has to be integrated with the control of die casting machine. The extractor main plate is assembled directly on the base machine plate without necessity of additional stand. The integration of the die spray unit control with the die casting machine control and the exchange of the electrical actuation with pneumatic actuation will produce double decrease of the die spray unit cost price in comparison with marketed units. This advantage is especially important in the global financial and energy crisis, reduction of the production and consumption, and increased competition.

Keywords: Synthesis, Die Spray Unit, Horizontal Die-casting Machines

ОТНОСНО ПРЕСМЯТАНИЯТА В ПРОЦЕСА НА ПРОЕКТИРАНЕ НА ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТИ

Михаил ЛЕПАРОВ

катедра „ОТСК”, Технически университет - София, България

e-mail: mleparov@tu-sofia.bg

Резюме: В работата се предлага общ подход за извършване на пресмятанията на произволен технически обект, който разкрива различните гледни точки за търсене на подходящи зависимости, чрез които да се извършват пресмятанията. Подходът се базира на физическия принцип на действие и основните функции на обекта.

Ключови думи: пресмятане на технически обект, проектиране

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Всеки вид технически обект (ТО) се пресмята въз основа на законите на съответна наука и на емпирични формули, известни или получени в резултата на дългогодишен опит, напр.[1,2,5-7 и мн.др.]. Същевременно липсва един общ и системен подход за извършване на различните пресмятания, подход, който да изясни гледните точки, които предопределят съответния вид пресмятания, а заедно с това да насочи търсенето към подходящи съществуващи формули за извършване на пресмятанията или към търсене на нови емпирични формули.

Целта на настоящата глава е именно разкриване на един общ подход за извършване на пресмятанията на произволен ТО. Такъв подход би положил основите на формализираното търсене на подходящи зависимости за пресмятане на ТО в процеса на неговото проектиране.

Направената библиографска справка не разкри изследвания в тази насока.

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

2.1 Видовете пресмятания

Класификация на основните видове пресмятания са дадени в табл.1.

Проверочни са пресмятанията, чрез които се определя дадена величина, за която съществуват гранични стойности и се проверява дали тя е в зададените граници, докато при проектните пресмятания директно се определя стойността на величината, като тази стойност участва в по-

нататъшни пресмятания или се нанася в документацията на проектираното изделие.

табл.1 Видове пресмятания

Класификационен признак	Видове пресмятания
1. Според етапа от жизнения цикъл на обекта, за който се отнасят (провеждат)	За нуждите на процеса на: 1.1. Проектиране: 1.2. Производство 1.3. Експлоатация 1.4. Ремонт 1.5. Утилизация
2. Според целта	2.1. Проверочни 2.2. Проектни
3. Според наличието на оптимизация	3.1. Тривиални 3.2. Оптимизационни
4. Според вида на пресмятанията	4.1. Явни 4.2. Скрити
5. Според наличието на формули	5.1. Известни 5.2. Неизвестни
6. Начин на получаване на формулите	6.1. Теоретичен 6.2. Експериментален
7. Характер на пресмятанията	7.1. Технически 7.2. Икономически
8. Обхват на пресмятанията	8.1. Общи 8.2. Специфични
9. Според обекта, за който се отнасят	9.1. За поток 9.10. За инженерен ефект

Като правило проверочните пресмятания се извършват в крайните етапи от процеса на проектиране, докато проектните- в началните етапи. При оптимизационните пресмятания се търси

гранична (оптимална) стойност на функция (ако тя съществува). Явни пресмятания са тези от тях, които реално се извършват, докато скритите са извършени предварително от друг изследовател и същите се използват в неявен вид, напр. избор на стойност на параметър по диаграма или таблица, осигуряване на качеството на изделиято чрез производствен процес и др. Известни пресмятания са тези, които се извършват по известни (съществуващи) формули, докато при неизвестните пресмятания формулите, по които трябва да се извършат са неизвестни, което означава, че последните следва да бъдат изследвани теоретично или експериментално. Същността на останалите видове пресмятания е ясна от тяхното наименование.

2.2. Общ метод

Методът, който е предложен по-долу, е получен чрез логичен анализ на известно количество изделия. Терминологията, която се използва, е взаимствувана от [4]. Той се отнася за всички пресмятания, които могат да бъдат наречени теоретично необходими пресмятания. На практика за конкретни изделия някои от тях може да не се провеждат, защото напр. от опит проектантът е установил, че е безсмислено да се изпълняват, тъй като използваните материали, размери и форми на детайлите ги гарантират.

Трябва да се отбележи, че конкретните зависимости, по които се извършва пресмятането, могат да имат най-различен вид-аналитичен (формула), графичен, уравнение, неравенство, препоръка и др.

Алгоритъм

А. Етап: Проектиране

I. Общи пресмятания

1. Осигуряване на главната функция (функционални пресмятания):

1.1. Построяване на физически принцип на действие (ФПД) [4].

1.2. Уточняване на изходящия поток Из на сглобената единица (СЕ).

1.3. Уточняване (пресмятане) на мощността/големината на Из. Обикновено това е характеристика, която е заложена в техническото задание за проектиране. В противен случай тя трябва да се приеме.

1.4. Определяне по ФПД на всички потоци на СЕ и разграничаването им на работни (задължителни за функционирането на СЕ) и неработни (нежелани/неизбежни изходи, придружаващи ИЕ).

1.5. Мощност на потоците:

1.5.1. Определяне по ФПД на всички изходящи работни потоци РП.

1.5.2. Определяне на мощността/големината на всеки РП.

Под мощност на поток в настоящата работа се разбира големината на потока, преминаващ за единица време. Потоците биват материални, енергийни и информационни. В първия случай мощността ще е количеството материал, преминаващ (получаващ се) за единица време, известен още като производителност. Във втория случай мощността ще е количеството енергия за единица време, а в третия случай-количеството информация за единица време.

В табл.2 са дадени величините за мощност на различните видове потоци.

табл. 2 Мощност за различните видове потоци

Поток	Мощност	
	Величина	Дименсия
I. Материален	производителност	количество/ време
II. Енергиен:	мощност	W
- механичен	мощност	W
- електрически	мощност	W
- магнитен	магнитен поток	Wb
- флуиден	дебит	m ³ /s
- топлинен	топлинен поток (топлинна мощност)	W

- светлинен	лъчист поток светлинен поток (мощност на лъчист поток, достъпен за възприемане от нормално човешко око)	W lm
- акустичен	звукова мощност	W
- атомен	напр. топлинна мощност или	W
	активност на радиоактивен източник	Bq
- химически	количество вещество/ време* * времето е въведено тук заради понятието мощност	mol/време*
- биологичен	напр. производителност	m ³ /t биогаз

За уточняването на мощността за всеки РП, който се явява изход на конкретен инженерен ефект (ИЕ) [4], се определят входовете, който участвуват в същия ИЕ. Съставя се предавателна функция* във вид на структурна формула, която свързва изхода на ИЕ с неговите входове. Тази формула показва количествената зависимост между РП и останалите потоци на ИЕ и има следния вид:

$$f(...РП,...Vx_1, Vx_2,...)$$

Този запис трябва да се тълкува по следния начин: между елементите, поставени в скоби съществува връзка (връзки). Връзката (връзките) е означена с f. При това от записа не следва, че непременно между всички елементи съществува функционална зависимост- зависимости може да с налице между отделните елементи.

* По аналогия с предавателна функция в Теорията на машините и механизмите [3], която представлява зависимостта между параметрите на движението или състоянието на разглежданото и входящото звено, в настоящото разглеждане предавателната функция представлява зависимостта между параметрите на изходен поток и параметрите на входящите потоци.

Предавателната функция показва връзката между мощността на изходящ поток и мощностите на входящите в конкретен ЕИ потоци.

1.5.3. По аналогичен начин на този от т.1.5.2 се определя мощността на неработните потоци.

Този вид пресмятания (т.1.5.2 и т.1.5.3), отнасящи се до мощностите на потоците, се базират на съществуващите закони в природните науки. При това те не се отнасят до конкретна материализация на съответния закон, а имат принципен

характер. Тези пресмятания могат да бъдат наречени пресмятания от I ниво.

Представянето на общите зависимости за мощностите във ФПД ще доведе до нова структура, която ще включва основните пресмятания и която може да бъде наречена изчислителен принцип на действие (ИПД).

1.6. Осигуряване на мощността на работните потоци чрез съставните части на СЕ, т.е. определяне на част от характеристиките (размери, свойства) на детайлите, чрез които се реализира мощността на потока:

Този вид пресмятания отчита конкретната материална структура (съставната част), осигуряваща разглеждания поток и могат да бъдат наречени пресмятания от II ниво.

1.6.1. Определяне на основния (основните) детайл (детайли), чрез който РП ще се реализира или преминава. За тази цел се разглеждат правоъгълниците във ФПД.

1.6.2. Съставя се структурна формула от вида:
СЧ: ...(основен детайл или детайли, осигуряващ потока)= **f (...РП)**

Този запис трябва да се тълкува така: характеристики (размери, свойства) на съставна част СЧ, наименованието на която е дадено в скоби, зависят от мощността на работния поток.

1.7. Търсене сред съществуващите формули за разглеждания поток на такива, които имат структурата от т.1.6.2. Конкретните пресмятания се извършват по тези формули.

Заб.1. Наличие на база от данни с формули би облекчило в значителна степен задачата, тъй като в нея ще могат да се извършват формализирано съответните сечения.

Заб.2. Едно възможно насочване на вниманието е чрез преглед на величините на съответния вид поток, дадени в международната система на единиците SI, като всяко от свойствата се анализира от позицията за необходимост от неговото определяне (пресмятане).

Заб.3. Един интересен въпрос е кои са размерите на СЧ, за които трябва да се търсят формули. Отговорът е: това са размерите, които определят пространството от СЧ, през което преминава (с което контактува) разглеждания РП.

1.8. Други характеристики на съставните части:

1.8.1. Съставя се структурна формула от вида:
(Характеристика СЧ: ... (наименование)) = f (Характеристика СЧ: ... (наименование))

Тълкуването на записа е: една характеристика на съставната част е функция на друга нейна характеристика.

1.8.2. Търсене сред съществуващите формули на налични връзки между свойства (размери) на детайла и разкрити вече свойства (размери). Тези връзки обикновено са получени от дългогодишен конструкторски опит с проектирането на конкретния вид изделие и неговото многогодишно изследване.

Този вид пресмятания могат да бъдат наречени пресмятания от III ниво. Те разширяват определянето на конкретните характеристики (свойства, размери) на основните съставни части на изделието.

1.9. Въздействие върху околната материална среда:

1.9.1. Потоци:

1.9.1.1. Уточняване на свойствата на всеки поток.

1.9.1.2. Уточняване на тези от свойствата на всеки поток, чрез които той влияе на съставните части, през които преминава, както и на околната за СЕ среда.

1.9.1.3. Съставя се структурна формула от вида:

$$f(P_i/C_j),$$

т.е. всеки поток P_i въздейства чрез свойствата си върху съставните части C_j , през които преминава.

1.9.1.4. Търсене на конкретни формули за пресмятане на въздействието. Целта е ненадвигане на допустима граница.

1.9.2. Полета:

1.9.2.1. Уточняване на полетата, които съществуват в разглеждания ТО.

Полетата биват [8] естествени и изкуствени. Към първите спадат: гравитационно, геомагнитно, електромагнитно, сеизмично, радиоактивно и термично поле, а към вторите-електрическо, електромагнитно, поле на еластични (механични) вълни, получени по изкуствен път, вторично ядрено излъчване и термично.

1.9.2.2. Определяне на влиянието на полевата форма на материята върху останалите полета и върху съставните части на ТО и на околната за СЕ среда чрез съответни зависимости.

Този вид пресмятания може да се нарекат пресмятания от IV ниво. Те отчитат въздействието на всеки поток върху околната за него материална среда. Материалите, от които са изградени съставните части обикновено се определят в тази точка.

1.10. Придружаващи основни функции.

Основните функции [4] могат да се разграничат на съществени (тези, които реализират ФПД) и придружаващи (тези, които биха могли да присъствуват при наличието на даден поток и които не участвуват в реализирането на ФПД).

Съществените основни функции (ОФ) в неявна форма бяха разгледани по-горе. Някои от често срещаните придружаващи ОФ са дадени по-долу.

- (флуиден поток) ОФ: уплътняване (цел: създаване на контактна налягане между уплътняваните повърхности);

- (механичен поток) ОФ: намаляване на триене (цел: преобразуване на триене при плъзгане с триене при търкаляне); охлаждане (цел: намаляване на работната температура); регулиране (цел: промяна на размер/ свойство, получаван по време на монтаж) и др.;

- (електрически поток) ОФ: ел. изолация (цел: несвързване на двата проводника наекъсо);

- ОФ „закрепване“ (цел: получаване на СЕ). Материалните структури, реализиращи основните функции, трябва да се свържат помежду си, така че да се образува единна структура, която да е стабилна и да не се променя от случайни въздействия на околната среда.

- ОФ „защита“ (цел: защита на изделието от вредното въздействие на околната среда и защита

на околната среда от вредното въздействие на изделието);

- др.

1.10.1. Уточняване на придружаващите ОФ.

1.10.2. Определяне на наименованието на СЧ, чрез която преди всичко се реализира разглежданата ОФ.

1.10.3. Съставя се структурна формула от вида:

(Характеристика СЧ: ... (наименование))= f (... РП)

Тълкуването на записа е: характеристика (свойства, размери) на съставната част е функция на характеристика на съществуващия поток, който ОФ придружава. За отбелязване е, че при ОФ „закрепване” РП представлява механичен поток.

1.10.4. Търсене сред съществуващите формули на налични връзки между свойства (размери) на СЧ и характеристика на РП.

1.11. Техническо задание (спецификация):

1.11.1. Изучаване на количествените характеристики, които са заложили в заданието и които не са изследвани по-горе, напр. вероятност за безотказна работа в продължение на 200 часа $P^0=0,95$.

При липса на техническо задание съставянето на количествени изисквания може да се извърши чрез използване на характеристиките на аналогични или сродни изделия, дадени в каталозите на тези изделия.

1.11.2. Търсене на конкретни формули за тяхното пресмятане с цел реализирането им.

1.12. Безопасност:

Преди извършване на съответните пресмятания е необходимо:

- да се анализира СЕ от гл. т. на безопасност [6, т.5.5.1] и

- да се уточнят изискванията за безопасност, които са дадени в съответни национални или международни стандарти; стандартите на Европейския съюз (ЕС) се намират чрез анализ на съответни Директиви на ЕС.

Безопасността може да бъде разгледана от две гл.т. От една страна за всичко, което е опасно за човека трябва да се вземат мерки за отстраняване на риска. Това е техническата гл.т. От друга страна за възможните опасности поради неспазване на инструкцията за експлоатация потребителят трябва да бъде информиран (чрез обръщане

на внимание в инструкцията и чрез поставяне на кратки предупредителни надписи на видни места върху ТО). Последната е информационна гл.т.

1.13. Проверка за обхващане на всички основни функции на СЕ:

1.13.1. Определяне на ОФ на изходния ТО.

1.13.2. За всяка ОФ:

1.13.2.1. Проверява се дали материализацията ѝ е обхваната в пресмятанията, направени по-горе.

При отрицателен отговор- уточнява се наименованието на съставната част, която я реализира, съставя структурна формула от т.1.10.2

1.13.2.2= 1.10.2.

1.13.2.3= 1.10.3.

Заб. Тази точка изхожда от твърдението, че за реализирането си всяка ОФ изисква съответно пресмятане. Основанията за това са фактите, че всяка ОФ:

- има самостоятелно и специфично предназначение, което е различно от предназначението на всички останали ОФ и

- им своя материализация.

II. Уточнени пресмятания

Уточнените пресмятания повтарят общите пресмятания (т.1), но при уточнени по форми и размери съставни части и отчитане на въздействието на уточнената вече материална среда върху потоците. Тук се има предвид въздействието (съпротивлението), която всяка среда оказва на преминаващия през нея поток, в резултат на което мощността на потока се различава на изхода на СЧ в сравнение с тази на входа му.

2.1. За всеки движещ се поток Р и съставната част СЧ, през която преминава, се съставя структурна формула от вида:

Wиз= f (Wвх, Характеристика СЧ: ... (наименование)),

където Wиз и Wвх са съответно мощността на потока на входа и на изхода на СЧ.

2.2. Търсене сред съществуващите формули за разглеждания поток на такива, които има структурата от т.2.1. Конкретните пресмятания се извършват по тези формули.

2.3. Повтарят се точките от т.1, като се използват уточнените стойности на потоците.

2.4. Точност на главната функция.

Под точност се разбира граничните стойности на тези от параметрите на ГФ, които са пресметнати по-горе (т.1.3).

2.5. Детайли:

2.5.1. За всеки детайл:

2.5.1.1. Определяне на негови повърхнини, които притежават специфични функции, които не се включени в предходните пресмятания.

2.5.1.2. Определяне на целта (предназначението) на функцията, която тя реализира.

2.5.1.3. Според целта и реализацията ѝ определяне чрез анализ на теоретично необходимите пресмятания.

Заб. СЕ се реализира чрез своите детайли, така че всеки детайл, чрез участието си в ОФ на СЕ участва в пресмятанията за съответната ОФ. В тази точка се разглеждат специфичните пресмятанията за детайлите, извън пресмятанията в предишните точки.

III. Специфични пресмятания

Специфичните пресмятания са тези пресмятания, които са извън посочените по-горе и които зависят от особеностите на конкретния ТО. Например такива са пресмятанията, свързване със стабилността (непреобръщането) на електрокар, при който има промяна на положението на центъра на тежестта.

IV. Икономически пресмятания

На етапа на проектиране се провеждат приближени пресмятания с цел оценка на различни варианти, както и за икономическа преценка на проекта. Този тип пресмятания и анализи се провеждат обикновено от икономическия екип на фирмата при сътрудничеството с останалите екипи и не са обект на настоящите разглеждания. Уточнените пресмятания се извършват след завършване на проектирането, вкл. и на технологичното проектиране.

Чрез финансов план на базата на разходите, очакваните приходи, печалбата и някои др. фактори инвеститорът определя цената на изделието. Потребителят на базата на цената, експлоатационните разходи, разходите за поддръжка на изделието и някои др. фактори (някои от които случайни) преценява дали да закупи изделието.

Един от важните показатели за експлоатационните разходи е „експлоатационни разходи за

единица продукция”. Формулата, по която се извършва пресмятането им, включваща само изделието, е

$$EP_{\text{еп}} = \sum W_i \cdot t_i \cdot C_i, \quad i = 1, 2, \dots, q, \quad (1)$$

където $EP_{\text{еп}}$ са експлоатационните разходи за единица продукция, W - мощност на i -ти входящ поток, t_i - времето на действие на потока за получаване на единица продукция, C_i - цената на единица количество на потока и q - броят на потоците.

Б. Останали етапи от жизнения цикъл на СЕ

Тук се включват пресмятания необходими за:

- изработване на СЕ (технологични пресмятания), напр. пресмятане на размерни вериги са сглобяване на обекта; пресмятане на операционните размерни вериги за изработване на детайлите на СЕ и др.

- експлоатация на СЕ (експлоатационни пресмятания), напр. определяне на износването на детайлите, пресмятане на експлоатационните разходи за единица продукция и др.

- ремонт на СЕ (ремонтни пресмятания), напр. на ремонтните характеристики на сглобките, възстановяване на износените детайли и др.

- утилизация (утилизационни пресмятания), напр. за отделяне на златно покритие на контактни пластини; за използване на рециклирани материали, чиито свойства са различни от тези на нерциклираните и др.

За отбелязване е, че различните видове пресмятания се извършват през различни фази от процеса на проектиране (концептуално проектиране или конструиране) или през съответните етапи от жизнения цикъл на изделието.

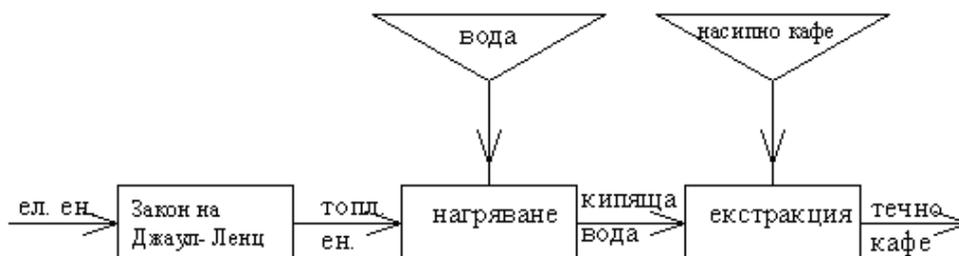
Заб. Трябва да се отбележи, че ако не могат да се намерят съществуващи конкретни формули за различните видове пресмятания, посочени по-горе, то се преминава към разкриването им по експериментален път (регресионен анализ).

Пример 1 (ТО “Кафеварка”, функционални пресмятания)

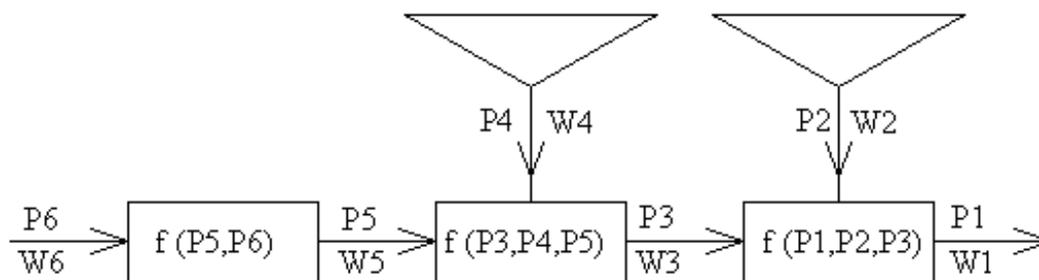
1.1. ФПД е даден на фиг.1.

1.2. Из на кафеварката е “течно кафе” (фиг.1).

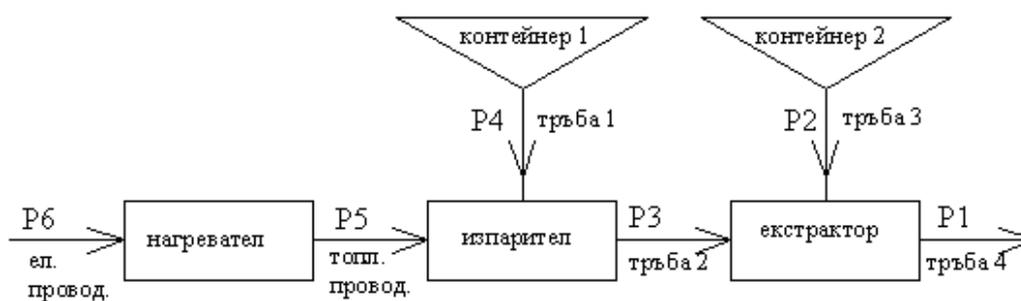
1.3. Мощност $W1$ на изходния поток е напр. $W1 = 4 \text{ чаши} \times 70 \text{ ml/3 min} = 280 \text{ ml/3 min}$ цикъл, качество на кафето: $\text{min } 50 \text{ mg кофейн}$.



фиг.1 ФД на ТО “Кафеварка”



фиг.2 ИПД на ТО “Кафеварка”



фиг.3 Основни съставни части на ТО “Кафеварка”

Един цикъл с продължителност 3 min включва получаване на 280 ml качествено течно кафе при предварително заредено в кафеварката на необходимо количество вода и насипно кафе.

1.4. Всички работни потоци са (фиг.2 и фиг.1): P1- течно кафе, P2- насипно кафе, P3- кипяща вода, P4- вода, P5- топлинна енергия и P6- електроенергия. Неработен поток и оста-

тъчното насипно кафе P7, което се получава след приключване на работата на кафеварката.

1.5.1. Изходящите потоци са (фиг.2): P1, P3 и P5.

Заб. P2 и P4 се явяват изходящи потоци съответно за „контейнер 2” и „контейнер 1”.

1.5.2. Мощност на работните потоци

Система от уравнения за пресмятанята от I ниво:

$f(P1: \text{течно кафе}, P2: \text{насипно кафе}, P3: \text{кипяща вода})$

$f(P3, P4, P5)$

$f(P5, P6)$

Трябва да се подчертае, че както бе споменато в алгоритъма, уравненията от по-горе имат принципен характер. Така например уравнението $f(P1, P2, P3)$ означава, че между трите елемента P1, P2 и P3 трябва да се търсят връзки, но дали връзката е една или повече от една не е изяснено, т.е. конкретните връзки биха могли да бъдат $P1=f(P2, P3)$ или $P1=f(P2)$ и $P1=f(P3)$, или $P1=f(P2)$ и $P2=f(P3)$, или $P1=f(P2, P3, P_x)$ и др.

Заб. Трябва да се отбележи, че в литературата, посветена на получаването на кафе, липсват публикувани конкретни формули, по които се извършва пресмятането на процеса, поради което в част от случаите точни формули не могат да бъдат предложени. Поради това подолу е даден един възможен вид на формулите за определяне на мощностите на потоците.

Мощностите на течното кафе W1, на кафето W2, на кипящата вода W3 и на водата W4 са маса, съответно $m1/$ цикъл, $m2/$ цикъл, $m3/$ цикъл и $m4/$ цикъл или обем, съответно $V1/$ цикъл, $V2/$ цикъл, $V3/$ цикъл и $V4/$ цикъл.

При това

$$m1 = \eta1 m3 \quad (2)$$

$$m3 = \eta3 m4, \quad (3)$$

където $\eta1$ и $\eta3$ са съответни коефициенти на полезно действие, установени по опитен път.

Мощността на потока P2 зависи от необходимото количество на кофезина в течното кафе, количеството и налягането на преминаващата през него кипяща вода и др. фактори. Конкретна формула за нея липсва.

Определянето на мощността W5 на топлинния поток е по-сложно, поради факта, че част от водата се изпарява, а останалата част

се нагрява до определена температура. Количеството топлина за изпарение на водата се определя по формулата

$$Q' = k \cdot r \cdot m, \quad (4)$$

където Q' е топлина на изпарение в J (нужното количество топлина, за да се изпари някаква течност), k – коефициент отчитащ изпареното количество вода, r – специфична топлина на изпарение (за водата $r = 2,26 \cdot 10^6$ J/kg) и m – масата в kg на изпаряваната течност.

Количеството топлина Q'' , необходимо за загряване на водата до определена температура се намира по зависимостта

$$Q'' = c \cdot m (T2 - T1), \quad (5)$$

където c е специфичната топлоемкост (за водата $4,187$ kJ/kg °C), m – масата на нагряваното количество вода, $T2$ и $T1$ съответно крайната и началната температура на водата.

Q' и Q'' са максималното и минималното количество необходима топлина. Необходимото количество топлина $Q = k1 \cdot Q' = k2 \cdot Q''$, като коефициентът $k1$ или $k2$ се установяват по опитен път. В първо приближение $= (Q' + Q'')/2$.

Отношението $W5 = Q/\text{цикъл}$ ще определят мощността на потока.

Мощността $W6$ на електрическия поток се получава по закона на Джаул-Ленц

$$Q = U^2 \cdot R \cdot t, \quad (6)$$

където U е напрежението, R – съпротивлението, а t – времето, от където $W6 = U \cdot I = Q/t$. Времето се приема в зависимост от продължителността на цикъла (т. 1.11.2).

ИПД на кафеварката е представен на фиг. 2.

1.5.3. Мощността на неработния поток W7 ще е

$$m7/ \text{цикъл} = \eta7 m2/ \text{цикъл}, \quad (7)$$

където $\eta7$ е коефициент на полезно действие, установен по опитен път.

Система от уравнения за пресмятанята от II ниво:

1.6.1. Основните съставни части, през които преминават работните потоци са показани на фиг.3.

1.6.2. От фиг.3 следват пресмятанята от II ниво – те ще са свързани с правоъгълниците (триъгълниците) и размерите, т.е. изходящия поток след правоъгълника (триъгълника) зависи от размерите на детайла, който е в правоъгълника (триъгълника).

СЧ1: екстрактор = $f(P1: \text{течно кафе})$

СЧ3: изпарител = $f(P3: \text{кипяща вода})$

СЧ5: нагревател = $f(P5: \text{топлинна енергия})$

СЧ2: контейнер 1 = $f(P2: \text{кафе насипно})$

СЧ4: контейнер 2 = $f(P4: \text{вода})$

1.7. Известните конкретизации на уравненията от т.1.6.2, отнасящи се до един цикъл, са:
- на уравнение СЧ1: екстрактор = $f(P1: \text{течно кафе})$ отговаря законът за филтрацията на Дарси; чрез него се пресмята скоростта на филтрация, чрез която се съди за количеството екстрактнат кофein и други вкусови и ароматни вещества;

$$v = Q/F = k\Delta P/l, \quad (8)$$

където v е линейна скорост на филтрация на водата в пореста среда, Q -обемна скорост на водата (преминаващ обем от вода), F - сечение на филтъра, през който преминава водата, k - коефициент на пропорционалност, ΔP -градиент на налягането (разликата в наляганята пред и след филтриращия материал) и l - дължината на филтъра.

- на уравнение СЧ3: изпарител = $f(P3: \text{кипяща вода})$ може да се предложи конкретизация от вида

$$V_1 = k_1 \cdot V_2, \quad (9)$$

където V_1 е обемът на изпарителя, k_1 - коефициент на пропорционалност и V_2 - обемът на кипящата вода;

- на уравнение СЧ5: нагревател = $f(P5: \text{топлинна енергия})$ отговаря известното уравнение

$$R = \rho \cdot l_1 / S, \quad (10)$$

където R е ел. съпротивление на проводника в нагревателя, ρ - специфичното съпротивление на материала на проводника, l_1 - дължина на проводника и S - напречно сечение на проводника.

Чрез уравнения (8)- (10) се определят съответни размери на съставните части на кафе-варката.

Система от уравнения за пресмятанята от III ниво:

1.8.1. Общият вид на уравненията ще бъде:

(Характ.СЧ1: екстрактор) = f (Характ.СЧ1: екстрактор)

(Характ.СЧ3: изпарител) = f (Характ.СЧ3: изпарител)

(Характ.СЧ5: нагревател) = f (Характ.СЧ5: нагревател)

1.8.2. Вж. заб. към т.1.5.2.

Система от уравнения за пресмятанята от IV ниво:

1.9.1.1. Основните свойства на видовете потоци са дадени системата SI. За примера те са посочени в т.1.9.1.3.

1.9.1.2. Видовете потоци и съставните части, върху които свойствата непосредствено влияят се виждат от фиг.3.

1.9.1.3. Общият вид на уравненията ще бъде:

$f(P1/\text{тръба 4, екстрактор})$

$f(P2/\text{контейнер 2, тръба 3, екстрактор})$

$f(P3/\text{изпарител, тръба 2, екстрактор})$

$f(P4/\text{контейнер 1, тръба 1, изпарител})$

$f(P5/\text{нагревател, топлопровод, изпарител})$

$f(P6/\text{ел.провод, нагревател})$

Друг запис на необходимите пресмятаня от IV ниво, при което се включват и свойствата на потоците е даден по- долу.

(кафе течно) свойства: температура, сила на тежест; съставни части, върху които директно взаимодействува: тръба 4, екстрактор;

(кипяща вода) свойства: температура, сила на тежест, скорост, налягане, влажност; съставни части: изпарител, тръба 2, екстрактор;

(насипно кафе) свойства: сила на тежест; съставни части: контейнер 2, тръба 3, екстрактор;

(вода) свойства: сила на тежест; съставни части: контейнер 1, тръба 1, изпарител;

(топлинна енергия) свойства: температура; съставни части: нагревател, топлопровод, изпарител;

(ел. енергия) свойства: нагряване, разширение; съставни части: ел.провод, нагревател.

Заб. Възможностите за химично взаимодействие между потоците и съставните части не се отчитат.

От написаното по- горе се вижда, че основният поток, който въздейства практически върху цялата кафеварка, е термичен, поради което е задължителна проверка на топлинното натоварване на съставните части. Останалите свойства могат да се вземат предвид или не в зависимост от тяхната големина.

1.9.2.1. Налични полета: гравитационно, електромагнитно и топлинно.

1.9.2.2. Всички съставни части имат тегло, но тъй като в случая гравитационното поле е незначително, същото може да се пренебрегне. Наличието на множество електронни уреди в дома или офиса, където ще се експлоатира основно кафеварката, изисква проверка или пресмятане на електромагнитна съвместимост.

1.10.1. Придружаващи основни функции, получени на базата на указанията в алгоритъма от по-горе, са: ОФ-уплътняване, ОФ-ел. изолация и ОФ-закрепване.

1.10.2. (уплътняване) уплътнител

(ел. изолация) ел. проводник

(закрепване) резба

1.10.3. (уплътняване) **(Характеристика СЧ: уплътнител) = f (кипяща вода)**

(ел. изолация) **(Характеристика СЧ: ел. проводник) = f (ел. енергия)**

(закрепване) **(Характеристика СЧ: резба) = f (мех. енергия)**

1.10.4. (ОФ-уплътняване)

Пресмятането представлява силов анализ, извършван с методите на дисциплината „Механика“ (вж. БДС EN 1591-1+A1:2009 и [6]).

(ОФ-ел. изолация)

Тъй като проводника е с изолация, която предварително се нанася, пресмятането на последната се извършва по време на производството (скрити пресмятания), като нейните свойства отговарят на свойствата на проводника, заради които се купува кабела. При необходимост от сравняване на свойствата на изолатора с гранични зададени свойства на ТО, изолационните свойства могат да се намерят в каталога на фирмата-производител, напр. пробивно напрежение, електрическо съпротивление и др.

(ОФ-закрепване)

Основното закрепване е резбовото закрепване между корпус долен и корпус горен (фиг.4, на която е представено схематично изображение на едно решение на кафеварката; съставни елементи: 1-нагревател, 2-корпус долен, 3-вода, 4-носач, 5-кафе насипно, 6-уплътнител, 7-корпус горен, 8-кафе течено, 9-капак, 10-ръкохватка, 11-филтър горен, 12-клапан предпазен, 13-филтър долен), в резултат на което се създават осови сили (контактно налягане) в резбовото съединение между горния корпус 7 и

корпус долен 2, контактното съединение между 7 и уплътнителя 6, контактното съединение между 6 и носача 4, контактното съединение между 4 и корпус долен 2. Пресмятането се извършва чрез съответни формули от дисциплината „Механика“

1.11.1. В заданието е налице изискване за времето за 1 цикъл- 3 min.

Нека в техническото задание да е включено и изискването

- вероятност за безотказна работа в продължение на 200 часа $P = 0,95$.

1.11.2 (цикъл- 3 min)

Продължителността на цикъла е равна на сумата от продължителността на елементите му, които последователно се подредени във ФПД. Наличието на няколко входящи потока в правоъгълник от ФПД изисква уточняване дали те последователно или паралелно се реализират и необходимото време за това. Тъй като в случая цикълът започва при условие, че водата и насипното кафе са поставени на мястото им, следва, че тези потоци не трябва да се отчитат. В съответствие с ФПД (фиг.1) и ИПД (фиг.2)

$t(\text{цикъл}) = t(P6) + t(P6/P5) + t(P5) + t(P5/P3) + t(P3) + t(P3/P1) + t(P1)$, (11)

където t е означено времето, а в скобите са посочени потоците (линиите на фиг.1 и 2) или преобразованията на потоците (правоъгълниците на фиг.1 и 2), чието време се взема предвид. От всички времена съществени по стойност и определящи са $t(P6/P5)$, $t(P5/P3)$, $t(P3)$, $t(P3/P1)$ и $t(P1)$. Големината на $t(P6/P5)$ се приема при определянето на $W6 = Q/t$. Ако (11) изисква промяна на отделни времена с цел достигане до 3 min по тази формула $t(P6/P5)$ може да се промени, като заедно с това се промени и $W6$ (т.1.5.2). Останалите времена се уточняват експериментално.

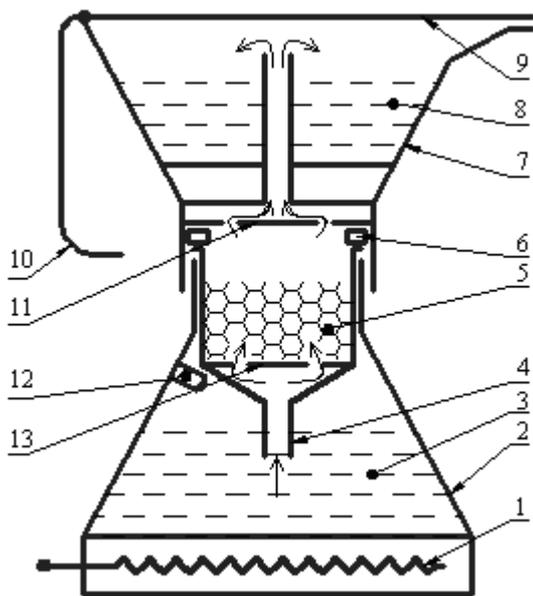
(безотказна работа)

Формулите за търсене на вероятността за безотказна работа на система P' , състояща се от n подсистеми, имащи вероятност за безотказна работа съответно p_1, p_2, \dots, p_n при последователно свързани подсистеми е

$$P' = p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n$$

а при успоредно свързване на подсистемите

$$P' = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2) \dots (1 - p_n)$$



фиг.4 Схематично изображение на ТО "Кафеварка"

Спецификата на тези пресмятания е обект на науката „надеждност на изделията“.

1.12. За осигуряване на безопасността може да се използва метод "Мислени експерименти" [4]. Най-същественният извод от него е, че трябва да се осигури:

- извеждане на високо налягане от долния корпус (фиг.4), тъй като при непринаването на кипящата вода през филтъра превръща този корпус в съд под налягане; извеждането се извършва чрез клапан предпазен;

Наличие на ел. напрежение (ел. поток), което е опасно за човека изисква

- ел. заземяване (зануляване);

Наличие на електромагнитно поле изисква проверка за

- електромагнитна безопасност.

1.13.1. Основните функции на кафеварката с ФПД, даден на фиг.1 са:

ОФ₁- провеждане на ел.енергия, ОФ₂- провеждане на топлинна енергия, ОФ₃- провеждане на вода, ОФ₄- провеждане на кипяща вода, ОФ₅- провеждане на насипно кафе, ОФ₆- провеждане на течна кафе, ОФ₇- съхранение на вода, ОФ₈- съхранение на насипно кафе, ОФ₉- преобразуване на ел. енергия в топлинна енергия, ОФ₁₀- нагря-

ване, ОФ₁₁- екстракция, ОФ₁₂- ел.изолация, ОФ₁₃- уплътняване, ОФ₁₄- закрепване, ОФ₁₅- защита.

1.13.2.1. Пресмятането на материализациите основните функции е разгледано както следва:

- ОФ₁- ОФ₆: т. 1.9.1.3;

- ОФ₇- ОФ₁₁: т. 1.6.2;

- ОФ₁₂, ОФ₁₃ и ОФ₁₄: т.1.10.3.

От всички ОФ по-горе по същество не е разгледана само ОФ₁₅.

Към защитата се включват СЧ, чрез които се ограничава вредното влияние на околната среда върху кафеварката и на кафеварката върху околната среда. Тя се реализира чрез детайлите 2, 7 и 9 (фиг.4). В случая херметичността на по-голямата част от конструкцията е достатъчна за осигуряване на функцията „защита“, поради което липсва уравнение, което да свързва СЧ и поток.

2.1. Общият вид на уравненията ще бъде:

$P_{1из} = f(P_{1вх}, \text{Характеристика СЧ: тръба 4})$

$P_{1из} = f(P_{1вх}, \text{Характеристика СЧ: екстрактор})$

$P_{2из} = f(P_{2вх}, \text{Характеристика СЧ: тръба 3})$

$P_{2из} = f(P_{2вх}, \text{Характеристика СЧ: екстрактор})$

$P_{3из} = f(P_{3вх}, \text{Характеристика СЧ: изпарител})$

$P_{3из} = f(P_{3вх}, \text{Характеристика СЧ: тръба 2})$

$P_{3из} = f(P_{3вх}, \text{Характеристика СЧ: екстрактор})$

$P_{4из} = f(P_{4вх}, \text{Характеристика СЧ: тръба 1})$

$P_{4из} = f(P_{4вх}, \text{Характеристика СЧ: изпарител})$

$P_{5из} = f(P_{5вх}, \text{Характеристика СЧ: нагревател})$

$P_{5из} = f(P_{5вх}, \text{Характеристика СЧ: топлопровод})$

$P_{5из} = f(P_{5вх}, \text{Характеристика СЧ: изпарител})$

$P_{6из} = f(P_{6вх}, \text{Характеристика СЧ: ел.провод})$

$P_{6из} = f(P_{6вх}, \text{Характеристика СЧ: нагревател})$

2.2. Конкретният вид на формулите може да бъде:

$P_{1из} (\text{тръба 4}) = n_{11} \cdot P_{1вх}$

$P_{1из} (\text{екстрактор}) = n_{12} \cdot P_{1вх}$

$P_{2из} (\text{тръба 3}) = n_{21} \cdot P_{1вх}$

$P_{2из} (\text{екстрактор}) = n_{22} \cdot P_{2вх}$

...

където n_{11} , n_{12} , n_{21} , n_{22} , ... са коефициентите на полезно действие на потока в съответната съставна част.

2.4. Точността на главната функция изисква определяне на границите на характеристиките на изходящия поток, а именно граничните стойности на:

- мощността на изходящия поток от 280 ml/цикъл, качество на кафето

- min 50 mg кофеин и

- времето за един цикъл.

Определянето на тези граници може да се извърши чрез статически методи.

2.5.1.1. Нека външните повърхнини на детайли 2, 7, 9 и 10 (фиг.4) да имат покритие.

2.5.1.2. Цел: декоративно оформление.

2.5.1.3. (дебелина на покритието) = f (износостойчивост на покритието)

(адхезия на покритието) = f (дълготрайност на покритието)

(термоустойчивост на покритието) \geq (топлинното натоварване на детайлите)

Конкретните зависимости са експериментални.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работата се предлага общ метод за пресмятаня на произволен технически обект, който

предлага гледните точки и структурата на зависимостите за пресмятане на обекта. Методът може да служи като основа за формализирано разкриване на необходимите формули за пресмятане на обекта.

Литература

1. Данчев, Д., Д., Христов, Основни на пътни и строителни машини, С., Техника, 1990.

2. Йорданова Л. Конструиране на комуникационна апаратура, С., Изд. „Нови знания”, 2003

3. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам, М., Машиностроение, 1987.

4. Лепаров М., М.Вичева, М.Георгиев Основни на инженерното проектиране, С., Софттрейд, 2008.

5. Половинкин А.И. Основы инженерного проектирования, 3-е издание, Санкт-Петербург, изд. Лань, 2007.

6. Попов З. Машинознание, С., 2006, http://menk.mf.tu-sofia.bg/uploads/el_uchebn/Maschinoznanie/Maschinoznanie.pdf.

7. Otto, K., K. Wood, Product Design. Techniques in Reverse Engineering and New Product Development – Prentice Hall, New Jersey, 2001.

8. http://www.kscnet.ru/ivs/publication/tutorials/geophysics_studies/intr.pdf. Посетен на 07.07.2011.

ABOUT CALCULATIONS IN THE DESIGN OF TECHNICAL OBJECTS

Michail LEPAROV

Department of Fundamentals and Techniques of Design, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: mleparov@tu-sofia.bg

Summary: The work offers a general approach for the calculation of any technical object, which reveals the different views on the search for appropriate formulas through which the calculations can be performed. The approach is based on the physical principle of operation and the fundamental functions of the object.

Keywords: calculations of technical objects, design

ОТНОСНО МОДУЛИТЕ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ НА СЪОТВЕТСТВИЕТО

Ирена НИКОЛОВА

катедра „Основи и технически средства за конструиране“, Технически университет - София, България
e-mail: inikolova@tu-sofia.bg

Резюме: Оценка на съответствието се подразделя на модули, които образуват ограничен брой различни процедури, прилагани към най-широк обхват продукти. Модулите се отнасят до фазата на проектиране на продуктите и/или до фазата на производството им. Тези модули могат да се комбинират едни с други по различни начини. Като общо правило, един продукт се подлага на оценка на съответствието, както по време на проектирането, така и във фазата на производството. Всяка директива от Нов подход описва обхвата на възможните процедури за оценка на съответствието, които се счита, че дават необходимото ниво на защита.

Ключови думи: модули, оценка на съответствието, Глобален подход

1. УВОД

За да има свободно движение на продукти на територията на Европейския съюз (ЕС) се прилагат механизми, които се основават на предотвратяването на нови търговски бариери, взаимно признаване и техническа хармонизация. Преди да бъде пуснат един продукт на пазара на ЕС производителят трябва да подложи своя продукт на процедура за оценка на съответствието, предвидена в прилаганата директива, с цел маркиране със знака СЕ.

След 1985г. независимо от идеите на Новия подход в страните-членки продължава да съществува голямо многообразие от технически процедури за изпитване и сертификация на продукти и услуги. В допълнение към принципите на Новия подход са необходими условия за сигурна оценка на съответствието.

За постигането на необходимото еднообразие ръководните органи на Общността разработват и публикуват няколко нормативни документи, с които се въвежда Глобален подход в контрола на продуктите преди пускането им на пазара. Това са:

- Съобщение 89/C267/03/ЕЕС на Комисията за Глобален подход към оценка на съответствието ...;
- Резолюция 90/C10/01/ЕЕС на Съвета за Глобален подход към оценка на съответствието ...;
- Решение 90/636/ЕЕС на Съвета относно модулите за различните фази на процедурите за оценка на съответствието ...;

- Решение 93/465/ЕЕС на Съвета относно модулите за различните фази на процедурите за оценка на съответствието и правилата за поставяне и използване на маркирката СЕ, предназначени за използване в директивите за техническо хармонизиране;

- Решение 768/2008/ЕС на Европейския парламент и на Съвета относно обща рамка за предлагането на пазара на продукти.

Всеки от тези документи хронологически допълва предхождащите го.

Според Глобалният подход [1] оценяването на съответствието, се подразделя на редица операции - модули. Тези модули се различават в зависимост от етапа на развитие на продукта, типа на оценка, който се прилага и лицето, което провежда оценката. Също така Глобалният подход въвежда единна маркировка СЕ за пускане на продуктите на Единния европейски пазар. Поставянето на тази маркировка означава, че продуктът е с оценено съответствие спрямо съществените изисквания на засягащите го директиви.

2. МОДУЛИ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ НА СЪОТВЕТСТВИЕТО

Модулите се отнасят до фазата на проектиране на продуктите и/или до фазата на производството им. Един продукт се подлага на оценка на съответствието, както във фазата на проектирането, така и във фазата на производството на продукта. Производителят е отговорен за изпълнението на процедурата за оценка на съответствието и за двете фази.

Според типа на продуктите и свързаните с тях рискове модулите дават на законодателя средствата за формулиране на подходящи процедури, чрез които производителите да демонстрират съответствието на продукта с клаузите на директивата. При установяване на обхвата от възможни модули директивите взимат под внимание такива въпроси като типа на продуктите, естеството на свързаните с тях рискове, икономическата инфраструктура на даден отрасъл, възможността на производството да осигури висока степен на защита.

Всяка директива описва обхвата на възможните процедури за оценяване на съответствието, които осигуряват необходимата увереност за степента на защита на потребителите. Директивите излагат също критериите, според които производителят може да направи своя избор, ако са предвидени повече възможности. Всички процедури, прилагани по определена директива, трябва да осигуряват еквивалентен начин за оценяване на съответствието, въпреки че процедурите не са идентични, трябва да има задоволителна увереност по отношение на съответствието на продуктите на съществените изисквания на директивата. Изисква се също директивите да не включват модули, които излишно ще затруднят прилагането им от производителя.

Решение 768/2008/ЕС установява общата рамка от основни принципи и референтни разпоредби за изготвяне на законодателството на Общността, което хармонизира условията за предлагане на пазара на продукти („законодателство на Общността за хармонизация“).

При оценяване на съответствието по отношение на даден продукт, процедурите, които се използват, трябва да бъдат избрани измежду модулите от настоящото решение, в съответствие със следните критерии:

- дали съответният модул е подходящ за типа продукт;
- естеството на рисковете, свързани със съответния продукт и степента, до която оценяването на съответствието отговаря на вида и степента на риска;
- в случаите, в които участието на трета страна е задължително, необходимостта производителят да може да избира между модулите за

осигуряване на качеството и тези за сертифициране на продукта;

- необходимостта да се избягва налагането на модули, които биха били твърде обременяващи предвид рисковете, обхванати от съответното законодателство.

Ако даден продукт е предмет на няколко акта на Общността, попадащи под настоящото решение, законодателят осигурява съгласуваност между процедурите за оценяване на съответствието. Модулите се прилагат, по целесъобразност, по отношение на съответния продукт и в съответствие с указанията, предвидени в тези модули.

Когато законодателството на Общността за хармонизация изисква оценяване на съответствието, то може да предвижда такова оценяване да бъде извършено от органи на публична власт, от производители или от нотифицирани органи.

Когато се предвижда оценяването на съответствието да се извършва от органи на публична власт, законодателството предвижда, че органите за оценяване на съответствието, към които тези органи на публична власт се обръщат за технически оценки, трябва да отговарят на същите критерии като установените в настоящото решение по отношение на нотифицираните органи.

Акредитиран собствен орган може да се използва за провеждане на дейности по оценяване на съответствието за предприятието, част от което е самият той, за целите на прилагането на процедурите, посочени в модули А1, А2, С1 или С2. Този орган представлява отделна, обособена част от предприятието и не участва в проектирането, производството, доставката, монтирането, използването или поддръжката на продуктите, които оценява. Акредитираният собствен орган трябва да отговаря на следните изисквания:

- акредитира се в съответствие с Регламент (ЕО) № 765/2008;
- органът и неговият персонал са обособени организационно и разполагат с методи за докладване на предприятието, от което са част, което осигурява и доказва тяхната непристрастност пред съответния национален орган по акредитация;
- органът и неговият персонал не са натоварени с проектирането, производството, доставката, монтирането, експлоатацията или под-

дръжката на продуктите, които оценяват, и не участват в дейности, които могат да влязат в конфликт с независимостта на тяхната преценка или почтеното поведение във връзка с дейността им по оценяване;

- органът предоставя услугите си изключително на предприятието, от което той е част.

Акредитираният собствен орган не се нотифицира на държавите-членки или на Комисията, но предприятието, от което този орган е част, или националният орган по акредитацията предоставят информация за неговата акредитация на нотифициращия орган по искане на този орган.

Решение 768/2008/ЕС установява следните модули [2]:

Модул А - Вътрешен производствен контрол, е процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че съответните продукти отговарят на законодателните изисквания. Производителят: изготвя техническата документация, която позволява да се оцени съответствието на продукта с приложимите изисквания и включва съответния анализ и оценка на риска/рисковете; взема всички необходими мерки за това производственият процес и неговото наблюдение да осигурят съответствието на произвежданите продукти с техническата документация и със законодателните изисквания; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта.

Модул А1 - Вътрешен производствен контрол с надзор на изпитването на продукта, е процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че съответните продукти отговарят на законодателните изисквания. Производителят: изготвя техническата документация, която позволява да се оцени съответствието на продукта с приложимите изисквания и включва съответния анализ и оценка на риска/рисковете; взема всички необходими мерки за това производственият процес и неговото наблюдение да осигурят съответствието на произвежданите продукти с техническата документация и със законодателните изисквания; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта. Акредитираният собствен орган или нотифицираният орган: провежда за

всеки отделен произведен продукт едно или повече изпитвания върху един или повече специфични аспекти на продукта с цел да се удостовери съответствието със съответните законодателни изисквания.

Модул А2 - Вътрешен производствен контрол с надзор на проверката на продукта на случайни интервали, е процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че съответните продукти отговарят на законодателните изисквания. Производителят: изготвя техническата документация, която позволява да се оцени съответствието на продукта с приложимите изисквания и включва съответния анализ и оценка на риска/рисковете; взема всички необходими мерки за това производственият процес и неговото наблюдение да осигурят съответствието на произвежданите продукти с техническата документация и със законодателните изисквания; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта. Акредитираният собствен орган или нотифицираният орган: извършва проверки на случайни интервали, за да бъде проверено качеството на вътрешните проверки на продукта, като се вземат под внимание технологичната сложност на продуктите и количеството на продукцията.

Модул В - ЕО изследване на типа, е тази част от процедурата за оценяване на съответствието, при която нотифициран орган изследва техническия проект на продукта и проверява и удостоверява, че техническият проект отговаря на законодателните изисквания. Производителят предоставя на нотифицирания орган техническата документация, подкрепящи доказателства за пригодност на решението за техническия проект, образец(ци), представителен(ни) за предвидяното производство, съгласно изискванията. ЕО изследване на типа може да бъде извършено по един от следните начини:

- изследване на образец от крайния продукт, представителен за предвиденото производство (изследване на типа произведен продукт);

- оценка на пригодността на техническия проект на продукта чрез изследване на техническата документация и подкрепящи доказателства с изследване на образци, които са предста-

вители за очакваното производство от една или повече основни части на продукта (комбинация от изследване на типа произведен продукт и проекта на типа);

- оценка на пригодността на техническия проект на продукта чрез изследване на техническата документация и подкрепящите доказателства, без изследване на образец (изследване на проекта на типа).

Нотифицираният орган издава на производителя сертификата за ЕО изследване на типа, когато типът отговаря на приложимите законодателните изисквания.

Модул С - Съответствие с типа въз основа на вътрешен производствен контрол, е тази част от процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че продуктите са в съответствие с типа, както е описан в сертификата за ЕО изследване на типа, и отговарят на законодателните изисквания. Производителят: взема всички необходими мерки за това производственият процес и неговото наблюдение да осигурят съответствието на произвежданите продукти с одобрения тип и със законодателните изисквания; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта.

Модул С1 - Съответствие с типа въз основа на вътрешен производствен контрол с надзор на изпитването на продукта, е тази част от процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че продуктите са в съответствие с типа, както е описан в сертификата за ЕО изследване на типа, и отговарят на законодателните изисквания. Производителят: взема всички необходими мерки за това производственият процес и неговото наблюдение да осигурят съответствието на произвежданите продукти с одобрения тип и със законодателните изисквания; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта. Акредитираният собствен орган или нотифицираният орган: провежда за всеки отделен произведен продукт едно или повече изпитвания върху един или повече специфични аспекти на продукта с цел да се удостовери съответствието със съответните законодателни изисквания.

Модул С2 - Съответствие с типа въз основа на вътрешен производствен контрол с надзор на проверката на продукта на случайни интервали, е тази част от процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че продуктите са в съответствие с типа, както е описан в сертификата за ЕО изследване на типа, и отговарят на законодателните изисквания. Производителят: взема всички необходими мерки за това производственият процес и неговото наблюдение да осигурят съответствието на произвежданите продукти с одобрения тип и със законодателните изисквания; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта. Акредитираният собствен орган или нотифицираният орган: извършва проверки на случайни интервали, за да бъде проверено качеството на вътрешните проверки на продукта, като се вземат под внимание технологичната сложност на продуктите и количеството на продукцията.

Модул D - Съответствие с типа въз основа на осигуряване на качеството на производството, е тази част от процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че продуктите са в съответствие с типа, описан в сертификата за ЕО изследване на типа, и отговарят на законодателните изисквания. Производителят: разработва и въвежда одобрена система по качеството за производството, контрола и изпитването на крайния продукт; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта. Нотифицираният орган: оценява системата по качеството, за да определи дали тя осигурява съответствието на продуктите с типа, описан в сертификата за ЕО изследване на типа и със законодателните изисквания; извършва надзор на одобрената система по качеството.

Модул D1 - Осигуряване на качеството на производството, е процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че съответните продукти отговарят на законодателните изисквания. Производителят: изготвя техническата документация, която позволява да се оцени съответствието на продукта с приложимите изисквания и включва съответния анализ и оценка на риска/рисковете;

разработва и въвежда одобрена система по качеството за производството, контрола и изпитването на крайния продукт; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта. Нотифицираният орган: оценява системата по качеството, за да определи дали тя осигурява съответствието на продуктите със законодателните изисквания; извършва надзор на одобрената система по качеството.

Модул Е - Съответствие с типа въз основа на осигуряване на качеството на продукта, е тази част от процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че продуктите са в съответствие с типа, описан в сертификата за ЕО изследване на типа, и отговарят на законодателните изисквания. Производителят: разработва и въвежда одобрена система по качеството за контрола и изпитването на крайния продукт; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта. Нотифицираният орган: оценява системата по качеството, за да определи дали тя осигурява съответствието на продуктите с типа, описан в сертификата за ЕО изследване на типа и със законодателните изисквания; извършва надзор на одобрената система по качеството.

Модул Е1 - Осигуряване качеството на контрола и изпитването на крайния продукт, е процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че съответните продукти отговарят на законодателните изисквания. Производителят: изготвя техническата документация, която позволява да се оцени съответствието на продукта с приложимите изисквания и включва съответния анализ и оценка на риска/рисковете; разработва и въвежда одобрена система по качеството за контрола и изпитването на крайния продукт; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта. Нотифицираният орган: оценява системата по качеството, за да определи дали тя осигурява съответствието на продуктите със законодателните изисквания; извършва надзор на одобрената система по качеството.

Модул F - Съответствие с типа въз основа на проверка на продукта, е тази част от проце-

дурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че продуктите са в съответствие с типа, описан в сертификата за ЕО изследване на типа, и отговарят на законодателните изисквания. Производителят: взема всички необходими мерки за това производственият процес и неговото наблюдение да осигурят съответствието на произвежданите продукти с одобрения тип и със законодателните изисквания; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта. Нотифицираният орган: извършва подходящи изследвания и изпитвания, за да провери съответствието на продуктите с одобрения тип и със законодателните изисквания; издава сертификат за съответствие по отношение на извършените изследвания и изпитвания на продукта. Изследванията и изпитванията за проверка на съответствието на продуктите с изискванията се извършват, по избор на производителя, или чрез изследване и изпитване на всеки продукт, или чрез изследване и изпитване на продуктите на статистическа основа. При втория случай производителят предприема всички необходими мерки за това производственият процес и неговото наблюдение да осигурят еднородността на всяка произведена партида и представя продуктите си за проверка под формата на еднородни партии.

Модул F1 - Съответствие въз основа на проверка на продукта, е процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че съответните продукти отговарят на законодателните изисквания. Производителят: изготвя техническата документация, която позволява да се оцени съответствието на продукта с приложимите изисквания и включва съответния анализ и оценка на риска/рисковете; взема всички необходими мерки за това производственият процес и неговото наблюдение да осигурят съответствието на произвежданите продукти със законодателните изисквания; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта. Нотифицираният орган: извършва подходящи изследвания и изпитвания, за да провери съответствието на продуктите със законодателните изисквания; издава сертификат за съответствие по отношение на извършените

изследвания и изпитвания на продукта. Изследванията и изпитванията за проверка на съответствието на продуктите с изискванията се извършват, по избор на производителя, или чрез изследване и изпитване на всеки продукт, или чрез изследване и изпитване на продуктите на статистическа основа. При втория случай производителят предприема всички необходими мерки за това производственият процес и неговото наблюдение да осигурят еднородността на всяка произведена партида и представя продуктите си за проверка под формата на еднородни партиди.

Модул G - Съответствие въз основа на проверка на единичен продукт, е процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че съответните продукти отговарят на законодателните изисквания. Производителят: изготвя техническата документация, която позволява да се оцени съответствието на продукта с приложимите изисквания и включва съответния анализ и оценка на риска/рисковете, и я предоставя на нотифицирания орган; взема всички необходими мерки за това производственият процес и неговото наблюдение да осигурят съответствието на произвежданите продукти със законодателните изисквания; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта. Нотифицираният орган: извършва подходящи изследвания и изпитвания, за да провери съответствието на продукта със законодателните изисквания; издава сертификат за съответствие по отношение на извършените изследвания и изпитвания на продукта.

Модул H - Съответствие въз основа на пълно осигуряване на качеството, е процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че съответните продукти отговарят на законодателните изисквания. Производителят: разработва и въвежда одобрена система по качеството по отношение на проектирането, производството и контрола и изпитването на крайния продукт; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта. Нотифицираният орган: оценява системата по качеството, за да определи дали тя осигурява съответствието на продуктите със за-

конодателните изисквания; извършва надзор на одобрената система по качеството.

Модул H1 - Съответствие въз основа на пълно осигуряване на качеството с изследване на проекта, е процедурата за оценяване на съответствието, чрез която производителят осигурява и декларира, че съответните продукти отговарят на законодателните изисквания. Производителят: разработва и въвежда одобрена система по качеството по отношение на проектирането, производството и контрола и изпитването на крайния продукт; нанася изискваната маркировка за съответствие и съставя писмена декларация за съответствие на продукта. Нотифицираният орган оценява системата по качеството, за да определи дали тя осигурява съответствието на продуктите със законодателните изисквания; изследва проекта на продуктите и издава сертификат за ЕО изследване на проекта; извършва надзор на одобрената система по качеството.

Маркировката „CE“, указваща съответствието на продукта, е последица от цял един процес, включващ оценяване на съответствието в широк смисъл. Основните принципи, уреждащи маркировката „CE“, са установени в Регламент (ЕО) № 765/2008 на Европейския парламент и на Съвета за определяне на изискванията за акредитация и надзор на пазара във връзка с предлагането на пазара на продукти. Маркировката „CE“ следва да бъде единствената маркировка за съответствие със законодателството на Общността за хармонизация. Може да се използват други маркировки, ако те допринасят за подобряване на защитата на потребителите и не са обхванати от законодателството на Общността за хармонизация.

Когато законодателството на Общността за хармонизация изисква деклариране от производителя, че е доказано изпълнението на изискванията относно даден продукт („ЕО декларация за съответствие“), законодателството предвижда изготвяне на единствена декларация по отношение на всички актове на Общността, приложими към продукта, и съдържаща цялата информация, необходима за определяне на законодателството на Общността за хармонизация, към което се отнася декларацията, като се посочват данните за публикацията на съответните актове.

3.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решение 768/2008/ЕС представя под формата на референтни разпоредби, определения и общи задължения за икономическите оператори, както и набор от процедури за оценяване на съответствието, от които законодателят може да избира по целесъобразност. То също така установява основни принципи и референтни разпоредби, предназначени да се прилагат в секторното законодателство, с цел да се създаде последователна основа за преразглеждането или преработването на това законодателство. Следователно

настоящото решение представлява обща рамка с хоризонтален характер за бъдещото законодателство, хармонизиращо условията за предлагане на пазара на продукти, и референтен текст за действащото законодателство.

Литература

1. **Николова И.** Европейско техническо законодателство. София, Софттрейд, 2002, 102 с.
2. Решение 768/2008/ЕС на Европейския парламент и на Съвета относно обща рамка за предлагането на пазара на продукти и за отмяна на Решение 93/465/ЕИО.

ABOUT CONFORMITY ASSESSMENT MODULES

Irena NIKOLOVA

Bases and technical means for design department, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: inikolova@tu-sofia.bg

Abstract: Conformity assessment is subdivided into modules, which comprise a limited number of different procedures applicable to the widest range of products. The modules relate to the design phase of products, their production phase or both. These modules can be combined with each other in a variety of ways. As a general rule, a product is subject to conformity assessment during the design as well as the production phase. Each New Approach directive describes the range and contents of possible conformity assessment procedures, which are considered to give the necessary level of protection.

Keywords: modules, conformity assessment, Global Approach

КОНСТРУИРАНЕ НА КОРПУС НА УРЕД ЗА ИНИЦИИРАНЕ НА ВЪЛНОВОД ЗА НЕЕЛЕКТРИЧЕСКИ СИСТЕМИ ЗА ВЗРИВЯВАНЕ

Георги СТАНЧЕВ

катедра „Основи и технически средства за конструиране”, Технически университет - София, България

e-mail: gstanchev@tu-sofia.bg

Резюме: В настоящия доклад са разгледани основни положения при конструирането, изработването и тестовите изпитвания на корпус на уред за инициране на вълновод за неелектрически системи за взривяване. Представени са 3D модели на детайлите и цялата конструкция и резултати от проведените изпитвания.

Ключови думи: неелектрически системи за взривяване, вълновод, конструиране

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Неелектрическите системи за взривяване са най-безопасни и постепенно изместват електрическите и тези с детониращ и огнепроводен шнур. Това налага разработването на уреди за тяхното надеждно инициране. Такъв уред е разработен и описан в [1] и [2], но платката и механичната конструкция са монтирани в стандартна кутия, която не притежава необходимата механична якост за такова изделие и е с по-големи размери от необходимото. В настоящата статия са представени основни моменти от конструирането на корпус за уред за инициране на вълновод за неелектрически системи за взривяване, дадени са 3D модели на детайлите и на цялата конструкция и са направени снимки на уреда в сглобен и разглобен вид.

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

2.1 Изисквания към корпуса

Преди да започне същинското конструиране на корпуса е необходимо да се уточнят изискванията, на които той трябва да отговаря:

- материалът, от който ще се изработят детайлите трябва да има висока механична якост, твърдост и здравина, висока ударна якост дори и при отрицателни температури, ниска абсорбция на вода, отлична обработваемост, а също така и добри изолационни и диелектрични свойства (електрическата схема на уреда представлява генератор на високо напрежение до 1600V);

- корпусът трябва да се оптимизира по отношение на габаритни размери. Той трябва да е удобен за хващане и боравене с него;

- батерията, с която се захранва уреда трябва да е отделена от останалата част на уреда, за да може лесно да се подменя без да се разглобява целия уред и при евентуално протичане на електrolит от нея да не се увредят останалите компоненти;

- към самия уред трябва да има устройство за срязване на вълновод, тъй като края на вълновода обикновено е капсулован, за да не проникват влага и замърсявания и е необходимо да се отреже малка част от него непосредствено преди иницирането. Срязването на вълновода може да стане чрез джобно или макетно ножче, но това би затруднило оператора и представлява опасност от нараняване;

- към корпуса на уреда трябва здраво да се закрепят халка, чрез която той може с помощта на карабинер да се окачи на колана на оператора или чрез каишка да се закрепят към китката (подобно на щека за ски);

- сглобяването на детайлите един към друг да е здраво и надеждно, за да не се разглоби уреда при евентуално изпускане;

- да се избегне възможността от случайно задействане на уреда. Чрез натискането на един бутон се включва генератора за високо напрежение и след като светне светодиода едновременно с това се натиска втори бутон за инициране, който трябва да е поместен в специално легло-предпазител, за да не може да се натисне случайно;

- да се предвиди подходящо място (легло) за залепване на етикета на уреда, за да се избегне случайното му отлепване.

2.2 Проектиране на детайлите за корпуса на уред за инициране на вълновод

Като се имат предвид изискванията, на които трябва да отговаря корпуса е удачно той да се изработи от някакъв вид пластмаса, защото съвременните технологии позволяват това, а и едно от изискванията е корпусът да е от електроизолационен материал. Тъй като за сега ще се изработят само един-два уреда, за да се изпитат, икономически не е изгодно да се правят матрици и да се шприцоват детайлите, трябва да се избере материал, от който има подходящи заготовки, от които детайлите да се изработят чрез фрезование. Също така трябва да се съобрази и това, че при фрезването може да се използва инструмент с минимален диаметър 4 мм, което означава, че минималния вътрешен радиус трябва да е не по-малък от 2мм.

За да се избере подходящ материал за изработване на детайлите бяха сравнени параметрите на цялата гама продукти на Quadrant Engineering Plastic Products, който е световен лидер в производството на инженерни пластмасови заготовки, предлагащ широка гама от материали, типове марки и размери. След направеното проучване, за производство на детайлите се избра материала Ertacetal – C (POM - C), който отговаря на всички изисквания, описани в т. 2.1 и е подходящ за производството на зъбни колела с малки модули, зъбци, тежко натоварени лагери и ролки, лагери и зъбни колела с малки луфтове, сложни детайли, всички видове прецизни детайли, електроизолационни компоненти и детайли, които работят продължително време под вода [7]. Някои от по-важните характеристики на Ertacetal – C са:

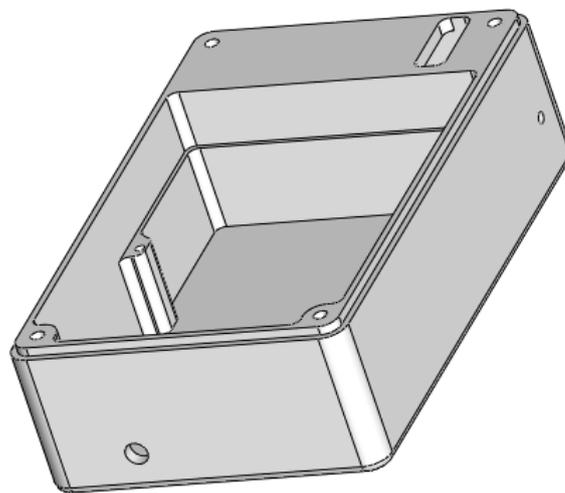
- плътност – 1,41 g/cm³;
- температура на топене – 165°C;
- термична проводимост при 23°C-0,31 W/(K.m);
- якост на опън при провлачване измерена по метод 527 ISO/(IEC) – 68MPa;
- удължение при скъсване измерено по метод 527 ISO/(IEC) – 35%;
- модул на еластичност измерен по метод 527 ISO/(IEC) – 3100MPa;

- електрическа якост измерена по метод 243 ISO/(IEC) – 20kV/mm;

- обемно съпротивление измерено по метод 93 ISO/(IEC) - $>10^{14}$ Ohm.cm;

- повърхностно съпротивление измерено по метод 93 ISO/(IEC) - $>10^{13}$ Ohm.

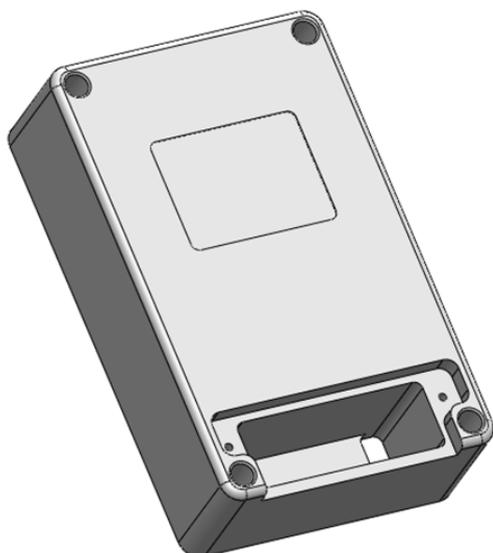
На фиг. 1 и фиг. 2 са дадени два изгледа на 3D модела на основния детайл от корпуса. В него е оформено легло за поставяне на батерията и затварянето и с отделно капаче като е осигурен отвор за проводниците, които свързват батерията и платката. Печатната платка, която е разработена специално за тази кутия стъпва върху борд със ширина 1мм и се закрепва чрез два винта към специално предназначения за това отвори в края на борда. Под печатната платка се оформя свободно пространство, в което точно се събират двата кондензатора, които се зареждат до напрежение до 1600V. В предната част остава достатъчно свободно пространство за бутон за зареждане на кондензаторите, светодиода и механичната конструкция на уреда, която осигурява закрепването на вълновода чрез цанга и подаването на искра вътре в него [2]. Отстрани в корпуса е предвиден глух отвор, в който се навива кука за окачване на уреда към колан или към китката на оператора.



фиг.1 3D модел на детайл „корпус“

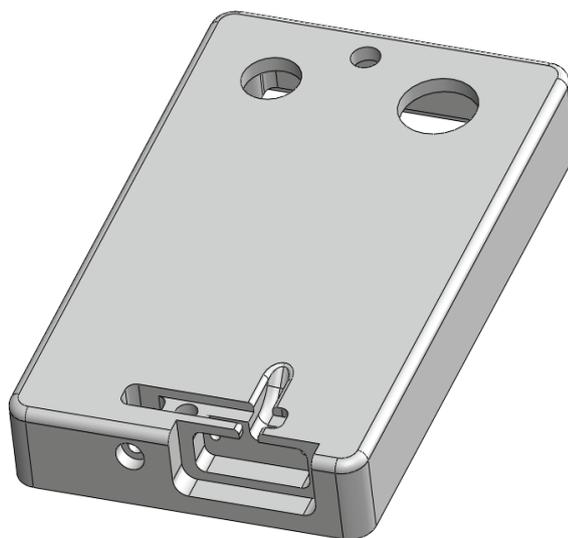
На фиг. 3 е даден 3D модел на детайла „капак-батерия“. В дъното на леглото за батерията се

поставя малко парче дунапрен, което служи да уплътни батерията към капака и при евентуално протичане на електролит да го попие.



фиг.2 3D модел на детайл „корпус“

осъществява чрез отделно капаче (виж фиг. 6) и два винта. Към капака чрез един винт се закрепва детайла „гилотина“ (виж фиг. 7), при натискането на който поставения вълновод се срязва от макетния нож. Между детайлите „капак“ и „гилотина“ се вгражда пружинка, която държи гилотината в отворено положение.



фиг.4 3D модел на детайл „капак“

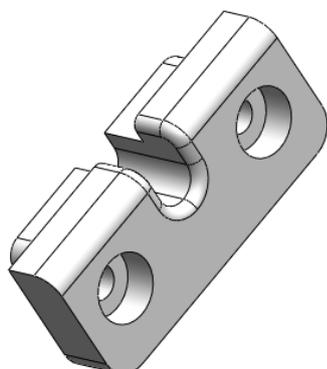


фиг.3 3D модел на детайл „капак-батерия“

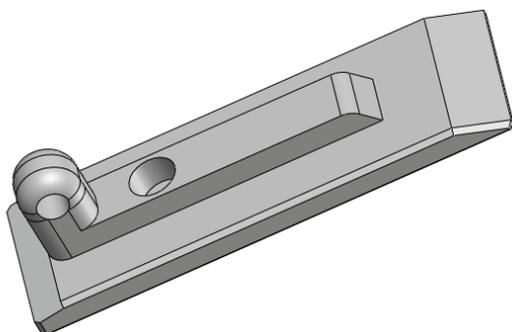
На фиг. 4 и фиг. 5 са дадени два изгледа на 3D модела на детайла „капак“. В предния край на капака са предвидени три отвора с подходящи диаметри за закрепването на двата бутона и светодиода. От долната страна на капака са предвидени четири глухи отвора за закрепването му към корпуса. Задния край е така проектиран, че да може да се вгради парче от три сектора от стандартно макетно ножче 9мм, като закрепването се



фиг.5 3D модел на детайл „капак“

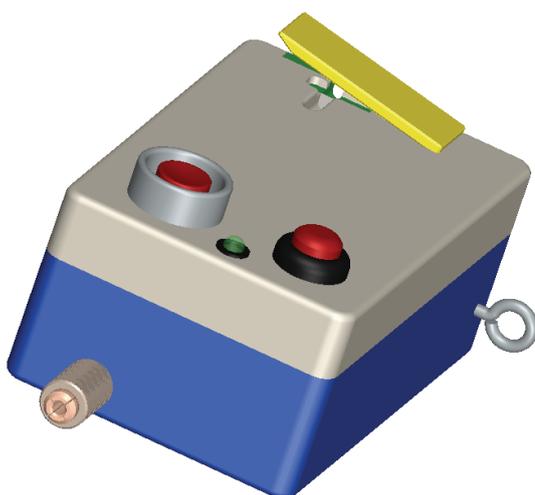


фиг.6 3D модел на детайл „капак - нож“

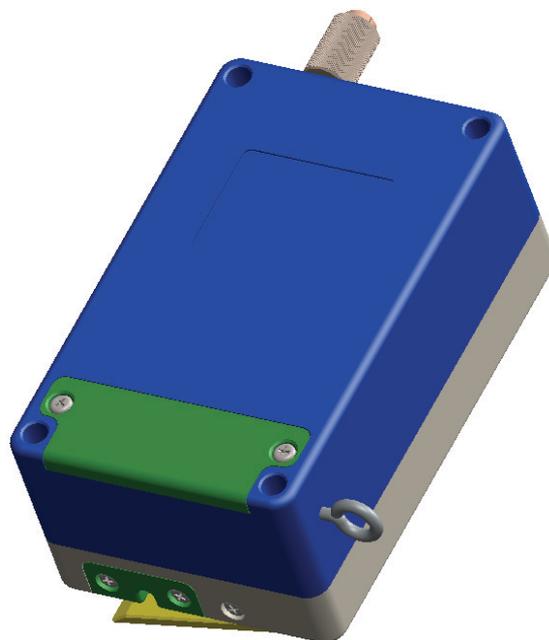


фиг.7 3D модел на детайл „гилотина“

На фиг. 8 и фиг. 9 е даден 3D модел на сглобения уред за инициране на вълновод.



фиг.8 3D модел на уред за инициране на вълновод



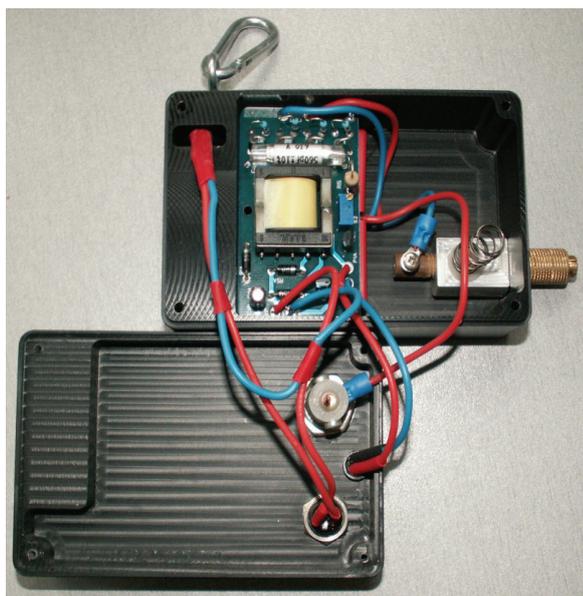
фиг.9 3D модел на уред за инициране на вълновод



фиг.10 Уред за инициране на вълновод

При конструирането на детайлите са използвани съвременни методи [3,4] и CAD системи SolidWorks [5] и AutoCad [6]. 3D моделите на детайлите са записани в *.x_t формат, от който се съставят програмите за машините с цифрово

програмно управление. Представените по-горе детайли са произведени и е сглобен уред, който е подложен на изпитване в Изпитвателен център „Минпроект“ с. Драгичево, за което е издаден протокол. При всички проведени изпитвания уредът осигурява надеждна и безопасна работа при инициране на вълноводи. На фиг.10 и фиг. 11 са представени снимки на уреда в сглобен и разглобен вид.



фиг.11 Уред за инициране на вълновод

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

MECHANICAL CONSTRUCTION OF A DEVICE FOR INITIATING THE TUBE FOR NON ELECTRIC DETONATORS

Georgi STANCHEV

Department of Fundamentals and Techniques of Design, Technical University-Sofia, Bulgaria

e-mail: gstanchev@tu-sofia.bg

Abstract: Basic principles in design, development and testing of a mechanical construction of a device for initiating the tube for non electric detonators are considered in this report. The 3D models of the parts and the whole construction as well as the results from testing are presented.

Keywords: non electric detonators, tube, mechanical construction.

В работата са формулирани изискванията, на които трябва да отговаря конструкцията.

Направено е проучване и е избран подходящ материал за изработване на детайлите.

Дадени са 3D модели на отделните детайли и на цялата конструкция, които са разработени на SolidWorks и е описан принципа на работа.

Представени са резултати от проведените изпитвания.

Благодарности

Проектирането, изработването и изпитванията са реализирани по договор за подпомагане на докторанти, финансиран от Научно-изследователски сектор при Технически университет – София.

Литература

1. Станчев Г., Вичева М., Уред за инициране на вълновод за неелектрически системи за взривяване, “Българско списание за инженерно проектиране”, брой 7, февруари 2011г.
2. Станчев Г., Вичева М., Механична конструкция на уред за инициране на вълновод за неелектрически системи за взривяване, “Българско списание за инженерно проектиране”, брой 7, февруари 2011г.
3. Ганева Н., Лепаров М., Станчев Г. Основи на инженерното проектиране, “Софттрейд”, София, 2009.
4. Лепаров М., Вичева М., Георгиев М. Основи на инженерното проектиране, “Софттрейд”, София, 2008.
5. SolidWorks 2009. User guide. SolidWorks, 2008
6. Autodesk Mechanical Desktop 2009. User guide. Autodesk, 2009.
7. www.oblicos.com. Посетен на 09.05.2011г.

АКТУАЛНИ CAD СИСТЕМИ ЗА МАШИНОСТРОИТЕЛНО ПРОЕКТИРАНЕ - КЛАСИФИКАЦИЯ, ВЪЗМОЖНОСТИ, ПРИЛОЖЕНИЕ

ЧАСТ I CAD СИСТЕМИ ОТ НИСЪК КЛАС И ПЕРСОНАЛНИ CAD СИСТЕМИ

Георги ТОНКОВ

катедра „Машинни елементи и неметални конструкции”, Технически университет - София, България
e-mail: gptonkov@tu-sofia.bg

Резюме: CAD системите от нисък клас и персоналните CAD системи намират основно приложение в двумерното проектиране. Използват се за изготвяне на скици, схеми и чертежи. Характерна особеност при работа с тях са опростените и еднотипни команди, които позволяват бързо графично оформяне на чертожните документи. Този клас системи не се нуждаят от висок хардуерен ресурс в сравнение със системните изисквания на CAD системите от среден и висок клас.

В изложената работа е направена класификация на най-характерните 2D CAD системи. Обхванати са техните възможности и предимства, дадени са множество илюстрирани примери. При персоналните CAD системи трябва да се отбележи фактът, че при тях съществува голямо многообразие. Поради тази причина и поради локализираното им използване, представлява трудност те да бъдат точно конкретизирани и класифицирани.

Ключови думи: машиностроителни CAD системи; CAD системи от нисък клас; персонални CAD системи; класификация на CAD системите

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Ниският клас CAD системи и персоналните графични системи са предназначени основно за изготвяне на конструкторска документация в 2D. Създадена в електронен вид тя лесно може да се копира, размножава и разпространява във вид, удобен за крайния ползвател. Освен чертежи, CAD продуктите от този клас с лекота позволяват да се скицират и редактират редица обекти със заложен в продуктите, лесни за използване геометрични примитиви, шаблони, снимки и картини. Потребителите на този вид CAD продукти са хора, занимаващи се с единично, дребносерийно, ремонтно производство или откъслечни странични дейности, свързани с презентирание или предварителна форма на скициране на проекти с равнинни изображения.

Обикновено системите от този вид не включват допълнителни приложения и отделни модули за разширяване на техните функции и възможности. Те значително по-рядко се използват за тримерно геометрично моделиране и нямат вградени средства за управление на инженерните данни (ERP, PDM, PLM), характерни за CAD системите от средния и най-вече за специализи-

раните системи от високия клас [1,2,3]. Заложени са в чертожната дейност на производствени предприятия от различен мащаб. Те често се използват в комбинация със системите от по-горните класове [1,2,3].

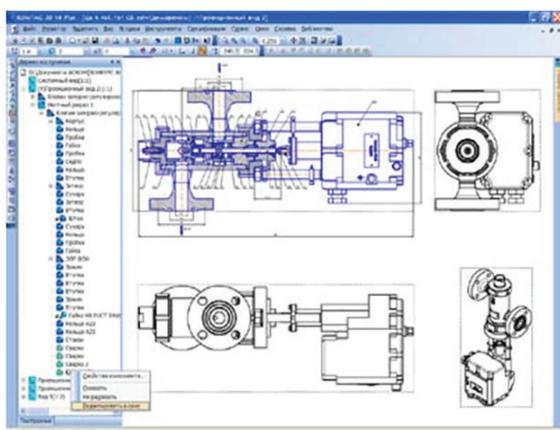
Персоналните CAD системи са най-леките от гледна точка на софтуерния ресурс и системните изисквания за тяхната работа. Те включват само базови средства за чертане и двумерно проектиране. Използват се предимно от архитекти, дизайнери, моделиери, издатели на техническа литература, индивидуални потребители, както и от инженери и конструктори от неголеми промишлени фирми.

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

2.1. КОМПАС - График V9

Този продукт е разработен в два варианта и съдържа версия за двумерно (2D) и тримерно (3D) проектиране. Системата позволява пълно функционално конструиране, чертане и създаване на инженерни документи. За българските потребители системата е локализирана във вариант изцяло на български език като е съобразена с националните технически стандарти. На фиг.1 е

показан сборен чертеж на машиностроително изделие, конструирано със системата КОМПАС.



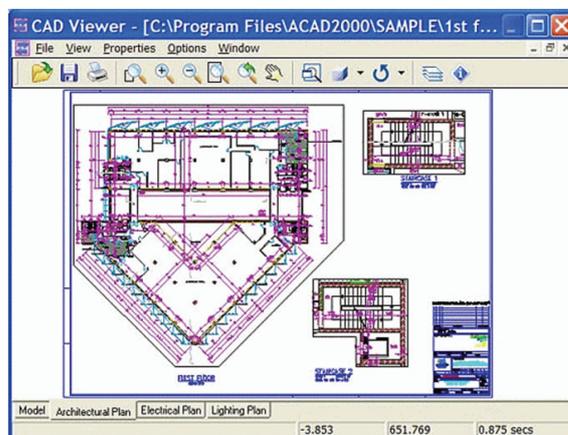
фиг.1 Машиностроително изделие, конструирано с 2D CAD системата КОМПАС

2.2 PROGESOFT и PROGE CAD Professional

Представява 2D CAD система като има ограничени възможности и за 3D моделиране. Притежава всички основни функции за разработване на пълна конструкторска документация. Работи с DWG файлове за версии до 2012. Универсалността на системата позволява съхраняване и отваряне на файлове с разширение DXF и DWF, което я прави отворена към други CAD системи като AutoCAD, Inventor, Solid Works, Solid Edge, NX и други. Предлага се ограничен вариант - PROGE CAD Lite, който е безплатен с предварително направена регистрация.

2.3 AutoCAD

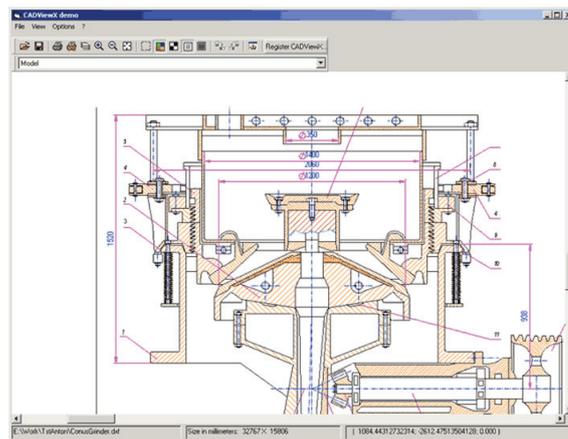
Това е най-разпространената и унифицирана CAD система, използвана при изготвянето на конструкторски документации. Утвърдена е като индустриален стандарт за ефективно 2D проектиране, детайлизиране и документиране. AutoCAD 2012 позволява на архитекти, инженери, проектанти и дизайнери да документират изделията бързо и лесно, при ниво на контрол гарантиращо професионалния им вид (фиг.2). AutoCAD 2012 работи изключително ефективно на 64-битов процесор, разработен както от Intel®, така и от AMD.



фиг.2 Архитектурен обект, проектиран с AutoCAD

2.4 AutoCAD LT

AutoCAD LT е 2D CAD система, налагаща световен стандарт в 2D чертането. В сравнение с обикновения AutoCAD, LT 2012 притежава допълнителни възможности, улесняващи проектирането, каквито са например динамичните блокове, структурираното управление на използваните слоеве, публикуване в PDF формат, разширени възможности за редактиране на текст, двупосочна свързаност с MS Excel, автоматично мащабиране на анотациите, множество „водачи“ и други. На фиг.3 са изобразени проекциите на проектиран в системата обект.



фиг.3 Конструирани в средата на AutoCAD LT

AutoCAD LT 2012 притежава пълна съвместимост с файловия формат DWG. Видът на „Лентовият интерфейс“ и менюто брауър могат

да бъдат променяни и разширявани според нуждите на потребителите.

2.5 AutoCAD Mechanical 2012

От всички версии на AutoCAD, този вариант е най-развиваният от фирмата Autodesk и перспективата е за в бъдеще да бъде поддържана само тази версия, приложима в машиностроенето.

AutoCAD Mechanical позволява интелигентно 2D проектиране и изготвяне за кратко време на стандартна машиностроителна документация. Софтуерният продукт съдържа библиотека с над 950 000 готови стандартни елемента. Поддържа утвърдените международни стандарти, включително и ГОСТ.

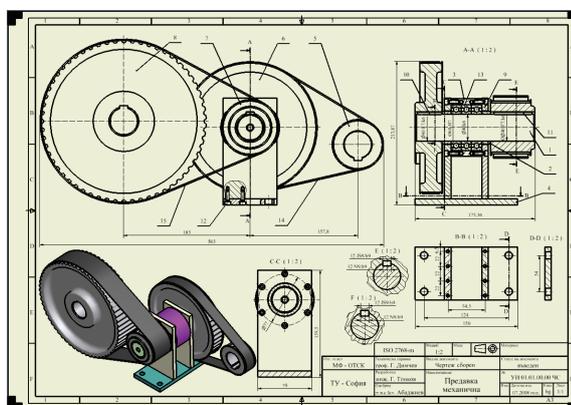
Оразмеряването в един чертеж отнема между 20% и 50% от общото време за извършване на проекта. В AutoCAD Mechanical тези проценти се свеждат под 15%. Това се дължи както на големия брой стандартни елементи, така и на специализираните команди за оразмеряване, подреждане и редактиране на размерите в групи. Размерните означения поставени с AutoCAD Mechanical автоматично се настройват един спрямо друг. Например: ако се изтрие един размер по средата на размерната верига другите след него се пренареждат така, че да не остане празно място между тях. Цял обект (например вал, плоча и др.) може да се оразмери автоматично, като размерите може да се ориентират в хоризонтална или вертикална посока. Стандартите, които се използват за означенията, са международните - ANSI, BSI, CSN, DIN, GB, ISO и др.

AutoCAD Mechanical 2012 позволява да се създаде и собствен стандарт, който да е съвкупност от няколко и да се използва във всички следващи проекти. Символи за отклонение от формата и взаимното разположение, грапавост, типове заварки и други довършителни дейности по оформянето на документацията се поставят бързо и лесно само с една команда, извиквана чрез натискането на един бутон.

AutoCAD Mechanical 2012 притежава обектно ориентирано 2D машинно проектиране. Това позволява в сборните чертежи всеки детайл да бъде представен бързо и точно с необходимите изгледи, разреза и сечения. Всяка промяна на чертежа на детайла се отразява автоматично в сборния чертеж, позициите и спецификациите.

Данните от спецификациите могат да бъдат обменени по много начини с ERP системи. За изобразяване и визуализиране на използваните линии е достатъчно да се определи реда на получаване на детайлите, след което AutoCAD Mechanical се справя автоматично с останалата част от задачата. При това скритите линии се обновяват автоматично при промяна на детайлите в проекта.

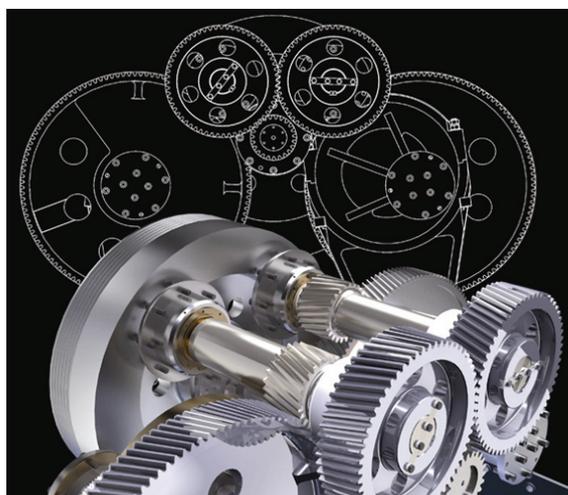
Предимство в AutoCAD Mechanical 2012 са подобрените генератори на машинни детайли и стандартизирани елементи. Тези инструменти дават голяма продуктивност като за кратко време, с лекота се постига цялостно завършване на конструирани изделия с преобладаващи, включени в тях стандартизирани изделия. Тези инструменти представляват изключително удобно средство за бързо и точно създаване на 2D валове, зъбни колела, гърбици, пружини, верижни и ремъчни предавки и много други (фиг.4). Оформянето на монтажните и работните чертежи е максимално улеснено. Проекциите се получават автоматично от основния изглед, като се указва само посоката и мястото на тяхното разположение.



фиг.4 Конструирани в средата на AutoCAD LT

Генерирането на стандартизираните елементи е сведено до въвеждането на данни, с които лесно се справя дори начинаещия потребител на специализирания софтуер. Така например при зъбните предавки е достатъчно да се въведат модул, брой зъби, ъгъл на зацепване, наклон на зъбите при зъбните предавки, след което 2D проекциите

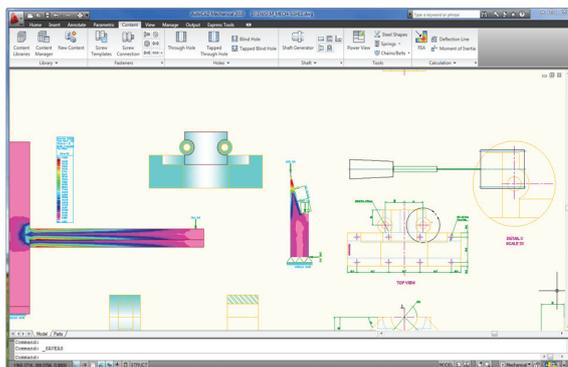
на зъбните колела се генерират автоматично (фиг. 5).



фиг.5 Генериране на зъбна предавка в AutoCAD LT

В AutoCAD Mechanical са вградени алгоритмични генератори за якостно пресмятане и измеряване на детайли, сглобени единици и механични предавки. Те позволяват:

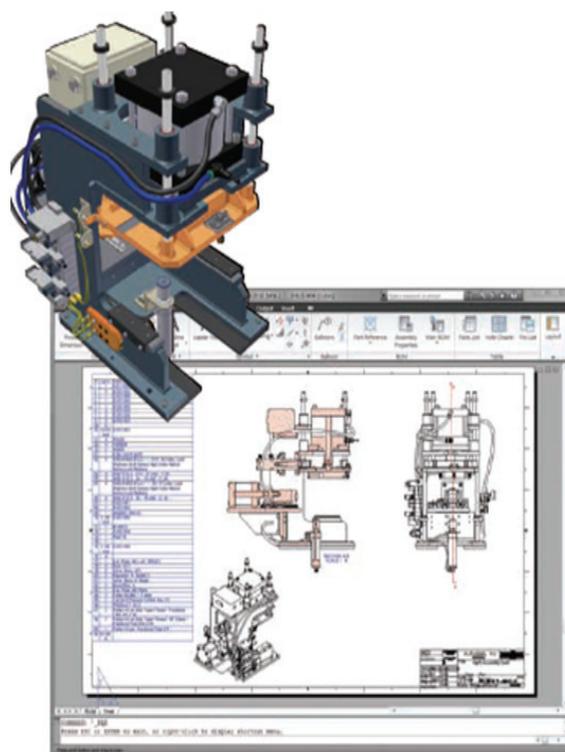
- при зададено натоварване и избран материал да се извърши якостна и деформационна проверка на оси, валове и греди с произволно напречно сечение (фиг.6);



фиг.6 Якостно-деформационен анализ при симултивно натоварване на греда в AutoCAD Mechanical

- пресмятане на стандартни (скрепителни, шпонкови, шлицови, пресови и други съединения) и проектиране на нестандартни съединения

към възли, механизми, машини и поточни линии (фиг.7);

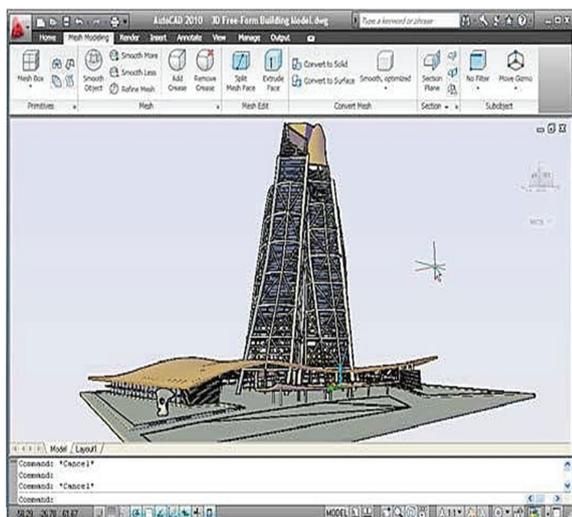


фиг.7 Конструиране на изделия, изградени от различен брой и различни по вид съединения

- създаване на профила на гърбици на база на графиките на движението на изпълнителното звено в кинематичните вериги;
- пресмятане и конструиране на лагери, пружини и други;
- оптимизиране на конструктивните варианти на проектираните изделия и т.н.

Системата поддържа напълно асоциативен двустранен обмен на данни с Autodesk Inventor. Това позволява да се ползват цели чертежи или отделни проекции, направени с AutoCAD Mechanical, за да се стартира създаването на тримерен (3D) модел в Inventor. Едновременно с това системата дава възможност за бързо и лесно документиране на изображенията на 3D модел от Inventor директно в AutoCAD Mechanical. Поддържаната интелигентната връзка извежда двустранна информация за промени в модела и об-

новява автоматично всички изгледи в чертежите (фиг.7 и фиг.8).



фиг.8 Интегриран модел от Inventor в AutoCAD Mechanical

В AutoCAD Mechanical са включени редица специфични улеснения при конструктивното документиране, обхващащи:

- над 30 опции за създаване на правоъгълник, дъги и окръжности;
- предефиниране на конфигурации и отвори в радиална или правоъгълна матрица;
- специални типове линии за прекъсване и срязване на контури и други.

2.6 Винтех РАЗКРОЙ 2010 Plus

Това е специализирана CAD/CAM система за работа с листов материал. Има добре развит потребителски интерфейс, многоезична поддръжка и вградени методи за максимално плътно разполагане, с постоянен контрол срещу припокриване. Системата притежава редица възможности, най-характерните сред които са:

- създаване на компонентен модел за фигурен разкрой с контури, блокове, траектории, маршрути, технологии за обработка;
- генериране на модели, чрез импорт на геометрия от DXF, от МК, от структуриран DXF и от ESSI NC формат;
- използване на параметрични макроси за често срещани форми и траектории;

- вградени методи за топологични и структурни проверки на обектите при импорт;
- създаване на сглобени единици с различна сложност и съдържание;
- автоматично, полуавтоматично или интерактивно разполагане на проекции в произволна последователност;
- разполагане върху един или няколко листа, върху част от лист, върху лист с правоъгълна или произволна форма обработваем остатък от предишно рязане;
- многорезна обработка в успоредни зони, както и разполагане „зона върху зона“;
- неограничено влагане на разположени обекти;
- гъвкаво управление на стратегии за разполагане на обекти;
- разширени възможности за управление на технологията за обработка;
- функционална база данни с описание на работната среда и технологиите за обработка;
- автоматично или интерактивно поставяне на входно-изходни точки и „хиксове“ в острите ъгли;
- работа с части от траектории;
- интерактивно или автоматично създаване на маршрут на бързите ходове с включена оптимизация с отчитане вложеността на траекториите;
- възможности за траектории с непрекъснато рязане, с общо рязане, с контрол върху следата на срязване по ос Z;
- усъвършенствана работа с използване на остатъци от листовия материал;
- маркиране с текстови и технологични означения на детайли и изходни документи;
- автоматично NC програмиране чрез външни NC постпроцесори за случаи с висока сложност;
- универсален постпроцесор за дефиниране на формат и структура на NC програмата от потребителя;
- оценки на стойността чрез (open source) модули;
- технологични документи – спецификации, маршрутни карти, схеми, графики и текстови упътвания, необходими при осъществяване на необходимия разкрой в HTML, DXF и PDF формати.

В съвременното софтуерно пространство съществуват десетки персонални графични системи, на които в настоящата статия не се отделя внимание, т.к. те са локални и с ограничени възможности и не се използват в машиностроителното производство.

3. СИСТЕМНИ ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ХАРДУЕРА ЗА РАБОТА СЪС CAD СИСТЕМИТЕ ОТ НИСЪК КЛАС

За да подържат сравнително добро ниво на работоспособност и бързодействие при работа с описаните CAD системи е необходимо използваната компютърна конфигурация да покрива минимални системни изисквания. Те не изискват голям ресурс в сравнение със събратята им от по-високите класове и могат добре да работят и на непретенциозни персонални компютри.

Тъй като разгледаните софтуерни продукти са от еднакъв по ниво клас, то техните изисквания към хардуера са сходни. Поради тази причина, по-долу е предложена обобщена хардуерна конфигурация, като се препоръчва преди да бъде закупен даден продукт, задължително да се проверят точните му системни изисквания, които най-често могат да бъдат видени online в страницата на неговия дистрибутор.

Системни изисквания към операционната система:

3a Microsoft Windows XP SP2:

- 1 GB RAM;
- 750 MB free disk space for installation;
- 1024x768 VGA with True Color;
- Microsoft® Internet Explorer® 6.0 internet browser (SP1 or higher).

3a Microsoft Windows 7 or 3D modeling:

- Intel® Pentium® 4 processor or AMD® Athlon;
- 3.0 GHz or greater or Intel or AMD Dual Core processor;
- 2.0 GHz or greater;
- 2 GB RAM or greater;
- 2 GB free hard disk available not including installation;
- 1280 x 1024 32-bit color video display adapter (True Color) 128 MB or greater;

- OpenGL® or Direct3D® capable workstation class graphics card.

4. ЦЕНИ

Ориентировъчните цени за последните версии към настоящия момент на системите от нисък клас варират между 1000 и 8000 евро за лиценз.

Персоналните CAD системи достигат до 1000 евро на работно място.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работата е направена актуална класификация на CAD системите, приложими в машиностроителното производство. Това е особено важно и необходимо за правилния избор на подходяща CAD система от младите специалисти и бъдещите потребители на този вид софтуер.

До момента подобна, структурирана по този начин класификация не е правена. Никъде в информационните източници не се среща така ясно обособени класовете и принадлежащите към тях представители на CAD системите за машиностроително проектиране.

Липсата на такава информация определено затруднява начинаещите потребители и бъдещи инженери да направят бърз, актуален и ефективен избор на продукта, който би им донесъл бързи дивиденди.

В доклада са разгледани шест основни CAD системи. Това са системите намиращи най-широко приложение при създаване на 2D изображения на сглобени единици и детайли. Възможностите им са доста по-ограничени в сравнение с тези от средния и висок клас. Те на практика представляват най-ниското стъпало за автоматизиране на конструктивните процеси по изготвяне на различни по вид изделия.

Съкращения, използвани в текста:

CAD - Computer Aided Design - компютърно подпомагане при проектирането;

CAM - Computer Aided Manufacturing - компютърно подпомагане при производството.

ERP - Enterprise Resource Planning - управление и планиране на ресурсите;

PDM - Product Data Management - управление на данните за продукта;

PLM - Product Lifecycle Management - управление на жизнения цикъл на продукта.

Литература

1. Динев Г., Тонков Г. „Геометрично моделиране и конструкторско документиране на заварени зъбни колела”. VI Международен конгрес „Машини, технологии, материали”. 18 - 20 февруари, 2009 год., София, (стр. 76 – 79) кн. 10 – 11, стр. 18 – 21.

2. Тонков Г. Автоматизирано документиране на конструкторския процес в CAD среда”. I Международна научна конференция „Е-управление”, Созопол 22 - 24 юни, 2009 год. Сборник трудове стр. 74 – 79.

3. Тонков Г., Пейкова М. За предимствата на CAD проектирането в учебния процес. I Международна научна конференция „Е-управление”, Созопол 22 - 24 юни, 2009 год. Сборник трудове стр. 66 – 73.

ACTUAL CAD SYSTEMS FOR MACHINERY CONSTRUCTIONS – CLASSIFICATION, POSSIBILITIES, APPLICATION

PART I

CAD SYSTEMS LOW CLASS AND PERSONAL CAD SYSTEMS

Georgi TONKOV

Department of Machine Elements, Technical University - , Sofia 1000, Bulgaria
e-mail: gptonkov@tu-sofia.bg

Abstract: CAD systems low class and personal CAD systems find application in the two-dimensional design. Used for the preparation of drawings, schemes and designs. Their characteristic work with them is simple and identical commands which allow fast graphical style design documents. These kinds of systems do not need high hardware resource in comparing with CAD systems of medium and high class.

In the paper is given a classification of the most characteristic 2D CAD systems. There are shown their possibilities and advantages, illustrated by several examples. These CAD systems are numerous. From this fact follows no possibility to be accurately specified and classified.

Keywords: machinery CAD systems; CAD systems low class; personal CAD systems; classification of CAD systems

АКТУАЛНИ CAD СИСТЕМИ ЗА МАШИНОСТРОИТЕЛНО ПРОЕКТИРАНЕ - КЛАСИФИКАЦИЯ, ВЪЗМОЖНОСТИ, ПРИЛОЖЕНИЕ

ЧАСТ II

CAD СИСТЕМИ ОТ СРЕДЕН КЛАС, ПРИЛОЖИМИ В МАШИНОСТРОЕНЕТО

Георги ТОНКОВ

катедра „Машинни елементи и неметални конструкции”, Технически университет - София, България
e-mail: gptonkov@tu-sofia.bg

Резюме: В настоящата работа е представена подробна класификация на най-популярните CAD системи от среден клас, използвани в областта на машиностроенето. В конспективен вид са изяснени техните възможности, изтъкнати са особеностите, които те притежават, включени са системните изисквания към хардуера за оптимална работа. Представен е богат илюстриран материал, характеризиращ функционалността и интелигентността на този вид системи.

Ключови думи: Ключови думи: CAD системи от среден клас; класификация на CAD системите; приложение на CAD системите от среден клас в областта на машиностроенето

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Независимо, че в настоящия доклад CAD системите са разгледани като приложение само за машиностроителното производство, трябва да се отбележи фактът, че те намират широко приложение във всички области на индустрията - строителство, транспорт, геодезия, дизайн, икономиката и т. н. Тяхното динамичното развитие далеч надхвърля конкретната област на приложение, за което те са създадени. В средния клас, специализираният CAD софтуер се развива с най-интензивни темпове. Там промените към усъвършенстване са най-големи. За да са конкурентноспособни и икономически устойчиви на пазара, в CAD системите все по-силно е застъпено цифровото прототипиране. В тази връзка като задължително изискване за разширяване на техните възможности е участието им в цялостен софтуерен пакет със системите характерни за високия клас - CAM; CAE; PDM и ERP.

CAD системите от среден клас са надеждни и многофункционални програмни продукти, които притежават голяма част от инструментите и възможностите на системите от висок клас. Отличават се от тях с по-голямата асоциативност, отстъпват им по възможностите за проектиране на сложни повърхнини, точно анализиране на сложни напрегнати състояния и други. Съвре-

менните CAD системи съдържат вградени подсистеми за инженерен анализ (CAE), подготовка на производството (CAM) и специализирани приложения. CAD системите от среден клас поддържат сглобки, включващи от стотици до няколко хиляди детайли и имат вградена подсистема за управление на инженерните данни (PDM) [2, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

2.1 КОМПАС - 3D V9

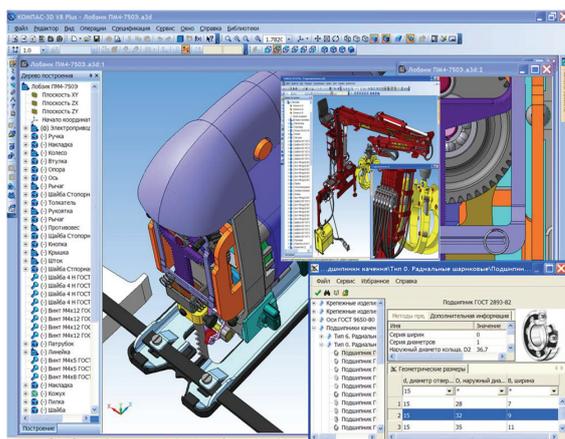
Представява 3D параметрична CAD система за твърдотоделно моделиране и асемблиране (фиг. 1), с развита функционалност за работа с листови детайли, локализирана на български език и съобразена с националните технически стандарти.

КОМПАС - 3D притежава разширени възможности за проектиране, изготвяне и документиране на:

- **Текстови документи.** Текстовият редактор КОМПАС-ГРАФИК дава възможност за възпроизвеждане на различни текстови документи - обяснителни записки, спецификации, технологични инструкции и други. Текста на документа е отделен вид на документа „Компас”.

- **Спецификации.** КОМПАС-ГРАФИК позволява да се създават и оформят технически спецификации, отчети, систематизирани таблици

и други. Функциите на модула за разработване на спецификации са заимствани по логика от класическите „хартиени“ спецификации. При попълване на документ на екрана, потребителят вижда стандарта на спецификацията, при което могат да се въвеждат данни в нейните графи.



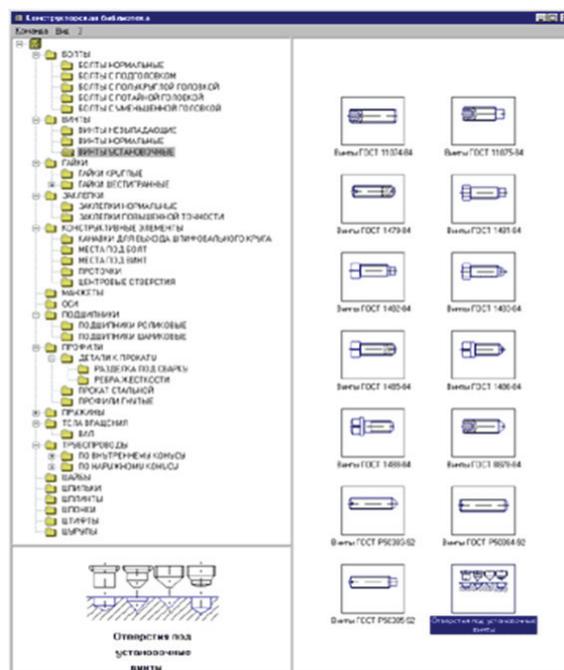
фиг.1 Интерфейс при проектиране с КОМПАС - 3D

В конструкторската практика, спецификацията изготвена за дадено изделие, винаги съответства на сборния чертеж на проектираното изделие, като връзката между тях е двупосочна и асоциативна - в спецификацията може бързо да види приложените към нея чертежи, както и обратното, при работа с даден чертеж може да се направи връзка с изготвената спецификация.

- **Размяна на информация с други системи.** Компас 6 съдържа различни конвертори за обмен на данни с други графични системи. С тях се извършва запис и транслиране на файлове с разширения: DXF, DWG и IGES и STL, както и четене на файлов формат PDF.

- **Справочник на конструкционни материали и машиностроителна библиотека.** Библиотеката включва над 200 параметрични изображения, различни типове машиностроителни елементи - болтове, винтове, гайки и други крепежни елементи, лагерни възли, профили, тръбопроводни съединения, маншети и т.н. (фиг.2). Справочника на конструкционни материали предоставя на проектантите и технолозите следната информация:

1) Документация за доставка на черни и цветни метали, сплави, неметални материали (над 560 различни вида).



фиг.2 Библиотека със стандартни елементи

2) Физико-механични и технологични свойства на конструкционните материали, тяхната цел и области на приложение.

3) Повече от 140 различни класове нестандартни изделия, направени от тези материали.

4) Съдържа библиотека със 120 марки на смазочни материали (течни, твърди и пластмаси), с данни за смазочните им свойства и техните приложения.

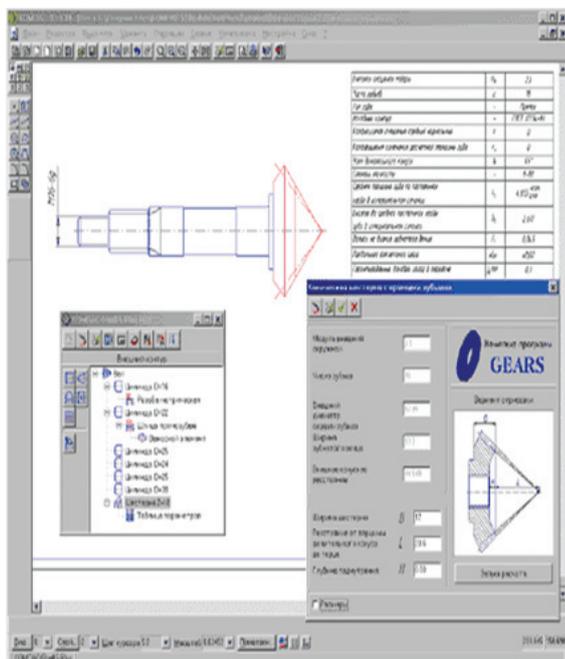
5) 170 марки на бои (емайли, лакове, бои, грундове, пълнители), включително характеристики, експлоатационни условия на покрития, формиране на стандартни обозначения и други.

6) Повече от 80 вида метални и неметални покрития за конструкционни материали, включително спецификации и цветови покрития.

7) Повече от 1500 компании - потенциални доставчици на конструкционни материали.

- **Система за проектиране на ротационни елементи „Компас SHAFT Плюс“.** Системата е предназначена за параметрично проектиране на

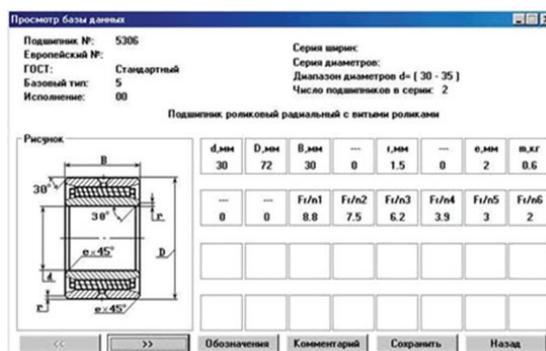
машинни елементи - валове, втулки, цилиндрични и конусни зъбни колела, червячни колела, червяци, шайби, ремъчни предавки и други. В процеса на генериране се осигурява автоматично оформяне и означаване в чертежите на шлицы, резби и шпонкови канали на валове. Параметричните модели на валове са достъпни за редактиране с помощта на генератора „Компас SHAFT Плюс“. При редактирането може да се променя реда на стъпките на проектирания вал (само чрез плъзгане маркера на мишката), да се променят настройките на даден етап, или да се отстрани дадена стъпка. Системата съдържа модул за изчисления на трансмисии „Компас КОЛЕЛА 6“ (геометрични и силови изчисления на цилиндрични и конусни зъбни колела, вериги, червяци, ремъчни предавки) (фиг.3).



фиг.3 Генериране на ротационни машинни елементи

- **КОМПАС-SPRING.** Този модул обезпечава проектното или проверочното изчисляване на цилиндрични винтови пружини. В основата на програмата са използвани методики по ГОСТ 13764-86 и ГОСТ 13765-86.

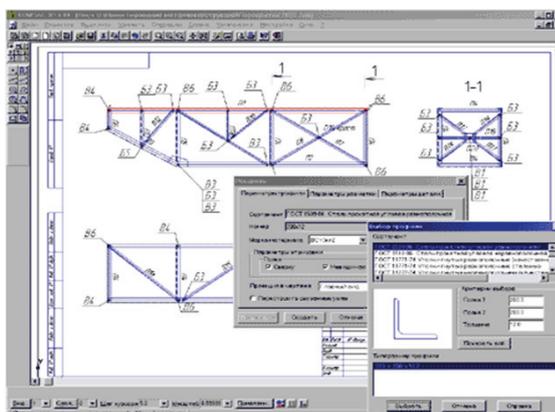
- **Електронен справочник за търкалящи лагери** – представлява наричник, предназначен за инженери и техници от всички отрасли (фиг.4).



фиг.4 Модул за търкалящи лагери

Този модул съдържа характеристики на дизайна на държавните стандарти за търкалящи лагери, както и подробности на монографии, справочници и обща търговска марка (центра). След консултации с клиенти, нова информация може да бъде въведена в базата данни.

- **Система с вградена библиотека за проектиране на прътови конструкции.** Библиотеката е предназначена за автоматизиране на процеса на проектиране на стоманени конструкции от стандартните валцувани секции (фиг.5). Библиотеката може да бъде използвана и за проектиране на стоманени конструкции във всички области (промишлено строителство, проектиране на мостове и т.н.



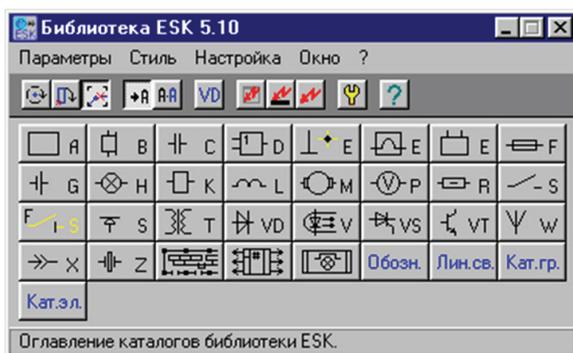
фиг.5 Стоманени рамкови конструкции

- **Библиотека с кинематични схеми.** Използва се при построяване на кинематични схеми и чертежи. Библиотеката съдържа 2D изображения на кинематични схеми, връзки, винтове, маховици, малтийски и храпови механизми, меха-

нични предавки, лагери, пружини, шайби и други елементи.

- Вградена библиотека с хидравлични и пневматични елементи. Библиотеката включва голямо разнообразие от стандартни елементи на вентили, хидравлични дросели, резервоари, помпи, климатици, обратни клапани, пневмо- и хидро-подготвителни и разпределителни групи, измервателни уреди, цилиндри и стандартизирани елементи.

- Библиотека за електронни и електрически елементи. Библиотеката със електрически елементи (ESK6) се използва ефективно от инженери и електротехници за разработване на електрически и функционални схеми, схеми на съединения, схеми и планове за съоръжения и устройства с проводникови мрежи и т.н. (фиг.6).



фиг. 6 Библиотека с електронни и електрически компоненти

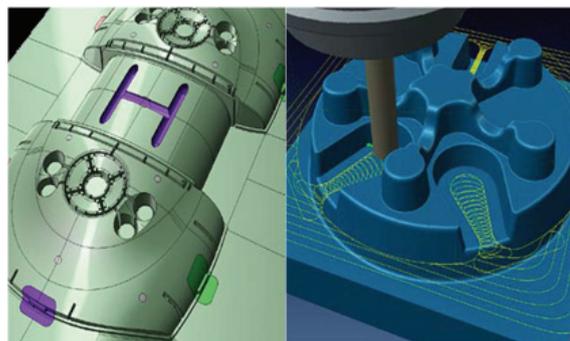
2.2 VERO

VERO представлява CAD/CAM система от среден клас, която дава възможност за опериране със следните модули [18].

- **Visi Modeling** - Visi Modeling е в основата на всички Visi продукти и дава възможност за силна и мощна система за моделиране, основана на индустриалния стандарт Parasolid kernel. Комбинирана с технологията за повърхнини на Vero, моделния анализ както и 2D проектиране, Visi Modeling предлага достатъчна гъвкавост за конструиране, редактиране или поправка на най-сложните 3D геометрични данни, снети от модела (фиг.7).

- **Visi Analysis** - Analysis разполага със набор от средства за подготовка на геометрията на

модела. Когато се работи с „вмъкнати“ данни, качеството на модела е от жизнено важно значение. Намирането на потенциални проблеми в ранната фаза на проекта опростява задачата на дизайнерите и спестява значително време в процеса по проектиране.



фиг. 7 CAD/CAM проектиране и изработка с VERO

- **Visi Mould** - Visi Mould осигурява средства за проектиране на сложни геометрични форми, основани на индустриалната автоматизация. Контролът на динамичните действия осигурява на проектанта предварителен поглед в „реално време“ върху промените на даден компонент.

- **Visi Flow** – модул за създаване на отливки. Спомага за оптимизиране параметрите по процеса на отливане.

- **Visi machining 2D** - Visi machining 2D осигурява практически, интуитивни и прости решения за CNC програмиране включително на 4 и 5 координатно осни машини (фиг.9). Знанието основано на разпознаването на особеностите автоматично ще избере позната геометрия и ще създаде надеждни фрезови и пробивни цикли.

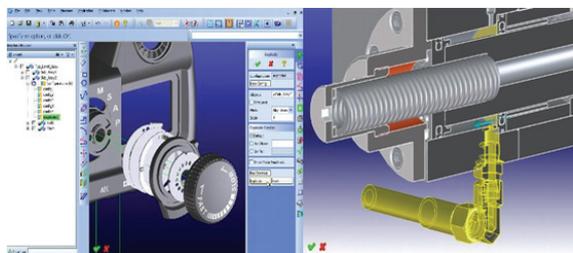
- **Visi machining 3D** - Visi machining 3D създава интелигентни пътища за инструмента и върху най-сложните 3D части. Посветен на високоскоростните техники за фрезване и направата на преливащи се алгоритми създават високо ефективен NC код (фиг.10). Интелигентните пътища на инструмента ще съкратят времевите цикли на вашата машина, ще увеличат производителността и продължително ще произвеждате високо качествени компоненти.

- **Visi machining 5 axis** - 5 координатните машини обикновено са се свързвали като технология най-добре приложима за космическата и

автомобилната индустрия. 5 координатните машини предлагат много предимства, които в момента се прилагат към отливките и прес формите. Visi machining предоставя на оператора решения за високо ефективни пътища на инструмента с напреднал контрол срещу сблъсък за най-сложните 3D данни.

2.3 CO Create - OneSpace Modeling

Това е обектно - ориентирана 3D твърдотелна система за моделиране, базираща се на технологията за динамично моделиране [15]. Динамичното моделиране се отличава със най-новата концепция на параметричното проектиране (фиг. 8). Това позволява на инженерите да разработват прецизни 3D твърдотелни модели със съответната пълна геометрична и проектантска информация. Високата точност на анализа на модела и геометрията на свободните повърхнини осигурява възможността за ефективно производство на проектираните изделия и гарантира целостта на съответната информация. OS Modeling е съвместим и се поддържа както от интегрирани в него модули за анализи по метода на крайните елементи, така и от външни програми за анализи като ANSYS и други.

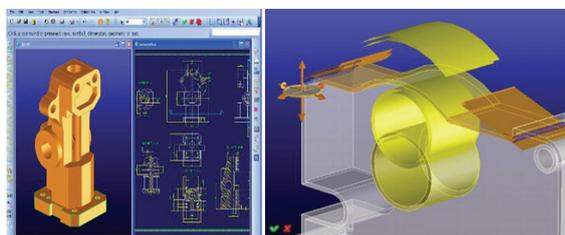


фиг.8 Динамично моделиране в CAD среда на VERO

- **OneSpace Drafting** - известна в предишните си версии като ME10 е една професионална 2D система за проектиране и чертане, осигуряваща оптимизирането на всяка стъпка от процеса на проектиране. Предлага перфектни инструменти за създаване на начален проект, бърза модификация и параметрично проектиране. Включва модул за автоматично оразмеряване, както и възможност за директно въвеждане на растерни изображения (фиг.9).

Този модул в специализираната CAD система е специално предназначена за нуждите на меха-

ничните и електро-механичните инженери и проектанти.



фиг. 9 Проектиране на сложни обекти и документиране в средата на VERO

Тази система е базирана на опита на проектантите от водещи световни фирми, които са разработили хиляди нови и съвременни продукти. OneSpace Drafting в интеграция със OneSpace Modeling и OneSpace Model Manager (PDM) предоставя мощно средство за ускоряване на цикъла за разработка на нови изделия.

- **OneSpace Sheet Metal** - Една специализирана система за проектиране и производство на изделия от листов материал и инструментите за тяхната изработка (фиг.14). Системата включва също и необходимата технологична база данни както и възможности за оценка на разходите. SheetAdvisor е изградена на базата на философията Проектиране за Производство (Design for Manufacturing), като в процеса на проектирането дава интелигентни съвети на проектанта за възможни проблеми и други, като по този начин помага на разработчика да създаде едно коректно изделие за последващо производство.

- **OneSpace Mold Base** е модул за симулиране на потокът на флуида в процеса на отливане на пластмасови изделия, което дава една сигурност на машинния инженер относно пригодността за производство на проектираното изделие. Този модул предоставя натрупаните познания в поведението на пластмасите при запълването на шприц-форми и други етапи от процеса на изработване на пластмасови продукти. По този начин е възможно инженерите да направят една надеждна оценка за поведението на техните пластмасови форми в процеса на леенето. Не е необходимо потребителят да има познания в областта на специалните пластмаси и методите за инжекционно леене. Mold Flow дава ясни и точни отговори на въпроси, свързани с проектирането

като необходимост от разполагане и брой отвори по определен контур, достатъчност на дебелината на стените, необходимост от оребряване и други. Също така дава точна информация за местата на свързване и тези на въздушни джобове, а също така и модела на запълване, разпределението на налягането и температурата в кухините на изделието.

- **OneSpace Model Manager** осигурява на ниво предприятие управлението на информацията свързана с процеса на машинното и електро проектиране, анализите, симулацията, изготвянето на техническа документация, доставки и наличности, счетоводни и други данни свързани с изделието което се проектира, с цел един прецизен контрол на всеки етап от проектирането. WorkManager има директен интерфейс с различни CAD/CAM системи, такива като ME10, SolidDesigner, CATIA, Unigraphics, ProEngineer, AutoCAD и Mentor, а също така и към системи за планиране и управление на производството като SAP, BAAN, QAD/USA и др. OS Model Manager поддържа бази данни като Oracle, Informix, Sybase и HP Allbase.

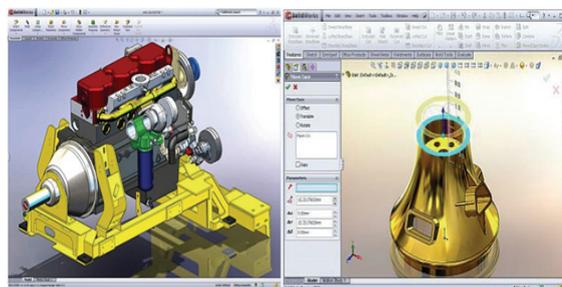
2.4 SolidWorks

До 2007 година SolidWorks беше най-разпространеният продукт в света за машинно конструиране, след което отстъпи лидерската си позиция на Autodesk Inventor, но въпреки всичко се остава един от най-разпространените и използвани CAD системи за машиностроително проектиране.

SolidWorks е едно от решенията за машиностроителния бранш, снабдяващо инженерите с пълен комплект средства за 3D проектиране, изследване, управление на данните и комуникация. Като продукт от среден клас той се базира на технологията на хибридно параметричното моделиране и широк спектър от специализирани модули [1, 16]. На фиг.10 са показани изделия, проектирани в CAD средата на SolidWorks.

SolidWorks съчетава дизайн, стил и интелигентност. Притежава добра асоциативност, с която се постигат бързи резултати при конструирането.

От основаването си през деветдесетте години до 2003 година SolidWorks беше лидер сред CAD системите от среден клас.



фиг. 10 Конструиране на изделия в CAD средата на SolidWorks

След закупуването му от Dassault Systèmes той попадна под една шапка с по-големия му събрат и безспорен лидер от високия клас продукти – CATIA. Това до някъде се оказа фатално за този продукт, т.к. тази стъпка се оказа повече с рекламна цел. Системата беше разпокъсана от създаването на много единични модули невлизачи в основния пакет. Това се дължи от откъслечно захранване с информационни ресурси от CATIA. В следствие на тези факти SolidWorks постепенно беше изместен от лидерската позиция най-напред от Autodesk Inventor, а в последствие и от Solid Edge.

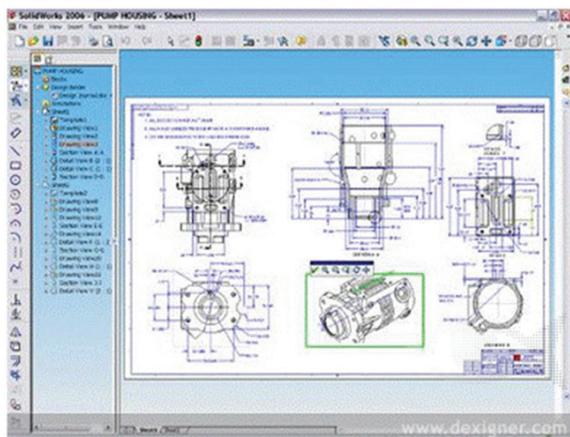
Към настоящия момент в SolidWorks е използван подход, в който SWIFT FeatureXpert автоматично създава нови елементи в този ред, който е необходим за коректно построяване на модели.

- **Модулът SolidWorks Design Checker** включва функции, позволяващи осигуряването на съответствие при стандартните чертежи, приети в организацията на всеки ползвател. Друга функция е автоматичното коригиране и способността за „обучение“ на базата завършени чертежи. Тази функция позволява с по-малко средства да се избегне трудоемкото редактиране

на чертежи. Функцията ScanTo3D, позволяваща на ползвателя автоматично получаване на данни за проектирането, използвайки за това реални физически модели (макети от пластелин, детайли за прототипа и т.н.) (фиг.17).

- **Чертежи** - Една от бавните и досадни операции при създаването на чертежи е оразмеряването и добавянето на описателна информация - в това се включват размерите с всички допуски и означения, текстови бележки, таблици и

други. SolidWorks 2012 променя и улеснява тези дейности, свързани с оформянето на чертежите (фиг.11).

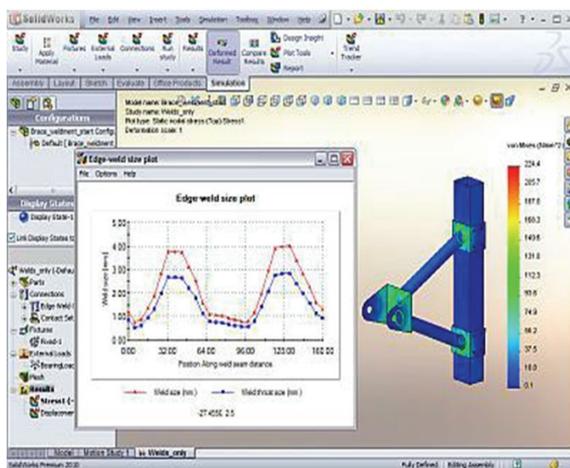


фиг.11 Документиране на изделия в 2D в средата на SolidWorks

Функцията Rapid Dimension дава възможност бързо да позиционирате даден размер спрямо останалите чрез настройките на стандарта. Dimension Palette спестява време и движения на мишката с удобния начин за настройка на размера, допуските му и допълнителните пояснения към него. Работата със спецификациите е по-лесна от когато и да било - всички действия са в стила на Microsoft Excel - навигация, сорту и paste, параметри на клетките и т.н. Прехвърлянето на таблиците между листи в чертежа става само с придърпване в новия лист.

- **Симулации** - Симулациите на движенията на проектираните механизми са базирани не само на времето, а и на други настъпващи събития. Такива могат да бъдат завършване на предходно действие, активиране на сензор за положение и др. Това дава голяма гъвкавост в симулациите, особено на ранни етапи от проектирането, когато времената на работа са неизвестни. Новите възможности за симулации на заваръчните шевове позволяват да проверите доколко правилно те са оразмерени и да изследвате ефектите от промяна на електрода или размера на шева. Удобна графика показва достатъчно здрава ли е заварката, препоръчителния ѝ размер и напреженията по дължината на шева (фиг.18).

- **Якостни натоварвания** (фиг.12). Този вид натоварвания позволяват якостно и деформационно оразмеряване на елементи и конструкции с различни форми, материали и брой детайли. Този вид натоварвания са заложили вече във всички CAD система, включително и в тези от нисък клас. SolidWorks не прави изключение от това правило, но все още анализът с крайни елементи в продуктите от среден клас отстъпва на този от високите.

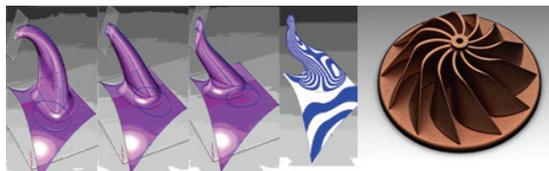


фиг. 12 Якостен анализ в SolidWorks

2.5 Solid Edge

Solid Edge представлява съвременна 3D CAD система, отличаваща се с добър дизайн за цялостно проектиране (CAD) и производство (CAM) на детайли, възли, машини, механизми, инструменти и приспособления, високо-технологични, електро-механични и оптични системи, индустриално оборудване, стоки за бита, опаковки, мебели и други [17].

Моделните функции на Solid Edge ST2 са реализирани върху Parasolid на Siemens PLM. Моделирането на комплексни повърхнини е едно от най-добрите в средния клас (фиг. 13).



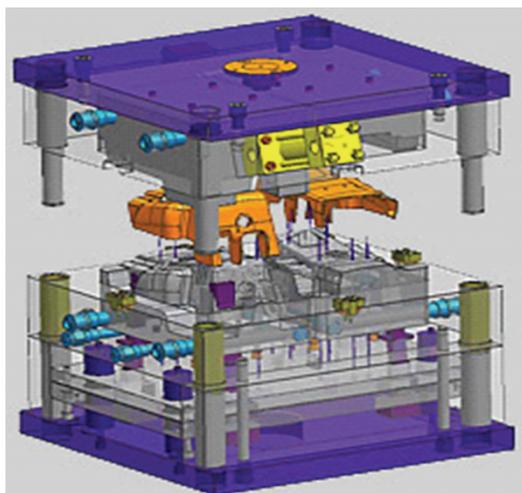
фиг. 13 Създаване на твърдотелни Повърхнини в Solid Edge

С патентованата Rapid Blue технология се комбинира гъвкавостта на свободното моделиране на форми с инженерните предимства на хронологично базирания подход. Динамичното редактиране в Solid Edge ST дава възможност да се наблюдава непосредствената промяната на формите при движението на курсора по екрана.

От версия 14 до сега Solid Edge предоставя инструменти за автоматизация при стилиен дизайн, конструиране и проектиране на инструментите за производителите на изделия от пластмаси и опаковки.

От версиите след 19 потребителите разполагат с интегрален работен поток без прекъсване от дизайна до програмирането на машините с ЦПУ.

- **Siemens Solid Edge MoldTooling** предлага стъпково конструиране на инструментални пакети за шприцоване на пластмасови изделия (фиг. 14).



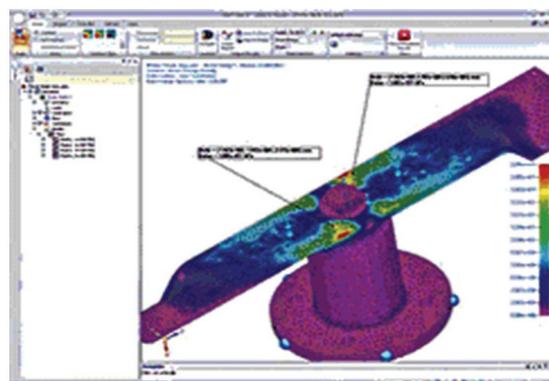
фиг. 14 Шприцформа, създадена в Solid Edge

Модулът предлага автоматизирано генериране на делителни линии, делителни повърхнини и анализ на леярските наклони на формообразуващи плочи за нуждите на конструкторите на формообразуващи инструменти и пакети за леене на изделия от пластмаси. MoldTooling включва интегриран работен поток за конструиране на електроди за ерозиране, включително изчертаване и спецификация на материалите и компонентите на инструменталната екипировка.

- **RCAM-Pro** - софтуер за фигурен разкрой и програмиране на машини с наклоняеми еднорезакови или трирезакови глави с NC управление по 4 до 7 оси. Винтех RCAM-Pro е функционално разширен вариант на Винтех RCAM, в който геометрията на детайлите за наклонено рязане се чете от стандартен 2D DXF формат на разгънатия метален лист на изделието в Solid Edge, а различните 3D наклони се дефинират в системата.

Solid Edge притежава инструменти за симулация и оптимизация на проектирания продукт. Функциите, заложи в тях са групирани като отделни работни потоци в модула за асемблиране (Assembly modeling) и предоставят следните инструменти:

- **Solid Edge Goal Seeker** – за оптимизация на кинематични схеми за постигане на целеви параметри и характеристики.
- **Solid Edge Kynematics** - кинематичен анализ и визуализация на движенията
- **Solid Edge FEA simulation** - симулация на структурните промени в материалите като следствие на външни въздействия върху модела (фиг. 15).



фиг. 15 Натоварване, контроли проверка на конструираните изделия в Solid Edge

- **Solid Edge Simulation** позволява прецизно симулиране на вътрешните взаимодействия между компонентите с дефиниране на:

- 1) линеен контакт между компонентите с итеративно решение;
- 2) слепващ контакт, заварка между компоненти;
- 3) ръчен избор на контактуващи лица;

4) автоматично разпознаване на контактни лица;

5) автоматично наследяване на материали и свойства от CAD модела.

• **Модулът Solid Edge Engineering Reference** е конструкторски инструмент, базиран на изчисления и формули, предназначен за инженери и конструктори на машини, използващи компоненти като валове, гърбици, зъбни колела и пружини. Engineering Reference включва справочни данни в средата на Solid Edge, за да помогне на инженерите да конструират изделията си както по функционалност, така и по форма.

2.6 Parasolid – Parasolid

Parasolid – Parasolid е водещ в света продукт за 3D моделиране, предоставящ основната функционалност на базираните върху него CAD системи. Реализиран върху технология за прецизно представяне на тела с граници (boundary-representation), Parasolid поддържа представяне на телата като Solid, чрез общо клетъчно представяне и като повърхности/листове в една обща работна рамка. CAD технологиите в компонентите на Siemens - Parasolid и D-Cubed осигуряват основните функции за геометрично моделиране на стотици приложения за дизайн, производство и инженерни анализи (CAD/CAM/CAE), включително за водещи световни компании и доказани продукти като: ANSYS; Autodesk (AutoCAD) Inventor; Bentley Microstation; Dassault Systèmes Simulia; Delcam; DP Technology; Missler Top Solid; MSC.Software; SolidWorks; Vero VISI Series и много други.

2.7 AUTODESK INVENTOR

Autodesk Inventor е лидер в CAD системите от среден клас за машиностроително проектиране. Това е най-динамично развиващият се, най-популярен и най-продаван софтуер за 3D машинно конструиране в света през последните девет години. Специализираният софтуерен пакет до версия 2011 включва:

- **Autodesk Inventor** за 3D проектиране и документация;
- **AutoCAD Mechanical** за 2D чертежи и детайли;
- **Autodesk Vault** за управление на данни.

Autodesk Inventor се предлага в четири варианта:

• **Autodesk Inventor Suite** – 3D CAD система за 3D машинно проектиране и дигитално прототипиране. Осигурява конструиране на детайли, сглобки, изделия от листов материал, заварени конструкции, зъбни, верижни и ремъчни предавки, генератор на машинни детайли, библиотеки със стандартни елементи, фотореалистична визуализация, автоматизирано генериране на чертежи и създаване на техническа документация директно в dwg формат.

• **Autodesk Inventor Simulation Suite** - включва пакета Autodesk Inventor Suite, плюс модули за динамична симулация и анализи.

• **Autodesk Inventor Routed Systems Suite** - обхваща Autodesk Inventor Suite плюс модули за проектиране на кабели и кабелни снопове, тръби, тръбопроводи и гъвкави шлангове, и съответните библиотеки.

• **Autodesk Inventor Professional** – представлява пълната версия на продукта, която поддържа цялата функционалност на Simulation Suite и Routed Systems Suite.

Софтуерът Autodesk Inventor предлага изчерпателен набор от конструкторски инструменти за създаване, проверяване и документиране на дигитални прототипи. Дигиталното прототипиране съкращава драстично времето за конструиране и дизайн на новите продукти. По данни на групата за технологични изследвания и анализи Aberdeen Group времето за реализиране на идеята в прототип за производство с помощта на решението дигитално прототипиране от Autodesk се съкращава средно с повече от 50%. Серията продукти Autodesk Inventor за промишлеността променя традиционния подход за работа с CAD системите, като помага на инженерите да се концентрират над функционалните изисквания на съответната конструкция и да ускорят създаването на сложна 3D геометрия. Това позволява инженерите да насочат вниманието си към въвеждане на иновации. Чрез бързото изграждане на дигитални прототипи става лесно откриване на евентуалните грешки преди въвеждане на продуктите в производството.

За разлика от популярния програмен продукт AutoCAD, в който акцентът е поставен върху 2D проектирането, при Autodesk Inventor се използва

по-различен подход. На базата на скица се изработва 3D модел, който се оформя допълнително до готов вид. Размерите са управляващи, а не само информативни, както в AutoCAD, което позволява много лесно редактиране – само чрез промяна на размера. Главните етапи, които обхваща проектирането с Autodesk Inventor, са:

- **Part design** – създаване на 3D модел на детайл, базиран върху скици и допълнително оформен до готов вид.

- **Assembly design** - създаване на 3D модел на сглобена единица, като съвкупност от 3D моделите на детайлите със съответните условия за сглобяване между тях.

- **Digital prototype** – създаване на дигитален прототип чрез задаване на необходимите параметри в 3D моделите на детайлите и сглобената единица – вид материал (на тази база програмата автоматично изчислява маса, център на тежестта, инерционен момент, якостни качества), цвят, опроводяване, степени на свобода и др.

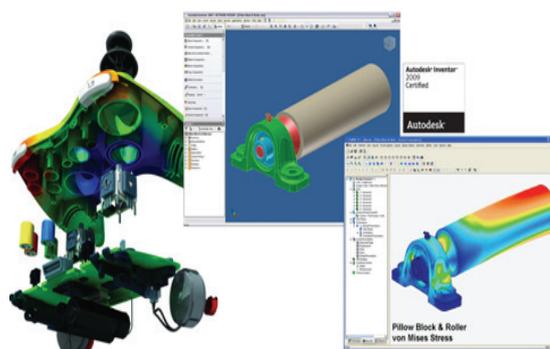
- **Simulation and analyses** – задаване на задвижване/натоварване – посока и сила, както и симулиране на движение на механизма, проверка за колизии, якостен анализ на застрашените детайли, визуализиране на евентуалните деформации, създаване на графики, изобразяващи динамичните характеристики на конструкцията. При необходимост се прави корекция на модела. По този начин се избягва опасността от производството на несполучливи прототипи на изделието още в процеса на проектирането им.

- **Drawing creation** – автоматизирано създаване на детайлни и сборни чертежи и техническа документация.

Възможности на платформата Autodesk Inventor [2,3,4,5,6,7,11,12]:

- **Динамична симулация.** С помощта на динамичния симулатор на Inventor Professional, конструкторите могат да проверят работата на дадена конструкция при реални условия, без да се налага да се изработват скъпо струващи и отнемателни време физически прототипи или да чакат за резултатите от експертизите на скъпо платени консултанти (фиг. 16).

- **Проектиране на тръби и тръбопроводи.** Inventor Professional съкращава времето за проектиране на тръбни системи с твърди и меки връзки.



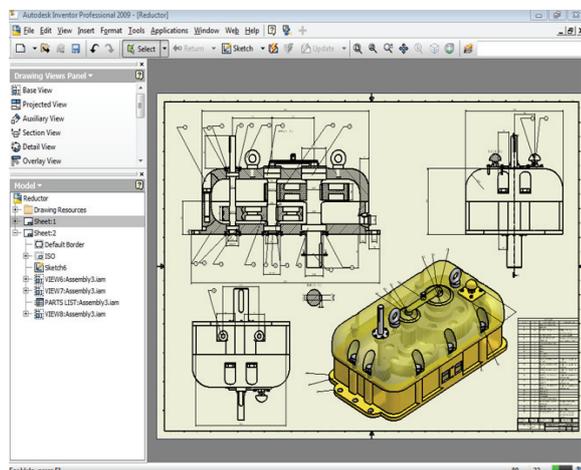
фиг.16 Проектиране и прототипиране с Autodesk Inventor

Инструментите за тръбни трасета в Inventor Professional избират подходящите фитинги и създават тръбопроводите според зададени конструктивни правила за минимална и максимална дължина на сегментите, стъпка на нарастване на дължината и радиус на огъване.

- **Проектиране на кабели и кабелни снопове.** Inventor Professional ускорява проектирането на кабели и кабелни снопове, като използва информацията от списъците с кабели, пренесени от програмите за проектиране на електрически системи и схеми, включително и от софтуера AutoCAD® Electrical. Комплексните електрически системи присъстват в почти всеки продукт или машина, и изискват все по внимателно проектиране на физическите кабели и кабелни снопове. Вграждането на трасета на кабели и кабелни снопове с Inventor 2010, включително лентови кабели в дигитални прототипи, спестява на потребителите време и пари, като изчислява точните дължини на трасетата, предотвратява малките огъвания в радиуса и гарантира, че електрическите компоненти могат да се монтират в машинната сглобка.

- **Inventor е водеща в индустрията система за 2D и 3D конструиране,** която осигурява директно разчитане и записване на собствени DWG файлове при пълна асоциативност с 3D модела – всичко това без необходимост от трансдации, излагащи на риск преноса на данни. С помощта на Inventor и бързия достъп до съществуващата 2D информация можете да използвате повторно ценните данни. Потребителите могат да запазват чертежите като DWG файлове и лесно да споделят опита, придобит в процеса на

създаването на дигитални прототипи, с техните партньори и доставчици, които използват AutoCAD (фиг. 17).

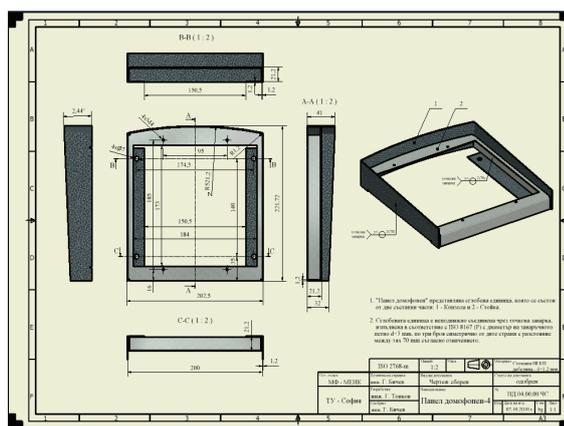


фиг.17 Документиране на изделия в Autodesk Inventor

- **Проектиране на детайли.** Софтуерът Inventor помага на конструкторите да постигнат по-високо ниво на ефективност, дължащо се на работата с напълно асоциирани модели. Това гарантира отразяването на промените от конструкцията на детайла в сглобката и във файловете с чертежите. С автоматизирането на повтарящите се инженерни задачи за често използвани инженерни компоненти и детайли се подобрява продуктивността, като посредством технологията iPart в Inventor фирмите могат лесно да създават библиотеки от „интелигентни“ детайли, за да са сигурни, че често използваните компоненти винаги се създават по един и същи начин.

- **Проектиране на детайли от листов материал.** Autodesk Inventor 2012 помага на потребителите да опростят проектирането на сложни детайли от листов материал. Inventor увеличава производителността при проектиране на детайли от листов материал, като осигурява дигитален прототип, който комбинира в едно производствената информация (параметрите на перфориращите инструменти и стандартни таблици на огъване) с точен триизмерен модел за прегъване на листов материал и среда за редактиране с помощта на плосък шаблон – така опитните инженери могат да поправят плоските шаблони, за да оптимизират производствените разходи. На фиг.

18 е показана съставна рамка за домофонни панели, проектирана с Inventor, която масово се използва от фирма „Балканбит“ и може да се види по всички съвременни жилищни кооперации в София.

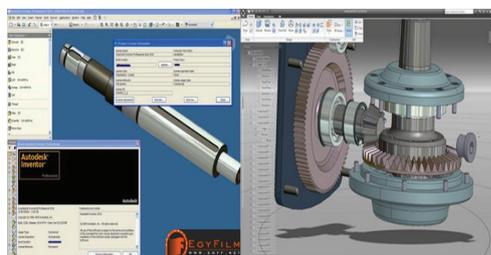


фиг.18 Проектиране на съставно изделие от листов материал с Autodesk Inventor

- **Инженерна и производствена документация.** Autodesk Inventor включва изчерпателни инструменти за генериране на инженерна и производствена документация от дигиталния прототип.

- **Директно четене и запис на DWG.** Inventor е единственият 3D софтуер, който директно чете и записва DWG файлове и дава възможност за обмен както на файлове от AutoCAD, така и на 3D конструктивни данни с други приложения на Autodesk.

- **Генератори на компоненти.** След въвеждане на кинематични и силови параметри, генераторите на компоненти автоматично създават тримерни модели на избраните машинни елементи и възли (фиг. 19).



фиг.19 Генериране на машинни елементи за механизми и трансмисии с Autodesk Inventor

- Машинни калкулатори. Пресмятат допуските и сглобки с графично изобразяване на допуските полета; заварки и слепвания; плочи; лагери; спирачки. С помощта на инженерния справочник в среда на Inventor е осигурен достъпът до основни инженерни теории, формули и алгоритми.

- Моделиране на форми. Алгоритмичните подобрения и постоянните инвестиции в 3D геометрично ядро на Inventor дават възможност за генериране на функционални геометрични решения в широк диапазон от сложни повърхнинни условия. Това повишава стабилността при моделиране на сложни форми и значително намаляване на времето за създаването им.

- Библиотечен център. Вградената библиотека на Autodesk Inventor 2012 съдържа над 1 000 000 стандартни и нестандартни машинни елементи от над 100 производители в областта на машиностроенето. Освен това поддържа on-line връзка с постоянно обновяван библиотечен център с компоненти за Inventor.

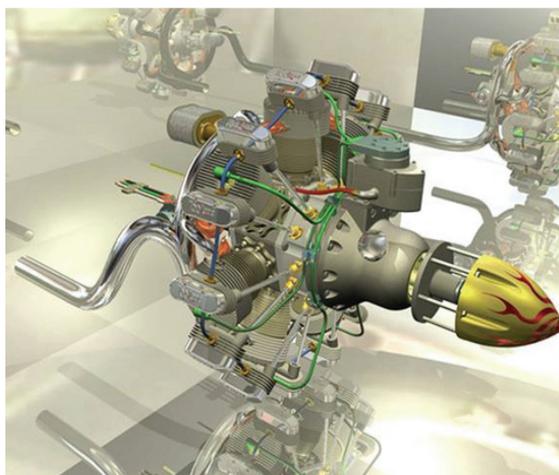
- Рамков генератор. Опростява създаването на рамкови машинни конструкции, платформи, стълби и др. Генераторът използва нова технология, базирана на генерирането на еталонна 3D „телена“ рамка. Интегриран е с Autodesk Inventor Bill of Materials и отделните компоненти се отразяват в спецификациите, чертежите и позициите с актуалните им дължини. Нова е и възможността за добавяне на нестандартни профили в библиотеката.

- Заваръчни съединения. Вградената среда за конструиране на заваръчни съединения улеснява тяхното 3D моделиране и подобрява качеството им чрез симулация на подготовката за процеса, заваряването и след заваръчните операции. Автоматично се прави и анализ на заваръчните съединения.

- Работа с големи сглобки. Autodesk Inventor 2012 предлага пълноценно използване на 64-битови системи, които премахват максималната граница на RAM паметта, съществуваща при 32-битовите системи.

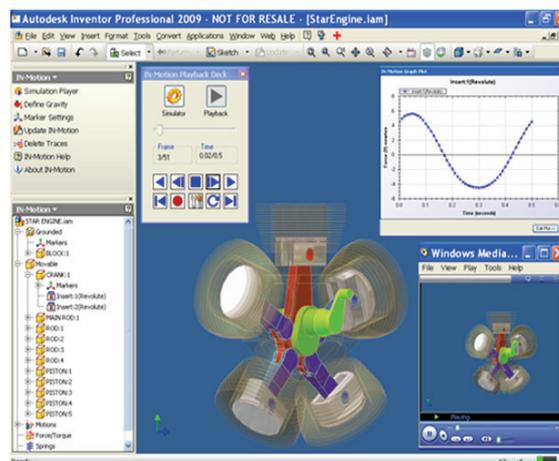
- Анимации и рендерирание на изображения. С вградения Autodesk Inventor Studio се генерират висококачествени изображения и анимации, директно в конструктивната среда (фиг. 20 и фиг. 21). Получените изображения и анимации могат

да се използват за доклади, презентации, монтажни инструкции и потребителска документация.



фиг.20 Симулиране на движения и рендерирание на изображения в Autodesk Inventor

- Автоматизирано създаване и оформяне на производствена документация. Връзката между чертежните изгледи и оригиналните модели намалява необходимостта от редактиране и проверка. Автоматично се въвеждат основни, странични, детайлни, изометрични и спомагателни изгледи и сечения и се поставят размери и пояснителни бележки.



фиг. 21 Снемане на кинематични процеси, анимации и симулации на реални механични устройства в CAD средата на Autodesk Inventor

- Обмен на данни. В Autodesk Inventor 2009 са премахнати усложненията при работа с "неутрални" формати чрез директното четене на данни от естествените им CAD файлове. Добавен е транслатор на естествени Pro/E, Granite, UG-NX, Parasolid, SolidWorks формати; подобрен е импорът на STEP, IGES и SAT файлове.

- Динамични симулации и анализи на механизми. Модулът за динамични симулации извършва пресмятане на задвижванията по време на пълния оперативен цикъл на механизма и оразмерява двигателите и изпълнителните звена, според актуалните динамични товари. Прави анализ на позициите, скоростите и ускоренията на всеки един от компонентите. За визуално възприемане на поведението на механизмите се генерират 3D анимации, основаващи се на физични модели и приложените динамични товари.

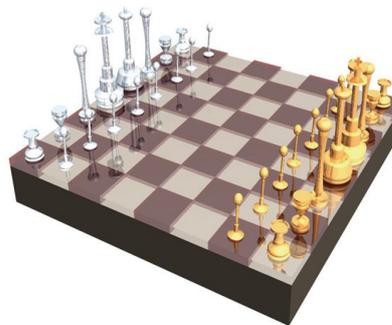
- Якостни анализи на детайли по метода на крайните елементи. Тези възможности на продукта са базирани на технология, разработена от водещата компания в областта ANSYS. Резултатите се получават, без да се излиза от средата на Inventor и ако е необходимо, се внасят корекции до постигане на оптимални стойности.

Платформата Autodesk Inventor се интегрира отлично в САМ среда, например в hyperMILL – високотехнологичното САМ решение на немската фирма OPEN MIND, която е сред водещите компании в областта на дигиталното машиностроене.

Дигиталният прототип, създаден в Autodesk Inventor, се използва от САМ софтуера, където се задават допълнително параметри по отношение на обработващата машина, инструментите и технологията на изработка. На базата на дигиталния прототип и тези параметри, САМ програмата генерира управляващ код към машината, която изработва детайла. По този начин, дигиталният прототип автоматично се превръща в готово изделие с минимална вероятност от грешки и неуспешни опити, като се избягва необходимостта от изготвяне на конструктивна документация под формата на чертеж.

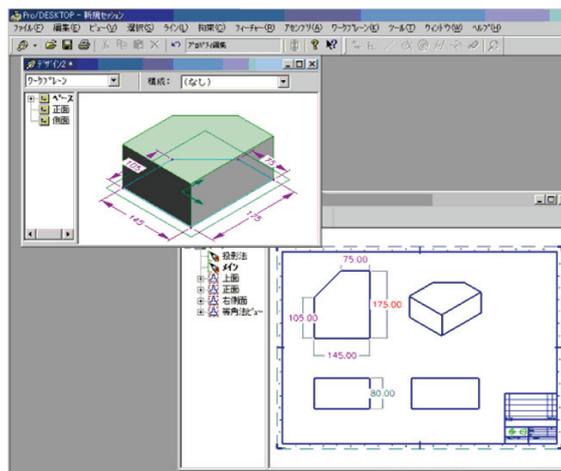
2.8 Pro/Desktop

Pro/Desktop е софтуер за Windows [5,6], възпроизвеждащ кинематични движения и висококачествени фотореалистични картини (фиг.22).



фиг. 22 CAD модел с фотореалистично изображение, постигнато в средата на Pro/Desktop

С Pro/Desktop се извършва компютърно проектиране и изготвяне на чертежи. Той е подходящ за учебния процес в средните и висшите училища. Продуктът позволява на студентите да видят 3D обекти на екрана от всяка гледна точка. Това подпомага аудиторията за нейното визуално развитие. Ползвателите могат да експериментират с цвета, текстурата и презентирането на обекти и сглобени единици. Могат да се изпробват движенията на сглобените единици и да се провери дали има интерференция между отделните части. След оценка, отделните части могат да бъдат изнасяни за производство в 2D или 3D (фиг.23).



фиг.23 Конструирание и документиране на изделия с Pro/Desktop

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представената обобщена класификация за CAD системите от среден клас се прави за пръв път в толкова систематизиран вид. Систематизираната информация, представена в нея би била особено полезна, както за начинаещите специалисти и бъдещи инженери, така и за настоящите конструктори, технолози и дизайнери.

В статията са разгледани осемте най-разпространени специализирани CAD софтуерни пакета от среден клас, които широко се използват в областта на машиностроенето. Особено внимание е отделено на Autodesk Inventor, SolidWorks и Solid Edge, които се развиват с най-бързи темпове са най-използваните в момента програмни среди за: триизмерно моделиране на детайли, симулация на движения в сглобени единици и документиране на машини, възли и детайли.

С подробностите, описани по модули, за всяка една от представените CAD/CAM системи, се дава възможност специалистите - инженери да решат всяка поставена пред тях задача.

Съкращения, използвани в текста:

CAD - Computer Aided Design - компютърно подпомагане при проектирането;

CAM - Computer Aided Manufacturing - компютърно подпомагане при производството.

ERP - Enterprise Resource Planning - управление и планиране на ресурсите;

PDM - Product Data Management - управление на данните за продукта;

PLM - Product Lifecycle Management - управление на жизнения цикъл на продукта.

Литература

1. Динев Г., Тонков Г. Геометрично моделиране и конструкторско документиране на заварени зъбни колела. VI Международен конгрес „Машини, технологии, материали”. 18 - 20 февруари, 2009 год.. София, (стр. 76 – 79) кн. 10 – 11, стр. 18 – 21.
2. Тонков, Г. Автоматизирано документиране на конструкторския процес в CAD среда”. I Международна научна конференция „Е-управление”, Созопол 22 - 24 юни, 2009 год. Сборник трудове стр. 74 – 79.
3. Тонков, Г. Аспекти върху проектирането и изработката на дезинтегриращ зъбен механизъм. Научна

конференция 2007, Технически университет-София, филиал Пловдив. Сборник доклади, том II – Технически и природоматематически науки, 24.03.2007 год. Пловдив, стр. 68-76.

4. Тонков Г., Пейкова М. За предимствата на CAD ПРОЕКТИРАНЕТО в учебния процес. I Международна научна конференция „Е-управление”, Созопол 22 - 24 юни, 2009 год. Сборник трудове стр. 66 – 73.

5. Тонков Г., Теофилова М. Проектиране на зъбни предавки с CAD/CAM системи (Геометричен CAD синтез на спрегнати зъбни предавки) I част. Осма международна конференция (АМО '08), „Авангардни машиностроителни обработки”. Кранево, 18 - 20 юни 2008 год. Сборник доклади, стр. 157 - 165.

6. Тонков, Г. Проектиране на зъбни предавки с CAD/CAM системи (Геометрично моделиране на спрегнати зъбни предавки с CAD системи) II част. Осма международна конференция (АМО '08), „Авангардни машиностроителни обработки”. Кранево, 18 - 20 юни 2008 год. Сборник доклади, стр. 165-173.

7. Autodesk Vault, Product description 2009.

8. McMahan Ch., Browne J. CAD/CAM principles, Practice and Manufacturing Management Addison-Wesley Publishing Company. Edinburgh. (1998).

9. Stark, J., Engineering Documentation Control Handbook, ISBN: 0815514468 William Andrew, 2000.

10. Stark, J. Product Lifecycle Management: 21st century Paradigm for Product Realization. ISBN: 1852338105 Springer, 2004.

11. Tonkov G., Tonkova G., Teofilova M. PLM – technologies – correct lanning an governance of industrial production, economics, ecology and business. 8th International Symposium ECONOMY & BUSINESS, September 01– 05, 2009, Sunny Beach, Bulgaria. Journal of International Scientific Publication: Economy & Business, Volume 3, Part 1; Page 226 – 235.

12. Tonkov G., Teofilova M., Tonkova G. Software and management in cad technologies of production systems and related information-management processes. 8th International Symposium ECONOMY & BUSINESS, September 01– 05, 2009, Sunny Beach, Bulgaria. Journal of International Scientific Publication: Economy & Business, Volume 3, Part 1; Page 588 – 596.

13. Zeid, I. CAD/CAM Theory and Practice. McGraw-Hill, Inc. New York, 1991.

14) <http://www.cadinschools.org/page.php?m=52>

15) <http://www.cocreate.com>. <http://www.cocreate.com>

16) <http://www.ditra.biz/pls/html/db/>

17) <http://www.ugs-bg.com>

18) <http://www.vero-software.com>.

**ACTUAL CAD SYSTEMS FOR MACHINERY CONSTRUCTIONS –
CLASSIFICATION, POSSIBILITIES, APPLICATION**

**PART II
CAD SYSTEMS OF MEDIUM CLASS IN THE MACHINERY**

Georgi TONKOV

Department of Machine Elements, Technical University - , Sofia 1000, Bulgaria

e-mail: gptonkov@tu-sofia.bg

Abstract: In the paper is presented detailed classification of the most popular CAD systems of medium class for application in machinery. In short kind are given their possibilities, specifications, included are the requirements for optimal work of the hardware. In the paper is presented rich illustrated material, characterizing the functionality and intelligence of this kind of systems.

Keywords: Keywords: CAD systems of medium class; classification of CAD systems; application of CAD systems of medium class in the machinery

АКТУАЛНИ CAD СИСТЕМИ ЗА МАШИНОСТРОИТЕЛНО ПРОЕКТИРАНЕ - КЛАСИФИКАЦИЯ, ВЪЗМОЖНОСТИ, ПРИЛОЖЕНИЕ

ЧАСТ III

CAD СИСТЕМИ ОТ ВИСОК КЛАС, ПРИЛОЖИМИ В МАШИНОСТРОЕНЕТО

Георги ТОНКОВ

катедра „Машинни елементи и неметални конструкции”, Технически университет - София, България
e-mail: gptonkov@tu-sofia.bg

Резюме: За всички инженери в областта на промишлеността, програмните продукти за проектиране, моделиране и инженерен анализ – CAD/CAM/CAE системите се явяват най-важният и необходим софтуер за реализиране на крайната цел – постигане на желаня технико-икономически резултат. Едно от условията за правилен избор на подходящ софтуер е наличието на достъпна, пълна и точна информация относно възможностите на съществуващите CAD системи. Поради липса на такава систематизирана информация в представената работа е направена подробна класификация на най-разпространените CAD продукти за машиностроително проектиране, които са необходим елемент за успеха във всяка промишлена сфера. В работата са описани накратко най-популярните CAD системи от висок клас, техните възможности и приложението им в индустрията. Онагледени са с множество примери. Посочени са системните изисквания на хардуера за работа с тях, както и цените, актуални за съответната версия към настоящия момент.

Ключови думи: CAD системи от висок клас в областта на машиностроителното производство

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Параметричният подход при проектиране, заложен в CAD системите налага промяна в начините на мислене и предефинира правилата в конструирането, въвеждайки поток от фундаментални усъвършенствания, заложени в производствения процес [1,2,4,7,8,13]. В машиностроителното проектиране опитният инженер тръгва от концепцията на интелигентно оформената идея, за да стигне до дефинирането на модел и реализирането му, преминавайки през автоматизирането на повтарящите се операции и акцентирайки върху креативността на процеса [3,5,6]. На този етап съвременните технологии за проектиране и производство на машиностроителни изделия се развиват с бързи темпове. Този факт е резултат от стремежа да се създават нови технологии, както и висококачествени, функционални и безопасни продукти [9,10,11,12].

Липсата на подробна и актуална класификация на CAD системите затруднява избора на начинаещия специалист или инженер за оптимална работа в дадена област. Професионалните CAD системи са многофункционални и скъпи, затова времето и инвестициите направени за тяхното

усвояване трябва да отговарят на интересите на потребителите. Избраният CAD софтуер трябва да работи в тази насока. Отчитайки тези факти по-долу се дава класификация с описание на възможностите на най-често използваните CAD системи в света за машиностроително проектиране.

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

Пазарът на CAD/CAM системи е огромна индустрия, довела до обособяването на четири нива на потребление на CAD машиностроителния софтуер. Това са CAD системи от: - висок, среден, нисък клас и клас на персоналните CAD системи. Каквито и доводи да се изтъкват за предимствата и недостатъците на отделните системи, трябва да се спомене, че възможностите на продуктите от един клас са в доста голяма степен изравнени. От друга страна, темпът на развитие на CAD системите от среден клас непрекъснато скъсява дистанцията с тези от високия. Затова правилната преценка за оптимален избор на машиностроителен CAD продукт е от стратегическо значение.

3. CAD СИСТЕМИ ОТ ВИСОК КЛАС

Това са многофункционални системи за автоматизация на проектно-конструкторската и технологична подготовка на производството и са предназначени за чертане, двумерно и тримерно геометрично, твърдото и повърхностно моделиране (включително моделиране на сложни повърхности); поелементно проектиране и проектиране с комплексно отчитане на параметрите. Те включват вградени подсистеми за инженерен анализ (CAE), подготовка на програми за CNC машини и много други специализирани средства за разработка. С тяхна помощ могат да бъдат създадени много сложни и големи сглобки, състоящи се от десетки хиляди детайли. Освен това те са интегрирани с подсистеми за управление на инженерните данни (PDM и PLM), способни да обхванат цяло предприятие, включително доставчици и партньори, а също и да поддържат работа с данни, постъпващи от други CAD/CAM [4,7,8,9]. Към представителите от този клас се отнасят следните системи:

3.1 TOPSOLID

TopSolid е интегрираната CAD / CAM / CAE / PDM / ERP система, развивана от MISSLER SOFTWARE. В България тя се предлага от 2003 год. от дистрибутора КСИМЕТРО [17]. На световния пазар TopSolid е известна от над 20 години. Като функционални възможности TopSolid обхваща цялата дейност в едно машиностроително предприятие, включително дизайн и конструиране на изделията и на инструменталната екипировка за тях, създаване на техническа документация, разработване на технологиите за изработването на изделията и генериране на кодове за обработващите машини с ЦПУ, управление на данните за проектите и изделията, и не на последно място – управление на пълния информационен поток в предприятието - складове, доставки, клиенти, договори, поръчки, транспорт на готовата продукция, изготвяне на различни видове справки, графици, статистики, планиране и т.н. TopSolid е продукт, поддържащ широк набор от функции, даващи свобода и многовариантност на работата, както на дизайнера на изделието, така и на конструктора и на технолога, при минимална загуба на време. Включва CAD/CAM модули, предназначени за създаване на технологии и генериране на програми за об-

работващи машини с ЦПУ със съответни библиотеки с машини и пост-процесори за тях.

Система TopSolid се разработва от една фирма, което е допринесло за собствения и облик. С нея се работи в единна среда (еднакъв интерфейс, лесна за усвояване и приложение). Голяма част от информацията, необходима за генериране на точна и оптимизирана програма за изработка, се взема автоматично от CAD-модула, включително допуските на размерите и отклоненията от формата и взаимното разположение на повърхнините. Самите CAM-модули на TopSolid (за фрезови машини, за стругови машини, за многошпинделни машини, за електроерозийни машини, за лазерно, плазмено, газопламъчно и водно рязане, за щанцови центри, за трикоординатни измервателни машини и т.н.) предлагат както готови оптимизирани технологии, така и възможността технолоът сам да създаде своя технология, съобразена с наличното технологично оборудване. За фирмите, които вече разполагат с някакъв CAD продукт, не съществува проблем относно създаването на технологии и генерирането на кодовете за обработка за съответните машини с ЦПУ. Продуктът предлага както стандартни входно-изходни интерфейси за обмен на информация с други продукти, така и директни входно - изходни интерфейси, които правят обмена на данни безпроблемен.

Наред с основните конструкторски пакети TopSolid/3D и TopSolid/Pro, продуктовата линия TopSolid включва и редица специализирани модули:

- **TopSolid'Design** - модул за конструиране (фиг.1). Основан на многодокументен интерфейс. *TopSolid'Design* притежава параметричен, 100 % асоциативен и хибриден моделер. Ефектът от използването на *TopSolid'Design* се дължи на намаленото време за достигане на резултата и повишаване на качеството на конструираните продукти и технологии.

- **TopSolid'Progress** – за проектиране на **стъпкови щанци** (фиг.2). TopSolid'Progress реализира задачи от конструирането на детайла от листов материал до създаването на стъпковата щанца със съответната конструктивна документация - да създаде разгъвката на детайла, включително участъците, получени след пластична деформация (шамповане), да проектира лентата,

да анализира силовото натоварване на стъпките и цялата шанца, да проектира пакета, да избере стандартните компоненти от библиотеки, да проектира матриците и поансоните, да симулира отварянето и затварянето и т.н.



фиг.1 Сглобена единица



фиг.2 Стъпкова шанца

• **TopSolid'CAM** – модул за създаване на ЦПУ програми за фрезови и стругови машини (фиг. 3) - TopSolid'CAM е интегриран CAD/CAM софтуер, за всички дейности по създаването на ЦПУ програми. Той позволява управление на заготовката, обработки на твърди тела (SOLID), както и симулации на самия процес на обработване. Като цяло софтуерът е базиран на **технологичните елементи на конструкцията**.



фиг.3 Инструменти



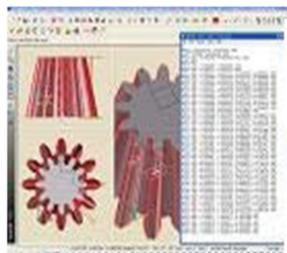
фиг.4 Шприцформа

• **TopSolid'Mold** – за проектиране на инструментална екипировка за шприцформи (фиг.4) - С TopSolid'Mold се реализират задачи от конструирането на детайла и изделието до създаването на инструмента за шприцване или леене. Изчислява свиването на материала, определя делителните линии и повърхнини, анализира сенките на деленето, създава блоковете (матрица и поансон), проектира системата за странично делене, системата за охлаждане, системата на избивачите, леяковата и подгриващата система.

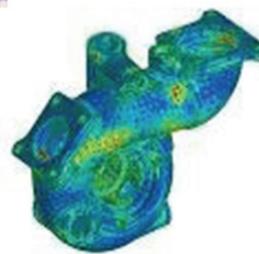
• **TopSolid'Wire** - модул за нишкова електроерозия - 2 и 4 управляеми оси (фиг.5). С TopSolid'Wire се управляват всички видове машини, като същевременно позволява директ-

ното програмиране въз основа на 3D модели или контури. Позволява управление на входните точки, посоката на движение, стоповете преди крайната точка, изместването на траекторията, режимите на рязане и други. TopSolid'Wire автоматично изчислява наклоните на нишката и отместването по ос Z, осигуряващо точността на обработката, вдяване и късане на нишката, както и свързване на траекторията на нишката между съседни обработки.

• **TopSolid'Electrode** – за проектиране на електроди за обемна ерозия - TopSolid'Electrode автоматично създава формата на електрода от повърхнината на инструмента и позволява настройка на параметрите на електрода, настройка на височините на електродите, ротация на центроващата база, обединяване на електроди, специфични функции за чертане и други. Електродът е асоциативно свързан с инструмента. Модификацията на детайла модифицира инструмента, а той модифицира електрода. Промененият електрод променя SAM технологията и ЦПУ-програмата за изработка.



фиг. 5 Модел на КЗК



фиг. 6 FEM анализ

• **TopSolid'Castor** – интегрирано решение за анализ по метода на крайните елементи (FEM анализи) (фиг.6) - Осигурява напълно асоциативен на конструкцията анализ, като при модификацията на конструкцията автоматично променя резултатите от анализа. С TopSolid'Castor могат да се извършват статичен анализ (напрежения и деформации) на обекти в областта на еластичност на конструкцията, анализ на изкълчване, термичен и термомеханичен анализ, динамичен анализ, контактен (нелинеен) анализ на механични структури, анализ на умора на материала.

• **TopSolid'Control** – модул за управление на трикоординатни измервателни машини с

ЦПУ (фиг.7). Анализира геометрията на детайла и генерира автоматично траекторията на измервателната глава. Информира за наличието на сблъсъци между измервателната глава и детайла, машината и приспособленията. Програмата се създава в DMIS формат.

- **TopSolid’PDM – за управление на данните за проектите (фиг.8)** - организира едновременната работа на членовете на проектантските екипи, както и данните за проектите (3D модели на детайли и сглобени единици; конструкторска документация; технология на изработка; ЦПУ-програми; инструменти за шприцване, матрици, шампи, щанци и други; интегрирани документи изготвяни на WORD, EXEL, MS Office; снимки, анимации, аудио и видео ефекти и други). **TopSolid’PDM** е софтуер базиран на „Oracle” база данни или „SQL” сървър в зависимост от големината на фирмата потребител.



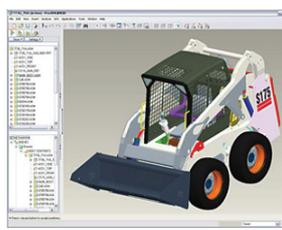
фиг.7 CNC управление



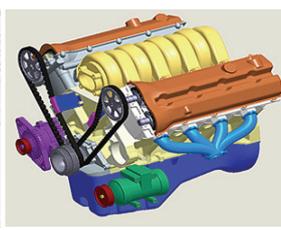
фиг.8 Управление на данни

кети от модули за тримерно моделиране, като най-разпространеният е Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 Foundation XE.

- **Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 Foundation XE (фиг.9, фиг.10, фиг.11)** осигурява интегрирани решения за създаване на тримерни твърдотелни детайли и изделия от листов материал, сглобяване, заваряване, напълно завършени чертежи и фотореалистични изображения. Съдържа разширени възможности за повърхнини, транслятор на данни, механизъм за раздвижване на сглобени възли, функциите shrink и wrap, Model CHECK, Import DATA DOCTOR (мошен инструмент за поправка на модели транслирани от други CAD пакети) и Design Animation. Моделерът се явява базова платформа за разглежданите по-долу модули, които не могат да работят самостоятелно, а само като приложения над тази тримерна платформа.



фиг.9 3D автомобил



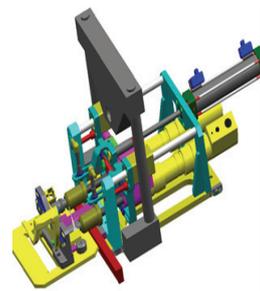
фиг.10 3D Сглобена единица

3.2 PRO/ENGINEER

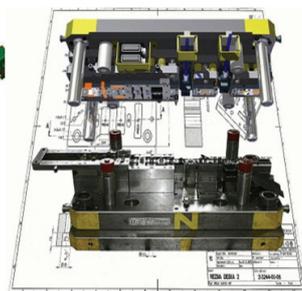
Pro/ENGINEER включва интегрирани решения за разработка на изделия, обхващащи задачи на идейното и работно проектиране, инженерния анализ, подготовката за производство и техническа поддръжка [15]. През 2011 г. излезе последна версия на Pro/ENGINEER. В нея са направени значителни подобрения, изменения и допълнения в тримерния моделиер, скиците и всички специализирани модули, особено тези за NC програмиране.

Pro/ENGINEER е интегриран с мощния софтуер за математически и инженерни анализи Mathcad. Изграден е на модулен принцип като съдържа пакети за автоматизирано изготвяне на технологична документация (Arboxtext IsoDraw CADprocess); Притежава CAM софтуер за високо скоростно фрезоване – Pro/TOOLMAKER и работи с всички формати за обмен на CAD данни. Pro/ENGINEER Wildfire 5.0 се предлага като па-

Всички модули са приложения и могат да работят единствено като надстройки на платформата Pro/ENGINEER Wildfire 4.0 Foundation Extend Edition. Тя включва всички функции за тримерно конструиране, автоматично създаване на чертожна документация, заваръчни шевове, работа с ламаринени изделия, повърхнини, импортирана геометрия във формат STEP, IGES, DXF и други.

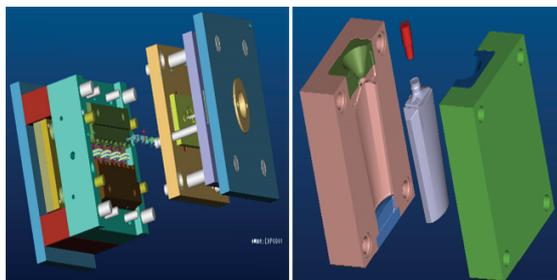


фиг.11 Симулационен модел



фиг.12 2D документация

- **Pro/ENGINEER Tool Design Option (TDO)** - пакет инструментални модули за конструиране на пресформи и леярски форми за метал, шампи и други (фиг.12, фиг.13, фиг.14).



фиг.13 Матрица

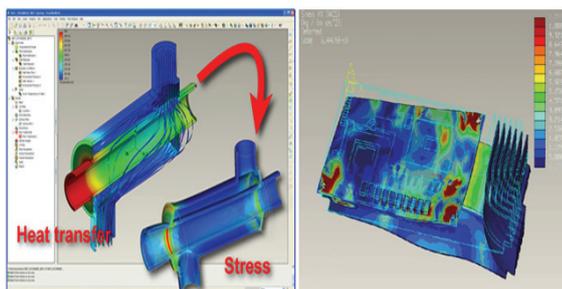
фиг.14 Пресформа

Този модул притежава пълна параметрична асоциативност с тримерния модел в базовата платформа на Pro/ENGINEER. Съдържа в себе си пакетите: **Pro/MOLDESIGN** - за създаване на пресформи; **MOLDBASE Library** - богата библиотека със стандартизирани пресформи и компоненти; **Pro/CASTING** - специализиран модул за леене; **Pro/DIEFACE** - модул за шампи и поансони. **Pro/SURFACE** - за сложни геометрични съотношения на производни форми.

- **Pro/ENGINEER NC Prismatic and Multi-Surfaces Milling Options (PMSMO)** - предоставя на инженер-технолозите пълен набор от възможности и библиотеки с инструменти за създаване и контрол на NC програми за 2.5 - 3 осево фрезование. Пълна интеграция с безплатното приложение за симулация на процеса на рязане/работа – Vericut.

- **Pro/ENGINEER Production Machining Option** - предоставя на технолога пълен набор от възможности и библиотеки инструменти за създаването и контрола на NC програми за 2.5 -3 осево фрезование (т.е. съдържа всички възможности на **Pro/ENGINEER Prismatic and Multi-Surface Milling Options**) плюс 2-4 осево струговане, и 2-4 осево електроерозийно обработване. Пълна интеграция с безплатното приложение за симулация на процеса на рязане/работа – Vericut.

- **Pro/ENGINEER Plastic Advisor Extension (PAX)** - анализ на матричното запълване, флуидните потоци и работните напрежения (фиг.15, фиг.16).

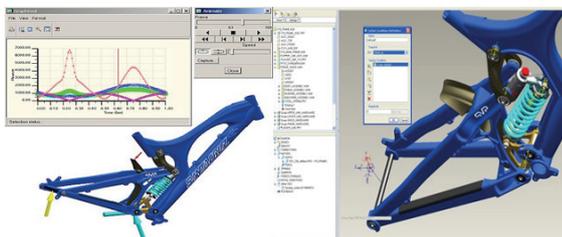


фиг.15 Анализ флуиден поток

фиг.16 Якостен анализ

В процеса на симулация на запълване на форми от пластмаса, Pro/ENGINEER Plastic Advisor дава възможност на инженерите, да намерят начин за намаляване на времето и цената, при създаването на дизайна. Осигурява анимиране на процеса на запълване на формата с пластмаса и автоматизирано създаване на Web доклад, достъп до библиотека с пластмасови материали и автоматизирано избиране от вида “инжектиране – леене” на машинни параметри. Идентифицира оптималната локализация за инжектиране за да намали времето на цикъла и да подобри появянето на продукта. Идентифицира потенциални проблеми, като: късото време за инжектиране; шупли; заваръчни линии.

- **Pro/ENGINEER Complete Machining Options** – Модулът включва изцяло възможностите на модулите **Prismatic and Multi-Surface Milling Options** и **Production Machining Options**, т.е. 2, 2.5 и 3 осни фрезови обработки; 2-4 осеви стругови обработки; 2-4 осни нишково-ерозиини обработки; реални симулации на процеса на рязане. Допълнителните възможности се изразяват в 5-осни фрезови обработки за обработващи центри и високоскоростно фрезование.

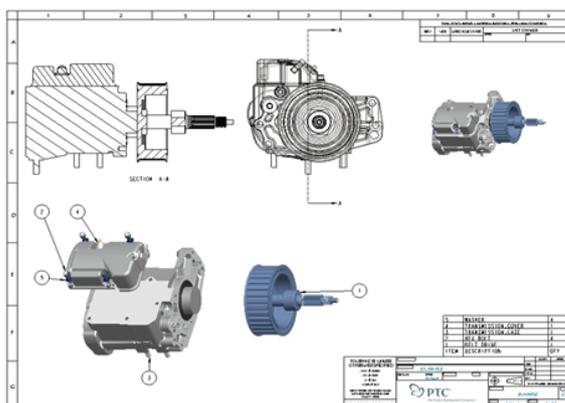


фиг.17 3D симулация

фиг.18 Кинематичен анализ

- **Computer Aided Verification** - модул за проверка на тримерни модели и сглобени еди-

ници за грешки в конструкцията и за отклонения в размерите и допуските (фиг.17, фиг.18, фиг.19). Изготвя програми за 3D координатни машини (СММ). Улеснява анализа на качеството на подготвяната продукция преди започване на реалното ѝ производство.



фиг.19 Документация на изделие

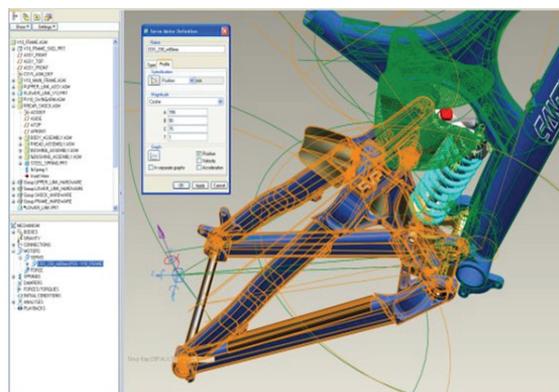
- **Pro/ENGINEER NC Sheetmetal Option** – за пълно проектиране на ламаринени изделия. С този инструмент производителността се повишава посредством автоматизирано създаване и оптимизиране на траекторията на режещия инструмент. Постига се ефективно разкрояване с максимално оползотворяване на материала.

- **Pro/TOOLMAKER** - с това решение PTC навлиза в сферата на високоскоростното фрезование (High speed milling, HSM). **Pro/TOOLMAKER** е независимо програмно решение, което има директна връзка с ядрото на **Pro/ENGINEER Granite**. Всяка промяна на CAD модела се отразява автоматично на генерираните програми. Работи и с много независими формати за трансляция на данни.

- **Expert Framework Extension (EFX)** - предназначен за бързо създаване на висококачествени метални конструкции, с автоматизирани операции. Разполага с богата библиотека от материали, профили, конструкции. Извършва анализ и оптимизация. Избор на видове стилове - Bosh, Item, Kanya, Maytec, Minitec, Rose&Krieger, Frameworld, 80/20. Подходящ за конструиране на сгради, кранове, елеватори, индустриални машини, речни и морски кораби и всичко свързано с металните конструкции. **Pro/ENGINEER**

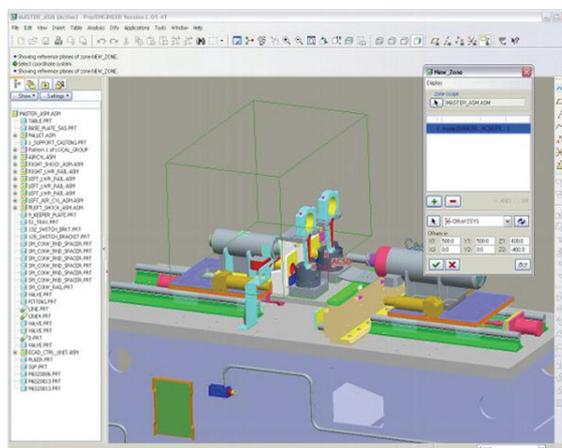
Tolerance Analysis Extension - мощен инструмент за толеранс анализ.

- **Pro/ENGINEER Interactive Surface Design** - Модул позволяващ дизайнерът и/или конструкторът да достигнат невероятни форми на тримерния модел (фиг.20), издържани в духа на прецизия и естетически продукт, създавайки свободни повърхнинни форми, предназначени за изделия към които се предявяват високи изисквания по отношение на дизайна и формата.



фиг. 20 Комплексно изпитване на 3D модел

- **Pro/ENGINEER Advanced Assembly Extension(AAX)** - Подходящ за работа със свръх големи сглобени единици от хиляда детайла на горе (фиг.21). (За сглобяване на изделия съдържащи до 1 000 елемента се използват наличните възможности във всяка платформа на тримерния моделиер Pro/ENGINEER).

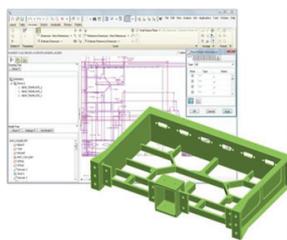


фиг.21 Симулиране и анимирате на работния процес

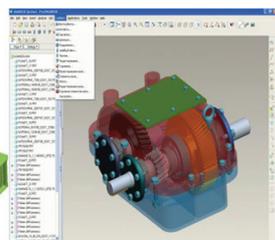
- **Pro/ENGINEER Advanced Rendering Extension (ARX)** - Модул за създаването на фотореалистични тримерни изображения. Разполага с богата библиотека с над 200 вида текстури. Поддържа различни светлинни източници, отразена светлина, както и опция за имитация на разсеяна светлина и други.

- **Pro/ENGINEER Reverse Engineering Extension (REX)**. С помощта на 3D скенер реалният детайл се превръща във виртуален прототип изграден от повърхнини, който с няколко кликания на мишката се трансформира в твърдотелен или повърхнинен модел на Pro/ENGINEER.

- **Pro/ENGINEER Concept** - Модул предназначен за дизайнера и художника. Осигурява създаване на тримерни модели по двумерни изображения чрез сканирани скици, рисунки и/или импортирана геометрия.

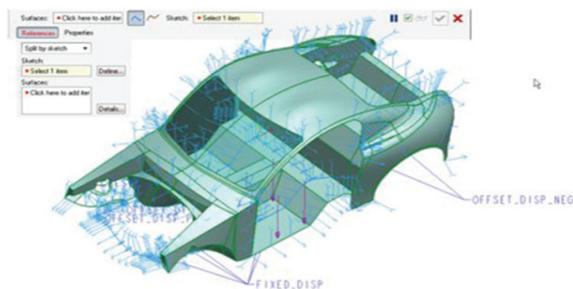


фиг.22 Твърдотелен повърхнинен детайл



фиг.23 Завършен 3D CAD модел

- **Pro/ENGINEER Interactive Surface Design** - дава възможности за създаване на свободни повърхни и комбинация от свободни и технически повърхнини без трансфер на данни между дизайнера и инженера (фиг.22, фиг.23, фиг.24). Интуитивното използване на интерфейса дава възможност за максимум обратни връзки и допуска бърз и екстремен дизайн.



фиг.24 Създаване на сложни повърхнини и ворми

- **Pro/MECHANICA** - анализ на чувствителността (влияние на геометричните параметри); модален и статичен анализ; анализ за устойчивостта на конструкцията; анализ на топлинното разпределение при установено състояние. Разработен е на базата на Nastran и Ansys.

- **Pro/ENGINEER Mechanism Dynamics Option (MDO)** - виртуална симулация на реално съществуващи сили и анализ на това, как продукта реагира на тях, без да се изгражда скъп физически прототип. Позволява рано, още в етапа на конструиране, да се извършват анализи. Симулира гравитация, фрикция и др. Изпълнява кинематичен анализ - позиция, скорост, ускорение. Извършва статичен анализ. Анализира поведението на движещите се компоненти на модела.

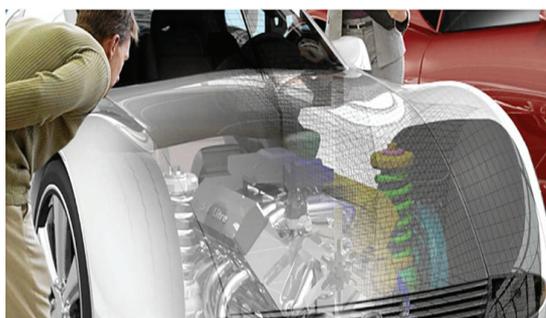
- **Pro/ENGINEER Fatigue Advisor Option (FAO)** - дава възможност на инженерите да подобрят надеждността на изделията посредством предсказване и подобряване на „умората на металите“. Използва характеристиките за издръжливостта за оптимизация на дизайна на продукта и неговия „живот“.

- **Pro/ENGINEER Behavioral Modeler Extension (BMX)** - обезпечава управлението на разработването на изделието на основата на задание за изискванията за функционално поведение. Това позволява на инженера във всеки един момент от процеса на проектиране да поддържа изискванията към поведението на модела - напр. при изменение на геометрията да задържи задания обем, площ и т.н.

3.3 NX (Unigraphics)

NX е интегрирана CAD/CAM/CAE технология, притежаваща изчерпателен набор от приложения за дизайн (фиг. 25), моделиране, анализ, оптимизиране, документиране, производство и тестване на изделията в единна електронна среда [18]. Системата е изградена на модулен принцип. **NX (Unigraphics)** дава пълната възможност за автоматизация на целия развоен и производствен процес. Решенията, предоставени от NX са изградени върху най-авангардните CAD технологии.

NX е предпочитано решение за развитие и производство на продукти в компании, глобализиращи своето пазарно присъствие за сметка на риск на конкурентната способност.



фиг. 25 Дизайн на автомобил, създаден в NX

Върху неговата платформа са стандартизирали развойните си платформи световни индустриални лидери в авиокосмическата и отбранителна промишленост, автомобилостроенето, тежкото и транспортно машиностроене, опаковките и стоките за широко потребление, високо технологичната електроника и електротехника.

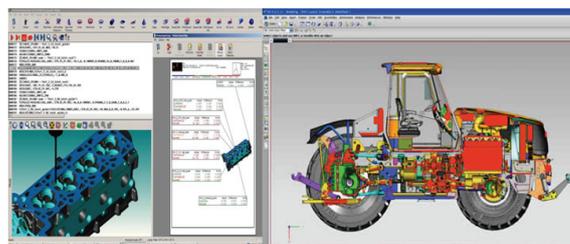
Предимствата на NX Unigraphics:

- Интегриран работен поток по цялата верига CAD/CAE/CAM/PDM за непрекъснат развоен процес;
- Системно-базирано моделиране за многократно използване на инженерната информация;
- Вградена дизайн-логика, обвързваща моделирането с проектния замисъл;
- Отворена архитектура за постигане ефективен обмен на информация с веригата от доставчици;
- Прецизни интегрирани инженерни анализи за оптимизация на продукта;
- Експертни модули за проектиране на формообразуващи инструменти, комплексни конструкции, щанци с прогресивно изтегляне, изделия от метални листове и други.

Интеграцията на NX с Teamcenter дава решаващи предимства при управление на работата в екип за съкращаване на сроковете за разработка на изделието и времето до реализацията му на пазара. NX може да запазва и използва многократно процеси, типични за интелигентната разработка на продукти, което го нарежда между най-добрите налични в момента CAD/CAE/CAM системи на пазара. Част от модулите, изграждащи характера на системата, включваща пълна гама от инженерни анализи – линейна и нелинейна ста-

тика, кинематика, динамична якост, умора на материалите, термични анализи, акустични изследвания, динамика на флуидите, охлаждане на електронни изделия и други са:

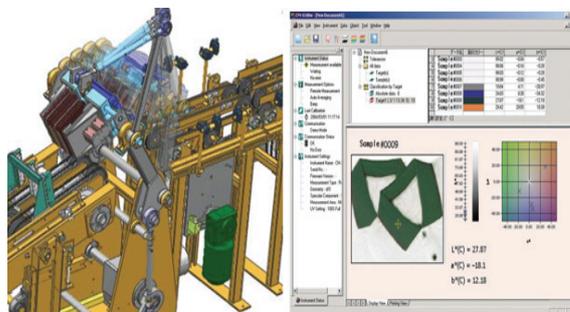
- **UGS FEMAP/NASTRAN** – за провеждане на структурни и динамични анализи на механични и температурни въздействия върху детайли, конструкции и комплексни системи (фиг.26).



фиг. 26 Структурен анализ в NX

фиг. 27 3D модел на трактор с голям брой елементи (5000)

- **NX5 Mach 1 Design** - предлага управлявана среда за разработка на изделия, задвижвана от Teamcenter, с функционални възможности за моделиране и дизайн, далеч надхвърлящи тези на системите от среден клас (SolidWorks), с интегрирано управление на данните и сътрудничеството при екипно конструиране (фиг. 27, фиг. 28 и фиг. 29).



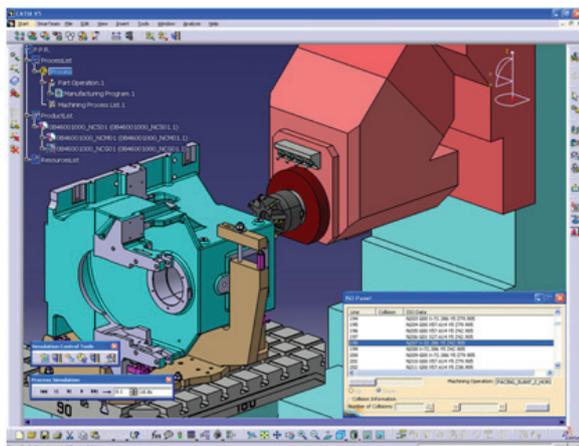
фиг. 28 Динамичен модел

фиг. 29 Динамичен анализ

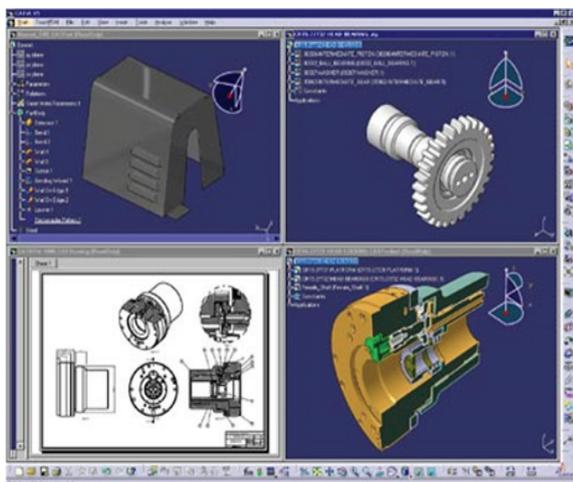
3.4 CATIA

CATIA е водещ софтуер за разработване на продукти за всички производствени организации [4,7,8,14,16]. Възможностите на CATIA V6 позволяват тази система да се прилага в широк кръг от отрасли като космическата промишленост, автомобилостроенето, индустриални машини, електротехника, електроника, корабостроене, растителни дизайн и потребителски стоки,

включително проектиране за толкова разнообразни продукти като бижута и облекла (фиг. – 30 ÷ 38). CATIA V6 притежава пълното решение, за разработване на цялостния процес на продукти - от техните спецификации до производствения процес и пускането им в експлоатация в една напълно интегрирана и асоциативна среда.



фиг.30 Проиграване на САМ програмата в САТІА



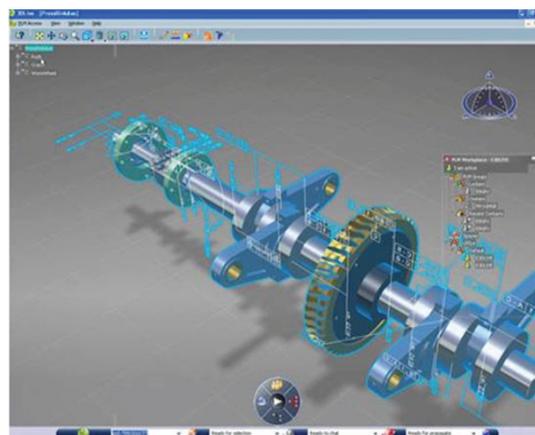
фиг.31 Цялостно проектиране на сложно изделие в програмната среда на САТІА

CATIA V6 улеснява съвместното инженерство в целия мултидисциплинарен спектър, включително – стил, дизайн, оптимизация на размери (геометрия, форма) и оборудване, управление на цифрови макети, механична обработка, анализ и симулация. CATIA продуктите са

базирани на отворена, V6 мащабируема архитектура, която позволява на компаниите да използват повторно знанията и дизайна на продукти и да ускорят развитието на цикъла. Скоростта на проектиране с CATIA V6 позволява на потребителите да се съсредоточат върху творчеството и иновациите.

Основните предимства на CATIA са практически неограничените ѝ възможности за конструиране на технически съоръжения състоящи се от голям брой възли, модули и детайли. Поради това CATIA е една от малкото на брой CAD системи, които успешно са се утвърдили в автомобилостроенето, авиационната промишленост, корабостроенето и голям брой други индустриални направления.

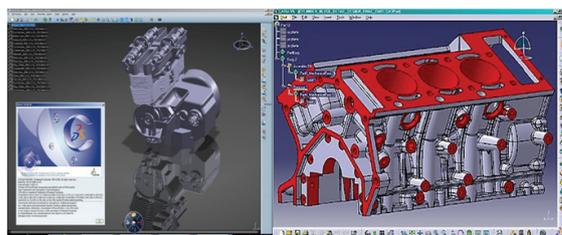
Заедно с всички свои модули CATIA представлява единна системна среда за автоматизирано проектиране, инженерен анализ, създаване на чертежи, спецификации, монтажни схеми, както и технологична подготовка за производството, чрез създаване на управляващи програми за машини с цифрово-програмно управление.



фиг.32 Оразмеряване и анализирание на тримерен модел в САТІА

Основните работни среди за създаване на твърдотелни и повърхнинни модели (*Part Design* и *Generative Shape Design*) се допълват от модули за създаване на чертежи и конструктивна документация, за якостно-деформационен и кинематичен анализ на геометрични модели. CATIA съдържа голям брой модули за решаване на

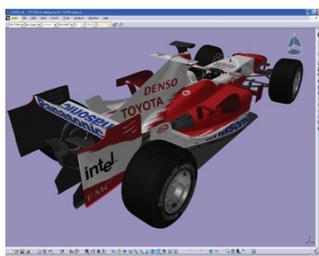
комплексни задачи като Tubing Design, Electric Wiring, Structure Design, Ship Building, Composite Design и много други.



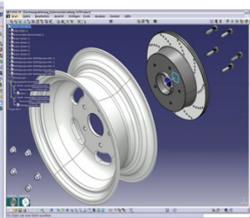
фиг.33 Визуален анализ на готово изделие

фиг.34 Анализ на сглобяваните повърхнини

Управление на жизнения цикъл на продукти (PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT, PLM) - PLM е мощно средство за управление на жизнения цикъл на продуктите на всяко предприятие или инженерно звено. PLM обезпечава стратегически подход към създаването и управлението на процеси от разработката на началната концепция, през пускане в експлоатация до методите за рециклиране на изделията.



фиг.35 3D CAD модел на спортен автомобил

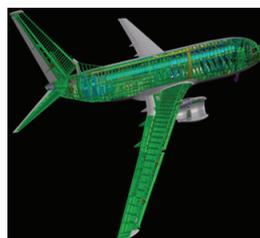


фиг.36 Презентационен модел на джанта

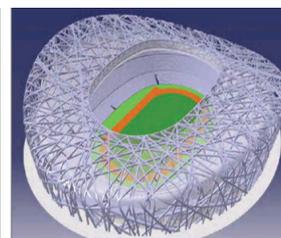
Системи за управление на жизнения цикъл на продукти – ENOVIA SMARTEAM: В продуктовата си линия *Dassault Systèmes* предлага продукта SMARTEAM, което е едно изключително ефективно PLM решение за практическа реализация на модерните изисквания за управление и архивиране на документи. Архивирането и управлението на конструктивната документация само по себе си в наши дни не са достатъчни. Поради това SMARTEAM разполага и с възможности за цялостно управление на жизнения цикъл на произвежданите изделия. SMARTEAM се отличава с висока гъвкавост на програмната си среда и позволява голяма степен на адаптивност

за различни типове фирмени процеси. Едно от най-големите предимства на SMARTEAM е високата му способност на интеграция с различни CAD системи и най-вече с CATIA. В тази комбинация CATIA и SMARTEAM позволяват още по-висока ефективност на процесите на разработка на продукти на ниво идейна концепция и на произвежданите изделия, както и управлението на цялата съпътстваща документация. В резултат на това компаниите получават възможност да сведат до минимум разходите породени от грешки и по този начин по-ефективно да обслужват потребителите си и да достигнат до по-оптимален баланс между разходи и приходи. Заложените в SMARTEAM PLM концепции позволяват: да се организира колективната работа на участниците в един проект независимо от организационни и географски ограничения; да се усъвършенстват връзките с доставчици; да се повиши ефективността на бизнес процесите и да разширят възможностите за нововъведения.

SMARTEAM дава възможност да се работи с партниращи екипи по целия свят, като се осигурява едновременен достъп до данните от всички участници в проекта на базата на интернет платформа, контролирани от оторизиран администратор, осигуряващ правата и достъпа до различните данни.



фиг.37 Конструкция на пътнически самолет



фиг.38 Конструкция на спортно съоръжение

Предимства на SMARTEAM:

- **Управление на документи:** SMARTEAM позволява ефективно управление на документите, установяване на права за достъп и архивиране на големи масиви от данни и документи. Със SMARTEAM можете да разполагате с Вашите данни винаги и във всяка точка на света.
- **Класификация на управляваната информация:** Разделение и класификация на управляваната информация по предварително за-

дадени признаци и атрибути. Това улеснява бързото намиране на нужната информация.

- **Поддръжка на различни CAD системи (Multi CAD):** В SMARTEAM могат да се съхраняват и управляват не само файлове в формат CATIA. С помощта на наличните интеграции към най-разпространените CAD системи SMARTEAM безпроблемно може да се ползва и в комбинация с друг CAD продукт. Поради отворената архитектура на SMARTEAM отпадат трудностите за предприятия, които работят с различни CAD приложения или имат обмен на данни с други фирми.

- **Структуриране на информацията:** Особено при проекти за проектиране на мащабни проекти SMARTEAM позволява установяване на йерархия на проектираните изделия, машини или съоръжения. При работа в развойни проекти SMARTEAM дава възможност за проследяване от кои подвъзли се състои даден компонент и къде още се вгражда.

- **Стандартизиране на фирмени процеси (Workflow Management):** Дава възможност за установяване на стандартизация на фирмени процеси в познатата за конструкторите работна среда на SMARTEAM, при които процесите се дефинират като изпълнение на поредица от задължителни етапи на одобрение и свързващите ги маршрути.

3.5 Power Solution

Power Solution представлява серия продукти на Delcam, предоставящи автоматизирани CAD/CAM решения за цялостна реализация на изделия със сложна форма [5,15]. Те са изцяло базирани на основата на уникално ядро на Delcam и патентовани оптимизирани математически методи. Това придава на продуктите от серията изключителна гъвкавост и лекота на използване, а съчетанието на различните им функционални възможности покрива целия процес на проектиране, производство и контрол на изделията. Серията Power Solution позволява на потребителите да подобрят качеството и да повишат производителността на всеки етап, като същевременно ускорят възвращаемостта на инвестициите, за сметка на лекотата на усвояване на софтуера. Високата степен на автоматизация на всички етапи от производствения цикъл скъсява времето

за рутинните операции, повишава прецизността, намалява възможностите за грешки, като осигурява на специалистите повече време за висококвалифицирани дейности.

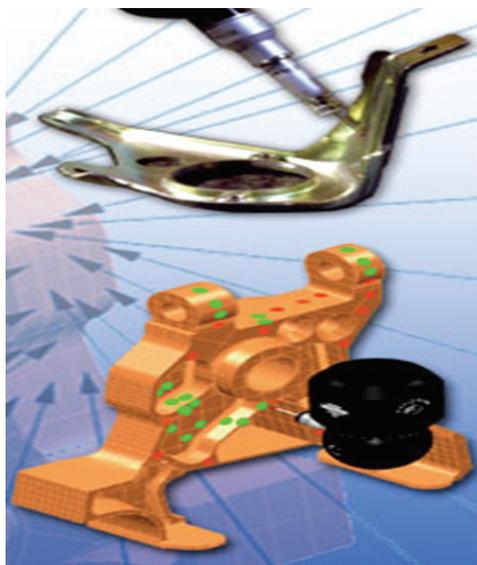
- **PowerSHAPE** - цялостна среда за реализация на вашите модели. Предлага несравнима лекота при работа със сложни повърхнини, твърдетелна и wireframe геометрия. Основната идея на създателите му е - просто създаване и лесни модификации. Притежава хибридно моделиращо ядро и разнообразни приложения покриващи различни специфични области.

- **Delcam Render** – за лесното създаване на висококачествени и фотореалистични изображения става неразделна част от дизайнерския процес (фиг. 39). **Toolmaker** - модул към PowerSHAPE, който автоматизирано направлява потребителя през процеса на създаване на шприцформи, включвайки най-богатата библиотека от готови плочи и детайли на фирми като HASCO, GENERIC, DME, MISUMI и още много други.



фиг. 39 Корпусни модели с различен дизайн на уреди проектирани с Power Solution

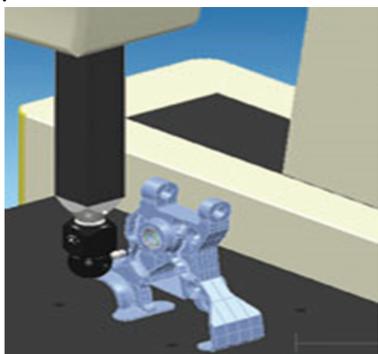
- **PowerINSPECT** е лидер в областта на софтуерните средства за измервания и контрол. Системата превъзхожда традиционните методи предлагайки възможности за контролиране на всички характеристики на CAD моделите, с използването на всякакви измерителни устройства - ръчни, CNC, оптични и лазерни координатно измервателни машини (фиг. 40).



фиг. 40 Измерване и контрол на проектираните с Power Solution CAD модели

PowerINSPECT съчетава качество с лекота на използване. Притежава интуитивен и лесен за работа интерфейс, позволяващ на оператора да получи възможно най-много информация за детайла за най-кратко време. Последователността на измерване може да бъде създадена много бързо, използвайки интелигентния курсор на PowerINSPECT, който автоматично извлича геометрични елементи (features) от CAD модела само с едно кликане.

- **Цялостно моделиране** - уникално приложение, включващо напълно интегрирана комбинация от твърдотелен, повърхнинен и триангулиран моделиер, идеален за концептуален дизайн. Високоскоростни обработващи стратегии (фиг.41).

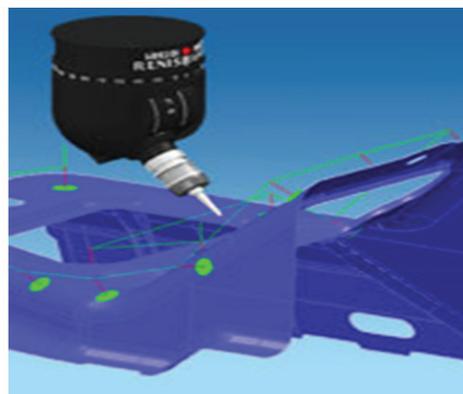


фиг.41 Анализ на моделираните конструкции

- **PowerINSPECT CNC** предлага виртуална графична среда за генериране на ефективни пътища на измервателната сонда, свеждайки до минимум времето на вашата координатно измервателна машина (фиг. 42, фиг. 43).



фиг.42 Контрол и проектиране на траектории



фиг.43 Генериране на инструментални пътища

С PowerINSPECT можете бързо и лесно да създавате алгоритъм за измерване чрез интелигентния курсор, който автоматично извлича геометрични компоненти от CAD модел само с едно кликане. PowerINSPECT CNC предлага доказани стратегии за измерване, които могат да бъдат променяни за да отговорят точно на вашите нужди - лесно измерване на всички геометрични компоненти и повърхнини със свободна форма. Може да бъде направена симулация на реалните движения на вашата координатно измервателна машина, като по този начин се дава възможност да бъдат предварително изпитани всички траектории на сондата, свеждайки дейността на оператора до минимум. Delcam поддържа библиотека с постпроцесори за връзка със стандартните промишлени контролери. PowerINSPECT CNC

предлага на операторите средство за ръчно създаване на желаната от тях последователност на измерване, свеждайки кривата на обучение до минимум.

- **PowerINSPECT OMV** - предлага уникално решение за проверка на детайли или инструменти върху CNC машината, осигурявайки максимална сигурност на производствения процес. PowerINSPECT OMV съчетава 30-годишният опит на Delcam's в обработване и измерване на комплексни детайли и предоставя най-добрите метрологични практики, там където имате нужда от тях - на вашата CNC машина. Графично - табличният доклад, предназначен да се чете и разбира от всички, позволява да се предприемат незабавни мерки където е необходимо.

- **СоруCAD** - цялостно средство за работа с големи масиви от точки, позволяващо на инженера бързо и лесно да премине от физическия към виртуалния модел. СоруCAD не ограничава потребителя в традиционните понятия за reverse engineering, а му осигурява пълен контрол върху данните и предлага решения, ограничени само от неговото въображение.

4. СИСТЕМНИ ИЗИСКВАНИЯ ЗА САД СИСТЕМИТЕ ОТ ВИСОК КЛАС

За да може да се работи на изброените по-горе продукти, трябва вашият компютър да покрива поне минималните системни изисквания. Т.к. продуктите са от един клас, то техните изисквания са сходни. Поради тази причина ще бъдат изкарани системните изисквания в обобщен вид, но е важно да се знае, че могат да съществуват и различия. Препоръчва се преди да се закупи даден продукт да се проверят точните му системни изисквания, които най-често могат да бъдат видяни online в страницата на неговия дистрибутор.

- AMD64 or Intel® 64 processor;
- RAM:
- 1 Gb for simple single part design and small assemblies (<500 parts);
- 2 Gb and more for big assemblies (32 bit machines);
- 4 Gb and more for very big assemblies (64 bit machines);

- CAD workstation-class graphics card;
- Hard disk with always 1 Gb of free space (this is the required disk space to save and develop your models. To install the software you need around 5 to 6 Gb of free space more);
- Keyboard and mouse (wheel mouse recommended);
- DVD-ROM drive;
- Parallel or USB port (to plug the dongle);
- Windows XP Pro (SP2), Windows XPx64, Windows Vista (32 and 64 bit), Windows 7 64-bit;
- Internet Explorer 6 minimum (for online help).

5. ЦЕНИ

Точна цена на даден продукт не може да бъде дадена, тъй като тя се формира от различни фактори и се изменя с времето и актуалността на версиите. В голяма степен тя зависи от конфигурацията на софтуера и броя модули който включва. Модулите варират между 2000 евро и 8000 евро а самите продукти могат да стигнат и цена от 15000 евро. По желание на клиента се закупуват лицензите за ползване, които са с давност 1 или 2 години. През този период има безплатна поддръжка на софтуера, а при излизане на нова версия могат да се закупят новите лицензи на 14 - 20 % от тяхната стойност.

При закупуването на самия продукт не се ползват поддръжки, а закупуването на нов продукт става на съответната цена.

Забележка:

Условията и цените се изменят през годините, както и самите продукти търпят непрекъснато развитие и усъвършенстване.

Заклучение

Направената класификация е необходима и полезна както за начинаещите потребители, така и за опитните инженери тъй като дава систематизирана информация относно вида и възможностите на специализираните в областта на машиностроенето САД системи.

В доклада са разгледани основно пет САД/САМ/САЕ системи от висок клас, като е направен подробен анализ на техните направления за използване, области на приложение, както и на техните възможности.

Параметричният подход е в основата на системите от висок клас, което ги прави изключително конкурентноспособни.

Направена е кратка характеристика и на отделните модули влизащи в състава на всяка една програмна среда. Това дава възможност за по-бърза ориентация на инженерно-техническия персонал, който конструира и изработва различни устройства и машини, да използва точно необходимата му CAD/CAM/CAE система. Докладът дава насоки да се намери най-оптималния път за постигането на реалистичен тримерен модел.

Термини на използваните съкращения в текста

CAD - Computer Aided Design - компютърно подпомогнато проектиране;

CAE - Computer Aided Engineering - компютърно подпомогнат инженеринг и симулации;

CAM - Computer Aided Manufacturing - компютърно подпомогнато производство;

ERP - Enterprise Resource Planning - управление и планиране на ресурсите;

PDM - Product Data Management - управление на данните за продукта;

PLM - Product Lifecycle Management - управление на жизнения цикъл на продукта.

Литература

1. Динев Г., Тонков Г. Геометрично моделиране и конструкторско документиране на заварени зъбни колела. VI Международен конгрес „Машини, технологии, материали“. 18 - 20 февруари, 2009 год., София, (стр. 76 – 79) кн. 10 – 11, стр. 18 – 21.
2. Тонков Г. Автоматизирано документиране на конструкторския процес в CAD среда“. I Международна научна конференция „Е-управление“, Созопол 22 - 24 юни, 2009 год. Сборник трудове стр. 74 – 79.
3. Тонков Г. Аспекти върху проектирането и изработката на дезинтегриращ зъбен механизъм. Научна конференция 2007, Технически университет-София, филиал Пловдив. Сборник доклади, том II – Технически и природоматематически науки, 24.03.2007 год. Пловдив, стр. 68-76.

4. Тонков Г., Пейкова М. За предимствата на САД ПРОЕКТИРАНЕТО в учебния процес“. I Международна научна конференция „Е-управление“, Созопол 22 - 24 юни, 2009 год. Сборник трудове стр. 66 – 73.

5. Тонков Г., Теофилова М. Проектиране на зъбни предавки с CAD/CAM системи (Геометричен САД синтез на спрегнати зъбни предавки) I част. Осма международна конференция (АМО `08), „Авангардни машиностроителни обработки“. Кранево, 18 - 20 юни 2008 год. Сборник доклади, стр. 157 - 165.

6. Тонков Г. Проектиране на зъбни предавки с CAD/CAM системи (Геометрично моделиране на спрегнати зъбни предавки с САД системи) II част. Осма международна конференция (АМО `08), „Авангардни машиностроителни обработки“. Кранево, 18 - 20 юни 2008 год. Сборник доклади, стр. 165-173.

7. Tonkov G., Tonkova G., Teofilova M. *PLM – technologies – corect lanning an governance of industrial production, iconomics, ecology and business*. 8th International Symposium economy & business, September 01– 05, 2009, Sunny Beach, Bulgaria. Journal of International Scientific Publication: Economy & Business, Volume 3, Part 1; Page 226 – 235.

8. Tonkov G., Teofilova M., G. Tonkova. Software and management in cad technologies of production systems and related information-management processes. 8th International Symposium ECONOMY & BUSINESS, September 01– 05, 2009, Sunny Beach, Bulgaria. Journal of International Scientific Publication: Economy & Business, Volume 3, Part 1; Page 588 – 596.

9. Autodesk Vault, Product description 2009.

10. McMahon, Chris, Jimmie Browne. CAD/CAM principles, Practice and Manufacturing Management Addison-Wesley Publishing Company. Edinburgh. 1998.

11. Stark John. Engineering Documentation Control Handbook, ISBN: 0815514468 William Andrew, 2000.

12. Stark John. Product Lifecycle Management: 21st century Paradigm for Product Realization. ISBN: 1852338105 Springer, 2004.

13. Zeid, Ibrahim. CAD/CAM Theory and Practice. McGraw-Hill, Inc. New York. 1991.

14. <http://www.3ds.com/products/catia>.

15. <http://www.cocreate.com>.

16) http://www.ditra.biz/pls/html/db/f?p=124:120:2336335477279747:::P0_LANG:bg.

17. <http://www.ksimetro.com>.

18. <http://www.ugs-bg.com>.

ACTUAL CAD SYSTEMS FOR MACHINERY CONSTRUCTIONS – CLASSIFICATION, POSSIBILITIES, APPLICATION

PART III

HIGH LEVEL CAD SYSTEMS IN MACHINERY

Georgi TONKOV

Technical University – Sofia, 8 Kliment Ochridski blvd, Sofia 1000, Bulgaria
e-mail: gptonkov@tu-sofia.bg

Abstract: CAD/CAM/CAE systems are the most important and necessary software products for design, modeling and analysis in the work of the engineers for the achievement of best results in machinery. The full possible information about existing CAD systems is one of the important for optimal choice of the necessary software. The absence of such information is the reason of developing in this paper to make a particular classification of the most used CAD products for optimal decisions in the machinery. In the paper are described the most popular high class for such applications CAD systems. There are shown many examples. There are given also the necessary hardware properties for the work with the high level CAD systems and also the actual costs.

Keywords: CAD systems of high level in the machinery production

ТИПОВИ ПРОИЗВОДСТВЕНИ КЛЕТКИ ЗА НАНАСЯНЕ НА ПОКРИТИЯ

Радка ПЕТКОВА

катедра „Основи и технически средства за конструиране”, Технически университет - София, България
e-mail: petkova@tu-sofia.bg

Резюме: Анализирани са модулните принципи за изграждане на линии за автоматизирано нанасяне на покрития и са описани основните им градивни единици. Направена е класификация на производствени клетки за електростатично прахово нанасяне. Разработени са типови графични решения с продукта AutoCAD. Използването им ускорява синтеза на вариантите за изграждане на модулни линии и намалява общите разходи.

Ключови думи: модулна принцип, производствени клетки, линии, течни и прахови покрития, графични решения.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Един закономерен и налагащ се тотално през новия XXI век процес е все по-тясното свързване на научните изследвания и разработки с практическото производство. Като обект на тези разработки се определя вече не само производството на конкретен продукт, а по-разпространените общи технологични процеси и свързаните с тях производствени средства. При това последните предварително, още при проектирането им се изследват и според очакваната ефективност от тяхното прилагане.

Процесите за нанасяне на покрития се осъществяват като крайни, завършващи етапи в производството на практически почти всички изделия. В този аспект е важно да се търси ефективно решение при създаването на производствени системи за осъществяване на тези процеси.

При проектирането на комплекси или линии за автоматизирано нанасяне на покрития е съществено да се определи оптималния вариант на съоръжението, в което се извършва основната технологична операция, в случая – нанасяне на покритие от течен или прахов материал върху обекта на производство. Това дава възможност и е предпоставка за оптимизиране на цялостната производствена система, за повишаване на технологичността и икономическата ѝ ефективност.

2. ОСНОВНИ ГРАДИВНИ ЕДИНИЦИ НА ЛИНИИ ЗА НАНАСЯНЕ НА ПОКРИТИЯ

Съвременните “линии за боядисване”, т.е. линиите за автоматизирано нанасяне на покрития

са много разнообразни в зависимост от вида, размерите и особеностите на обекта, от зададената производителност, от прилаганите конкретни технологични процеси, от размерите и вида на предоставеното работно помещение и т.н.

Ако се разгледа преобладаващата част от тези инсталации, – линиите за автоматизирано нанасяне на покрития от течни или прахови материали с помощта на манипулиращи устройства и автоматични уреди за нанасяне върху дадени обекти, се установява следното:

В тези линии, независимо от тяхното многообразие, като основни могат да се обособят техни отделни компоненти - съоръжения еднакви или подобни по функции, по вид, дори по конструктивно изпълнение. Например използване на ръчни и автоматични уреди за нанасяне, прилагане на манипулатори или роботи, както и използване на конвейери за транспортиране на обектите и т.н.

Това позволява тези компоненти да се третират като основни градивни единици - модули, които принципно, а и конкретно да се използват при синтеза и анализа на вариантите за създаване на посочените линии. Подобна е ситуацията и при промяна – разширение, реконструкция или модернизация на такива инсталации, която изисква и съответният им предварителен анализ.

В този смисъл като основни градивни единици се определят:

- Производствена клетка (ПК) за автоматизирано нанасяне на покритие.
- Пещ за термично оформяне на нанесеното покритие.
- Транспортна система по затворен контур.

- Участък за предварителна подготовка (УПП).

За всяка от тези основни градивни единици в литературата са описани много видове. Тук се акцентира само върху тези от тях, които са от значение за графичните решения при разработване на вариантите за една линия. По-подробно ще бъдат разгледани само производствените клетки - съоръжението, в което се извършва основната технологична операция.

Производствена клетка за нанасяне на покритие представлява съвкупност от взаимосвързани системи, уреди и устройства за осъществяване на основния технологичен процес - нанасяне на покритие върху обекта на производство.

Разграничават се два основни типа съоръжения за нанасяне на покрития - с прахови и с течни материали:

- Производствена клетка за електростатично нанасяне на покрития с прахови полимерни или емайлови материали.

При тях се използва метода на зареждане на праховите частици - в електростатично поле (при pistolетите тип "Корона" и високо-ротационните камбани) или чрез триене на самите частици (при pistolетите тип "Трибо").

Това позволява и гарантира нанесените върху заземен обект (главно метални изделия) прахови частици да се задържат и образуват слой, който да се оформи като окончателно покритие след термична обработка в съответни пещи.

- Производствена клетка за нанасяне на покрития с течни материали.

При тях се използват познатите методи за нанасяне върху всякакви обекти с шприц-техника и с Airless-системи за високо налягане, както и прилагане на електростатичния метод за зареждане на частиците боя/лак - самостоятелно, или в комбинация с посочените два метода.

3. ТИПОВИ ГРАФИЧНИ РЕШЕНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕНИ КЛЕТКИ ЗА АВТОМАТИЗИРАНО НАНАСЯНЕ НА ПОКРИТИЯ

Това е определящото съоръжение за основния технологичен процес – нанасяне на зададено покритие върху обекта при съответни условия.

При една производствена клетка за електростатично прахово нанасяне принципно основни са следните системи и устройства:

- Устройство (уред) за нанасяне;
- Манипулиращи устройства ;
- Кабина за прахово нанасяне;
- Система за рециклиране на праха ';
- Система за подготовка и подаване на праха към уреда за нанасяне ';
- Система за хранене на производствената клетка с нов прах ';
- Отделни управляващи устройства и обща система за контрол и управление в производствената клетка.

Тези основни системи и устройства са валидни и при производствени клетки за нанасяне на течни материали, като при тях вместо показаните с „ ' „ системи съществува обща система за подготовка и транспорт на течния материал .

Пълната класификация по всички възможни признаци представлява една обширна база данни.

С цел създаване на типови графични решения при синтез на модулни линии за нанасяне на покрития, като метод се предлага следната последователност :

- Разработват се таблици, в които производствените клетки допълнително се класифицират по вид на изграждащите ги устройства;

- Определят се съвместимите по технически и икономически и др. показатели комбинации;

- Разработват се типови графични решения на съвместимите комбинации.

По този метод са разработени таблици с типови решения на производствени клетки за електростатично прахово нанасяне, които по нататък могат да се използват и при разработване и избор на варианти за една цялостна линия за нанасяне на покрития. Графичното им представяне може да бъде изпълнено в 3D и 2D формат.

Като пример е показана Таблица 1, в която производствените клетки за електростатично прахово нанасяне са класифицирани по:

1 - Вид система за рециклиране на праха:

- 1 – филтърна система за рециклиране;
- 2 – с моноциклон;
- 3 – с мултициклон.

табл.1 Класификация на производствени клетки за автоматизирано електростатично прахово нанасяне

I – ВИД СИСТЕМА ЗА РЕЦИКЛИРАНЕ НА ПРАХА												
		1 – филтърна система			2 – с моноциклон			3 – с мултициклон				
		III - ВИД МАНИПУЛИРАЩИ УСТРОЙСТВА										
		1 – манипулатор 1 ос; 2 – манипулатор 2 оси; 3 – робот										
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	
II – ВИД КАБИНА	1 – за един цвят	IV- ВИД С-МА ЗА НОВ ПРАХ 1 – вибромаса и сонда; 2 – прахов център; 3 – Big Bag опаковки	1	1111	1121	1131	*	*	*	*	*	*
			2	*	*	*	*	*	*	*	*	*
			3	1113	1123	1133	*	*	*	*	*	*
	2 – многоцветна система		1	-	-	-	2211	2221	2231	3211	3221	3231
			2	-	-	-	2212	2222	2232	*	*	*
			3	-	-	-	-	-	-	*	*	*
	3 – с-ма бърза смяна на цвят		1	-	-	-	2311	2321	2331	-	-	-
			2	-	-	-	2312	2322	2332	-	-	-
			3	-	-	-	-	-	-	-	-	-

С код са означени само съвместимите по технически и икономически критерии комбинации, с “-” са несъвместимите, а с “*” – икономически неизгодните комбинации.

II - Вид кабина:

- 1 – за един цвят;
- 2 – многоцветна система;
- 3 – система за бърза смяна на цвят.

III - Вид манипулиращи устройства:

- 1 – с манипулатор 1 ос;
- 2 – с манипулатор 2 оси;
- 3 – с робот.

IV - Вид система за нов прах:

- 1 – с вибро-маса и сонда;
- 2 – с прахов център;
- 3 – с Big Bag - опаковки.

Полученият голям брой комбинации е редуциран като са изключени несъвместимите по технически показатели комбинации и допълнително са отстранени и икономически неизгодните комбинации.

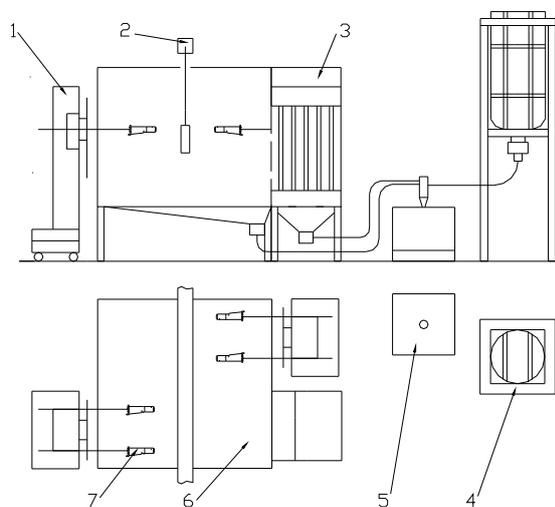
Разработени са типови графични решения само на съвместимите комбинации чрез продукта AutoCAD и с прилагане на графични символи от налична библиотека [1]. На фиг.1 е показан пример за типово графично решение на производствена клетка от вид 1123 съгласно Таблица 1.

По-важните изпълняващи устройства и системи са следните:

- 1 – Манипулатор с 2 оси (код 10.2 от библиотека с графични символи [1]);
- 2 – Конвейер;
- 3 – Филтърна система с лентови филтри (код 12.3);
- 4 – Система “BIG-BAG” за зареждане на нов прах (код 1.2);
- 5 – Бункер/съд за прах (код 4.1);
- 6 – Кабина за един цвят; 7 – Електростатичен “Корона” пистолет (код /7&8/.1).

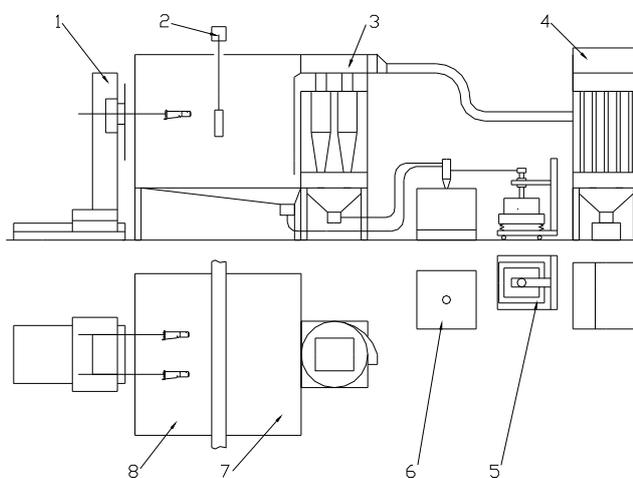
По-важните изпълняващи устройства и системи за показаната на на фиг. 2 типова производствена клетка за електростатично прахово нанасяне от вид 3221 съгласно табл.1 са следните:

- 1 – Манипулатор с две оси (код 10.2, [1]);
- 2 – Конвейер;
- 3 – Мултициклон (код 12.1);
- 4 – Филтърна система с лентови филтри (код 12.3);
- 5 – Вибромаса и сонда (код 1.1);
- 6 – Бункер/съд за прах (код 4.1);



- | | |
|---|---|
| 1 – Манипулатор с две оси (код 10.2); | 5 – Бункер/съд за прах (код 4.1); |
| 2 – Конвейер; | 6 – Кабина за един цвят; |
| 3 – Филтърна система с лентови филтри (код 12.3); | 7 – Електростатичен “Корона” |
| 4 – Система “BIG-BAG” за нов прах (код 1.2); | пистолет (код /7&8/.1). |

фиг.1 Производствена клетка за електростатично прахово нанасяне от вид 1123



- | | |
|---|---|
| 1 – Манипулатор с две оси (код 10.2); | 5 – Вибромаса и сонда (код 1.1); |
| 2 – Конвейер; | 6 – Бункер/съд за прах (код 4.1); |
| 3 – Мултициклон (код 12.1); | 7 – Кабина за много цветове; |
| 4 – Филтърна система с лентови филтри (код 12.3); | 8 – Електростатичен “Корона” |
| | пистолет (код /7&8/.1). |

фиг.2 Производствена клетка за електростатично прахово нанасяне от вид 3221

7 – Кабина за много цветове;
8 - Електростатичен “Корона” пистолет (код /7&8/1).

Създадените типови графични решения на производствени клетки за електростатично прахово нанасяне могат да се използват директно и в схеми или в по-подробни изображения на модулни линии за нанасяне на прахови покрития.

Точното разположение на компонентите в производствената клетка и оразмеряването на типовите графични решения може да се направи след задаване на следните параметри : размери на обектите; изисквания за качеството; брой пистолети/ нанасящи уреди; количество изхвърлян прахов материал; изчислен дебит изсмукван въздух; размери и изисквания на предвидената работна площ и т.н.

Типови графични решения за производствени клетки за нанасяне на течни материали се създават аналогично на показаните в примерите, като се следва последователността на предложения метод и се разработват конкретни таблици съобразно съответните устройства в тези производствени клетки.

Използването на типови графични решения позволява модулния принцип на изграждане да се прилага при синтеза и анализа на варианти практически на много голяма част от иначе разнородните линии за нанасяне на покрития. Така се ускорява значително един нередко дълъг и трудоемък етап от създаването на тези линии. Същевременно използването на готови бази данни от символи [1], а и вече разработени таблици с типови решения на производствени клетки за нанасяне на покрития, рационализира в значителна степен разработването и избор на вариант на автоматизирани съоръжения за боядисване и се редуцират общите разходи.

Литература:

1. **Петкова, Р.** Синтезиране на система от графични символи за рационализиране проектирането на производствени системи. Българско списание за инженерно проектиране бр.3, ноември 2009, 84–88 с.
2. **Pahl G. & Beitz W.**, Engineering Design – A Systematic Approach, Springer-Verlag London Limited. 1996, 3 rd printing 2001.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

TYPES OF MANUFACTURING CELLS FOR APPLYING COATING

Radka PETKOVA

Department of Fundamentals and Techniques of Design, Technical University-Sofia, Bulgaria
e-mail: petkova@tu-sofia.bg

Abstract: The module principle for building lines for automated coating has been analyzed. Their basic construction components have been described. Classification of manufacturing cells for electrostatic powder coating has been made. Types of graphical solutions with AutoCAD have been developed. Using such graphical solutions accelerates the synthesis of variants for the building of modular lines and decreases the general expenses.

Keywords: painting lines, production cells, liquid and powder coating, graphical solutions, module principle