

**ALGORITHM FOR COMPUTER AIDED PARAMETRIC
ARRAYS DESIGN OF ASSEMBLIES AND AGGREGATES
IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY⁷**

Asst. Prof. Ahmed Ahmed, PhD

Department of Engines and Vehicles

Faculty of Transport, University of Ruse "Angel Kanchev", Ruse, Bulgaria

Tel.: 082 / 888 527

E-mail: aahmed@uni-ruse.bg

Prof. Borislav Angelov, PhD

Department of Engines and Vehicles

Faculty of Transport, University of Ruse "Angel Kanchev", Ruse, Bulgaria

Tel.: 082 / 888 527

E-mail: bangelov@uni-ruse.bg

Abstract: The use of widespread industrial software products for computer aided parametric arrays design of assemblies and aggregates in the automotive industry goes through two stages - creating an algorithm (general plan) for solving the problem and creating a software that takes into account the specifics of each specific practical task. This report contains the results of the work done to create an algorithm for computer aided parametric arrays design of assemblies and aggregates in the automotive industry. Based on the algorithm, using Microsoft Excel and SolidWorks, a software was created for parametric arrays design of discs for clutches and brake discs for wheel brakes.

Keywords: *algorithm, computer aided design; parametric array;*

ВЪВЕДЕНИЕ

Използването на компютърната техника в процеса на проектиране датира още от средата на миналия век. В момента компютърът е основният инструмент за извършване на изчислителната работа, ранната визуализация на продукта и създаването на конструктивната документация в етапа на подготовката за производство. Особено ефективно е използването на компютърната техника при параметричното (вариантното) проектиране. При това проектиране условията на работа, материалът и формата на елементите се запазват, а се променя само големината на външното натоварване. Това позволява създаденият програмен продукт при първоначалното решаване на задачата да се използва многократно, тъй като всяка следваща промяна на големината на външното натоварване води до получаване на нов елемент, различаващ се от другите елементи от параметричния ред само по размерите си. За решаване на подобни задачи от конструкторската практика през последните години основно се използват широко разпространените индустриални софтуерни продукти като SolidWorks, Catia, Autodesk, Siemens NX и др.

Използването на съществуващите индустриални софтуерни продукти за проектиране на параметрични редове от възли и агрегати е свързано със създаването на програмна среда, отчитаща особеностите на конкретната практическа задача. В най-общия случай решаването на задачата преминава през следните два етапа – създаване на алгоритъм (общ план) за решаване на задачата и създаване на програмна среда, отчитаща особеностите на решаваната конкретна практическа задача.

⁷ Докладът е представен на 30 октомври 2021 с оригинално заглавие на български език: АЛГОРИТЪМ ЗА АВТОМАТИЗИРАНО ПРОЕКТИРАНЕ НА ПАРАМЕТРИЧНИ РЕДОВЕ ОТ ВЪЗЛИ И АГРЕГАТИ В АВТОМОБИЛОСТРОЕНЕТО

Анализът на публикациите в научната периодика показва, че въпросът за автоматизираното проектиране на параметрични редове от възли и агрегати не е изяснен до момента в необходимата степен. В специализираната литература се срещат резултати от научни изследвания, които са насочени основно към изясняване на начина на използване на отделните програмни продукти и създаване на автоматична връзка между тях (Huang, S., Xu, Z., Wang, G., Zeng, C., & Yan, Y., 2019), (Wang, F., & Yang, G., 2019), (Kim, Y., Ra, L., & Jun, S., 2006), (Dabbeeru, M., & Mukerjee, A., 2008). Публикувани са още и резултати от изследвания, изясняващи някои приложни аспекти от процеса (Zugasti, J., Otto, K., & Baker, J., 2001), (Brahmbhatt, K., Patel, D., & Sanchapara, N., 2014), (Wang, S., Melendez, S., Tsai, C., & Wu, C., 2008), (Cojocar, V., Nedelcu, D., & Micloșină, C., 2008). Резултати от изследвания, обхващащи целия процес на автоматизирано проектиране на параметрични редове от възли и агрегати, включващ синтеза на алгоритъм за решаване на задачата и създаване на програмна среда чрез използване на подходящи програмни продукти, все още се срещат рядко в специализираната периодика.

В настоящия доклад е предложен алгоритъм за решаване на задачата за автоматизирано проектиране на параметричен ред от възли и агрегати в автомобилостроенето. Въз основа на алгоритъма, чрез използване Microsoft Excel и SolidWorks, са създадени програмни среди за проектиране съответно на водими дискове за съединители и спирачни дискове за колесни спирачки.

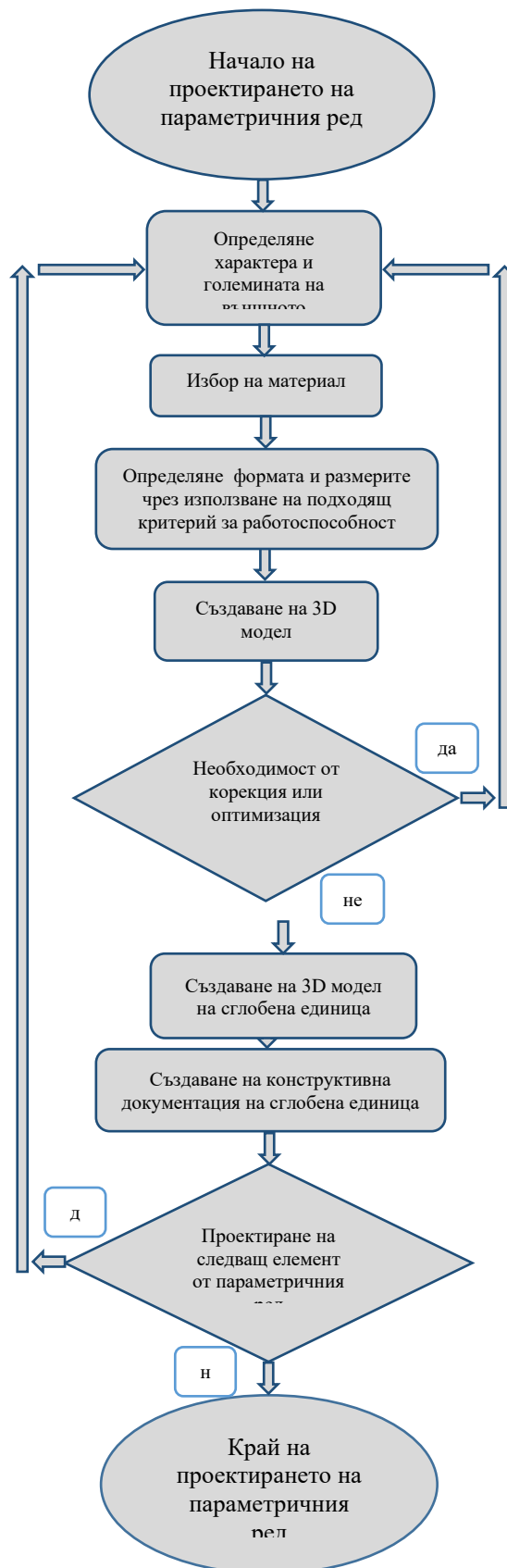
ИЗЛОЖЕНИЕ

Алгоритъм за автоматизирано проектиране на параметричен ред от възли и агрегати в автомобилостроенето

Между жизнения цикъл на новото изделие, подготовката за производство, техническата подготовка на производството и проектирането съществува вертикална йерархическа зависимост (Angelov, B., 2014). Общоприет е фактът, че проектирането започва с изясняване и дефиниране на задачата и завършва с разработване на конструктивна документация. Процесът се разделя на функционална и предметна фаза, а като основни етапи на проектирането са обособени още следните дейности: провеждане на предпроектни проучвания и изследвания; съставяне на техническо задание; избор или синтез на техническо предложение; разработване на идеен проект и разработване на технически проект (Angelov, B., 2014).

Същността на проектирането на параметричен ред от възли и агрегати се състои в това, че елементите от параметричния ред се получават въз основа на извършеното ясно оразмеряване и конструктивно и функционално обвързване на първия елемент от реда в рамките на проектираната сглобена единица. От тази гледна точка задачата може да се отнесе към предметната фаза на проектирането на новото изделие и обхваща само последните два етапа от тази фаза – разработване на технически проект и създаване на конструктивна документация.

Алгоритъмът за автоматизирано проектиране на параметричен ред от възли и агрегати, създаден въз основа на извършения анализ, е показан на фиг. 1. Проектирането на първия елемент от параметричния ред започва с определяне характера и големината на външното натоварване. Процесът продължава с избор на материал, от който ще се изработи елементът, и определяне на формата и размерите на проектирания елемент чрез използване на подходящ критерий за работоспособност. Създаването на 3D модел е важна предпоставка за гарантиране на качеството на извършеното проектиране. Във връзка с това е предвидена възможност за извършване на корекции или за постигане на оптимално решение при работа на проектирания елемент в дадени конкретни условия. Проектирането завършва със създаване на 3D модел и конструктивна документация на сглобената единица.

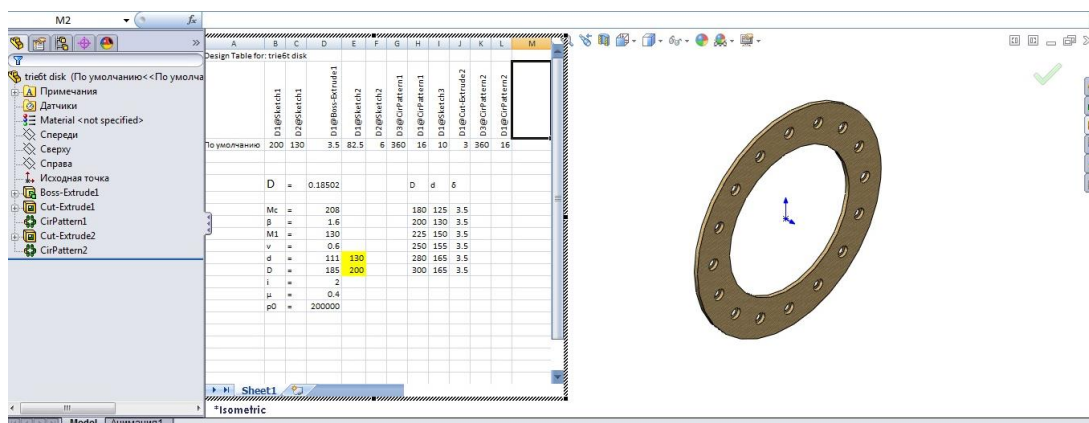


Фиг. 1. Алгоритъм за автоматизирано проектиране на параметричен ред от възли и агрегати в

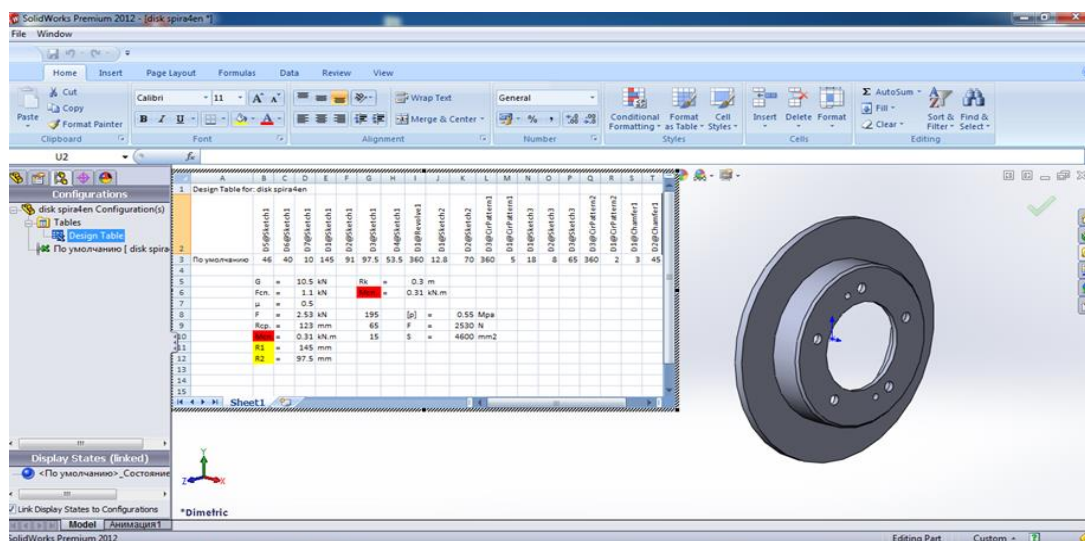
Задачата се решава в пълен обем само при проектиране на първия елемент от параметричния ред. Проектирането на следващите елементи се извършва чрез многократно използване на предложения алгоритъм при отчитане на промяната на големината на външното натоварване.

Автоматизирано проектиране на параметрични редове от водими дискове за съединители и спирачни дискове за колесни спирачки

Въз основа на предложения алгоритъм, чрез използване Microsoft Excel и SolidWorks, са създадени програмни среди за автоматизирано проектиране съответно на параметрични редове от водими дискове за съединители и спирачни дискове за колесни спирачки. Проектирани са три елемента от параметричния ред от водими дискове за стойности на въртящия момент 130, 260 и 440 Nm. От параметричния ред от спирачни дискове са проектирани два елемента при две стойности на спирачния момент – 0,31 и 0,46 kNm. Якостните изчисления са извършени чрез разработени програми за Microsoft Excel, а получените резултати са нанесени в таблици. Чрез създадената автоматична връзка между Microsoft Excel и SolidWorks са построени базовите 3D модели на триещия диск на съединителя при големина на въртящия момент 130 Nm (фиг. 2) и на спирачния диск на колесната спирачка при големина на спирачния момент 0,31 kNm (фиг. 3). При избора на методиките за якостните изчисления на дисковете са взети предвид резултати от изследвания върху топлинните и механичните характеристики на триещите дискове (Belhocine, A., & Bouchetara, M., 2013), (Cho, H., Cho, C., & Kim, C., 2007) и върху влиянието на формата и размерите на триещите дискове върху фрикционните им свойства (Alves, J., Maruyama, F., Volpe, L., Buscariolo, F., & Magazoni, F., 2017), публикувани през последните няколко години. Построяването на 3D моделите на сглобените единици – водимия диск на съединителя и колесната спирачка – също е извършено чрез SolidWorks.

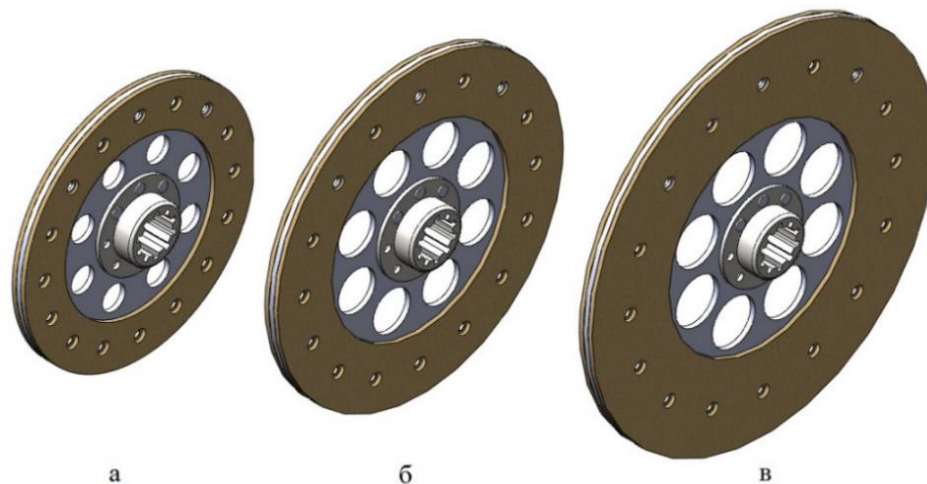


Фиг. 2. Създаване на базов 3D модел на триещия диск при големина на въртящия момент 130 Nm



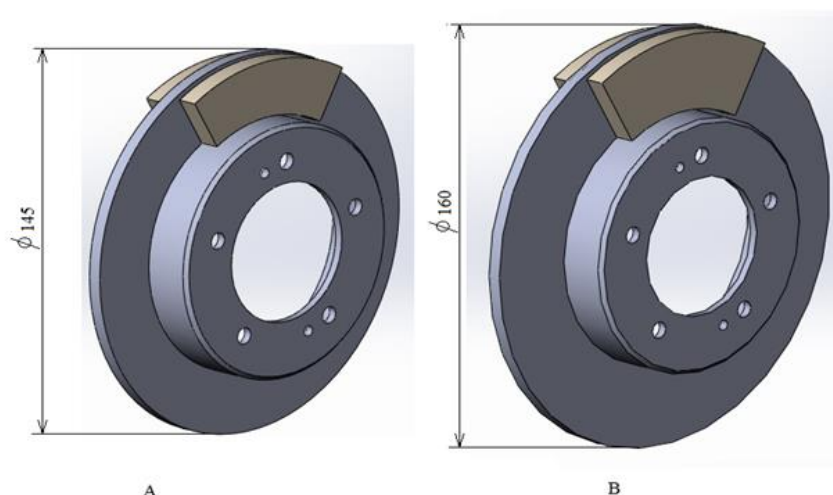
Фиг. 3. Създаване на базов 3D модел на спирачния диск при големина на спирачния момент 0,31 kN.m

Увеличаването на големината на въртящия момент последователно на 260 и 440 Nm, при използване на създадената програмна среда за автоматизирано проектиране на параметрични редове от водими дискове за съединители, води до автоматично изчисляване на размерите и получаване на 3D моделите на два нови триещи диска. Въз основа на проектираните два нови триещи диска са получени, също автоматично, два нови 3D модела на водими дискове (фиг. 4).



Фиг. 4. Създаване на 3D модели на водими дискове за автомобилни съединители при три големина на въртящия момент: а – 130 Nm; б – 260 Nm; в – 440 Nm

Чрез увеличаване на спирачния момент от 0,31 на 0,46 kNm. и използване на създадената програмна среда за автоматизирано проектиране на параметрични редове от спирачни дискове за колесни спирачки е направено автоматично определяне на размерите и е създаден 3D модел на нов спирачен диск – следващият елемент от параметричния ред. Въз основа на проектирания спирачен диск, също автоматично, е получен 3D моделът на новата колесна спирачка (фиг. 5).



Фиг. 5. Създаване на 3D модели на колесни спирачки при големина на спирачния момент: А – 0,31 kN.m; В – 0,46 kN.m

Автоматизираното проектиране на параметричните редове от водими дискове за съединители и спирачни дискове за колесни спирачки следва да завърши със създаване на

конструктивна документация на съответната сглобена единица. За целта може да се използва някоя от широко разпространените в практиката 2D CAD системи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат от извършеното изследване е предложен алгоритъм за автоматизирано проектиране на параметричен ред от възли и агрегати в автомобилостроенето. Чрез предложения алгоритъм може да се постигне по-добро планиране и управление на процеса на проектиране и по-ефективното използване на компютърната техника за извършване на изчислителната работа, визуализацията на продукта и създаването на конструктивната документация при подготовката на производството. Приложимостта на алгоритъма е потвърдена чрез проектиране на параметрични редове от водими дискове за съединители и спирачни дискове за колесни спирачки.

Резултатите от извършеното изследване могат да се използват при обучението на студенти и докторанти от инженерните специалности и в конструкторската практика.

REFERENCES

Alves, J., Maruyama, F., Volpe, L., Buscariolo, F., & Magazoni, F. (2017). *Performance Comparison of Different Chamber designs for Ventilated Disk brake*. SAE Technical Papers, 2017-36-0240, ISSN 0148-7191.

Angelov, B. (2014). *Methodological bases of functional-structural analysis and design of technical systems*. Monograph, Publishing center of the University of Ruse „A. Kanchev“, ISBN-978-954-712-631-2, pp.130.

Belhocine, A., & Bouchetara, M. (2013). *Thermal–mechanical coupled analysis of a brake disk rotor*. Heat Mass Transfer 49(8), p.1167–1179, DOI 10.1007/s00231-013-1161-8.

Brahmbhatt, K., Patel, D., & Sanchara, N. (2014). *Parametric modelling of Oldham coupling*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 3, Issue 2, ISSN: 2319-8753, p.9120-9125.

Cho, H., Cho, C., & Kim, C. (2007). *Thermal and Mechanical Performance Analysis in Accordance with Disk Stiffness Changes in Automotive Disk Brake*. SAE Technical Papers, DOI: 10.4271/2007-01-3661.

Cojocaru, V., Nedelcu, D., & Micloșină, C. (2008). *The Parametrical Design of the Parts from the Same Technological Family*. ANUL XV, NR. 1, p. 113-118, ISSN 1453–7397.

Dabbeeru, M., & Mukerjee, A. (2008). *Functional Part Families and Design Change for Mechanical Assemblies*. DETC2008-49739, p. 1067-1076, <https://doi.org/10.1115/DETC2008-49739>.

Huang, S., Xu, Z., Wang, G., Zeng, C., & Yan, Y. (2019). *Reconfigurable machine tools design for multi-part families*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 105, p. 813–829, DOI: 10.1007/s00170-019-04236-6.

Kim, Y., Ra, L., & Jun, S. (2006). *Parametric design of a part with free-form surfaces*. Journal of Zhejiang University-SCIENCE A vol. 7, p. 1530–1534, DOI: 10.1631/jzus.2006.A1530.

Wang, F., & Yang, G. (2019). *Parametric design and analysis of a mortar base plate*. Vibroengineering PROCEDIA, Vol. 29, p. 201-206, <https://doi.org/10.21595/vp.2019.20955>.

Wang, S., Melendez, S., Tsai, C., & Wu, C. (2008). *Parametric Design and Design Associability in 3D CAD*. Materials Science Forum, Vol. 594, p. 461-468, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.594.461>.

Zugasti, J., Otto, K., & Baker, J. (2001). *Assessing Value in Platformed Product Family Design*. Research in Engineering Design vol. 13, p. 30–41, DOI: 10.1007/s001630100001.