

Рис. 7. Распределение интенсивности напряжений в сосуде с $\epsilon_{\max} = -0.1$ для различных моментов времени: 1 – $0.001t_*$, 2 – $0.01t_*$, 3 – $0.1t_*$, 4 – t_*

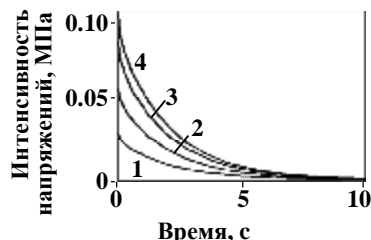


Рис. 8. Перераспределение во времени интенсивности напряжений на внутренней поверхности сосуда для $\epsilon_{\max} = -0.1$ (1), $\epsilon_{\max} = -0.2$ (2), $\epsilon_{\max} = -0.3$ (3), $\epsilon_{\max} = -0.36$ (4)

Условие прочности кровеносного сосуда имеет вид:

$$\sigma_i \leq [\sigma], \quad (15)$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение. Принимая $[\sigma] = 0.1$ МПа [9], нетрудно сделать вывод (рис. 8) о том, что для кровеносных сосудов с $|\epsilon_{\max}| < 0.36$ условие прочности (15) выполняется. С другой стороны, как видно из рис. 8, для кровеносного сосуда с $|\epsilon_{\max}| = 0.36$ условие прочности (15) не выполняется, и имеет место разрушение сосуда.

Выводы. Предложена математическая модель, позволяющая определить диффузионное укорочение сосуда и диффузионные напряжения, возникающие в кровеносных сосудах биомеханической системы под воздействием психоактивных веществ, находящихся в крови. Предложенная модель включает четыре параметра (A , C_0 , E , D) и два геометрических размера сосуда (a , b). Численными исследованиями выявлены количественные и качественные особенности перераспределения во времени концентрации психоактивного вещества, диффузионных напряжений и интенсивности диффузионных напряжений в упругом кровеносном сосуде. Сформулировано условие прочности сосуда и исследовано его разрушение.

Список литературы: 1. Лінський І.В., Голубчиков М.В., Мінко О.І., Первомайський Е.Б., Дьяченко Л.І., Петриненко О.О., Мінко О.О. Актуальні тенденції поширення залежності від психоактивних речовин в Україні // Щорічний аналітичний огляд. Вип.3. – Харків: АМН України, 2006. – 46 с. 2. Малмейстер А.К., Тамуж В.П., Тетерс Г.А. Сопротивление полимерных и композитных материалов. – Третье издание. – Рига: Зинатне, 1980. – 572 с. 3. Jiménez M.I.B. An object oriented modeling framework for the arterial wall. PhD thesis, University of Los Andes, Bogota, Colombia. – 2007. 4. Figueroa Roldán H.M. Estimation of vessel wall compliance using acoustic reflectometry. MSc thesis, University of Puerto Rico, Mayaguez. – 2006. 5. Tóth M., Nádasy G.L., Nyáry I., Kerényi T., Monos E. Are there systemic changes in the arterial biomechanics of intracranial aneurysm patients? // Pflügers Archiv European Journal of Physiology. – 2000. – 439. – PP.573-578. 6. Mehnen L.H. Ferromagnetic

amorphous bending sensors for artery wall displacement measurement simulation and practice. Ph.D Thesis, Institut für Analysis und Technische Mathematik, Wien. – 2002. 7. Liao D., Arnett D.K., Tyroler H.A., Riley W.A., Chambless L.E., Szklo M., Heiss G. Arterial stiffness and the development of hypertension: The ARIC study // The importance of arterial stiffness measurement, Lannert A. (Ed.). - The Hungarian Arterial Stiffness Society: Medexpert Ltd., 2007. – PP.8-9. 8. Levesque M.L., Liepsch D., Moravec S., Nerem R.M. Correlation of endothelial cell shape and wall shear stress in a stenosed dog aorta // Arteriosclerosis, Trombosis, and Vascular Biology. – 1986. – 6. – PP.220-229. 9. Schmid F., Sommer G., Rappolt M., Schulze-Bauer C.A.J., Reginig T.P., Holzappel G.A., Laggner P., Amenitsch H. In situ tensile testing of human aortas by time-resolved small-angle X-ray scattering // Journal of Synchrotron Radiation. – 2005. – 12. – PP.727-733. 10. Zolochovsky A.A., Goncharova G.V., Sodium penetration and chemically induced stresses in the hollow cylinder of Rapoport-Samoilenko apparatus - I. Constitutive modelling // Вісник НТУ „ХПІ”. Тематичний випуск „Машинобудівництво і САПР”. – 2007. – № 29. – С.139-149. 11. Crank J. The Mathematics of Diffusion. Second Edition. - Oxford: Oxford University Press, 1999. 12. Berger J., Reist M., Mayer J.M., Felt O., Gurny R. Structure and interactions in chitosan hydrogels formed by complexation or aggregation for biomedical applications // European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. – 2004. – 57. – PP.35-52. 13. Sidman K.R., Arnold D.L., Steber W.D., Nelsen L., Granchelli F.E., Sheth S.G. Use of synthetic polypeptides in the preparation of biodegradable delivery vehicles for narcotic antagonists // Narcotic Antagonists: The Search for Long-Acting Preparations, Willette R. (Ed.). – The National Institute on Drug Abuse: Maryland, 1976. - P. 33-38. 14. Kalia Y. N., Guy R. H. Modeling transdermal drug release // Advanced Drug Delivery Reviews. – 2001. – 48. – PP.159-172. 15. Tojo K., Isowaki A. Pharmacokinetic model for in vivo/in vitro correlation of intravitreal drug delivery // Advanced Drug Delivery Reviews. – 2001. – 52. – PP.17-24. 16. Rappitsch G., Perktold K., Pernkopf E. Numerical modeling of shear-dependent mass transfer in large arteries // International Journal for Numerical Methods in Fluids. – 1997. – 25. – PP.847-857. 17. Mathys K., Verdonck P. Development and modeling of arterial applanation tonometry: A review // Technology and Health Care. – 2002. – 10. – PP.65-76. 18. Nair P.K., Huang N.S., Hellums J.D., Olsson J.S. A simple model for prediction of oxygen transport rates by flowing blood in large capillaries // Microvascular Research. – 1990. – 39. – PP.203-211. 19. Carboni E., Silvagni A., Rolando M.T.P., Di Chiara G. Stimulation of in vivo dopamine transmission in the bed nucleus of stria terminalis by reinforcing drugs // The Journal of Neuroscience. – 2000. – 20, RC102. – PP.1-5. 20. Avci R., Maccagnano S., Bohannon G., Gresham G., Groenewold G. Application of ToF-SIMS to studying surface diffusion: Do cocaine and heroin form a two-dimensional gas on surfaces? - American Physical Society, Annual March Meeting, March 12 - 16, Abstract #L13.008. - 2001 Washington State Convention Center Seattle, Washington Meeting ID: MAR01. P.1. 21. Herrmann S., Winter G., Mohl S., Siepmann F., Siepmann J. Mechanisms controlling protein release from lipidic implants: effects of PEG addition // Journal of Controlled Release. – 2007. – 118. – PP.161-168. 22. Siepmann F., Hoffmann A., Leclercq B., Carling B., Siepmann J. How to adjust desired drug release patterns from ethylcellulose-coated dosage forms // Journal of Controlled Release. – 2007. – 119. – PP.182-189. 23. Carslaw H. S., Jaeger J.C. Conduction of heat in solid. -Second edition. – New York: Oxford University Press, 1997.

Поступила в редакцию 04.03.08

УДК 621.833.6

С.Н. КАВЕЦКИЙ, аспирант, НТУ “ХПИ”, **Т.В. ГЕРЕШ**, Харьковский аэрокосмический университет им. Жуковского “ХАИ”, г. Харьков

СИНТЕЗ ПЛАНЕТАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ АА И ІІ СО СВЯЗАННЫМИ И НЕСВЯЗАННЫМИ КОЛЕСАМИ С УЧЕТОМ УГЛОВ ЗАЦЕПЛЕНИЯ

У статті показана можливість синтезу планетарних механізмів АА, ІІ з незв'язаними колесами і АА, ІІ із зв'язаними колесами. Розглянуто синтез планетарних механізмів АА, ІІ і АА, ІІ

з урахуванням можливих значень кутів зацеплення на етапі проектування. Отримані генеральні рівняння, що враховують параметри геометричного розрахунку зубчастих пар що входять до складу механізму.

Possibility of synthesis of planetary mechanisms AA, II with unrelated wheels and \overline{AA} , \overline{II} with the linked wheels is shown in the article. The synthesis of planetary mechanisms AA, II and \overline{AA} , \overline{II} is considered taking into account the possible values of angles of actions at the design stage. General equations are got taking into account the parameters of geometrical calculation of gear pairs which are the part of mechanism.

Введение: Планетарные механизмы обладают рядом достоинств по сравнению с рядными или кратными механизмами, что привело к их широкому применению при конструировании различных механических систем. Однако наряду с их достоинствами, планетарные механизмы также имеют и недостатки. Например, для схем AA и II часто возникает вопрос об ограниченности их применения в связи с невысоким КПД, заклинивания зубьев (для внутреннего зацепления), неравномерности возникновения нагрузки среди сателлитов. При этом интересен вопрос о возможности изготовления планетарных механизмов.

1. **Основная часть:** Как известно, для работоспособности планетарного механизма необходимо выполнение следующих условий: соосности, сборки, передаточного отношения и соседства. Так, для схем AA и II планетарных механизмов условие передаточного отношения и сборки имеют вид [1]:

$$\begin{cases} \frac{Z_1}{k} \left(1 - \frac{Z_2 Z_4}{Z_1 Z_3} \right) + \frac{Z_2}{Z_3} Q = P, & \text{условие сборки;} \\ i_{1H}^4 = 1 - \frac{Z_2 Z_4}{Z_1 Z_3}, & \text{условие передаточного отношения.} \end{cases} \quad (1)$$

Условие соосности в общем виде с учетом углов зацепления в первой и второй ступенях можно записать, используя [2]:

$$\begin{cases} \lambda \frac{Z_1 + Z_2}{Z_3 + Z_4} = t, & \text{для схемы AA,} \\ \lambda \frac{Z_1 - Z_2}{Z_4 - Z_3} = t, & \text{для схемы II,} \end{cases} \quad (2)$$

где $\lambda = \frac{m_{12}}{m_{34}}$ – отношение модулей зубчатых колес первой и второй ступеней соответственно.

С учетом параметра x , определяющего отношение чисел зубьев сателлита второй и первой ступеней,

$$x = \frac{Z_2}{Z_3}, \quad (3)$$

и выражения (1), получают генеральные уравнения для чисел зубьев зубчатых колес Z_1 , Z_3 и Z_4 [1]:

$$\begin{cases} Z_1 = k \frac{P - xQ}{i_{1H}^4}; & Z_3 = \frac{Z_2}{x}; & Z_4 = Z_1 \frac{1 - i_{1H}^4}{x}. \end{cases} \quad (4)$$

Определим уравнение для определения чисел зубьев колеса Z_2 при выбранной схеме AA. Подставляя выражения для Z_3 и Z_4 в условие соосности (2), получим:

$$\lambda \frac{Z_1 + Z_2}{\frac{Z_2}{x} + Z_1 \frac{1 - i_{1H}^4}{x}} = t \Rightarrow Z_2 = \frac{t}{\lambda} \left(\frac{Z_2}{x} + Z_1 \frac{1 - i_{1H}^4}{x} \right) - Z_1.$$

Выражая Z_2 , получим уравнение:

$$Z_2 = Z_1 \frac{t - t i_{1H}^4 - x \lambda}{x \lambda - t}. \quad (5)$$

Аналогично получим уравнение для определения чисел зубьев колеса Z_2 при выбранной схеме II. Подставляя выражение для Z_3 и Z_4 в условие соосности (2), получим:

$$\begin{aligned} \lambda \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 \frac{1 - i_{1H}^4}{x} - \frac{Z_2}{x}} = t &\Rightarrow Z_2 = Z_1 - \frac{t}{\lambda} \left(Z_1 \frac{1 - i_{1H}^4}{x} - \frac{Z_2}{x} \right) \Rightarrow \\ &\Rightarrow Z_2 - \frac{Z_2 t}{x \lambda} = Z_1 - Z_1 t \frac{1 - i_{1H}^4}{x \lambda}. \end{aligned}$$

Выражая Z_2 , получим уравнение:

$$Z_2 = Z_1 \frac{x \lambda - t + t i_{1H}^4}{x \lambda - t}. \quad (6)$$

Получим уравнения для определения числа зубьев планетарных механизмов AA и II, учитывая, что первая и вторая ступени связаны через общий сателлит. Следовательно, параметры x и λ для этих схем механизмов

будут равны: $x = \frac{Z_2}{Z_3} = 1$, $\lambda = \frac{m_{12}}{m_{34}} = 1$.

Следовательно, генеральные уравнения примут вид:

- схема \overline{AA}

$$\begin{cases} Z_1 = k \frac{N}{i_{1H}^4}; \\ Z_3 = Z_2 = Z_1 \frac{t - ti_{1H}^4 - 1}{1-t}; \\ Z_4 = Z_1(1 - i_{1H}^4); \end{cases} \quad (7)$$
- схема \overline{II}

$$\begin{cases} Z_1 = k \frac{N}{i_{1H}^4}; \\ Z_3 = Z_2 = Z_1 \frac{1-t + ti_{1H}^4}{1-t}; \\ Z_4 = Z_1(1 - i_{1H}^4). \end{cases} \quad (8)$$

Из полученных уравнений (5) и (6) следует, что при $t=1$ нельзя синтезировать планетарные механизмы \overline{AA} и \overline{II} , а для других значений параметра t возможно. Параметр t можно брать в пределах $[0,8...1,2]$, в этом случае угол зацепления зубчатой пары первой ступени будет изменяться в пределах $[20^\circ...44^\circ]$ и для второй ступени в пределах $[40^\circ...20^\circ]$ [2].

Рассмотрим, как изменятся системы неравенств, определяющие область существования планетарных механизмов AA и II .

Из уравнений (5) и (6) можно сделать вывод, что генеральные уравнения имеют смысл, если выполнены условия:

- схема AA

$$\begin{cases} t - ti_{1H}^4 - x\lambda > 0 & \text{для } x\lambda > t, \\ t - ti_{1H}^4 - x\lambda < 0 & \text{для } x\lambda < t; \end{cases} \quad (9)$$
- схема \overline{AA}

$$\begin{cases} t - ti_{1H}^4 - 1 > 0 & \text{для } t < 1, \\ t - ti_{1H}^4 - 1 < 0 & \text{для } t > 1; \end{cases} \quad (10)$$
- схема II

$$\begin{cases} x\lambda - t + ti_{1H}^4 > 0 & \text{для } x\lambda > t, \\ x\lambda - t + ti_{1H}^4 < 0 & \text{для } x\lambda < t; \end{cases} \quad (11)$$
- схема \overline{II}

$$\begin{cases} 1 - t + ti_{1H}^4 > 0 & \text{для } t < 1, \\ 1 - t + ti_{1H}^4 < 0 & \text{для } t > 1. \end{cases} \quad (12)$$

Выражая из неравенств (9)-(12) передаточное отношение i_{1H}^4 , получим:

- схема AA

$$\begin{cases} i_{1H}^4 < 1 - \frac{x\lambda}{t} & \text{для } x\lambda > t, \\ i_{1H}^4 > 1 - \frac{x\lambda}{t} & \text{для } x\lambda < t; \end{cases} \quad (13)$$
- схема \overline{AA}

$$\begin{cases} i_{1H}^4 < 1 - \frac{1}{t} & \text{для } t < 1, \\ i_{1H}^4 > 1 - \frac{1}{t} & \text{для } t > 1; \end{cases} \quad (14)$$
- схема II
- схема \overline{II}

$$\begin{cases} i_{1H}^4 > 1 - \frac{x\lambda}{t} & \text{для } x\lambda > t, \\ i_{1H}^4 < 1 - \frac{x\lambda}{t} & \text{для } x\lambda < t; \end{cases} \quad (15)$$

$$\begin{cases} i_{1H}^4 > 1 - \frac{1}{t} & \text{для } t < 1, \\ i_{1H}^4 < 1 - \frac{1}{t} & \text{для } t > 1. \end{cases} \quad (16)$$

Определим второе ограничивающее условие для передаточного отношения i_{1H}^4 . Запишем условие соседства спутников планетарного механизма:

- схема AA

$$\begin{cases} (Z_4 + Z_3) \sin \frac{\pi}{k} \geq Z_3 + 2, & \text{для } x\lambda > 1, \\ (Z_1 + Z_2) \sin \frac{\pi}{k} \geq Z_2 + 2, & \text{для } x\lambda < 1. \end{cases} \quad (17)$$

- схема II

$$\begin{cases} (Z_4 - Z_3) \sin \frac{\pi}{k} \geq Z_3 + 2, & \text{для } x\lambda > 1, \\ (Z_1 - Z_2) \sin \frac{\pi}{k} \geq Z_2 + 2, & \text{для } x\lambda < 1. \end{cases} \quad (18)$$

Используя условие соосности для максимального числа зубьев Z_4 при $x\lambda > t$ и $x\lambda < t$ и совершив предельный переход [1], получим:

- схема AA

$$\begin{cases} i_{1H}^4 > \frac{1 - \frac{x\lambda}{t}}{1 - \sin \frac{\pi}{k}} & \text{для } x\lambda > t, \\ i_{1H}^4 < \frac{t - x\lambda}{t - x\lambda \sin \frac{\pi}{k}} & \text{для } x\lambda < t; \end{cases} \quad (19)$$
- схема \overline{AA}

$$\begin{cases} i_{1H}^4 > \frac{t-1}{t - t \sin \frac{\pi}{k}} & \text{для } t < 1, \\ i_{1H}^4 < \frac{t-1}{t - \sin \frac{\pi}{k}} & \text{для } t > 1; \end{cases} \quad (20)$$
- схема II

$$\begin{cases} i_{1H}^4 < \frac{1 - \frac{x\lambda}{t}}{1 + \sin \frac{\pi}{k}} & \text{для } x\lambda > t, \\ i_{1H}^4 > \frac{t - x\lambda}{t + x\lambda \sin \frac{\pi}{k}} & \text{для } x\lambda < t; \end{cases} \quad (21)$$
- схема \overline{II}

$$\begin{cases} i_{1H}^4 < \frac{t-1}{t + t \sin \frac{\pi}{k}} & \text{для } t < 1, \\ i_{1H}^4 > \frac{t-1}{t + \sin \frac{\pi}{k}} & \text{для } t > 1. \end{cases} \quad (22)$$

Полученные неравенства (13)-(16) и (19)-(22) дают возможность для ка-

ждого выбора параметров $x\lambda$ и t определить пределы возможных передаточных отношений синтезируемого механизма. Неравенства, определяющие пределы изменения передаточного отношения, приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Системы неравенств, определяющие область существования планетарных механизмов \overline{AA} и \overline{II}

Схема механизма	Неравенства, определяющие безусловную область существования при	
	$x\lambda > t$	$x\lambda < t$
\overline{AA}	$1 - \frac{x\lambda}{t} > i_{1H}^4 > \frac{1 - \frac{x\lambda}{t}}{1 - \sin \frac{\pi}{k}}$	$1 - \frac{x\lambda}{t} < i_{1H}^4 < \frac{t - x\lambda}{t - x\lambda \sin \frac{\pi}{k}}$
\overline{II}	$1 - \frac{x\lambda}{t} < i_{1H}^4 < \frac{1 - \frac{x\lambda}{t}}{1 + \sin \frac{\pi}{k}}$	$1 - \frac{x\lambda}{t} > i_{1H}^4 > \frac{t - x\lambda}{t + x\lambda \sin \frac{\pi}{k}}$

Таблица 2

Системы неравенств, определяющие область существования планетарных механизмов \overline{AA} и \overline{II}

Схема механизма	Неравенства, определяющие безусловную область существования при	
	$t < 1$	$t > 1$
\overline{AA}	$1 - \frac{1}{t} > i_{1H}^4 > \frac{t-1}{t-t \sin \frac{\pi}{k}}$	$1 - \frac{1}{t} < i_{1H}^4 < \frac{t-1}{t - \sin \frac{\pi}{k}}$
\overline{II}	$1 - \frac{1}{t} < i_{1H}^4 < \frac{t-1}{t+t \sin \frac{\pi}{k}}$	$1 - \frac{1}{t} > i_{1H}^4 > \frac{t-1}{t + \sin \frac{\pi}{k}}$

Общие выводы.

1. Получены генеральные уравнения для синтеза планетарных механизмов \overline{AA} , \overline{AA} , \overline{II} и \overline{II} с учетом корректировки углов зацепления для пар связанных и несвязанных зубчатых колес на этапе синтеза механизма.
2. Получены условия для определения пределов возможных передаточных отношений проектируемого механизма для каждого выбора параметров $x\lambda$ и t .
3. Синтез планетарного механизма для схем \overline{AA} , \overline{AA} , \overline{II} и \overline{II} , проведенный с использованием генеральных уравнений (4)-(8), дает возможность получить дополнительные комбинации чисел зубьев, которые нельзя получить с помощью генеральных уравнений, приведенных в [1].

4. Полученные неравенства, определяющие область существования планетарных механизмов \overline{AA} и \overline{II} (см. табл. 1), дают возможность получить дополнительные изолинии на известных областях существования, приведенных в [1].

5. С помощью неравенств, определяющих область существования планетарных механизмов \overline{AA} и \overline{II} , приведенных в табл. 2, можно оценить пределы изменения передаточного числа и построить область существования планетарных механизмов для этих схем.

Список литературы: 1. *Ткаченко В.А.* Планетарные механизмы (оптимальное проектирование). – Харьков: Издательский центр ХАИ. – 2003. – 446 с. 2. *Кавецкий С.Н., Гереш Т.В.* Зависимость углов зацепления зубчатых пар планетарных механизмов со связанными и несвязанными колесами. // Вестник НТУ „ХПИ”. Тем. вып.: Машиностроение и САПР. – № 2. – 2008. – С.115-120.

Поступила в редколлегию 17.03.08

УДК 539.3

Т.В. ПОЛИЩУК, зам. генерального директора, ОАО „Азовобщесмаш”, г. Мариуполь

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МАКЕТА МЕХАНИЗМА НАКЛОНА ПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ: МОДЕЛИ, АЛГОРИТМЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ

У статті запропонована методика параметричного розрахунку макета механізму нахилу плавильної печі у складі автоматизованої лінії крупного вагонного литва. Отримані раціональні параметри, що забезпечують оптимальне напруження в конструкції та мінімальний контактний тиск на поверхні перекачування механізму нахилу ливарної печі по опорній поверхні. Як результати наведені картини напружено-деформованого стану та графіки залежностей величин напружень, переміщень та контактного тиску від геометричних параметрів.

In the article is offered method of self-reactance calculation of model of mechanism of inclination of smelting furnace in composition the automated line of the large carriage casting. Rational parameters which provide optimum tensions in constructions and minimum contact pressure on-the-spot rolling of mechanism of inclination of smelting furnace on an underlayment are got. As results the pictures of the tensely-deformed state are resulted, and graphic arts of dependence of sizes of tensions, moving and contact pressure from geometrical parameters.