

ISSN 2224-5227

2015 • 5

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ  
**БАЯНДАМАЛАРЫ**

**ДОКЛАДЫ**

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**REPORTS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.  
PUBLISHED SINCE 1944



Бас редактор  
ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әдекенов С.М.** (бас редактордың орынбасары), эк.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әділов Ж.М.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Арзықұлов Ж.А.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Бишімбаев У.К.**, а.-ш.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Есполов Т.И.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұтанов Г.М.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**, пед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Пралиев С.Ж.**, геогр.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Северский И.В.**; тарих.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Сыдықов Е.Б.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбүсейітова М.Х.**, экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА корр. мүшесі **Бейсембетов И.К.**, биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жамбакин К.Ж.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Кәрібаев Б.Б.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Локшин В.Н.**, геол.-мин. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірсеріков М.Ш.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Садыбеков М.А.**, хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Сатаев М.И.**; ҚР ҰҒА құрметті мүшесі, а.-ш.ғ. докторы, проф. **Омбаев А.М.**

Редакция кеңесі:

Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина), Украинаның ҰҒА академигі **Неклюдов И.М.** (Украина), Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **Гордиенко А.И.** (Беларусь), Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Дука Г.** (Молдова), Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Илолов М.И.** (Тәжікстан), Қырғыз Республикасының ҰҒА академигі **Эркебаев А.Э.** (Қырғызстан), Ресей ҒА корр. мүшесі **Величкин В.И.** (Ресей Федерациясы); хим.ғ. докторы, профессор **Марек Сикорски** (Польша), тех.ғ. докторы, профессор **Потапов В.А.** (Украина), биол.ғ. докторы, профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КХР), филос. ғ. докторы, профессор **Стефано Перни** (Ұлыбритания), ғ. докторы, профессор **Богуслава Леска** (Польша), философия ғ. докторы, профессор **Полина Прокопович** (Ұлыбритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **Нараев В.Н.** (Ресей Федерациясы)

Главный редактор  
академик НАН РК **М.Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Адекенов** (заместитель главного редактора), доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **Ж.М. Адилов**, доктор мед. наук, проф., академик НАН РК **Ж.А. Арзыкулов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **В.К. Бишимбаев**, доктор сельскохозяйств. наук, проф., академик НАН РК **Т.И. Есполов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Г.М. Мутанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**, доктор пед. наук, проф., академик НАН РК **С.Ж. Пралиев**, доктор геогр. наук, проф., академик НАН РК **И.В. Северский**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **Е.Б. Сыдыков**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Х. Абусейтова**, доктор экон. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И.К. Бейсембетов**, доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Ж. Жамбакин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Б. Карибаев**, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Локшин**, доктор геол.-мин. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Ш. Омирсериков**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.А. Садыбеков**, доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.И. Сатаев**; почетный член НАН РК, доктор сельскохозяйств. наук, проф., **А.М. Омбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **Гончарук В.В.** (Украина), академик НАН Украины **И.М. Неклюдов** (Украина), академик НАН Республики Беларусь **А.И.Гордиенко** (Беларусь), академик НАН Республики Молдова **Г. Дука** (Молдова), академик НАН Республики Таджикистан **М.И. Илолов** (Таджикистан), член-корреспондент РАН **Величкин В.И.** (Россия); академик НАН Кыргызской Республики **А.Э. Эркебаев** (Кыргызстан), д.х.н., профессор **Марек Сикорски** (Польша), д.т.н., профессор **В.А. Потапов** (Украина), д.б.н., профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КНР), доктор философии, профессор **Стефано Перни** (Великобритания), доктор наук, профессор **Богуслава Леска** (Польша), доктор философии, профессор **Полина Прокопович** (Великобритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **В.Н. Нараев** (Россия)

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан» ISSN 2224-5227

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год. Тираж: 3000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz>, [reports-science.kz](http://reports-science.kz)

Адрес типографии: ИП «Аруна», г.Алматы, ул.Муратбаева, 75

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015 г.

E d i t o r i n c h i e f

**M.Zh. Zhurinov**, academician of NAS RK

Editorial board:

**S.M. Adekenov** (deputy editor in chief), Doctor of Chemistry, prof., academician of NAS RK; **Zh.M. Adilov**, Doctor of Economics, prof., academician of NAS RK; **Zh.A. Arzykulov**, Doctor of Medicine, prof., academician of NAS RK; **V.K. Bishimbayev**, Doctor of Engineering, prof., academician of NAS RK; **T.I. Yespolov**, Doctor of Agriculture, prof., academician of NAS RK; **G.M. Mutanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.Zh. Praliyev**, Doctor of Education, prof., academician of NAS RK; **I.V. Seversky**, Doctor of Geography, prof., academician of NAS RK; **Ye.B. Sydykov**, Doctor of Historical Sciences, prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.Kh. Abuseitova**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **I.K. Beisembetov**, Doctor of Economics, prof., corr. member of NAS RK; **K.Zh. Zhambakin**, Doctor of Biological Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **B.B. Karibayev**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Lokshin**, Doctor of Medicine, prof., corr. member of NAS RK; **M.Sh. Omirserikov**, Doctor of Geology and Mineralogy, prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.A. Sadybekov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.I. Satayev**, Doctor of Chemistry, prof., corr. member of NAS RK; **A.M. Ombayev**, Honorary Member of NAS RK, Doctor of Agriculture, prof.

Editorial staff:

**V.V. Goncharuk**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **I.M. Neklyudov**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.I. Gordienko**, NAS RB academician (Belarus); **G. Duca**, NAS Moldova academician (Moldova); **M.I. Iolov**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **A.E. Erkebayev**, NAS Kyrgyzstan academician (Kyrgyzstan); **V.I. Velichkin**, RAS corr.member (Russia); **Marek Sikorski**, Doctor of Chemistry, prof. (Poland); **V.A. Potapov**, Doctor of Engineering, prof. (Ukraine); **Harun Parlar**, Doctor of Biological Sciences, prof. (Germany); **Gao Endzhun**, prof. (PRC); **Stefano Perni**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Boguslava Leska**, dr, prof. (Poland); **Pauline Prokopovich**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Wójcik Waldemar**, prof. (Poland), **Nur Izura Udzir**, prof. (Malaysia), **V.N. Narayev**, Doctor of Chemistry, prof. (Russia)

**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**

ISSN 2224-5227

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/> [reports-science.kz](http://reports-science.kz)

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 303 (2015), 69 – 72

UDC 621.01

**JUSTIFICATION CALCULATING MANIPULATORS WITH ARBITRARY  
LOCATION KINEMATIC PAIRS IN THE SPACE BY FEM**

**Y.S.Temirbekov**

temirbekove@mail.ru

Almaty technological university

**1 The transition to the local coordinate systems**

In kinematic pairs will be elastic displacement, coinciding for general degrees of freedom. And also various elastic displacement will appear on kinematic degrees of freedom. External forces are considered in local coordinate system (LCS) nodes.

Let it be  $U_i = (u_1^i, \dots, u_6^i)^T$ ,  $\tilde{U}_i = (\tilde{u}_1^i, \dots, \tilde{u}_6^i)^T$ ,  $F_i = (f_1^i, \dots, f_6^i)^T$ ,  $\tilde{F}_i = (\tilde{f}_1^i, \dots, \tilde{f}_6^i)^T$  ( $i=1, \dots, m$ ), - the displacement vector and the external forces vector of  $i$ -node, respectively global coordinate system (GCS) OXYZ and LSC  $O_i x_i y_i z_i$   $i$ -th node,  $m$  - the total number of nodes. Let it be

$$[T_i^o] = \begin{bmatrix} \cos(X, \tilde{x}_i) & \cos(X, \tilde{y}_i) & \cos(X, \tilde{z}_i) \\ \cos(Y, \tilde{x}_i) & \cos(Y, \tilde{y}_i) & \cos(Y, \tilde{z}_i) \\ \cos(Z, \tilde{x}_i) & \cos(Z, \tilde{y}_i) & \cos(Z, \tilde{z}_i) \end{bmatrix}$$

- the matrix of direction cosines  $O_i x_i y_i z_i$   $i$ -th node relative to GCS OXYZ. Then for the  $i$ -th node should be the following equations:

$$U_i = [T_i] \tilde{U}_i, \quad F_i = [T_i] \tilde{F}_i, \quad \tilde{U}_i = [T_i]^T U_i, \quad \tilde{F}_i = [T_i]^T F_i, \quad i=1, \dots, m,$$

where the matrix  $[T_i]$  - is a transition vector of LSC  $i$ -th node in GCS and looks:

$$[T_i] = \begin{bmatrix} T_i^o & O \\ O & T_i^o \end{bmatrix}, \quad i=1, \dots, m.$$

$[T_i^o]$  - there is rotation matrix, so it is orthogonal:  $[T_i^o]^T = [T_i^o]^{-1}$ . Consequently, the matrix  $[T_i]$  is also orthogonal:

$$[T_i^o]^T \cdot [T_i^o] = [T_i^o] \cdot [T_i^o]^T = [E] \quad \text{or} \quad [T_i]^T = [T_i]^{-1}$$

Let it be  $U$  and  $F$  - displacement vector and the vector of the external nodal forces in GCS OXYZ:

$$U = (U_1, U_2, \dots, U_m)^T = (u_1, u_2, \dots, u_N)^T, \quad F = (F_1, F_2, \dots, F_m)^T = (f_1, f_2, \dots, f_N)^T \quad (1)$$

where  $N$  - number of degrees of freedom model. Similarly for LSC nodes:

$$\tilde{U} = (\tilde{U}_1, \tilde{U}_2, \dots, \tilde{U}_m)^T = (\tilde{u}_1, \tilde{u}_2, \dots, \tilde{u}_N)^T, \quad (2)$$

$$\tilde{F} = (\tilde{F}_1, \tilde{F}_2, \dots, \tilde{F}_m)^T = (\tilde{f}_1, \tilde{f}_2, \dots, \tilde{f}_N)^T$$

Then clearly, the vectors (1) and (2) are connected by the following equations:

$$U_i = [T_i] \tilde{U}_i, \quad F_i = [T_i] \tilde{F}_i, \quad \tilde{U}_i = [T_i]^T U_i, \quad \tilde{F}_i = [T_i]^T F_i \quad (3)$$

where the transformation matrix  $[T]$  is:

$$[T] = \begin{bmatrix} T_1 & O & \dots & O \\ O & T_2 & \dots & O \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ O & O & \dots & T_m \end{bmatrix}$$

We will show that the matrix  $[T]$  is orthogonal:

$$[T]^T [T] = \begin{bmatrix} T_1^T & 0 & \dots & 0 \\ 0 & T_2^T & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & T_m^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & T_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & T_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_1^T T_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & T_2^T T_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & T_m^T T_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E & 0 & \dots & 0 \\ 0 & E & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & E \end{bmatrix} = [E]$$

Therefore, for  $[T]$  performing an orthogonal property:

$$[T]^T \cdot [T] = [T] \cdot [T]^T = [E] \quad \text{or} \quad [T]^T = [T]^{-1}$$

The basic equation of equilibrium is [1-2]:

$$[K] \cdot U = [F] \tag{4}$$

where  $[K]$  - stiffness matrix models in GCS OXYZ.

Transforming this equation with an orthogonal matrix:

$$[T]^T [K] U = [T]^T [F] \quad \text{or} \quad [T]^T [K] [E] U = [T]^T [F] \quad \text{or} \quad [T]^T [K] [T] [T]^T U = [T]^T [F] \tag{5}$$

Using (3), expression (5) can be written as:

$$[T]^T [K] [T] \tilde{U} = [\tilde{F}]$$

Denote the  $[\tilde{K}] = [T]^T [K] [T]$  - there is stiffness matrix models in LCS nodes. Thus, the basic equation is equivalent to:

$$[\tilde{K}] \tilde{U} = [\tilde{F}], \tag{6}$$

- equilibrium equation in LCS nodes, and instead of solving equation (4) can seek a solution of equation (6). Consequently, the proposed method is correct and is equivalent to the known method, which is based on the solution of the equilibrium equations of the form (4). This means that the basic principles of finite element method (FEM) and its implementation are not changed.

## 2 Example

As an example, let us consider the scheme the grapple with the following parameters. The model consists of 59 elements connected in 57 nodes (Figure 1). GCS OXYZ chosen so that the axis OY perpendicular to the plane of the mechanism. According to the model we introduce a matrix ID and the coordinates of nodes. On a design of boundary conditions are imposed - the fixed hinges at the nodes of 1,2,44,45 and fixedly mounted to the node 25. Therefore, for the ID they are form:  $[-1 \ -1 \ -1 \ -1 \ 0 \ -1]$ , here to "0" in a row 5 is the ability to rotate around the site with «Y» and node 25 view  $[-1 \ -1 \ -1 \ -1 \ -1 \ -1]$ .

Finite element model contains 12 pairs of rotational: 3,4,14-16,24,28,31,32,42,43 nodes have pivotally connected to the nodes 46-57, respectively. That is, these nodes have a common coordinates and common 5 degrees of freedom in pairs (Figure 1). For example, for a pair of nodes 3,46 ID string have the form:  $[0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$ ,  $[3 \ 3 \ 3 \ 3 \ 0 \ 3]$ .

Here, the number "3" in the 46th row indicates that corresponding degrees of freedom of the 3rd and of 46th nodes are common: for them constitute one equilibrium equation.

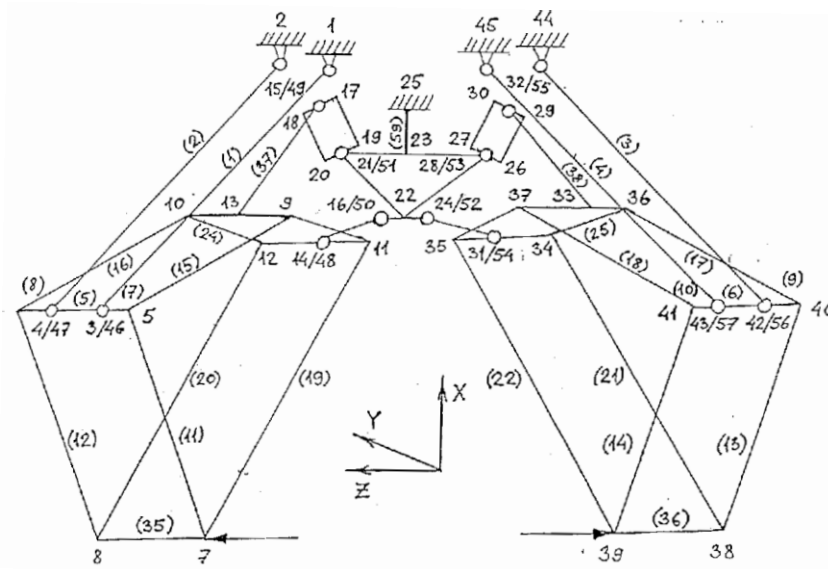
"0" in 5th position of the node 46 indicates a difference of rotation angles of the 3rd and of 46th node around the axis «Y».

Finite element model is loaded with the forces at the nodes 7 and 39 to 5kN, their direction is shown in Figure 1. Elastic elements of the model with  $E = 2 \cdot 10^6 \text{ H/M}^2$ ,  $\nu = 0.3$  and all have in the cross section - the ring with  $D = 0.03 \text{ м}$  и  $d = 0.02 \text{ м}$ .

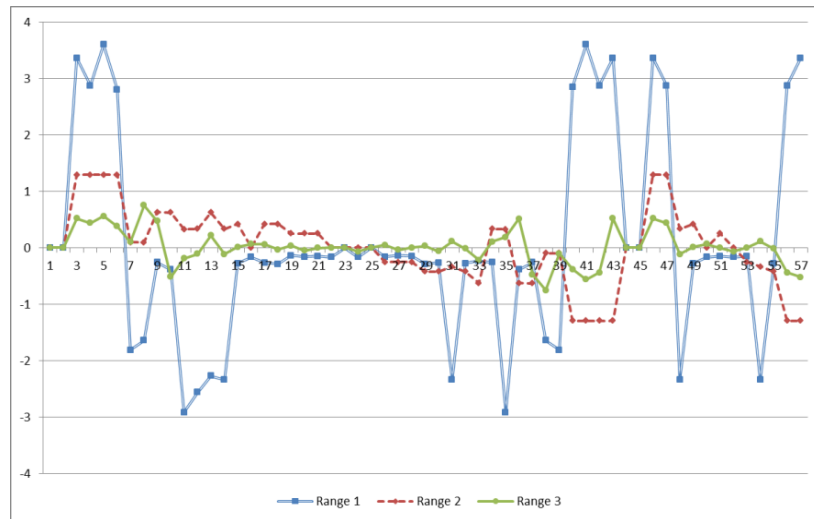
Figure 2 shows the values of the nodes displacement in the following order: on the abscissa - number of nodes (Figure 1), the vertical axis - linear displacement along the axes OX, OY, OZ GCS - range 1, range 2, range 3 respectively.

Figure 3 shows the values of displacements of nodes in the following order: on the abscissa - number of nodes (Figure 1), the vertical axis - angular displacements around the axes OX, OY, OZ GCS - range 1, range 2, range 3 respectively.

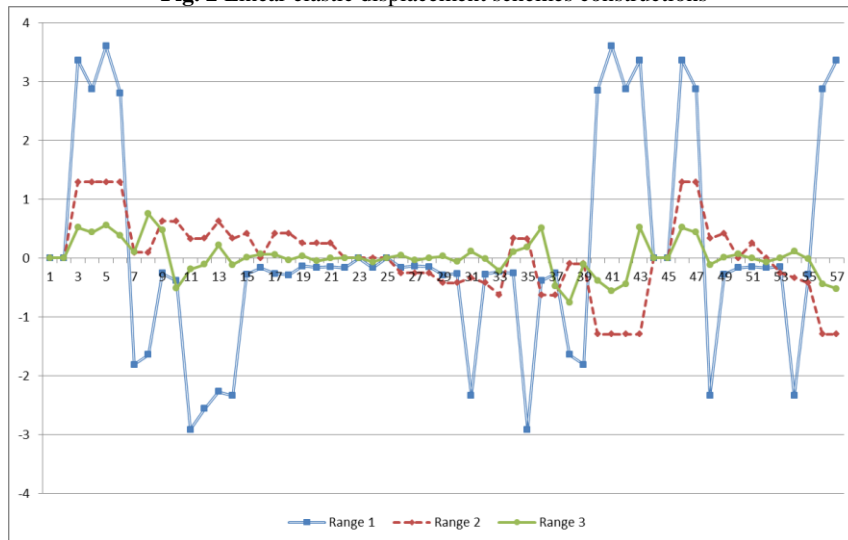
Figures 2 and 3 shows that 3,4,14-16,24,28,31,32,42,43 nodes and their corresponding nodes 46-57 elastic displacement have on five degrees of freedom of the same value, and only the angular displacement relative to the axis "Y" are different.



**Fig. 1** The finite element model of the mechanism



**Fig. 2** Linear elastic displacement schemes constructions



**Fig. 3** Angle elastic displacement schemes constructions

### 3 Conclusions

This approach allows to use FEM for analysis of stiffness and strength mechanisms with kinematic pairs of arbitrary orientation in space. The idea of the proposed method is that the the basic equilibrium equation is solved by method of hard nodes in the local coordinate systems. The basic ideas of the FEM are not changed here. By way of example we made the calculation on the stiffness of the hand gripping by FEM.

### REFERENCES

- [1] [Djoldasbekov U.A.], Temirbekov E.S. Some aspects of the analysis and synthesis of mechanisms high classes: Monograph.- Astana, Akmolinsky CSTI, 2006, p.299.
- [2] Bathe K., Wilson E. Numerical methods of analysis and finite element method. M. Mir, 1984, p.486.

УДК 621.01

#### Обоснование расчета манипуляторов с произвольным расположением кинематических пар в пространстве методом конечных элементов

Темирбеков Е. С.

[temirbekove@mail.ru](mailto:temirbekove@mail.ru)

Алматинский технологический университет

**Ключевые слова:** жесткость, прочность, метод конечных элементов, манипулятор, механизм, кинематическая пара

**Аннотация.** Как известно, расчет жесткости и прочности пространственных конструкций рычажных механизмов (РМ) с использованием метода конечных элементов (МКЭ) до сих пор является проблемой. Здесь дается обоснование подхода, который позволяет использовать МКЭ для анализа жесткости и прочности РМ с кинематическими парами (КП) произвольной ориентации в пространстве. Идея предлагаемого метода заключается в том, что основное уравнение равновесия решается методом жестких узлов в локальных системах координат пар.

В работе дается обоснованная эквивалентными математическими преобразованиями разрешающая система уравнений, полученная для локальных систем координат конечных стержневых элементов. Ее решением находятся упругие локальные перемещения. Предложенный метод является эквивалентным известному методу, основанному на решении разрешающей системы уравнений, полученных в глобальной системе координат.

Дается пример, в котором рассматривается конечно-элементная модель конструкции схвата грейфера, состоящая из 59 элементов, соединенных в 57 узлах. Разработана компьютерная программа, реализующая вышеописанный подход. Даны графики линейных и угловых перемещений. Они показывают, что двоянные узлы имеют по пяти степеней свободы те же значения, и только угловое смещение у них по оси вращения различны.

#### АЭӨ ПАЙДАЛАНЫП ИНТІРЕКТІ МЕХАНИЗМДЕРДІ ЕСЕПТЕУДЕ КИНЕМАТИКАЛЫҚ ПАРАЛАРЫНЫҢ БАҒДАРЛАРЫН ЕСКЕРУ

Темирбеков Е.С.

Алматы технологиялық университеті

Белгілі жағдай бойынша, АЭӨ пайдаланып, интiректi механизмдердiң (ИМ) кеңiстiктiк құрылмаларының берiктiгiмен қатандығын есептеу осы уақытқа дейiн маңызды мәселе болып отыр. Мұнда АЭӨ пайдаланып, интiректi механизмдердiң кинематикалық парларының кеңiстiкте ерiктi бағдарларының қатандық және берiктiгiн талдаудың негiзгi қадамдары берiлiп отыр. Берiлiп отырған әдiстеменiң идеясы, тепе-теңдiк теңдеуiнiң негiзi парларының жалпыланған координаталар жүйесiнiң қатаң түйiндерiнiң әдiсiмен шешiледi.

Бұл жұмыс ақырғы сырық элементтерiнiң координаталар жүйесi үшiн алынған теңдеу жүйесiн шешетiн эквиваленттi математикалық түрлендiруге негiзделген. Оның шешiмi жалпыланған серпiмдi орын ауыстырулар болып табылады. Ұсынылып отырған әдiс, ауқымды координаталар жүйесiнде алынған теңдеулер жүйесiнiң рұқсат етiлген шешiмiне негiзделген белгiлi әдiстiң эквивалентi болады.

57 түйiндерде қосылған, 59 элементтен тұратын, грейфер ұстасуының құрылмасының ақырғы элемент үлгiсiн қарастыратын мысалдар қарастырылған. Жоғарыда айтылған қадамды iске асыратын компьютерлiк бағдарлама жасалған. Бұрыштық және сызықтық орынауыстырулардың сызбалары берiлген. Қосақталған түйiндер бес еркiндiк дәрежесiне ие, ал, бұрыштық ығысулардың айналу өстерi әртүрлi болатынын көрсетедi.

Поступила 11.09.2015 г.



**PUBLICATION ETHICS AND PUBLICATION MALPRACTICE  
IN THE JOURNALS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т.А. Апендиев*  
Верстка на компьютере *С.К. Досаевой*

Подписано в печать 08.10.2015.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

14,2 п.л. Тираж 2000. Заказ 4.