

К ВОПРОСУ О КИНЕМАТИЧЕСКОЙ РАЗРЕШИМОСТИ ПЛОСКИХ РЫЧАЖНЫХ ДИАДНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Жуков И.А., Жукова Е.В.

Ключевые слова: механизм, структурный анализ, кинематика, анимация.

Аннотация. Изложены основы компьютерных технологий автоматизированного исследования кинематики ассуровых механизмов третьего семейства второго подсемейства с помощью системы T-FLEX CAD. Приведен пример кинематического анализа механизма перемещения резца поперечно-строгального станка.

TO THE QUESTION OF KINEMATIC RESOLVABILITY OF FLAT LEVER DYAD MECHANISMS

Zhukov I.A., Zhukova E.V.

Keywords: mechanism, structural analysis, kinematics, animation.

Abstract. Fundamentals of computer technologies of the automated kinematics research the Assur's mechanisms of the third family of the second subfamily by means of the T-FLEX CAD system are stated. The example of the kinematic analysis of the mechanism of movement of a cutter of the cross and planing machine is given.

Проектирование машин и систем машин является многоэтапным динамическим процессом. Это процесс творческий, многоплановый и достаточно трудоемкий. Как правило, проектирование механизмов и машин осуществляется большим коллективом различных специалистов с использованием многочисленных расчетных, экспериментальных, эвристических методов и приемов.

Распространение автоматизированного оборудования, управляемого от компьютера, появление систем автоматизированного проектирования и управления производством практически на всех машиностроительных предприятиях привело к тому, что создание новой техники, прогрессивных технологических процессов во всех отраслях деятельности опирается не только на фундаментальное техническое образование, но в большей степени на компьютерные технологии.

Как правило, задания, выдаваемые студентам высших учебных заведений, изучающим основы исследования и проектирования машин и механизмов, содержат схемы механизмов, в структуре которых, помимо ведущего звена, содержатся только диады (рис .1) [1]. В таблице 1 приведен пример механизма из сборника заданий по дисциплине «Теория механизмов и машин» [2].

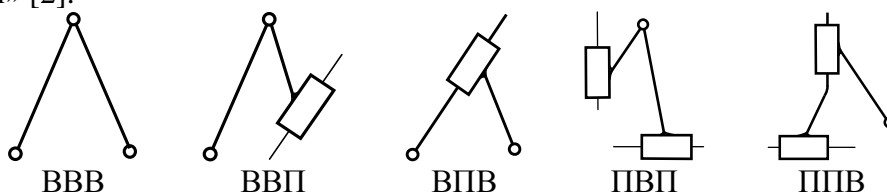


Рис. 1. Диады

Табл. 1. Выдержка из заданий на курсовой проект по ТММ

Наименование механизма	Схема	Вид групп Ассура
<p>Механизм перемещения резца поперечно-строгального станка</p>		<p>ВПВ + ВПП</p>

Рассмотрим приведенный в таблице 1. механизм в соответствии с универсальной классификацией профессора Л.Т. Дворникова [3-7].

1-й уровень. В представленном механизме к ведущему звену (кривошипу, т.е. звену, входящему в одноподвижную кинематическую пару (в шарнир) со стойкой) последовательно присоединяются одни только цепи, обладающие нулевой подвижностью $W = 0$. Таким образом, механизм является ассуровым – МА.

2-й уровень. Представленный механизм является плоским, на него наложено $m = 3$ связей. В образовании такого механизма участвуют лишь кинематические пары p_5 . Структурная формула подвижности [1] в этом случае записывается в виде

$$W_{3(2)} = 3n - 2p_5. \tag{1}$$

Это означает, что механизм относится ко второму подсемейству третьего семейства – $S_{3/2}$.

3-й уровень. Наиболее сложным звеном цепи является трехпарное звено, т.е. $\tau = 3$ – механизм относится к третьему виду. В механизме каждое последующее звено добавляет в цепь по одной паре, следовательно, это звенья n_1 . Общее число кинематических пар механизма в этом случае может быть найдено по формуле

$$p = 3 + n_1, \tag{2}$$

такой механизм относится ко второму подвиду третьего вида – $V_{3/2}$.

Таким образом, механизм описывается системой уравнений

$$\begin{cases} W_{3(2)} = 3n - 2p_5, \\ p = 3 + n_1, \\ n = 1 + n_1. \end{cases} \quad (3)$$

4-й уровень. В механизме (табл. 1) ведущим звеном является кривошип – однопарное звено, соединенное в шарнир, то есть в одноподвижную вращательную кинематическую пару p_5 со стойкой, через которое передается движение от двигателя на весь механизм. Такой механизм строится из нормальных по Ассуру групп звеньев, следовательно, этот механизм относится к первому классу K_1 , внутри его структуры отсутствуют изменяемые замкнутые контуры.

Таким образом, схожесть механизмов, выдаваемых студентам в качестве задания на курсовое проектирование по теории механизмов и машин, заключается в том, что в соответствии с универсальной структурной классификацией [6] механизмы описываются общей формулой – $(MA, S_{3/2}, V_3, K_1)$.

Кинематический анализ таких механизмов может быть проведен с применением так называемого «анимационного» исследования [8-10] с помощью системы автоматизированного проектирования «T-FLEX».

Для этого вычерчивается в соответствии с правилами геометрического синтеза [1]. Исходные геометрические размеры (мм) звеньев заносятся в редактор переменных (рис. 2).

При правильном построении механизма однократным нажатием левой кнопкой мыши по линии, проходящей через ведущее звено, можно изменять положение ведущего звена, вслед за которым будут изменять положение все звенья механизма (рис. 3).

Для того чтобы «оживить» созданный механизм, необходимо воспользоваться командой «Animate» и задать параметры анимации. На каждом шаге анимации на экран будет выводиться изображение чертежа (рис. 4).

Аналогично можно анимировать планы скоростей и ускорений механизма, построив их для одного положения механизма с учетом геометрической параметризации.

На рис. 5 показан план скоростей для одного из положений механизма, из которого определены величины линейных и угловых скоростей элементов механизма.

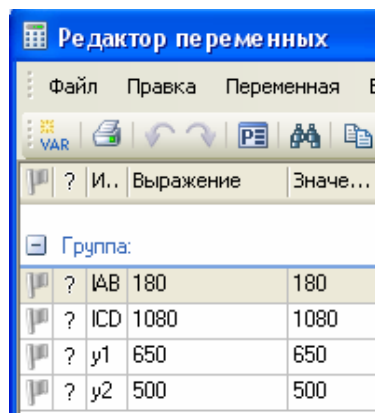


Рис. 2. Окно редактора переменных

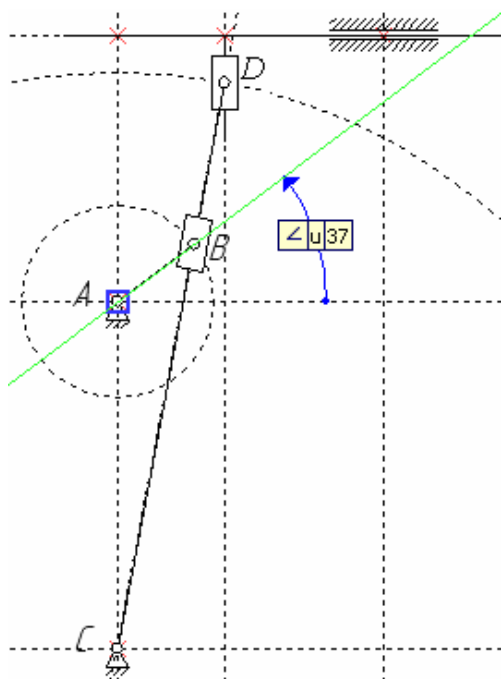


Рис. 3. Просмотр работоспособности созданной схемы механизма

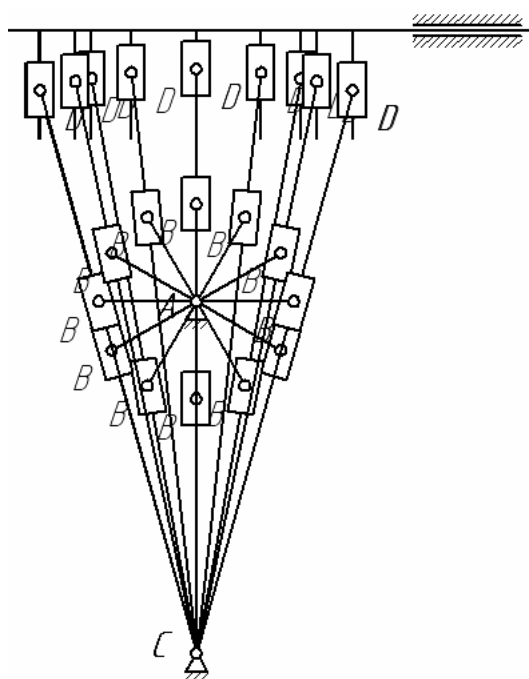


Рис. 4. Анимация положений механизма

VD5D3	get("0x300001C";"LENGTH")	618.120489
IBC	distance("0x2000018";"0x200001C")	785.635856
VD5	get("0x300001D";"LENGTH")	3694.276323
VB3	get("0x3000019";"LENGTH")	2724.723984
VB3B2	get("0x3000018";"LENGTH")	2021.961476
AB	180	180
ICD	1080	1080
y1	650	650
y2	500	500
u	136.077	136.077
w3	VB3/IBC	3.468177
VD3	VB3*ICD/IBC	3745.630853

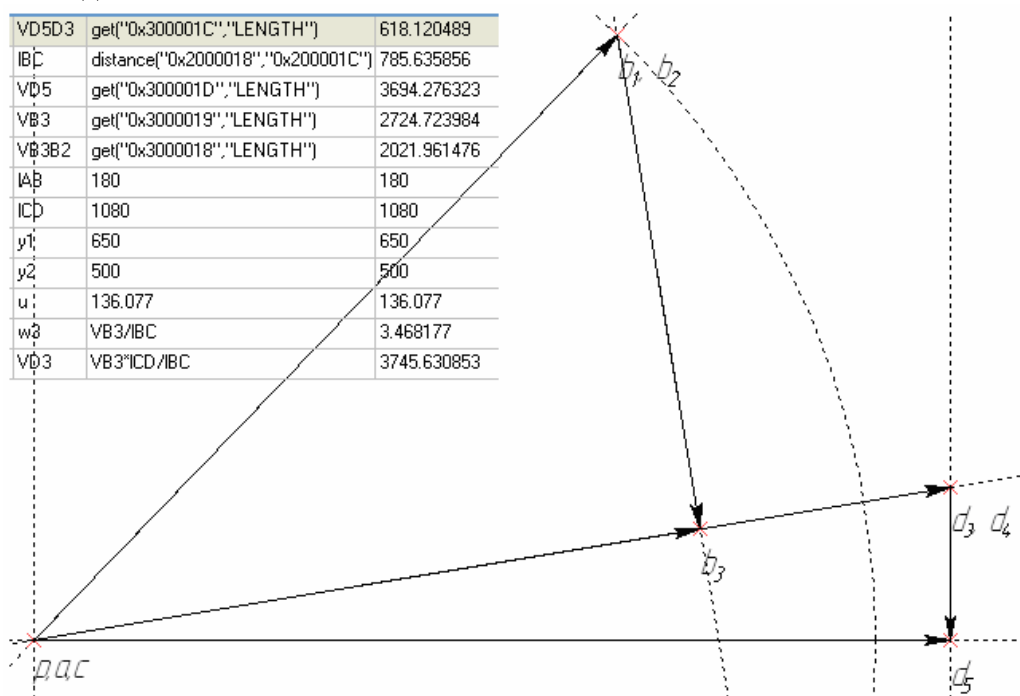


Рис. 5. План скоростей и его параметры

При «оживлении» механизма план скоростей (рис. 6) будет меняться в соответствии с положением механизма. Изменяя положение ведущего звена, из редактора переменных можно считывать величины найденных скоростей.

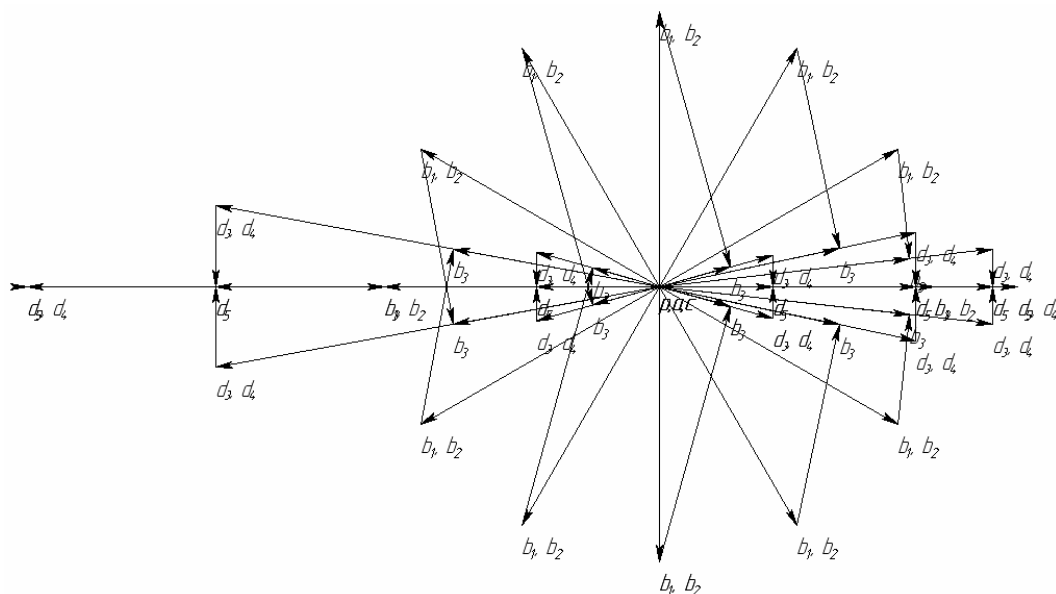


Рис. 6. Анимация планов скоростей

По образу и подобию строится план ускорений механизма. Основная сложность при построении параметрического плана ускорений возникает при создании вектора ускорения Кориолиса, т.к. его величина и направление определяются не только скалярными величинами, но и направлением вектора относительной скорости, и направлением вращения кулисы. Система «Т-FLEX» не в состоянии самостоятельно определить направление вращения звена, т.к. это всего лишь изменение геометрического положения отрезка на плоскости. В связи с этим необходимо найти количественный признак того, что в определенном положении механизма направление вращения кулисы меняется. В исследуемом механизме таким признаком является расстояние l_{BC} , которое при движении звена 3 по часовой стрелке больше величины этого же параметра в начальном положении ведущего звена (рис. 7).

Замеряем величину отрезка, показанного на рис. 7 числовым значением, и вносим в редактор переменных как $l1$. Далее создаем переменную, которая в зависимости от поставленного условия будет принимать значения (+1) или (-1). Для создания вектора ускорения \vec{a}_{B_3, B_2}^k необходимо воспользоваться командой «Копия с перемещением» (рис. 8), выбрав в качестве исходного объекта вектор скорости \vec{V}_{B_3, B_2} .

Таким образом, получаем план ускорений для одного из положений механизма (рис. 9), из которого с применением редактора переменных определяются величины линейных и угловых ускорений элементов механизма.

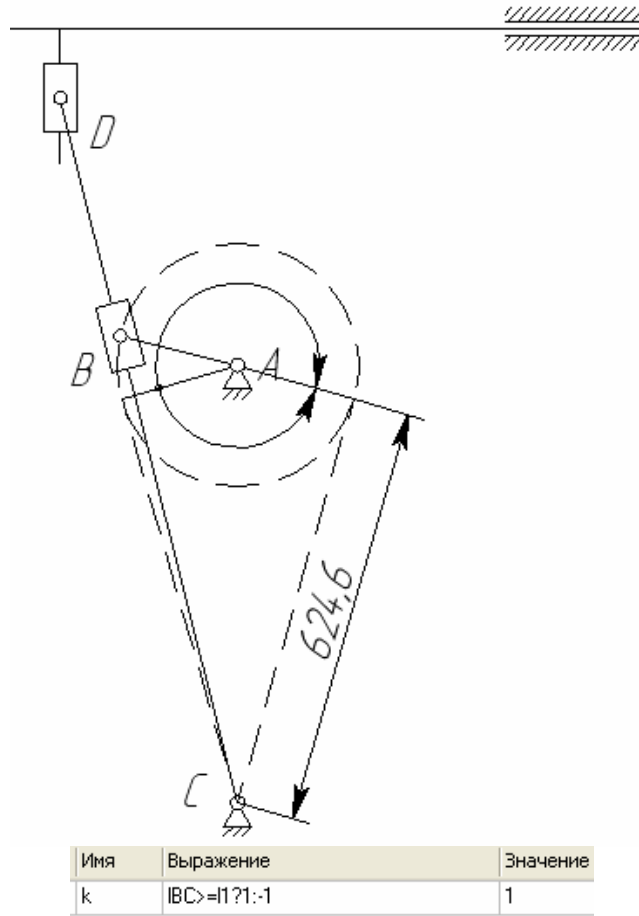


Рис. 7. Определение направления вращения звена 3

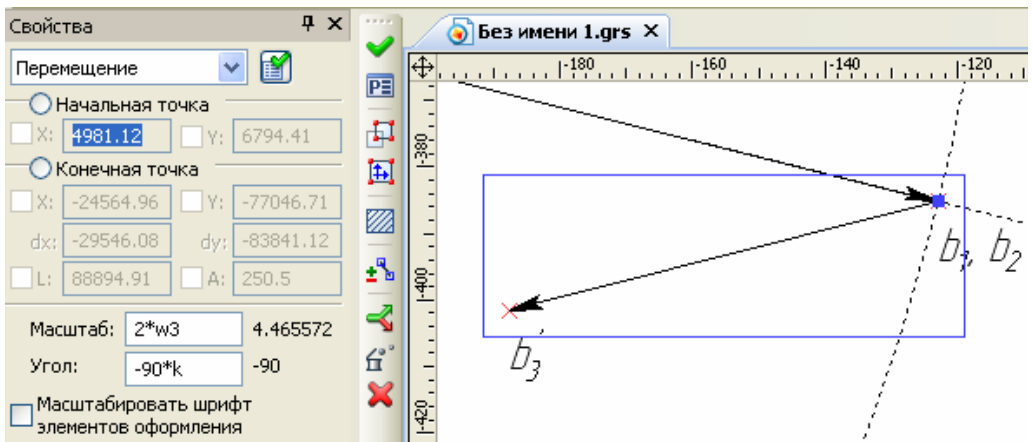


Рис. 8. Создание вектора ускорения Кориолиса

При «оживлении» механизма план ускорений (рис. 10) будет меняться в соответствии с положением механизма.

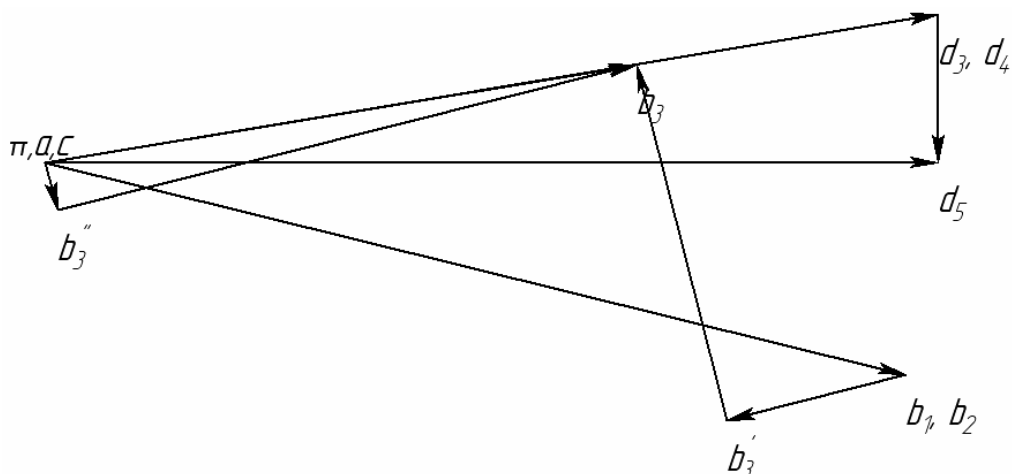


Рис. 9. План ускорений

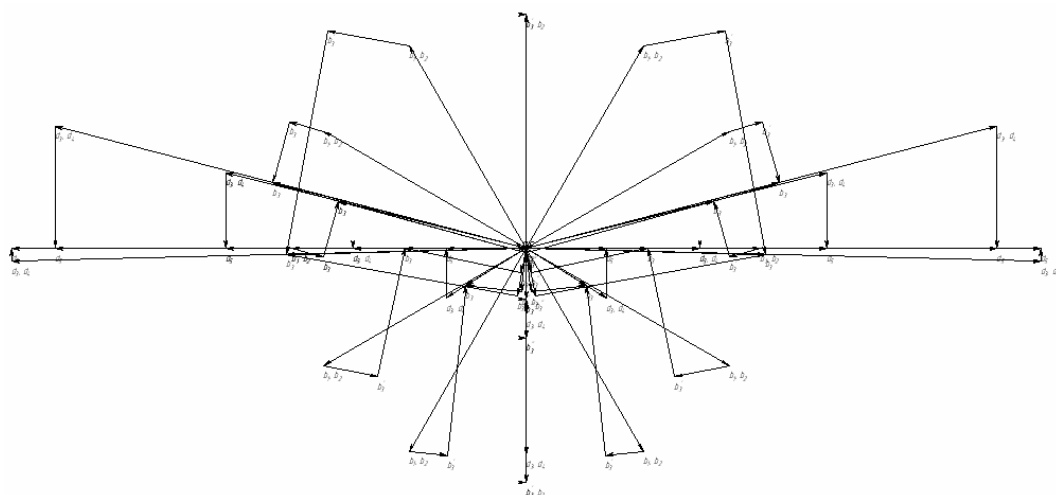


Рис. 10. Анимация планов ускорений

Таким образом, имеем полное решение кинематики заданного механизма графоаналитическим методом с применением средств автоматизации расчетов и построения в системе «Т-FLEX», что позволяет получать более точное решение в достаточно короткий промежуток времени для всего множества положений механизма.

Список литературы

1. Артоболовский И.И. Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.
2. Живаго Э.Я. Анализ и синтез плоских механизмов: Метод. указ. / Э.Я. Живаго, Л.Т. Дворников, Н.О. Адамович. – Новокузнецк: СибГИУ, 2009. – 68 с.
3. Дворников Л.Т. Обоснования единой универсальной классификации механизмов // Тезисы докладов Первого международного

- Джолдасбековского симпозиума (1-2 марта 2011г.). – Алматы: Казак университети, 2011. – С. 45-46.
4. Дворников Л.Т. Основы всеобщей (универсальной) классификации механизмов // Теория механизмов и машин. – 2011. – №2 (18). – Том 9. – С. 18-29.
 5. Дворников Л.Т. Обоснование принципов универсальной классификации механизмов // Современное машиностроение. Наука и образование: материалы Международной научно-практической конференции. 14-15 июня 2011 года, Санкт-Петербург. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – С. 186-198.
 6. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов // МашиноСтроение. – 2011. – № 21. – С. 4-37.
 7. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов: Метод. указ. – Новокузнецк: СибГИУ, 2014. – 43 с.
 8. Жуков И.А. О возможности «анимационного» исследования плоских рычажных механизмов // Основы проектирования машин: Материалы Третьей учебно-методической конференции. – Новокузнецк: СибГИУ, 2009. – С. 29-32.
 9. Жукова Е.В. Решение задач кинематики плоских механизмов с применением САПР T-FLEX / Е.В. Жукова, К.В. Кеплина // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2014. – № 2. – С. 20-25.
 10. Компьютерные наукоемкие технологии решения прикладных задач теории механизмов и машин на основе САПР «T-FLEX»: Учеб. пособие / И.А. Жуков, Е.В. Жукова, М.Г. Попугаев, Я.А. Хайдукова. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. – 94 с.

References

1. Artobolevsky I.I. Theory of mechanisms and machines: Studies. for technical colleges. – 4 prod., reslave. and additional – М.: Science. Chapter of an edition physical. - mat. litas, 1988. – 640 p.
2. Zhivago E.Ya. Analysis and synthesis of flat mechanisms: Method. decree. / E.Ya. Zhivago, L.T. Dvornikov, N.O. Adamovich. – Novokuznetsk: SibSIU, 2009. – 68 p.
3. Dvornikov L.T. Justifications of uniform universal classification of mechanisms // Theses of reports of the First international Dzholdasbekov symposium (March 1-2, 2011). – Almaty: Kazakh. university, 2011. – P. 45-46.
4. Dvornikov L.T. Bases of general (universal) classification of mechanisms // Theory of mechanisms and machines. – 2011. – No. 2 (18). – Vol. 9. – P. 18-29.
5. Dvornikov L.T. Justification of the principles of universal classification of mechanisms // Modern mechanical engineering. Science and education: materials of the International scientific and practical conference. On June 14-

- 15, 2011, St. Petersburg. – SPb.: Polytechnic publishing house. un-ty, 2011. – P. 186-198.
6. Dvornikov L.T. Universal structural classification of mechanisms // Mechanical engineering. – 2011. – No. 21. – P. 4-37.
 7. Dvornikov L.T. Universal structural classification of mechanisms: Method. decree. – Novokuznetsk: SibSIU, 2014. – 43 p.
 8. Zhukov I.A. About the possibility of the "animation" research of flat lever mechanisms // Bases of design of machines: Materials of the Third educational and methodical conference. – Novokuznetsk: SibSIU, 2009. – P. 29-32.
 9. Zhukova E.V. Solution of problems of kinematics of flat mechanisms using T-FLEX CAD / E.V. Zhukova, K.V. Keplina // Automated design in mechanical engineering. – 2014. – No. 2. – P. 20-25.
 10. Zhukova E.V. The automated computer technologies of a solution of applied tasks of the theory of mechanisms and machines / E.V. Zhukova, I.A. Zhukov, K.V. Keplina // Automated design in mechanical engineering. – 2015. – No. 3. – P. 59-66.
 11. Computer high technologies of a solution of applied tasks of the theory of mechanisms and machines on the basis of the CAD of "T-FLEX": textbook / I.A. Zhukov, E.V. Zhukova, M.G. Popugayev, Ya.A. Khaydukova – Novokuznetsk: Publ. center of SibSIU, 2017. – 94 p.

<p>Жуков Иван Алексеевич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой механики и машиностроения, Сибирский государственный индустриальный университет, г.Новокузнецк, Российская Федерация, tmmiok@yandex.ru</p>	<p>Zhukov Ivan Alekseevich – doctor of technical sciences, associate professor, head of Department of mechanics and mechanical engineering, Siberian state industrial university, Novokuznetsk, Russian Federation, tmmiok@yandex.ru</p>
<p>Жукова Елена Валерьевна – Научно-исследовательский центр «МашиноСтроение», г. Новокузнецк, Российская Федерация, info@srcms.ru</p>	<p>Zhukova Elena Valeryevna – Scientific Research Centre «MachineStructure», Novokuznetsk, Russian Federation, info@srcms.ru</p>

Received 14.03.2019