

М.Р. Фаизов¹, Л.Ф. Хабибуллина², Ф.Ф. Хабибуллин³

СИНТЕЗ ПО СТЕПЕНИ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВРАЩЕНИЯ ВЕДОМОГО ЗВЕНА ПРОСТРАНСТВЕННОГО МЕХАНИЗМА



¹Марат Рауфович Фаизов,
Казанский национальный технический университет им.
А.Н. Туполева - КАИ
Россия, Казань
Тел.: (8-950) -326-99-79, E-mail: faizovmarat92@gmail.com



²Лейсан Фаритовна Хабибуллина,
Казанский национальный технический университет им.
А.Н. Туполева - КАИ
Россия, Казань
Тел.: (8-919)-648-16-37, E-mail: fanil_arsk@mail.ru



³Фаниль Фаргатович Хабибуллин,
Казанский национальный технический университет им.
А.Н. Туполева - КАИ
Россия, Казань
Тел.: (8-919)-648-16-37, E-mail: fanil_arsk@mail.ru

Аннотация

В работе рассмотрены вопросы синтеза пятизвенного механизма на основе пространственного механизма Беннетта. В данной статье выстраивается алгоритм синтеза механизма через поставленные неравенства с учетом тригонометрических формул. Получена практическая реализация модели пространственного механизма.

Ключевые слова: Беннетт, пространственный механизм, синтез, тригонометрия, моделирование.

Введение

Авторы многие годы проводят исследования механизмов для реализации удобной робототехнической системы через механические

движения [1-10]. Основная задача получать новые геометрические возможности движения [11-20]. В данном случае мы беремся за синтез пространственного пятизвенного механизма с реализацией его модели [21-35]. Поэтому мы задаемся параметрами, вернее сказать условиями реализациями, которые приводят к созданию методики названной алгоритмом.

Условия

С помощью шарнирного пятизвенного механизма, параметры которого требуется найти, необходимо передать вращение с заданной степенью неравномерности δ с вала А на вал В, геометрические оси которых перекрещиваются под углом α_5 и отстоят друг от друга на расстояние l_5 , причем вал В должен делать два оборота за один оборот вала А. Данная структура механизма представлена на рис. 1.

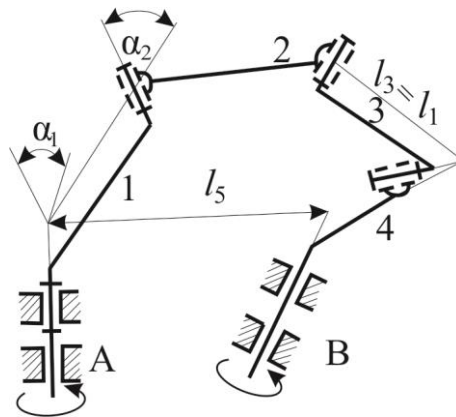


Рис. 1. Структура механизма

Угол реализации поворота звена станины представлен на рис. 2.

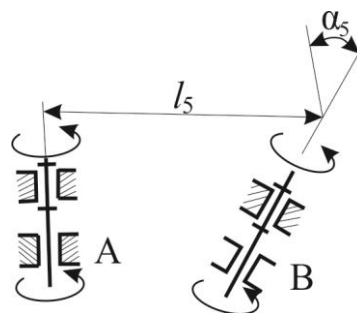


Рис. 2. Поворот станины

Алгоритм выполнения синтеза

Рассмотрим вариант когда β_1 принимает значения от 0 до 360 градусов. Зададимся углом α_1 - углом между осями шарниров кривошипа 1. При задании угла α_1 учитываем одно из неравенств,

$$\alpha_5 \leq \alpha_1 \leq \alpha_4 \quad (1)$$

$$\alpha_5 > \alpha_1 > \alpha_4 \quad (2)$$

1. Эти углы должны быть либо больше, либо меньше значений следующих важных углов:

$$\alpha_1 > \alpha_5 \quad (3)$$

$$\alpha_1 < \alpha_5 \quad (4)$$

2. После выбора угла α_1 найдем длину кривошипа 1 по формуле:

$$l_1 = l_5 \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_5} \quad (5)$$

3. Определив параметры кривошипа 1, найдем и параметры шатуна 3.

Для нахождения угла α_4 воспользуемся выражением б):

$$\delta_n = \frac{1}{2}(\delta_1 + \delta_2) = \left| \frac{\sin \alpha_1 \sin \alpha_5}{\cos \alpha_5 - \cos \alpha_1} \right| + \left| \frac{\sin \alpha_1 \sin \alpha_4}{\cos \alpha_1 - \cos \alpha_4} \right| \quad (6)$$

$$\left(\delta_n - \left| \frac{\sin \alpha_1 \sin \alpha_5}{\cos \alpha_5 - \cos \alpha_1} \right| \right)^2 = \frac{\sin^2 \alpha_1 \sin^2 \alpha_4}{(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_4)^2}$$

$$\left(\delta_n - \left| \frac{\sin \alpha_1 \sin \alpha_5}{\cos \alpha_5 - \cos \alpha_1} \right| \right)^2 = \delta_p^2$$

$$(\delta_p^2 + (\sin \alpha_1)^2)(\cos \alpha_4)^2 - 2\delta_p^2 \cos \alpha_1 \cos \alpha_4 + \delta_p^2 (\cos \alpha_1)^2 - (\sin \alpha_1)^2 = 0$$

$$\alpha_4 = \arccos \frac{\delta_p^2 \cos \alpha_1 + \sin^2 \alpha_1 \sqrt{1 + \delta_p^2}}{\delta_p^2 + \sin^2 \alpha_1} \quad (7)$$

$$\alpha_4 = \arccos \frac{\delta_p^2 \cos \alpha_1 - \sin^2 \alpha_1 \sqrt{1 + \delta_p^2}}{\delta_p^2 + \sin^2 \alpha_1} \quad (8)$$

4. Из двух найденных значений берется то, которое удовлетворяет одному из неравенств

$$\alpha_4 > \alpha_1 > \alpha_5, \text{ или } \alpha_4 < \alpha_1 < \alpha_5$$

5. После определения угла α_4 идет соблюдение возможности работающего пространственного пятизвенного механизма по выражению:

$$\frac{b_2 c_2}{b_1 c_1} \geq \left(\frac{a_2 - b_2}{a_1 + b_1} \right)^2$$

$$\frac{b_2 c_2}{b_1 c_1} \geq \left(\frac{a_2 + b_2}{a_1 - b_1} \right)^2$$

$$a_1 = 1 - \cos \alpha_1 \cos \alpha_5,$$

$$a_2 = 1 - \cos a_1 \cos a_4$$

$$b_1 = \sin a_1 \sin a_5,$$

$$b_2 = \sin a_1 \sin a_4$$

$$c_1 = \cos a_5 - \cos a_1,$$

$$c_2 = \cos a_1 - \cos a_4,$$

$$\frac{(\sin \alpha_1 \sin \alpha_4)(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_4)}{(\sin \alpha_1 \sin \alpha_5)(\cos \alpha_5 - \cos \alpha_1)} \geq \left(\frac{(1 - \cos \alpha_1 \cos \alpha_4) - (\sin \alpha_1 \sin \alpha_4)}{(1 - \cos \alpha_1 \cos \alpha_5) + (\sin \alpha_1 \sin \alpha_5)} \right)^2$$

6. Длина кривошипа l_4 определяется по формуле:

$$l_4 = l_1 \frac{\sin \alpha_4}{\sin \alpha_1} \quad (9)$$

7. Параметры шатуна 2 определяются стандартным методом.

$$\alpha_2 = \arccos(\cos \alpha_4 \cos \alpha_5 + \sin \alpha_5 \sin \alpha_4 \cos \beta_1) \quad (10)$$

$$l_2 = -\frac{1}{A} [l_5 (\sin \alpha_4 \cos \alpha_5 \cos \beta_1 - \sin \alpha_5 \cos \alpha_4) +$$

$$+ l_4 (\sin \alpha_5 \cos \alpha_4 \cos \beta_1 - \sin \alpha_4 \cos \alpha_5)] \sin \alpha_2 \quad (11)$$

Дополнительные переменные

$$A = (\sin \alpha_5 \cos \alpha_4 - \sin \alpha_4 \cos \alpha_5 \cos \beta_1)^2 + (\sin \alpha_4)^2 (\cos \beta_1)^2$$

Таким образом, данные выражения определяют недостающие параметры синтезируемого пятизвенного механизма с передаточным отношением $i_{41}^{cp} = \pm 2$ с заданной степенью неравномерности вращения δ_n ведомого звена 4 при $\beta_1 = 90^\circ$.

Практическая реализация синтеза

Технические данные для синтеза основы механизма расписаны ниже по тексту:

Задаемся произвольными размерами стойки или звена 5, где его параметры угла наклона шарниров $\alpha_5 = 90^\circ$, а длина самого звена $l_5 = 100 \text{ мм}$, заданная степень неравномерности $\delta_n = 0,5$

Решаем, что требуется определить недостающие параметры пятизвенного механизма $i_{41}^{cp} = \pm 2$ и $\beta_1 = 90^\circ$.

При условии реализации синтеза пространственного механизма по расчету в программе математического моделирования выяснилось, что расчетная степень неравномерности $\delta_p = 2,249$.

Звенья 1 и 3 равны друг другу по параметрам угла наклона шарниров $\alpha_1 = \alpha_3 = 45^\circ$, так и равны по параметрам длины звеньев $l_1 = l_3 = 70,71$.

По расчетным формулам с учетом степенью неравномерности вращения, параметры четвертого звена получены, где угол наклона шарниров звена $\alpha_4 = 25^\circ$, а длина самого звена составляет $l_4 = 42,25$ мм.

Дополнительно по полученным данным пересчитывается параметры ведомого звена шатуна 2 по известным формулам где результаты получаются, что угол наклона шарниров шатуна $\alpha_2 = 90^\circ$, а длина звена $l_2 = 90,63$ мм

3D модель пространственного пятизвенного механизма представлена на рис. 3.

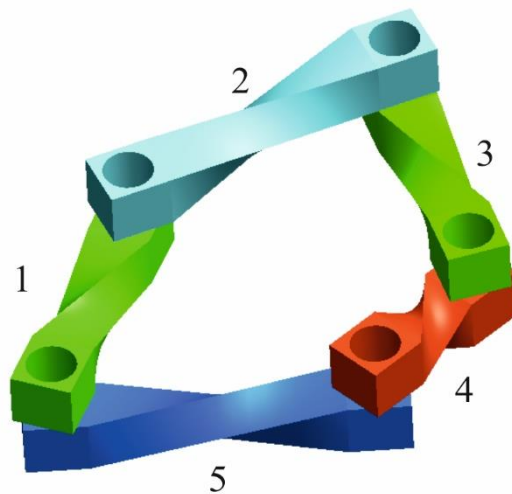


Рис. 3. CAD модель синтезированного 5R механизма

Заключение

Построен алгоритм действий синтеза, основанный на предложенных формулах. Проведена практическая реализация модели механизма, подтвердившая правильность алгоритма синтеза пространственного механизма на основе механизма Беннетта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Бабичев Д.Т., Лебедев С.Ю. Новая методология кинематического анализа на примере исследования шестизвенника III класса. Современное машиностроение: Наука и образование. 2019. С. 109-123.
- [2] Andrienko, P.A., Karazin, V.I., Kozlikin, D.P., Khlebosolov, I.O. About implementation harmonic impact of the resonance method. 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. pp. 83-90

- [3] Evgrafov, A.N., Karazin, V.I., Petrov, G.N. Analysis of the self-braking effect of linkage mechanisms. 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. pp. 119-127
- [4] Evgrafov, A., Khisamov, A., Egorova, O. Experience of modernization of the curriculum TMM in St. Petersburg state polytechnical university. Mechanisms and Machine Science, 2014, 19, pp. 239–247.
- [5] Evgrafov, A.N., Karazin, V.I., Khisamov, A.V. Research of high-level control system for centrifuge engine. 2018. International Review of Mechanical Engineering. 12(5), pp. 400-404.
- [6] Вероятностные моменты случайных последовательностей для задач математического моделирования стохастических объектов [6] / В. М. Кузнецов, В. А. Песошин, А. И. Гумиров, Д. В. Ширшова // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. – 2020. – Т. – С. 56-61. – EDN ZLDYHZ.
- [7] Кузнецов, В. М. Статистическая неразличимость шумоподобных сигналов при имитационном моделировании на малых выборках для псевдослучайных последовательностей / В. М. Кузнецов, В. А. Песошин, Д. В. Ширшова // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2017. – Т. 73, № 3. – С. 97-104. – EDN YNHHJB.
- [8] Ефремова Е.С., Мифтахов Б.И., Солдаткина К.В. Имитационное моделирование неподвижного приемника вихревой системы воздушных сигналов // Вестник казанского технического университета им. А.Н. Туполева 2021 Том 77. №1 с.102-108
- [9] Иванов В.К. К задаче аналитического проектирования мехатронных систем // Вестник казанского технического университета им. А.Н. Туполева 2021 Том 77. № 1 С.67-70
- [10] Вершинин, И. С. Методы ассоциативной стегозащиты картографических сцен / И. С. Вершинин // Дискретные модели в теории управляющих систем: Труды X Международной конференции, Москва и Подмосковье, 23–25 мая 2018 года / Ответственные редакторы В.Б. Алексеев, Д.С. Романов, Б.Р. Данилов. – Москва и Подмосковье: ООО "МАКС Пресс", 2018. – С. 78-81. – EDN USSVNY.
- [11] Валиев А.И., Курылев Д.В. Экспериментальная установка для исследования процесса электрохимической обработки кромок профиля пера лопаток газотурбинного двигателя // Вестник казанского технического университета им. А.Н. Туполева 2021 Том 77 № 1 С.57-61
- [12] Кесель Б.А., Кесель Л. Г. Энергоэффективность мобильной газотурбинной электростанции малой мощности для электроснабжения буровой 2021// Вестник казанского технического университета им. А.Н. Туполева Том 77 №1 С.71-75

- [13] Pikuleva, N. I. Hardware Graphics Driver Based on FPGA / N. I. Pikuleva, A. S. Khafizova, D. A. Gashigullin // Proceedings - 2021 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2021, Sochi, 05–11 сентября 2021 года. – Sochi: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021. – P. 769-774. – DOI 10.1109/RusAutoCon52004.2021.9537352. – EDN VBEENT.
- [14] Вершинин, И. С. Влияние избыточного маскирования на стойкость ассоциативной стегозащиты / И. С. Вершинин, Т. М. Вершинина // Профессиональные коммуникации в научной среде - фактор обеспечения качества исследований: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Альметьевск, 28 ноября 2019 года / Альметьевский филиал Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева–КАИ. – Альметьевск: Общество с ограниченной ответственностью "КОНВЕРТ", 2019. – С. 48-51. – EDN FBKXNF.
- [15] Фаизов М.Р., Мудров А.П. Исследование движения сферического тренажера // Вестник Московского авиационного института 2019 Т.26 №1 с.182-191
- [16] Вершинин, И. С. Элементы теории ассоциативной стеганографии / И. С. Вершинин // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. – 2020. – Т. 6. – С. 132-135. – EDN MSLXJG.
- [17] Роцин В.В., Хабибуллин Ф.Ф., Ерахмадов С.Н. К оценке температурного состояния шарикоподшипников опор гтд повышенной теплонапряженности // Вестник казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева 2019 Т75№3 с 66-69
- [18] Баянов И.М., Гортышов Ю.Ф., Тонконог В.Г., Тонконог М.И. Моделирование динамики двухфазного потока в сепараторе// Вестник казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева 2013 №4 с 34-42
- [19] Lustin A.D., Egorov S.V. Defining relation of vibration of vehicle suspension with the mass and rigidity design deviations//international journal of Applied Engineering Research 2015, Т. 10 № 24 С.44629-44635
- [20] Зарипова, Р. С. Электронная информационно-образовательная среда как показатель эффективности деятельности образовательной организации / Р. С. Зарипова, М. Г. Нуриев, Л. И. Фейсханова // Педагогический журнал. – 2023. – Т. 13, № 5-1. – С. 794-800. – DOI 10.34670/AR.2023.98.43.096.
- [21] Викторов, И. В. Разработка синтаксического дерева для автоматизированного транслятора последовательного

- программного кода в параллельный код для многоядерных процессоров / И. В. Викторов, Р. Ф. Гибадуллин // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 1. – С. 13-25. – DOI 10.7256/2454-0714.2023.1.38483.
- [22] Гибадуллин, Р. Ф. Потокбезопасные вызовы элементов управления в обогащенных клиентских приложениях / Р. Ф. Гибадуллин // Программные системы и вычислительные методы. – 2022. – № 4. – С. 1-19.
- [23] Нуриев, М. Г. Конвертер Markdown-файлов в LaTeX-документ / М. Г. Нуриев, Е. С. Белашова, К. А. Барабаш // Программные системы и вычислительные методы. – 2023. – № 1. – С. 1-12.
- [24] Нуриев, М. Г. Исследование помехоустойчивости вычислительной техники при электромагнитных воздействиях через металлоконструкцию здания на основе физического моделирования / М. Г. Нуриев, Р. М. Гизатуллин, А. А. Мухаммадиев // Журнал радиоэлектроники. – 2019. – № 4. – С. 10. – DOI 10.30898/1684-1719.2019.4.8.
- [25] Гибадуллин, Р. Ф. Организация защищенной передачи данных в сенсорной сети на базе микроконтроллеров AVR / Р. Ф. Гибадуллин // Кибернетика и программирование. – 2018. – № 6. – С. 80-86. – DOI 10.25136/2306-4196.2018.6.24048.
- [26] Зарипова, Р. С. Электронное портфолио как средство комплексной оценки достижений студентов / Р. С. Зарипова, Н. И. Пикулева, О. А. Рочева // Russian Journal of Education and Psychology. – 2023. – Т. 14, № 1-3. – С. 23-28. – EDN AUGSMK.
- [27] Непертурбативная перенормировка взаимодействия квантовой точки с фононным резервуаром / Р. Х. Гайнутдинов, Л. Я. Набиева, А. И. Гарифуллин, А. А. Мутыгуллина // XVIII Всероссийский молодежный Самарский конкурс-конференция научных работ по оптике и лазерной физике, Самара, 10–14 ноября 2020 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, 2020. – С. 305-312. – EDN YUVJVB.
- [28] Яруллин, Ф. Ф. Определение конструктивных параметров эллипсоидного диска ротационной бороны / Ф. Ф. Яруллин, Р. Х. Гайнутдинов // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28–30 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 197-203. – EDN VESZEB.

- [29] Гайнутдинов, Р. Х. Электрическая обработка деталей контактным непрерывным оплавлением / Р. Х. Гайнутдинов // Техника и технология транспорта. – 2021. – № 2(21). – EDN ENPUUF.
- [30] Гайнутдинов, Р. Х. Экспериментальные исследования тягового сопротивления дискового рабочего органа / Р. Х. Гайнутдинов, Р. Л. Сахапов // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 33-41. – EDN LCREYN.
- [31] Измайлова, Е. А. Размещение разногабаритных элементов на печатной плате электронных средств на основе муравьиного алгоритма / Е. А. Измайлова, С. Ф. Чермошенцев // Современные материалы, техника и технология: сборник научных статей 11-й международной научно-практической конференции, Курск, 30 декабря 2021 года. – Курск: Юго-Западный Государственный Университет, 2021. – С. 136-141. – EDN YVNHSM.
- [32] Ландышев, Д. В. Генетический алгоритм размещения развязывающих конденсаторов на печатной плате с учетом критерия минимизации полного волнового сопротивления / Д. В. Ландышев, С. Ф. Чермошенцев // Современные материалы, техника и технология: сборник научных статей 11-й международной научно-практической конференции, Курск, 30 декабря 2021 года. – Курск: Юго-Западный Государственный Университет, 2021. – С. 258-263. – EDN OVRLWD.
- [33] Галимов, И. Р. Обезьяний алгоритм размещения элементов на гибко-жесткой печатной плате / И. Р. Галимов, С. Ф. Чермошенцев // Современные материалы, техника и технология: сборник научных статей 11-й международной научно-практической конференции, Курск, 30 декабря 2021 года. – Курск: Юго-Западный Государственный Университет, 2021. – С. 84-91. – EDN TQEELJ.
- [34] Ильина, О. В. Расчет погрешности координаты выхода оптического луча в лазерных центрирующих измерительных системах / О. В. Ильина, С. А. Ляшева, В. М. Трегубов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 9. – С. 21-23. – EDN OMLMWG.
- [35] Ляшева, С. А. Анализ изображений дорожных знаков на основе весовой модели с использованием вейвлет-преобразования / С.А. Ляшева, В. М. Трегубов, М. П. Шлеймович // Вестник НЦБЖД. – 2020. – № 4(46). – С. 112-119. – EDN WFGGMD.

SYNTHESIS BY THE DEGREE OF UNUNIFORMITY OF ROTATION OF THE DRIVEN LINK

Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev,
Russia, Kazan

Abstract

The work discusses the issues of synthesis of a five-link mechanism based on spatial Bennett. This article builds an algorithm for synthesizing the mechanism through the stated inequalities, taking into account trigonometric formulas. In conclusion, we get a practical implementation of the spatial mechanism model.

Key words: Bennett, spatial mechanism, synthesis, trigonometry, modeling.

REFERENCES

- [1] Babichev D.T., Lebedev S.Yu. A new methodology of kinematic analysis on the example of a study of class III six-link. Modern mechanical engineering: Science and education. 2019. pp. 109-123. (rus.)
- [2] Andrienko, P.A., Karazin, V.I., Kozlikin, D.P., Khlebosolov, I.O. About implementation harmonic impact of the resonance method. 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. pp. 83-90
- [3] Evgrafov, A.N., Karazin, V.I., Petrov, G.N. Analysis of the self-braking effect of linkage mechanisms. 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. pp. 119-127
- [4] Evgrafov, A., Khisamov, A., Egorova, O. Experience of modernization of the curriculum TMM in St. Petersburg state polytechnical university. Mechanisms and Machine Science, 2014, 19, pp. 239–247.
- [5] Evgrafov, A.N., Karazin, V.I., Khisamov, A.V. Research of high-level control system for centrifuge engine. 2018. International Review of Mechanical Engineering. 12(5), pp. 400-404.
- [6] Probabilistic Moments Of Random Sequences For Problems Of Mathematical Modeling Of Stochastic Objects [6] / V. M. Kuznetsov, V. A. Pesoshin, A. I. Gumirov, D. V. Shirshova // Mathematical Methods In Engineering And Technology - Mmtt . – 2020. – T. – P. 56-61. – Edn Zldyhz.
- [7] Kuznetsov, V. M. Statistical Indistinguishability Of Noise-Like Signals In Simulation Modeling On Small Samples For Pseudo-Random Sequences / V. M. Kuznetsov, V. A. Pesoshin, D. V. Shirshova // Bulletin Of The

- Kazan State Technical University. A.N. Tupolev. – 2017. – T. 73, No. 3. – P. 97-104. – Edn Ynhhjb.
- [8] Efremova E.S., Miftakhov B.I., Soldatkina K.V. Simulation Modeling Of A Stationary Receiver Of A Vortex System Of Air Signals // Bulletin Of The Kazan Technical University. A.N. Tupolev 2021 Volume 77. No. 1 P.102-108
- [9] Ivanov V.K. To The Problem Of Analytical Design Of Mechatronic Systems // Bulletin Of Kazan Technical University Named After. A.N. Tupolev 2021 Vol. 77. No. 1 P.67-70
- [10] Vershinin, I. S. Methods Of Associative Stegoprotection Of Cartographic Scenes / I. S. Vershinin // Discrete Models In The Theory Of Control Systems: Proceedings Of The X International Conference, Moscow And Moscow Region, May 23–25, 2018 / Responsible Editors V.B. . Alekseev, D.S. Romanov, B.R. Danilov. – Moscow And Moscow Region: Maks Press Llc, 2018. – P. 78-81. – Edn Ussvny.
- [11] Valiev A.I., Kurylev D.V. Experimental Setup For Studying The Process Of Electrochemical Processing Of The Edges Of The Airfoil Profile Of Gas Turbine Engine Blades // Bulletin Of The Kazan Technical University Named After. A.N. Tupolev 2021 Volume 77 No. 1 P.57-61
- [12] Kesel B.A., Kesel L.G. Energy Efficiency Of A Low-Power Mobile Gas Turbine Power Plant For Power Supply To A Drilling Rig 2021// Bulletin Of The Kazan Technical University Named After. A.N. Tupolev Vol. 77 No. 1 P.71-75
- [13] Pikuleva, N. I. Hardware Graphics Driver Based On Fpga / N. I. Pikuleva, A. S. Khafizova, D. A. Gashigullin // Proceedings - 2021 International Russian Automation Conference, Rusautocon 2021, Sochi, September 05–11, 2021. – Sochi: Institute Of Electrical And Electronics Engineers Inc., 2021. – P. 769-774. – Doi 10.1109/Rusautocon52004.2021.9537352. – Edn Vbeeht.
- [14] Vershinin, I. S. The Influence Of Excessive Masking On The Durability Of Associative Stegoprotection / I. S. Vershinin, T. M. Vershinina // Professional Communications In The Scientific Environment - A Factor In Ensuring The Quality Of Research: Collection Of Materials Of The All-Russian Scientific And Practical Conference, Almetyevsk , November 28, 2019 / Almetyevsk Branch Of Kazan National Research Technical University Named After. A.N. Tupolev–Kai. – Almetyevsk: Limited Liability Company “Convert”, 2019. – Pp. 48-51. – Edn Fbkxnf.
- [15] Faizov M.R., Mudrov A.P. Study Of The Motion Of A Spherical Simulator // Bulletin Of The Moscow Aviation Institute 2019 T.26 No. 1 P.182-191
- [16] Vershinin, I. S. Elements Of The Theory Of Associative Steganography / I. S. Vershinin // Mathematical Methods In Engineering And Technology - Mmtt. – 2020. – T. 6. – P. 132-135. – Edn Mslxjg.

- [17] Roshchin V.V., Khabibullin F.F., Erahmadov S.N. To Assess The Temperature State Of Ball Bearings Of Gas Turbine Engines With Increased Thermal Stress // Bulletin Of The Kazan State Technical University Named After. A.N. Tupolev 2019 T75№3 With 66-69
- [18] Bayanov I.M., Gortyshov Yu.F., Tonkonog V.G., Tonkonog M.I. Modeling The Dynamics Of A Two-Phase Flow In A Separator // Bulletin Of The Kazan State Technical University Named After. A.N. Tupolev 2013 No. 4 P. 34-42
- [19] Lustin A.D., Egorov S.V. Defining Relation Of Vibration Of Vehicle Suspension With The Mass And Rigidity Design Deviations//International Journal Of Applied Engineering Research 2015, T. 10 No. 24 P.44629-44635
- [20] Zaripova, R. S. Electronic Information And Educational Environment As An Indicator Of The Effectiveness Of An Educational Organization / R. S. Zaripova, M. G. Nuriev, L. I. Feyskhanova // Pedagogical Journal. – 2023. – T. 13, No. 5-1. – Pp. 794-800. – Doi
- [21] Viktorov, I. V. Development Of A Syntax Tree For An Automated Translator Of Sequential Program Code Into Parallel Code For Multi-Core Processors / I. V. Viktorov, R. F. Gibadullin // Software Systems And Computational Methods. – 2023. – No. 1. – P. 13-25. – Doi 10.7256/2454-0714.2023.1.38483.
- [22] Gibadullin, R. F. Thread-Safe Calls To Controls In Enriched Client Applications / R. F. Gibadullin // Software Systems And Computing Methods. – 2022. – No. 4. – P. 1-19.
- [23] Nuriev, M. G. Converter Of Markdown Files To Latex Document / M. G. Nuriev, E. S. Belashova, K. A. Barabash // Software Systems And Computational Methods. – 2023. – No. 1. – P. 1-12.
- [24] Nuriev, M. G. Study Of The Noise Immunity Of Computer Technology Under Electromagnetic Influences Through The Metal Structure Of A Building Based On Physical Modeling / M. G. Nuriev, R. M. Gizatullin, A. A. Muhammadiev // Radio Journal
- [25] Gibadullin, R. F. Organization Of Secure Data Transmission In A Sensor Network Based On Avr Microcontrollers / R. F. Gibadullin // Cybernetics And Programming. – 2018. – No. 6. – P. 80-86. – Doi 10.25136/2306-4196.2018.6.24048.
- [26] Zaripova, R. S. Electronic Portfolio As A Means Of Comprehensive Assessment Of Student Achievements / R. S. Zaripova, N. I. Pikuleva, O. A. Rocheva // Russian Journal Of Education And Psychology. – 2023. – T. 14, No. 1-3. – Pp. 23-28. – Edn Augsmk.
- [27] Non-Perturbative Renormalization Of The Interaction Of A Quantum Dot With A Phonon Reservoir / R. Kh. Gainutdinov, L. Ya. Nabieva, A. I. Garifullin, A. A. Mutygullina // Xviii All-Russian Youth Samara Competition-Conference Of Scientific Works On Optics And Laser

- Physics, Samara, November 10–14, 2020. – Moscow: Federal State Budgetary Institution Of Science Physical Institute Named After. P.N. Lebedev Russian Academy Of Sciences, 2020. – P. 305-312. – Edn Yyvjb.
- [28] Yarullin, F. F. Determination Of The Design Parameters Of The Ellipsoidal Disk Of A Rotary Harrow / F. F. Yarullin, R. Kh. Gainutdinov // Agriculture And Food Security: Technologies, Innovations, Markets, Personnel: Scientific Works Of The Ii International Scientific- Practical Conference Dedicated To The 70th Anniversary Of The Institute Of Mechanization And Technical Service And The 90th Anniversary Of The Kazan Zootechnical School, Kazan, May 28–30, 2020. – Kazan: Kazan State Agrarian University, 2020. – P. 197-203. – Edn Veszeb.
- [29] Gainutdinov, R. Kh. Electrical Processing Of Parts By Contact Continuous Melting / R. Kh. Gainutdinov // Transport Technology. – 2021. – No. 2(21). – Edn Enpuuf.
- [30] Gainutdinov, R. Kh. Experimental Studies Of Traction Resistance Of A Disk Working Body / R. Kh. Gainutdinov, R. L. Sakhapov // Modern Achievements Of Agricultural Science: Scientific Proceedings Of The All-Russian (National) Scientific And Practical Conference Dedicated To The Memory Of The Honored Figure Science And Technology Of The Russian Federation, Professor, Academician Of The Academy Of Agrarian Education, Laureate Of The State Prize Of The Russian Federation In The Field Of Science And Technology, Honored Inventor Of The Ussr Khazip Sabirovich Gainanov, Kazan, February 26, 2021. Volume 1. – Kazan: Kazan State Agrarian University, 2021. – P. 33-41. – Edn Lcreyh.
- [31] Izmailova, E. A. Placement Of Different Size Elements On A Printed Board Of Electronic Means Based On The Anal Algorithm / E. A. Izmailova, S. F. Chermoshentsev // Modern Materials, Technology And Technology: Collection Scientific Articles Of The 11th International Scientific -Practical Conference, Kursk, December 30, 2021. – Kursk: South-Western State University, 2021. – Pp. 136-141. – Edn Yvhsm.
- [32] Landyshev, D. V. Genetic Algorithm For Placing Decoupling Capacitors On A Printed Board Taken Into Account Of The Criterion For Minimizing Total Wave Impedance / D. V. Landyshev, S. F. Chermoshentsev // Modern Materials , Engineering And Technology: Collection Of Scientific Articles 11- Th International Scientific And Practical Conference, Kursk, December 30, 2021. – Kursk: South-Western State University, 2021. – P. 258-263. – Edn Ovrld.
- [33] Galimov, I. R. Monkey Algorithm For Placing Elements On A Rigid-Flexible Printed Board / I. R. Galimov, S. F. Chermoshentsev // Modern Materials, Engineering And Technology: Collection Of Scientific Articles 11th International People's Scientific And Practical Conferences, Kursk,

December 30, 2021. – Kursk: South-Western State University, 2021. – Pp. 84-91. – Edn Tqeelj.

- [34] Ilina, O. V. Calculation Of The Error Of The Coordinate Of The Output Of The Optical Beam In Laser Centering Measuring Systems / O. V. Ilina, S. A. Lyasheva, V. M. Tregubov // Scientific And Technical Bulletin Of The Volga Region. – 2023. – No. 9. – P. 21-23. – Edn Omllmwig.
- [35] Lyasheva, S. A. Analysis Of Images Of Road Signs Based On A Weight Model Using Wavelet Transformation / S. A. Lyasheva, V. M. Tregubov, M. P. Shleimovich // Bulletin Of The Ncbjd. – 2020. – No. 4(46). – Pp. 112-119. – Edn Wfggmd.