

---

---

# ВОПРОСЫ РОБОТОТЕХНИКИ, ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

УДК 62-272.5:681.5.512.2.011.056

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ВАРИАНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА ЗЕРКАЛЬНЫХ АНТЕНН<sup>1</sup>

*Статья поступила в редакцию 28.01.2014, в окончательном варианте 10.02.2014.*

**Камаев Валерий Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, Волгоградский государственный технический университет, 400131, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, e-mail: [Vkamaev40@mail.ru](mailto:Vkamaev40@mail.ru)

**Чивилёв Алексей Дмитриевич**, аспирант, Волгоградский государственный технический университет, 400131, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28; Национальный исследовательский университет «МЭИ», 111250, Российская Федерация, г. Москва, ул. Красноказарменная, e-mail: [14\\_4ibis-88@mail.ru](mailto:14_4ibis-88@mail.ru)

Из-за ограничений по времени, отводимого на разработку конструкций антенных устройств (АУ), анализ/сравнение всех возможных вариантов проектных решений обычно не удается осуществить. В связи с этим лицо, принимающее конструкторское решение, обычно ограничивается только расчетом/сравнением вариантов технических решений, уже примененных в предыдущих разработках. Наличие программных продуктов, выполняющих автоматизированный расчет основных узлов АУ, позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на разработку конструкций, оптимизировать проектные решения. В данной работе рассматриваются способы решения задачи автоматизированного подбора электродвигателя для различных типов исполнения механического привода. Проанализированы механические нагрузки, оказываемые воздействием на электромеханический привод АУ. Рассмотрены наиболее широко применяемые в практике современного конструирования варианты передачи механического движения от электродвигателя к устройству вращения антенны. Приведён алгоритм расчета, необходимый для последующего создания САПР механических приводов АУ.

**Ключевые слова:** электродвигатель, механический привод, винт-гайка, антенна, САПР, шарико-винтовая передача, зеркальная система, люфт, ветровая нагрузка

## AUTOMATED CALCULATION OF VARIATIONS OF THE ELECTRIC COMPONENT OF AN ELECTROMECHANICAL DRIVE REFLECTOR ANTENNAS

**Kamaev Valeriy A.**, D.Sc. (Engineering), Professor, Volgograd State Technical University, 28 Lenin av., Volgograd, 400131, Russian Federation, e-mail: [Vkamaev40@mail.ru](mailto:Vkamaev40@mail.ru)

**Chivilev Aleksey D.**, post-graduate student, Volgograd State Technical University, 28 Lenin av., Volgograd, 400131, Russian Federation; National Research University "Moscow Power Engineering Institute", 14 Krasnokazarmennaya St., Moscow, 111250, Russian Federation, e-mail: [4ibis-88@mail.ru](mailto:4ibis-88@mail.ru)

Because of limitations on the time spent in developing designs antenna systems analysis / comparison of all possible design solutions usually cannot be done. In connection with this person who design decision is usually limited only by calculation / comparison of the technical solutions already applied

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках базовой части проекта 2586 задания № 2014/16.

in previous developments. Availability of software products that perform automated calculation of the basic units of antenna devices can significantly reduce the time spent on the development of structures to optimize the design solutions. This paper discusses the ways of solving the problem of automated selection of the motor for any type of mechanical drive performance. Analyzed the mechanical stresses affecting electromechanical drive antenna devices. Considered the most widely used in the practice of modern design options for transferring mechanical motion from the motor to the rotation of the antenna device. The algorithm of calculation required for the subsequent creation of CAD mechanical drives antenna devices.

**Keywords:** electric motor, mechanical drive, screw-nut dish, CAD, ball screw, mirror system, backlash, wind load

Антенны являются обязательным элементом любой системы передачи информации, использующим свободное распространение электромагнитных волн. Функции антенн в этих системах сводятся к передаче (излучению) и/или приему электромагнитных волн. Основной задачей современных антенных устройств (АУ) является обеспечение передачи сигнала высокого качества на требуемое расстояние. Поэтому направленность излучения АУ является одной из ее важнейших характеристик. Она зависит от конструкции антенны. Используя антенны с различными диаграммами направленности, можно повысить дальность и качество (надежность) связи. Задание требуемого направления центрального лепестка диаграммы направленности зеркальных антенн осуществляется посредством механических систем. От точности наведения АУ зависят все ее основные электрические и энергетические характеристики.

Основной задачей механических узлов АУ является перемещение зеркальной системы (ЗС) антенны по заданной траектории (в требуемом направлении). Развитие техники, включая космическую, заставляет в настоящее время предъявлять высокие требования к точности наведения ЗС [11]. Задачей конструктора-проектировщика является обеспечение требуемой точности и скорости наведения АУ с помощью механической передачи. При этом задачи оптимизации выбора разработчиком взаимосвязанных элементов технического решения АУ с учетом ресурсных ограничений (включая время разработки) и рисков весьма актуальны [1]. При этом существенно, что такой выбор должен учитывать требования заказчиков разработки [5], носит многокритериальный характер [6, 7, 9].

Поэтому в данной работе ставилась *цель* – разработать эффективные средства автоматизации поиска приемлемых вариантов электрической и механической компонент электромеханического привода (ЭМП) АУ.

**Общая характеристика проблематики работы.** Основанием для проектирования любого механизма конструктором является техническое задание (ТЗ). Применительно к проблематике работы оно разрабатывается на основе ТЗ антенной системы (АС), в которую входит механизм перемещения АУ. Совокупность формулировок ТЗ должна обладать свойством «необходимости и достаточности».

Для осуществления проектирования ЭМП средствами САПР необходимо отдельно рассмотреть каждый из этапов проектирования (расчета конструкции привода АУ). Каждый этап будет соответствовать относительно автономному модулю автоматизированного расчета. Подчеркнем, что рассматриваемый далее алгоритм не предполагает создания принципиально новых конструкций на уровне решения изобретательских задач [4].

Алгоритм подбора ЭМП можно разбить на два модуля – для выбора электродвигателя и механической составляющей.

В первую очередь проводят подбор электродвигателя, являющегося источником передаваемой механической энергии. Достаточными исходными данными в этом случае являются массогабаритные характеристики перемещаемого узла (рабочего органа), противодействующие перемещению силы (в том числе связанные с климатическими факторами); значения скорости и ускорения, с которыми рабочий орган должен осуществлять перемещение АУ.

Механический привод представляет собой узел, передающий механическую энергию от электродвигателя к рабочему органу. При выборе электродвигателя конструктор ограничен существующей номенклатурой выпускаемых моделей двигателей, применяемых вариантов их исполнения; требованиями разработчиков системы управления АУ. При проектировании механического привода конструктор руководствуется следующими основными характеристиками: надежностью, технологичностью и экономичностью [8].

Ниже рассматривается определение последовательности расчетов возможных вариантов исполнения основных типов механических приводов; формирование из полученных для каждого типа привода результатов области допустимых решений [10] (вариантов удовлетворяющих ТЗ). Основываясь на полученных вариантах исполнения ЭМП, становится возможным осуществить оптимизацию решений в рамках ТЗ.

В данной работе задача выбора оптимального ЭМП реализуется согласно стратегии «шаг за шагом». В качестве первого «шага» рассматривается реализация модуля расчета электропривода АС с использованием системы координат, показанной на рис. 1.

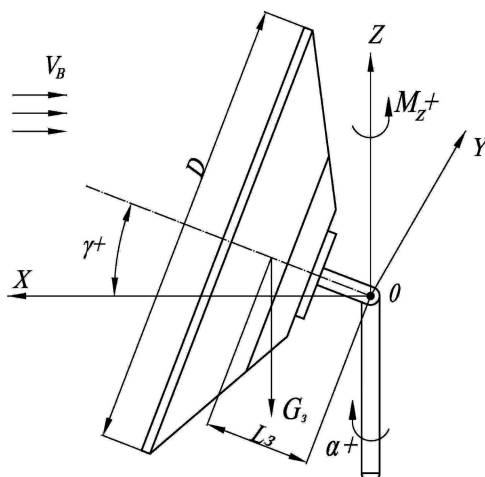


Рис. 1. Используемая в расчетах система координат

**Техническое задание на структуру устройства передачи движения.** Обычно ТЗ «механизма» разрабатывается на основе ТЗ АС, в которую он (механизм) входит. Перечислим пункты ТЗ, необходимые для разработки механизма электропривода.

- 1) климатические воздействия;
- 2) механические нагрузки;
- 3) технические требования.

Процесс проектирования ЭМП разделяется на следующие этапы:

- 1) подбор электродвигателя;
- 2) расчет механической составляющей ЭМП;
- 3) сравнение вариантов исполнения ЭМП друг с другом;
- 4) выбор оптимального варианта.

Для осуществления проектирования ЭМП средствами САПР необходимо подробнее рассмотреть каждый из этапов расчета.

**Подбор электродвигателя.** Необходимые исходные данные:

- угловая скорость  $\omega_{p0}$  вращения ЗС антенны;
- угловое ускорение  $\varepsilon_{p0}$ ;
- диаметр зеркала  $D_3$ ;

- масса зеркала  $m_3$ ;
- максимальная скорость ветра  $V_6$ .

Мощность двигателя  $W_{дв}$  должна быть подтверждена расчетом на выполнение условия:

$$W_{дв} \geq W_{ро}, \quad (1)$$

где  $W_{ро}$  – мощность, необходимая для перемещения рабочего органа.

Для вычисления  $W_{ро}$  используется следующая формула [3]:

$$W_{ро} = \frac{M_{ро} \cdot n_{ро}}{9550} \text{ [Вт]}, \quad (2)$$

где  $n_{ро}$  – частота вращения рабочего органа [ $\text{мин}^{-1}$ ];  $M_{ро}$  – момент, необходимый для вращения рабочего органа.

$M_{ро}$  может быть определен как сумма противодействующих моментов

$$M_{ро} = M_{\Sigma}^n = M_{ст}^n + M_{дин}^n + M_{вес}^n + M_{азр}^n, \quad (3)$$

где  $M_{ст}$  – момент статических сил;  $M_{дин}$  – момент сил инерции;  $M_{вес}$  – момент от весовых нагрузок;  $M_{азр}$  – момент от аэродинамических нагрузок.

Величины этих моментов приводятся к выходному  $n$ -валу, на котором установлен рабочий орган.

$M_{ст}$  учитывается через коэффициент потерь в опорах одного вала ( $\Pi = 0,02$  – для опор скольжения,  $\Pi = 0,002$  – для опор качения). Следовательно, в первом приближении суммарный момент можно оценить по формуле:

$$M_{\Sigma} = \frac{M_{дин} + M_{вес} + M_{азр}}{(1 - \Pi)^n}. \quad (4)$$

При вращении зеркала с ускорением  $\varepsilon_{ро}$  возникает динамический момент:

$$M_{дин}^n = J^n \cdot \varepsilon_{ро}, \quad (5)$$

где  $J^n$  – момент инерции привода с рабочим органом, приведенным к  $n$ -му валу.

В первом приближении воспользуемся формулой:

$$J^n = 1,5J_{дв} i_{1n}^2 + J_{ро}, \quad (6)$$

где  $J_{дв}$  – момент инерции ротора двигателя – он определен для каждого типа двигателя (указывается в технических характеристиках);  $J_{ро}$  – момент инерции рабочего органа;  $i_{1n}$  – передаточное отношение от вала двигателя до  $k$ -го вала. Оно определяется из следующего соотношения

$$i_{1n} = \frac{\omega_1}{\omega_n} = \frac{6n_{дв}}{\omega_{ро}}, \quad (7)$$

где  $n_{дв}$  – номинальная частота вращения рассматриваемого двигателя;  $\omega_{ро}$  – угловая скорость вращения рабочего органа (в данном случае рабочим органом является зеркало).

$J_{ро}$  рассчитывается или определяется экспериментальным путем [2].

Если центр масс удален от оси вращения на величину  $l_{ро}$ , то весовой момент находят по формуле:

$$M_{вес} = m_{ро} g l_{ро}. \quad (8)$$

При больших величинах  $M_{вес}$  целесообразно применить систему уравновешивания (рис. 2).

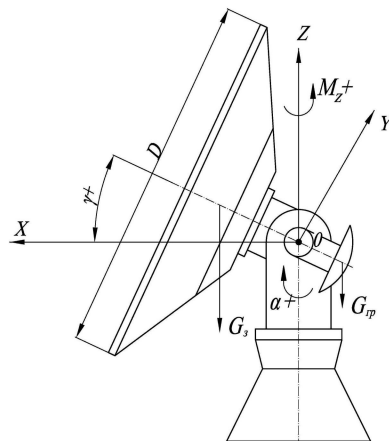


Рис. 2. Применение противовеса в АУ

Рассчитаем аэродинамический момент  $M_{\text{аэр}}$ , согласно СНиП 2.01.07-85 п. 6 (расчетная схема по рис. 1):

$$M_{\text{аэр}} = F_x L_3 \quad (9)$$

где  $F_x$  – сила ветрового потока, действующая на зеркало вдоль оси  $X$ ;  $L_{\text{зотн}}$  – расстояние от точки пересечения осей до центра масс зеркала АУ относительно оси  $X$ .

$$L_{\text{зотн}} = L_3 \sin \gamma; \quad (10)$$

$$F_x = \omega_m S_{\text{зотн}}, \quad (11)$$

где  $\omega_m$  – нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки на высоте  $h$  над поверхностью Земли;  $S_{\text{зотн}}$  – характерная площадь антенны, к которой отнесены ее аэродинамические характеристики.

$$S_{\text{зотн}} = S_3 \cos \gamma; \quad (12)$$

$$S_3 = \frac{\pi D_3^2}{4}; \quad (13)$$

$$\omega_m = \omega_0 k c_x, \quad (14)$$

где  $\omega_0$  – нормативное значение ветрового давления;  $k$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте;  $c_x$  – аэродинамический коэффициент. В первом приближении допускается применять значение аэродинамического коэффициента лобового сопротивления согласно табл. 1. Данные в ней основаны на результате экспериментального моделирования ветровой нагрузки на АУ в среде *ANSYS CFX* (для скорости ветра 25 м/с).

Таблица 1

**Результаты определения аэродинамического коэффициента лобового сопротивления  $c_x$**

Угол поворота зеркала $\gamma$	$c_x$	Угол поворота зеркала $\gamma$	$c_x$
0	1,2	45	0,9
15	1,3	60	1,2
30	1,4	75	1,2

Для обеспечения точности вычислений необходимы экспериментальные данные (продувка модели изделия в аэродинамической трубе; моделирование ветровой нагрузки с помощью программных средств, например в среде *ANSYS CFX*).

Нормативное значение ветрового давления  $\omega_0$  определяется по СНиП 2.01.07-85 п. 6.4:

$$\omega_0 = 0,61V_в. \quad (15)$$

Окончательная формула для расчета момента, создаваемого ветровой нагрузкой, будет выглядеть следующим образом:

$$M_{\text{взр}} = 0,61V_в k c_x L_3 \pi D^2 \frac{\sin 2\gamma}{8}. \quad (16)$$

На рис. 3 показан пример изменения моментов с учетом угла поворота зеркала АУ.

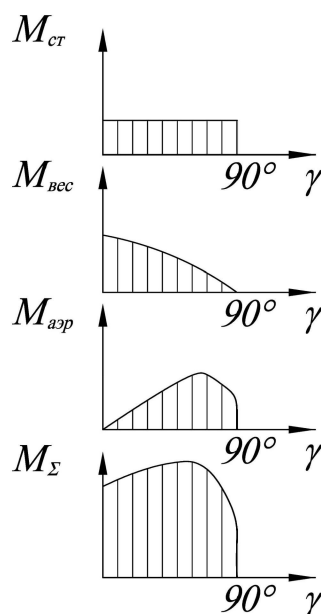


Рис. 3. Изменение моментов с учетом угла поворота

При условии применения системы уравнивания можно принять  $M_{\text{взс}} = 0$ .

В случае если антенна находится в корпусе или в помещении, то примем  $M_{\text{взр}} = 0$ .

Исходя из формул (3), (6), (8), (16), необходимая мощность рабочего органа определяется соотношением

$$W_{\text{ро}} = \frac{(1,5J_{\text{дв}} \left(\frac{6n_{\text{дв}}}{\omega_{\text{ро}}}\right)^2 + J_{\text{ро}}) \cdot \varepsilon_{\text{ро}} + m_{\text{ро}} g l_{\text{ро}} \cos \gamma + 0,61V_в k c_x L_3 \pi D^2 \frac{\sin 2\gamma}{8}}{9550(1 - \Pi)^n} \cdot n_{\text{ро}}. \quad (17)$$

Определив необходимую мощность рабочего органа, можно оценить требуемую мощность электродвигателя

$$W_{\text{дв}} \geq \frac{W_{\text{ро}}}{\eta_{\text{мех}}} \quad (18)$$

и КПД механизма ( $\eta$ )

$$\eta_{\text{мех}} = \frac{1}{k_t} \cdot \eta_{12} \cdot \eta_{23} \cdot \dots \cdot \eta_{(n-1)n}, \quad (19)$$

где  $k_t = 3 \dots 5$  – температурный коэффициент, учитывающий загустевание смазки при отрицательных температурах  $t = -20 \dots -50$  °С [3];  $\eta_{12}, \eta_{23}, \dots, \eta_{(n-1)n}$  – КПД кинематических передач, используемых в ЭМП.

В рамках проектирования с использованием САПР рассматриваются следующие схемы передачи движения.

1. Двигатель → Планетарный/Волновой редуктор → Зубчатая пара → Зеркало
2. Двигатель → Червячный редуктор → Поступательная пара → Зеркало

К поступательной паре относятся передачи «винт-гайка скольжения» (ВГС) и шарико-винтовая передача (ШВП).

Исходя из схемы передачи движения определяется КПД механизма (табл. 2).

Таблица 2

**КПД кинематических передач**

Тип передачи	КПД $\eta$	Тип передачи	КПД ( $\eta$ )
Червячная	0,5...0,8 (заходность $z = 1...4$ )	Винт-гайка скольжения	0,4
Зубчатая	0,97	Планетарная	0,92
Коническая	0,9	Цевочная	
ШВП	0,9	Волновая	

При этом следует учитывать, что допустимая недогрузка двигателя составляет 20 % [3].

На рис. 4 представлен алгоритм работы блока подбора электродвигателя в САПР.

После подбора электродвигателя необходимо произвести расчет механической составляющей ЭМП.

Проблемы, возникающие при использовании механических устройств управления, во многом связаны с понятием «люфт». Под ним понимается зазор или свободный ход между сопряженными механическими элементами системы. Люфт оказывает влияние на точность фактического перемещения АС. Он может быть обусловлен следующими факторами: конструктивными и технологическими ошибками для ЭМП; ошибками, вызванными износом; температурными воздействиями; воздействиями на конструкцию АУ переменных ветровых нагрузок, изменяющих крутящий момент, который необходимо преодолеть при реверсивном движении; нерациональным выбором материалов для сопрягаемых деталей ЭМП.

Точность наведения является одним из определяющих факторов при выборе ЭМП привода АС. Поэтому данный фактор учитывается на этапе сравнения ЭМП. Он, наравне со стоимостью изделия для расчетного срока его эксплуатации, оказывает серьезное влияние на окончательный выбор варианта конструктивного решения.

В ТЗ указывается необходимый срок службы ЭМП. Он оказывает влияние на механическую составляющую ЭМП, определяет подбор материалов и габариты механической передачи.

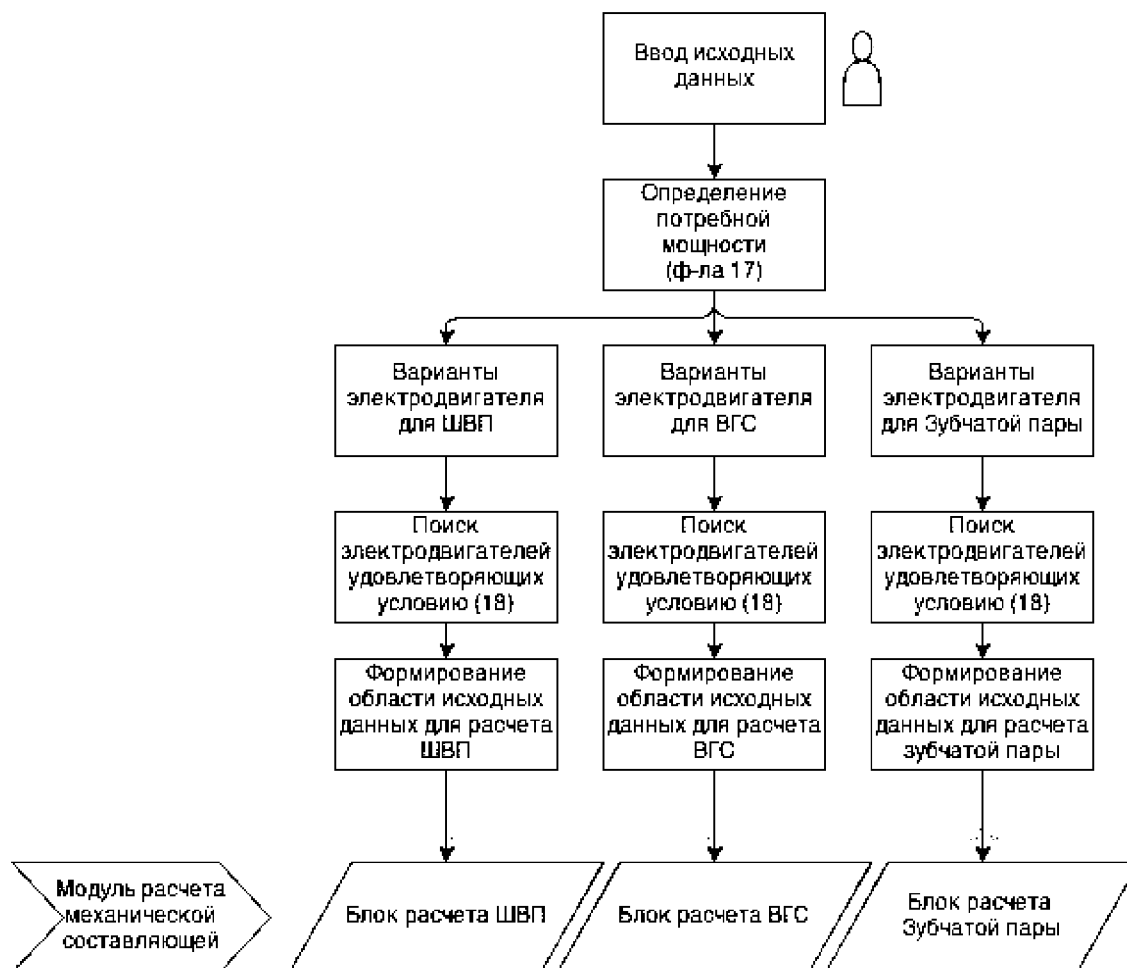


Рис. 4. Алгоритм подбора электродвигателя

**Выводы.** В работе предложен метод автоматизации подбора электродвигателя ЭМП, позволяющий эффективно осуществлять наведение ЗС АУ.

Такая операция предваряет собой расчет механической составляющей ЭМП АУ и последующий подбор оптимального варианта исполнения привода.

Таким образом, предлагаемая методика обеспечивает решение одной из задач создания инструментальных средств САПР для расчета механических приводов АУ.

#### Список литературы

1. Брумштейн Ю. М. Анализ моделей и методов выбора оптимальных совокупностей решений для задач планирования в условиях ресурсных ограничений и рисков / Ю. М. Брумштейн, Д. А. Тарков, И. А. Дюдиков // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 3 (23).
2. Диняева Н. С. Конструирование механизмов антенн : учеб. пос. / Н. С. Диняева. – Москва : Издательство МАИ, 2002. – 340 с.
3. Жуков К. П. Проектирование деталей и узлов машин / К. П. Жуков, Ю. Е. Гуревич. – Москва : Станкин, 2004. – 671 с.
4. Камаев В. А. Абдукция – инструмент концептуального проектирования новых технических систем / В. А. Камаев // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – № 2 (14). – 2011.



5. Камаев В. А. Применение структурирования функции качества для изменения технических характеристик продукции на основе требований потребителей / В. А. Камаев, Ю. Ю. Андрейчиков // Известия ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах». – 2007. – Вып. 1, № 1. – С. 59–64.
6. Кандырин Ю. В. Методы и модели многокритериального выбора вариантов в САПР : учеб. пос. / Ю. В. Кандырин. – Москва : Издательство МЭИ, 2004. – 172 с.
7. Кандырин Ю. В. Методика автоматизированного многокритериального выбора механического привода зеркальных антенн / Ю. В. Кандырин, А. Д. Чивилев // Известия ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах». – 2012. – № 10 (97). – С. 84–91.
8. Орлов П. И. Основы конструирования : в 2 кн. – Москва : Машиностроение, 1988. – Кн. 1. – 560 с. ; Кн. 2. – 544 с.
9. Хоменко Т. В. Анализ ранжирования вариантов технических решений при дефазификации значений эксплуатационных характеристик / Т. В. Хоменко, Т. В. Васильева // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2012. – № 1 (17).
10. Kandyrin Y. W. Interaktive und automatische Recherche von Invormationen für den Konstrukteur / Y. W. Kandyrin, G. Rörs // Wissenschaftliche Zeitschrift der Technische Universität Dresden. – 1984. – H. 2, № 33. – S. 147–151.
11. Kolawole M. O. Satellite communication engineering / M. O. Kolawole. – Marcel Dekker Inc. ; New York-Basel, 2002. – 268 p.

#### References

1. Brumshteyn Yu. M., Tarkov D. A., Dyudikov I. A. Analiz modeley i metodov vybora optimalnykh sovokupnostey resheniy dlya zadach planirovaniya v usloviyakh resursnykh ogranicheniy i riskov [The analysis of models and methods of optimum choice for decision sets in conditions of resource restrictions and risks]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2013, no. 3 (23).
2. Dinyaeva N. S. *Konstruirovaniye mekhanizmov antenn* [Design of antenna mechanisms]. Moscow, 2002. 340 p.
3. Zhukov K. P., Gurevich Yu. Ye. *Proektirovaniye detaley i uzlov mashin* [Design of parts and assemblies of machines]. Moscow, Stankin, 2004. 671 p.
4. Kamaev V. A. Abduksiya – instrument kontseptualnogo proektirovaniya novykh tekhnicheskikh sistem [Abduction is a tool of conceptual design of new technical systems]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2011, no. 2 (14).
5. Kamaev V. A., Andreychikov Yu. Yu. Primeneniye strukturirovaniya funktsii kachestva dlya izmeneniya tekhnicheskikh kharakteristik produktsii na osnove trebovaniy potrebiteley [Application of quality function to change the specifications of products based on customer requirements]. *Izvestiya VolgGTU. Seriya «Aktualnye problemy upravleniya, vychislitelnoy tekhniki i informatiki v tekhnicheskikh sistemakh»* [News Volgograd State Technical University. Series "Actual problems of management, computer science and informatics in technical systems], 2007, issue 1, no. 1, pp. 59–64.
6. Kandyrin Yu. V. *Metody i modeli mnogokriterialnogo vybora variantov v SAPR* [Methods and models of multi-choice options in CAD]. Moscow, 2004. 172 p.
7. Kandyrin Yu. V., Chivilev A. D. Metodika avtomatizirovannogo mnogokriterialnogo vybora mekhanicheskogo privoda zerkalnykh antenn [Method of automated multicriteria selection of mechanical drive of reflector antennas]. *Izvestiya VolgGTU. Seriya «Aktualnye problemy upravleniya, vychislitelnoy tekhniki i informatiki v tekhnicheskikh sistemakh»* [News Volgograd State Technical University. Series "Actual problems of management, computer science and informatics in technical systems], 2012, no. 10 (97), pp. 84–91.
8. Orlov P. I. *Osnovy konstruirovaniya* [Bases of design], in 2 books. Moscow, Mashinostroenie, 1988. Book 1. 560 p.; Book 2. 544 p.
9. Khomenko T. V., Vasileva T. V. Analiz ranzhirovaniya variantov tekhnicheskikh resheniy pri defazifikatsii znacheniy ekspluatatsionnykh kharakteristik [Analysis of the ranking of the technical solutions at defuzzification values of performance]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Management and High Technologies], 2012, no. 1 (17).
10. Kandyrin Y. W., Rörs G. Interaktive und automatische Recherche von Invormationen für den Konstrukteur. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technische Universität Dresden*, 1984, h. 2, no. 33, pp. 147–151.
11. Kolawole Michael O. *Satellite communication engineering*. Marcel Dekker Inc.; New York-Basel, 2002. 268 p.