

ISSN 2518-1467 (Online),
ISSN 1991-3494 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Ш Ы С Ы

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

THE BULLETIN

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С 1944 ГОДА
PUBLISHED SINCE 1944

1

АЛМАТЫ
АЛМАТЫ
ALMATY

2017

ҚАҢТАР
ЯНВАРЬ
JANUARY

Б а с р е д а к т о р ы

х. ғ. д., проф., ҚР ҰҒА академигі

М. Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абиев Р.Ш. проф. (Ресей)
Абишев М.Е. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Аврамов К.В. проф. (Украина)
Аппель Юрген проф. (Германия)
Баймуқанов Д.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Байпақов К.М. проф., академик (Қазақстан)
Байтулин И.О. проф., академик (Қазақстан)
Банас Иозеф проф. (Польша)
Берсимбаев Р.И. проф., академик (Қазақстан)
Велихов Е.П. проф., РҒА академигі (Ресей)
Гашимзаде Ф. проф., академик (Әзірбайжан)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Давлетов А.Е. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Джрбашян Р.Т. проф., академик (Армения)
Қалимолдаев М.Н. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Лаверов Н.П. проф., академик РАН (Россия)
Лупашку Ф. проф., корр.-мүшесі (Молдова)
Мохд Хасан Селамат проф. (Малайзия)
Мырхалықов Ж.У. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Новак Изабелла проф. (Польша)
Огарь Н.П. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Полещук О.Х. проф. (Ресей)
Поняев А.И. проф. (Ресей)
Сагиян А.С. проф., академик (Армения)
Сатубалдин С.С. проф., академик (Қазақстан)
Таткеева Г.Г. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Умбетаев И. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Хрипунов Г.С. проф. (Украина)
Якубова М.М. проф., академик (Тәжікстан)

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының Хабаршысы».

ISSN 2518-1467 (Online),

ISSN 1991-3494 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы»РҚБ (Алматы қ.)

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде
01.06.2006 ж. берілген №5551-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 2000 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор
д. х. н., проф. академик НАН РК
М. Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

Абиев Р.Ш. проф. (Россия)
Абишев М.Е. проф., член-корр. (Казахстан)
Аврамов К.В. проф. (Украина)
Апель Юрген проф. (Германия)
Баймуканов Д.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Байпаков К.М. проф., академик (Казахстан)
Байтулин И.О. проф., академик (Казахстан)
Банас Иозеф проф. (Польша)
Берсимбаев Р.И. проф., академик (Казахстан)
Велихов Е.П. проф., академик РАН (Россия)
Гашимзаде Ф. проф., академик (Азербайджан)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Давлетов А.Е. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Джрбашян Р.Т. проф., академик (Армения)
Калимолдаев М.Н. проф., чл.-корр. (Казахстан), зам. гл. ред.
Лаверов Н.П. проф., академик РАН (Россия)
Лупашку Ф. проф., чл.-корр. (Молдова)
Мохд Хасан Селамат проф. (Малайзия)
Мырхалыков Ж.У. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Новак Изабелла проф. (Польша)
Огарь Н.П. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Полещук О.Х. проф. (Россия)
Поняев А.И. проф. (Россия)
Сагьян А.С. проф., академик (Армения)
Сатубалдин С.С. проф., академик (Казахстан)
Таткеева Г.Г. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Умбетаев И. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Хрипунов Г.С. проф. (Украина)
Якубова М.М. проф., академик (Таджикистан)

«Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан».

ISSN 2518-1467 (Online),
ISSN 1991-3494 (Print)

Собственник: РОО «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 №5551-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18.

www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

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

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

doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK

M. Zh. Zhurinov

E d i t o r i a l b o a r d:

Abiyev R.Sh. prof. (Russia)
Abishev M.Ye. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Avramov K.V. prof. (Ukraine)
Appel Jurgen, prof. (Germany)
Baimukanov D.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Baipakov K.M. prof., academician (Kazakhstan)
Baitullin I.O. prof., academician (Kazakhstan)
Joseph Banas, prof. (Poland)
Bersimbayev R.I. prof., academician (Kazakhstan)
Velikhov Ye.P. prof., academician of RAS (Russia)
Gashimzade F. prof., academician (Azerbaijan)
Goncharuk V.V. prof., academician (Ukraine)
Davletov A.Ye. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Dzhrbashian R.T. prof., academician (Armenia)
Kalimoldayev M.N. prof., corr. member. (Kazakhstan), deputy editor in chief
Laverov N.P. prof., academician of RAS (Russia)
Lupashku F. prof., corr. member. (Moldova)
Mohd Hassan Selamat, prof. (Malaysia)
Myrkhalykov Zh.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nowak Isabella, prof. (Poland)
Ogar N.P. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Poleshchuk O.Kh. prof. (Russia)
Ponyaev A.I. prof. (Russia)
Sagiyani A.S. prof., academician (Armenia)
Satubaldin S.S. prof., academician (Kazakhstan)
Tatkeyeva G.G. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Umbetayev I. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Khripunov G.S. prof. (Ukraine)
Yakubova M.M. prof., academician (Tadjikistan)

Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 2518-1467 (Online),

ISSN 1991-3494 (Print)

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 5551-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/>, <http://bulletin-science.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

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

Y. I. Shadkhin, Zh. Zh. Toigozhinova

Almaty University of Power Engineering & Telecommunications, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: janar_tj@mail.ru

IDENTIFICATION OF TRANSFER FUNCTION OF CLOSED NONLINEAR FREQUENCY CONVERTER SYSTEM - INDUCTION MOTOR BY USING MATLAB

Abstract. The article deals with the problem of determining the transfer function of a closed system of non-linear frequency converter - induction motor using MATLAB. Given a structural model of the system diagram and timetable of the transition process speed and torque of the induction motor. Give a mathematical description of the transfer functions of the system of algebraic equations in symbolic form and education program of the transfer function of the closed nonlinear system and a timetable for the transition of the engine speed of the process to validate the calculation program.

Key words: frequency converter, induction motor, nonlinear systems, transfer function.

УДК 62-83:681.3

Ю. И. Шадхин, Ж. Ж. Тойгожинова

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ЗАМКНУТОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ПОМОЩЬЮ MATLAB

Аннотация. Рассматривается задача определения передаточной функции замкнутой нелинейной системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель с помощью MATLAB. Приводится структурная схема модели системы и график переходного процесса скорости и момента асинхронного двигателя. Дается математическое описание передаточных функций системы алгебраическими уравнениями в символьном виде и программа образования передаточной функции замкнутой нелинейной системы, а также график переходного процесса скорости двигателя для утверждения правильности расчета программы.

Ключевые слова: преобразователь частоты, асинхронный двигатель, нелинейная система, передаточная функция.

Одной из необходимых задач анализа и синтеза замкнутой нелинейной системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ – АД) является задача определения передаточной функции системы. Структурная схема замкнутой нелинейной системы ПЧ – АД в среде MATLAB представлена на рисунке 1.

Структурная схема АД является линеаризованной [1, 5]. Регулятор системы ПЧ – АД состоит из множительного звена, на вход которого подаются сигналы с сумматора и релейного звена с безгистерезисной характеристикой. Сигнал с выхода множительного звена подается на первый вход сумматора регулятора. На второй вход сумматора подается сигнал ошибки системы. Введение в регулятор нелинейных звеньев обеспечивает качественные характеристики переходных процессов скорости и момента двигателя [2, 4]. В структурной схеме системы асинхронный двигатель

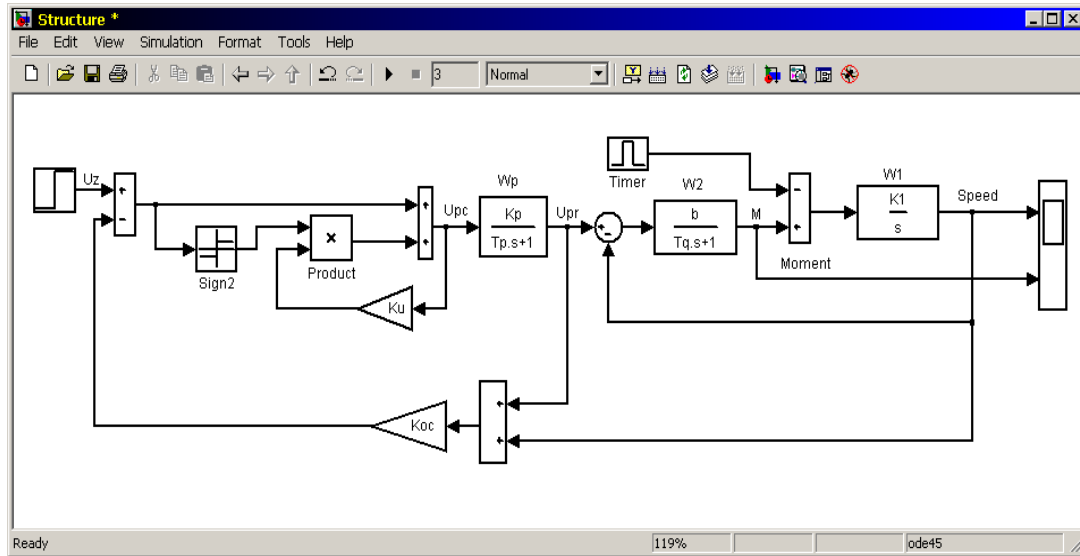


Рисунок 1 – Структурная схема нелинейной системы ПЧ – АД

представлен двумя динамическими звеньями с передаточными функциями: $W_1 = K_1 / s$ – передаточная функция первого динамического звена асинхронного двигателя; $W_2 = b / (Tq*s + 1)$ – передаточная функция второго звена двигателя. Передаточные функции звеньев двигателей охвачены единичной обратной связью. В передаточных функциях двигателя приняты следующие обозначения: $K_1 = 1/b * Tm$ – коэффициент интегрирующего звена; b – жесткость механической характеристики; Tm – электромеханическая постоянная времени двигателя; Tq – эквивалентная электромагнитная постоянная времени цепи статора и ротора асинхронного двигателя.

Переходные процессы скорости и момента асинхронного двигателя, с параметрами двигателя АКЗ, преобразователя частоты и регулятора скорости приведены на рисунке 2.

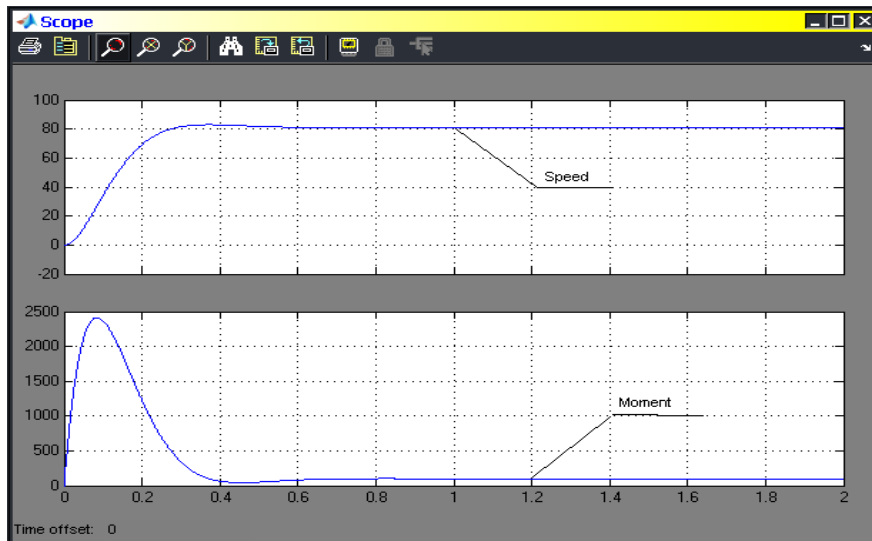


Рисунок 2 – Переходных процессов скорости и момента асинхронного двигателя

Из рисунка 2 видно, что переходной процесс скорости асинхронного двигателя получается без перерегулирования и колебаний

Передаточная функция преобразователя частоты, с коэффициентом передачи Kp и постоянной времени Tp , имеет вид

$$W_p = Kp / (T_p s + 1), \quad (1)$$

здесь W_p – передаточная функция преобразователя частоты.

Определение передаточной функции нелинейной системы ПЧ – АД осуществляется с помощью символьных вычислений в MATLAB по передаточным функциям системы. Для составления программы определения передаточной функции замкнутой системы ПЧ – АД необходимо получить систему алгебраических уравнений в символьном виде. Алгебраическое уравнение асинхронного двигателя в символьном виде можно записать следующим образом:

$$x_1 - W_D * x_2 = 0, \quad (2)$$

здесь $x_1 = \omega$ – угловая скорость АД, $x_2 = M$ – электромагнитный момент АД.

Алгебраическое уравнение ПЧ в символьном виде запишется:

$$x_2 - W_p * x_3 = 0, \quad (3)$$

где $x_3 = u_{PR}$ – напряжение на входе преобразователя частоты.

Уравнение напряжения на выходе регулятора скорости в символьном виде можно записать следующим уравнением

$$x_3 = (u - k_{OC}(x_1 + x_2)) + y, \quad (4)$$

где $x_3 = u_{PC}$ – напряжение на выходе регулятора скорости; k_{OC} – коэффициент усиления на выходе сумматора.

В уравнении (5) переменную y в символьном виде запишется

$$y = k_u x_3 * \text{sign}(u - k_{OC}(x_1 + x_2)), \quad (5)$$

здесь k_U – коэффициент обратной связи множительного звена регулятора.

Подставляем уравнение (6) в уравнение (5) и, после несложных преобразований, получаем следующее уравнение в символьном виде

$$k_{OC} x_1 + k_{OC} x_2 + (1 - k_U (\text{sign}(u - k_{OC} x_1 - k_{OC} x_2))) = 0 \quad (6)$$

Программа определения передаточной функции замкнутой нелинейной системы ПЧ – АД, с учетом уравнений (2), (3) и (6) и функций MATLAB [3], представлена на рисунке 3.

```

1 - syms w1 w2 wd wp
2 - clc
3 - f1=sym('x1-wd*x2');
4 - f2=sym('x2-wp*x3');
5 - f3=sym('ks*x1+ks*x2+(1-ku*sign(a-ks*x1-ks*x2))*x3-u');
6 - [x1,x2,x3]=solve(f1,f2,f3);
7 - k1=0.2; b=25; ks=0.1; kp=rand*100;
8 - ku=0.2; Tp=0.001; Tq=0.05;
9 - w1=tf([k1],[1 0]);
10 - w2=tf([b],[Tq 1]);
11 - w3=w1*w2;
12 - wd=feedback(w3,[1]);
13 - wp=tf([kp],[Tp 1]);
14 - a=20; u=20;
15 - x(1)=x1;
16 - R=eval(x1);
17 - G=minreal(R)
18 - p=pole(G)
19 - step(G,1)
20 - grid
21
    
```

Рисунок 3 – Программа образования передаточной функции системы ПЧ - АД

В результате счета программы, полученная передаточная функция замкнутой нелинейной системы ПЧ – АД имеет вид:

```
Transfer function:
                2.375e008
-----
s^3 + 1.29e004 s^2 + 2.576e005 s + 2.475e006
```

Отметим, что с помощью функции `step(G,1)` (19 – строка программы) на дисплей ПК выводится график переходного процесса скорости асинхронного двигателя. График переходного процесса скорости АД показан на рисунке 4.

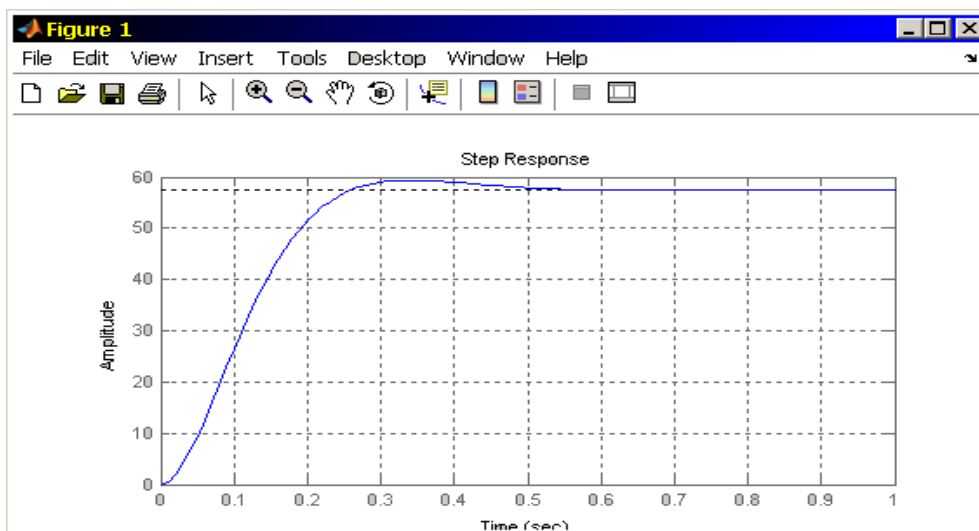


Рисунок 4 – Переходной процесс скорости асинхронного двигателя

Сравнивая кривую переходного процесса скорости асинхронного двигателя, приведенную на рисунке 2, с кривой переходного процесса скорости двигателя (рисунок 4), можно отметить, что графики скоростей двигателя идентичны и что программа определения передаточной функции замкнутой нелинейной системы ПЧ – АД соответствует истине.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 304 с.
- [2] Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 256 с.
- [3] Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. MATLAB 7. – М.: НТ Пресс, 2006. – 464 с.
- [4] Герман–Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0. – СПб.: КОРОНА принт, 2007. – 369 с.
- [5] Бесекиерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – СПб.: Профессия, 2004. – 752 с.

REFERENCES

- [1] Terekhov I.M. Osipov O.I. M.: Publishing center "Akademy", 2008. 304 p.
- [2] Popov E.P. Theory of nonlinear automatic control systems and management. M.: Nauka, 1988. 255 p.
- [3] Alekseev E.R., Chesnokov O.V. MATLAB 7. M.: NT Press, 2006. 464 p.
- [4] German – Galkin S.G. Kompiuternoe modelirovanie poluprovodnikovyykh system v MATLAB 6.0. SPb.: KORONA print, 2007. 369 p.
- [5] Besekersky V.A., Popov E.P. Teoriya sistem avtomaticheskogo upravlenia. SPb.: Professiya, 2004. 752 p.

Ю. И. Шадхин, Ж. Ж. Тойгожинова

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

**МАТЛАВ БАҒДАРЛАМАСЫНЫҢ КӨМЕГІМЕН ЖИІЛІКТІ ТҮРЛЕНДІРГІШ –
АСИНХРОНДЫ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ТҰЙЫҚТАЛҒАН БЕЙСЫЗЫҚТЫ ЖҮЙЕСІНІҢ
БЕРІЛІС ФУНКЦИЯСЫН АНЫҚТАУ**

Аннотация. Мақалада MATLAB бағдарламасының көмегімен асинхронды қозғалтқыш – жиілікті түрлендіргіштің бейсызықты тұйықталған жүйенің беріліс функциясы анықталған. Тұйықталған жүйе моделінің құрылымдық сұлбасы және асинхронды қозғалтқыштың моменті мен жылдамдығы бойынша өтпелі процестері келтірілген. Жүйенің символдық түрдегі алгебралық теңдеуімен беріліс функциясының математикалық жазылуы және тұйықталған бейсызықты жүйенің беріліс функциясының бағдарламаға түрленуі көрсетілген. Сонымен қатар бағдаламаның есептеулері дұрыстығын дәлелдейтін қозғалтқыш жылдамдығы бойынша өтпелі процестің сызбасы берілген.

Түін сөздер: жиілікті түрлендіргіш, асинхронды қозғалтқыш, бейсызықты жүйе, беріліс функция.

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 described work 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). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <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

ISSN 2518-1467 (Online), ISSN 1991-3494 (Print)

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

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т. М. Апендиев*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 24.02.2017.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
12,4 п.л. Тираж 2000. Заказ 1.