

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

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

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), 27 – 34

UDC 621.753

MODELING DIMENSIONAL CHAINS PRESSURE SENSORS**Ozhikenov K. A.¹, Mikhailov P.G.², Tuleshov E.A.¹, Ismagulova R.S.¹, Aitzhanova G.D.¹**¹Kazahsky National Technical University. K.I. Satpaev, Almaty²Penzensky State Technological University, Penza, Russia

e-mail: kas_ozhiken@mail.ru, pit_mix@mail.ru, toleshov@gmail.com, irauzya@mail.ru, a.gulnara70@mail.ru

Key words: dimensional chain, pressure sensor, detector units, trailing link, Monte-Carlo method.

Abstract. The article is devoted to the development of models of dimensional sensor circuits. Dimensional chain allow correctly reassemble the sensor with minimal modifications and fitting parts. The basic concepts and equations of the theory of dimensional chains. The tasks of automation of calculations dimensional circuits and the ways of their solution, that is to say, considered classification model dimensional chain links and graphics model the location and size tolerances. Also, the algorithm for calculating dimensional circuits and methods for automating calculations selected dimensional chains. A scheme for the application of the Monte Carlo method for solving the inverse problem of calculating the size of chains, since the main advantage of the method of Monte Carlo - the most natural, the process of closing link error dimensional circuits, and it eliminates the separation methods for calculating dimensional circuits on the calculation method of "maximum-minimum" and probabilistic. The examples of modeling dimensional chains at specific pressure sensors. There is an assembly drawing metallized sensor circuit shown dimensional model of the pressure sensor and its parameters dimensional circuit at a pressure of 5 to 80 kg/cm².

УДК 621.753

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ**Ожикенов К. А.¹, Михайлов П.Г.², Тулешов Е.А.¹, Исмагулова Р.С.¹, Айтжанова Г.Д.¹**¹Казахский Национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы²Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

e-mail: kas_ozhiken@mail.ru, pit_mix@mail.ru, toleshov@gmail.com, irauzya@mail.ru, a.gulnara70@mail.ru

Ключевые слова: размерная цепь, датчик давления, металлопленочный датчик, звенья, замыкающие звено, метод Монте-Карло.

Аннотация. Статья посвящена разработке моделей размерных цепей датчиков. Размерные цепи позволяют корректно провести сборку датчиков с минимальными доработками и подгонками деталей. Приведены основные понятия и уравнения теории размерных цепей. Определены задачи автоматизации расчетов размерных цепей и намечены пути их решения, то есть, рассмотрено классификационная модель звеньев размерной цепи и графическая модель расположения допусков и размеров. Также разработан алгоритм расчета размерных цепей и выбраны методы автоматизации расчетов размерных цепей. Рассмотрено схема применения метода Монте-Карло для решения обратной задачи расчета размерных цепей, так как основное преимущество метода Монте-Карло – наиболее естественное отображение, процессов образования погрешности замыкающего звена размерных цепей и это позволяет отказаться от разделения методов расчета размерных цепей на расчеты методом "максимум–минимум" и вероятностный. Приведены примеры реализации моделирования размерных цепей на конкретных датчиках давления. Имеется сборочный чертеж металлопленочного датчика, показан модель размерной цепи датчика давления и его параметры размерной цепи при давлении от 5 до 80 кГ/см².

Введение. Для нормального функционирования узлов и всего датчика в целом необходимо, чтобы составляющие их детали и поверхности занимали одна относительно другой определенное положение, что диктует необходимость учета взаимосвязанных размеров, их допусков,

отклонений, взаимовлияния друг на друга [1,2,8,10,11].

Для описания этого процесса используется теория расчета размерных цепей (РЦ), широко применяемая в машино- и приборостроении [3,4,9,12-15]. При разработке РЦ, применительно к ДФВ, введем следующие классификационные понятия:

Размерная цепь – совокупность размеров, образующих замкнутый контур.

Схема размерной цепи - графическое изображение РЦ, которое вычерчивается отдельно от чертежа детали. При этом различаются увеличивающие, уменьшающие и замыкающие размеры. Размеры в РЦ называются звеньями (ЗВ) и обозначаются прописными буквами русского алфавита или строчными буквами греческого алфавита. Звено РЦ является исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате его решения называется замыкающим звеном и обозначается с индексом Δ , например, H_{Δ} , a_{Δ} и т.д. Звенья РЦ могут выполнять роль компенсирующих звеньев, которые служат для обеспечения необходимой точности замыкания ЗВ (рис. 1).

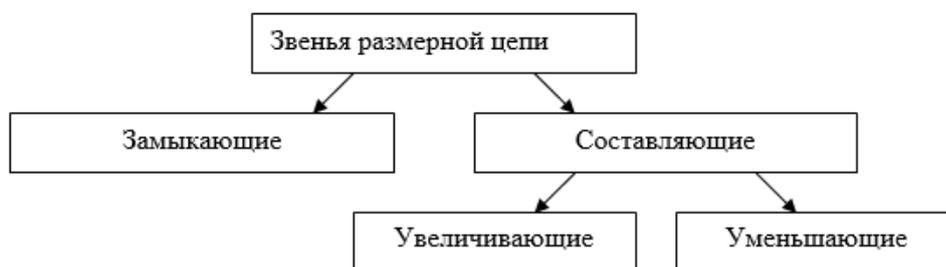


Рисунок-1. Классификационная модель звеньев размерной цепи

Представим в общем виде порядок расчета РЦ, используя рекомендации, изложенные в нормативных документах и специальной технической литературе [3,4,16,17].

Предварительно следует отметить, что важнейшим необходимым условием для составления и анализа графической модели РЦ является условие ее замкнутости.

При расчетах будем использовать следующие обозначения: $A_j (j = 1, 2, \dots, m-1)$ – номинальный размер произвольного звена размерной цепи; A_0 – номинальный размер замыкающего звена размерной цепи; TA_j, TA_0 – допуски описанных выше размеров; $A_j^{max}, A_j^{min}, A_{jc}$ – соответственно предельные и средние размеры звеньев цепи; $ES(A_j), EJ(A_j), Ec(A_j)$ – предельные и среднее отклонение размеров размерной цепи (рис. 2).

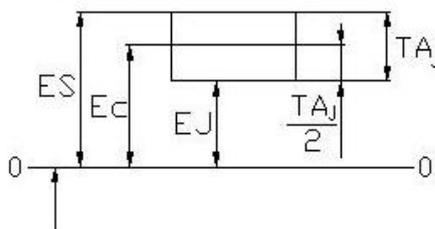


Рисунок-2. Графическая модель расположения допусков и размеров

Число звеньев РЦ: m – полное число звеньев; n – число увеличивающих звеньев; p – число уменьшающих звеньев; $n + p = m - 1$ – замыкающее звено.

Решение производится по формулам:

$$A_0 = \sum_{j=1}^n \vec{A}_j - \sum_{n+1}^p \overleftarrow{A}_j \quad (1)$$

$$ESA_0 = \sum_{j=1}^n ES \vec{A}_j - \sum_{n+1}^p EJ \overleftarrow{A}_j \quad (2)$$

$$EJA_0 = \sum_{j=1}^n EJ \vec{A}_j - \sum_{n+1}^p ES \overleftarrow{A}_j \quad (3)$$

$$TA_0 = \sum_{j=1}^{m-1} TA_j; \quad TA_j = TA_0 - \sum_{j=1}^{m-2} TA_j \quad (4)$$

$$EcA_0 = \sum_{j=1}^n Ec \vec{A}_j - \sum_{n+1}^p Ec \overleftarrow{A}_j \quad (5)$$

$$ESA_0 = EcA_0 + \frac{TA_0}{2} \quad (6)$$

$$EJA_0 = EcA_0 - \frac{TA_0}{2} \quad (7)$$

В рамках расчетного метода max-min расчет может быть проведен двумя способами:

1. *Способ равных допусков.*

Применяется, когда составляющие РЦ близки по величине или принадлежат одному интервалу размеров в таблице допусков.

$$TA_1 = TA_2 = \dots = TA_{m-1} = T_{cp} A_j \quad (8)$$

$$TA_0 = (m-1) \cdot T_{cp} A_j \quad (9)$$

$$T_{cp} A_j = \frac{TA_0}{m-1} \quad (10)$$

2. *Способ допусков одного качества (равноточных допусков).*

Все составляющие звенья изготавливают по одному качеству точности. Требуемый качество определяется следующим образом.

Допуск составляющего размера:

$$TA_j = a_j i \quad (11)$$

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D, \quad (12)$$

где D – среднегеометрический размер для интервала

$$TA_0 = a_1 i_1 + a_2 i_2 + \dots + a_{m-1} i_{m-1}. \quad (13)$$

по условию: $a_1 = a_2 = \dots = a_{m-1} = a_{cp}$

$$TA_0 = a_{cp} \sum_{j=1}^{m-1} (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D) \quad (14)$$

$$a_{cp} = \frac{TA_0}{\sum_{j=1}^{m-1} (0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D)}, \quad (15)$$

где T выражено в мкм, а D – в мм.

Алгоритм расчета РЦ

1. По $a_{расч}$ определяем качество ($a_{расч} \sim a_{табл}$).

2. По этому качеству назначаем допуски на составляющие размеры РЦ.

$$TA_1 = \dots, \quad TA_2 = \dots, \quad TA_3 = \dots$$

3. Скорректировать допуски на составляющие размеры РЦ так, чтобы сумма Ta_j была равна TA_0 (т.к. $a_{расч} \neq a_{табл}$, то $\sum TA_j \neq TA_0$).

4. Назначить предельные отклонения на составляющие размеры (на охватываемые размеры по «H» (+), на охватываемые размеры по «h» (-), в трудноопределяемых случаях допуск назначается симметрично (\pm)).

Предельное отклонение одного размера определяется по формулам:

$$ESA_0 = \sum ES \vec{A}_j - \sum EJ \overleftarrow{A}_j \quad (16)$$

$$EJA_0 = \sum EJ \vec{A}_j - \sum ES \vec{A}_j, \quad (17)$$

при этом следует соблюдать условие: $TA_0 \geq \sum_{j=1}^{m-1} TA_j$

Методы автоматизации расчетов РЦ

Следует отметить, что в настоящее время алгоритмы расчетов РЦ носят рекомендательный характер. При расчете используют значительное число параметров: коэффициент риска, коэффициент относительного рассеяния, экономическая точность обработки, стандартные значения допусков и др. Это осложняет выполнение расчетов с требуемой точностью.

Как было показано ранее, любая РЦ представляет собой совокупность составляющих звеньев, размеры которых определяют фактическое значение замыкающего звена РЦ. Размеры составляющих звеньев являются случайными величинами. Следовательно, замыкающее звено РЦ также является случайной величиной. Это дает возможность использовать в расчетах РЦ методы статистического моделирования. Одним из таких методов является метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) [5]. Его в настоящее время применяют в соответствующих модулях современных CAD/CAM/CAE систем, таких как Proingenеer, Solid Works, Catia и др. [6,7].

Сущность применения метода Монте-Карло для размерных расчетов заключается в многократном моделировании совокупности известных по условиям расчета звеньев с определенными законами распределения, в получении массива значений искомого звена и в последующей статистической обработке этого массива для получения характеристик искомого звена РЦ. Укрупненная схема применения метода Монте-Карло для решения обратной задачи расчета РЦ приведена на рисунке. При каждом испытании $k = 1 \dots N$ производят моделирование одной совокупности составляющих звеньев и для нее находят значение замыкающего звена $A_{\Delta k}$

$$A_{\Delta k} = \sum_{i=1}^{m-1} A_{ik} \xi_i \quad (18)$$

где A_{ik} – номинальное значение i -го составляющего звена при k -м испытании; ξ_i – передаточный коэффициент i -го составляющего звена.

Из полученного при этом одномерного массива A_{ik} – звеньев размерностью N проводят определение размерных характеристик замыкающего звена (рис. 3).

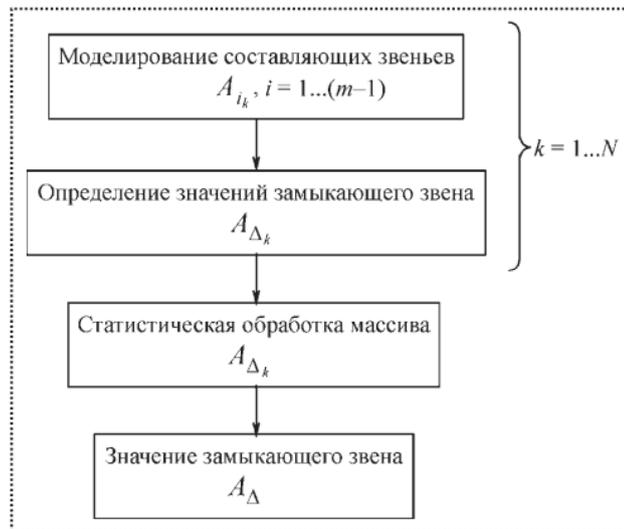


Рисунок-3. Схема применения метода Монте-Карло для решения обратной задачи расчета РЦ: m – число звеньев РЦ; N – число испытаний; i – номер звена; k – номер испытания

Основное преимущество метода Монте-Карло – наиболее естественное отображение процессов образования погрешности замыкающего звена РЦ. Это позволяет отказаться от разделения методов расчета РЦ на расчеты методом "максимум–минимум" и вероятностный. Кроме того, отпадает необходимость в эмпирических коэффициентах относительного рассеяния i ,

характеризующих отклонение законов распределения составляющих звеньев от нормального. Таким образом, метод Монте-Карло является наиболее универсальным, позволяющим упростить методику расчета РЦ. Для реализации этого метода требуется обязательное использование средств вычислительной техники. Применение метода Монте-Карло позволяет реализовать целенаправленный перебор вариантов решений и учет взаимного влияния составляющих звеньев. Достоверность получаемых результатов существенно зависит от способа моделирования случайных величин и от числа испытаний N . При увеличении числа испытаний точность и воспроизводимость результатов возрастают, но одновременно возрастает трудоемкость расчетов, и повышаются требования к применяемым аппаратным средствам [18-21].

Алгоритм расчета РЦ в общем виде представлен на рис. 4. В алгоритме на рис. 4 приняты следующие обозначения: M – массив элементов размерной цепи; ES – массив верхних предельных отклонений $[E_s(A_j)]$; $EI(K)$ – массив нижних предельных отклонений $[E_i(A_j)]$; $AK(K)$ – массив коэффициентов относительного рассеяния $[k_j]$; $AO[A'_\Delta]$ – расчетный номинальный размер; $TAO [TA'_\Delta]$ – расчетный допуск; $ESAO$ и $EIAO$ – расчетные верхнее $[E_s(A'_\Delta)]$ и нижнее $[E_i(A'_\Delta)]$ предельные отклонения; $EC[E_c(A'_\Delta)]$ – расчетная координата середины поля допуска замыкающего

звена; TA – промежуточная расчетная сумма: $TA = \sum_{j=1}^{m-1} k_j^2 \xi_j^2 (TA_j)^2$; AA – заданное значение номинального размера исходного звена $[A_\Delta]$; ESA и EIA – заданные значения верхнего $[E_s(A_\Delta)]$ и нижнего $[E_i(A_\Delta)]$ предельных отклонений исходного размера; TAA – заданное значение допуска исходного (замыкающего) размера $[TA_\Delta]$; AAK – номинальный размер компенсирующего звена $[A_k]$; $ЕСАК$ – координата середины поля допуска компенсирующего звена $[E_0(A_k)]$.

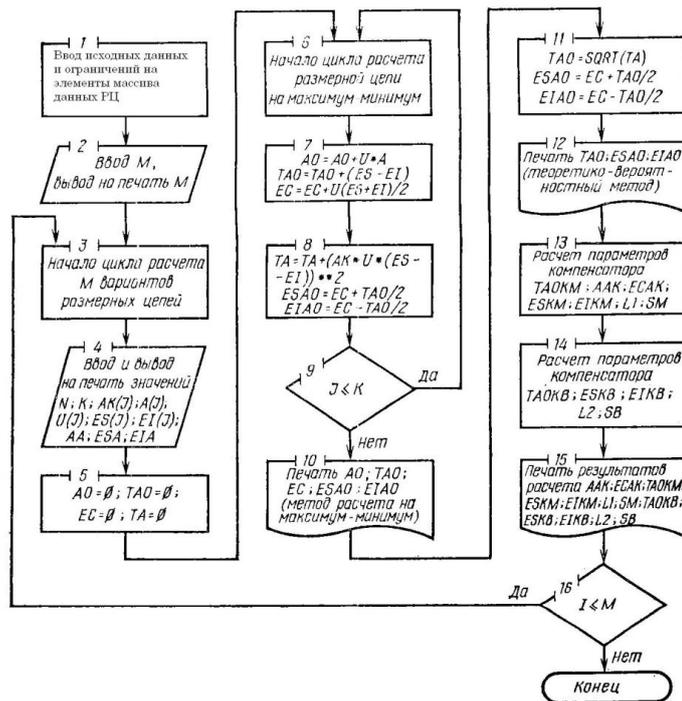


Рисунок-4. Алгоритм расчета размерных цепей

На рис. 5, 6 и в табл. 1 приведены примеры реализации моделирования РЦ на конкретных датчиках давления.

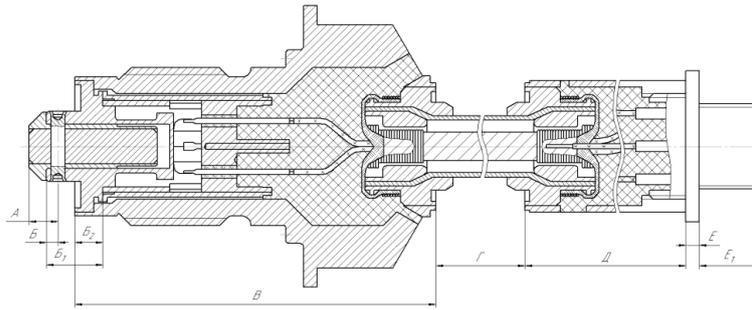


Рисунок-5. Сборочный чертеж металлопленочного датчика

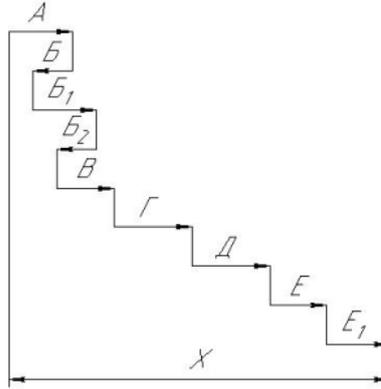


Рисунок-6. Модель размерной цепи датчика давления

Таблица-1. Параметры размерной цепи при давлении от 5 до 80 кг/см²

Наименование	Условное обозначение	Номинальный размер, мм	Верхнее отклонение, мм	Нижнее отклонение, мм
Элемент воспринимающий	A	13,7	-	0,11
	A ₁	-1,2	00,5	0,05
Втулка	B	2,3	0,05	
	B ₁	-13,7	0,18	
	X	1,1	0,28	

$$X = 1,1^{+0,28}_{-0,21}, X_{ном} = 1,1, X_{max} = 1,38, X_{min} = 0,89$$

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ганевский Г. М., Гольдин И. И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. М.: Высшая школа. 1993.
- [2] Захаров В. И. Взаимозаменяемость, качество продукции и контроль в машиностроении. Л.: Лениздат. 1990.
- [3] ГОСТ 16319-84 Размерные цепи. Термины, определения и обозначения.
- [4] ГОСТ 16320-84 Методы расчета размерных цепей.
- [5] Соболев И.М. Численные методы Монте-Карло. М.: Наука, 1973.
- [6] Компас 3D для Windows. Руководство пользователя, АО АСКОН, 2000
- [7] SigmundWorks. Расчет и оптимизация размерных цепей SolidWorks <http://www.solidworks.ru/products/sigmundworks/>.
- [8] Михайлов П.Г., Соколов А.В. Моделирование чувствительных элементов датчиков механических напряжений в строительных конструкциях. Региональная архитектура и строительство. 2012. №3. С.110-117.
- [9] Михайлов П.Г., Сергеев Д.А., Соколов А.В. Измерение и контроль геометрических параметров и узлов датчиков физических величин Труды МНТК Датчики и системы: технологии получения и обработки измерительной информации (Датчики и системы 2012). Пенза Издательство ПГУ. 2012. С. 122-128.
- [10] Михайлов П.Г., Байдаров С. Ю., Мокров Е. А. Неразъемные соединения в узлах датчиков физических величин Сб. тр. I Межд. научно-практической конф. «Инновационные технологии в машиностроительном комплексе» Пенза Изд-во ПГУ. 2012. С. 277-279.
- [11] Михайлов П.Г., Байдаров С. Ю., Мокров Е. А. Методы неразъемного соединения деталей измерительных модулей микроэлектронных датчиков Сборник трудов I Межд. научно-практической конф. «Инновационные технологии в машиностроительном комплексе» Пенза Изд-во ПГУ. 2012. С. 269-271.

[12] Михайлов П.Г., Сергеев Д.А., Соколов А.В., Чернецов М.А. Метрологическое обеспечение процесса производства датчиков давления Современные информационные технологии: Труды МНТК. Выпуск 14. Пенза: ПГТА. 2011. С. 204-209.

[13] Михайлов П.Г., Бобрышев А.Н., Михайлова В.П., Лакно А.В., Сергеев Д.А. Неразъемные соединения в микромеханических узлах и приборах Актуальные вопросы строительства Материалы МНТК Саранск Изд-во Мордовского университета. 2010. С. 30-38

[14] Михайлов П.Г., Чернецов М.А., Зубков А.Ф. Неразъемные соединения в измерительных модулях полупроводниковых датчиков силовых параметров Надежность и качество. Труды международного симпозиума. Пенза. ПГУ. 2011.

[15] Михайлов П.Г., Мокров Е.А., Байдаров С.Ю. Изготовление неразъемных узлов микроэлектронных датчиков. Контроль. Диагностика. № 6. 2011.

[16] Михайлов П.Г., Юрков Н.К., Лапшин В.И. Байдаров С.Ю. Технические измерения в технологии и производстве радиоэлектронной аппаратуры и измерительных систем Учебное пособие с грифом УМО. Пенза. Издательство ПГУ, 2012. С.148.

[17] Михайлов П.Г., Байдаров С.Ю., Мокров Е.А. Технологические процессы в приборостроении. Измерение и контроль геометрических параметров деталей и узлов измерительных приборов. Учебное пособие. Пенза. Издательство ПГУ. 2011. С. 112.

[18] Ожигенов К.А., Михайлов П.Г., Касимов А.О., Скотников В.В. Использование обратных преобразователей в микроэлектронных датчиках, Вестник НАН РК, №6, 2014, С. 41-46.

[19] Ожигенов К.А., Михайлов П.Г., Касимов А.О. Петрин В.А., Маринина Л.А. Общие вопросы моделирования компонентов и структур микроэлектронных датчиков, Вестник НАН РК, №6, 2014, С. 62-71.

[20] Ожигенов К.А., Михайлов П.Г., Касимов А.О., Баянбай Н., Куатканова Ж. Совмещенные датчики физических величин. Вестник НАН РК, №3. 2015. С. 51-60.

[21] Ожигенов К.А., Михайлов П.Г., Рахимжанова П., Абдикулова З. Вопросы обеспечения временной стабильности датчиков физических величин. Известия НАН РК. Серия физико-математическая. 2015 г. №3. С. 191-198.

REFERENCES

[1] Ganevsky G.M., Goldin I.I., *Tolerances, planting and technical measurements in mechanical engineering*, M.: High School, **1993** (in Russ.).

[2] Zakharov V.I., *Interchangeability, product quality and control in mechanical engineering*, A: Lenizdat. **1990** (in Russ.).

[3] GOST 16319-84 *Dimensional chain. Terms, definitions and designations* (in Russ.).

[4] GOST 16320-84 *Methods for calculating dimensional circuits* (in Russ.).

[5] Sobol I.M., *Numerical methods of Monte Carlo*, M.: Nauka, **1973** (in Russ.).

[6] *Compass 3D for Windows. User Manual JSC ASCON 2000* (in Russ.).

[7] SigmundWorks. *Calculation and optimization of dimensional chain SolidWorks* <http://www.solidworks.ru/products/sigmundworks> (in Russ.).

[8] Mikhailov P.G., Sokolov A.V., Simulation of the sensor element of stress in structures Regional architecture and engineering, 2012, 3, pp. 110-117 (in Russ.).

[9] Mikhailov P.G., Sergeev D.A., Sokolov A.V., Measurement and control of geometrical parameters and units of physical quantities sensors Proceedings IRTC sensors and systems: technologies for obtaining and processing measurable-nary information (Sensors and Systems in 2012), Penza Publisher PNU, 2012, pp. 122-128 (in Russ.).

[10] Mikhailov P.G., Baydar S.Y., Mokrov E.A., Permanent connection to the nodes of sensors of physical quantities Coll. tr. I Int. Scientific-Practical Conference. "Innovative technologies in machine-building complex", Penza Publisher PNU, 2012, pp. 277-279 (in Russ.).

[11] Mikhailov P.G., Baydar S.Y., Mokrov E.A. Methods permanent connection pieces measuring modules microelectronic sensors Proceedings of I between. Scientific-Practical Conference. "Innova-Technologies in Machine Building Complex", Penza Publisher PNU, 2012, pp. 269-271 (in Russ.).

[12] Mikhailov P.G., Sergeev D.A., Sokolov A.V., Tchernetsov M.A., Metrological assurance of the production process of pressure sensors, Modern information technologies: Proceedings of the IRTC, Issue 14, Penza: PSTA, 2011, pp. 204-209, (in Russ.).

[13] Mikhailov P.G., Bobryshev A.N., V.P. Mikhailov, Lakhno A.V., Sergeev, D.A., Permanent connections in micromechanical assemblies and devices Actual problems of building materials IRTC Saransk, Publishing House of the University of Mordovia, 2010, pp. 30-38 (in Russ.).

[14] Mikhailov P.G., Tchernetsov M.A., Zubkov A.F., Permanent connections in semiconductor sensors measuring modules power parameters Reliability and quality, Proceedings of the International Symposium, Penza, PNU, 2011 (in Russ.).

[15] Mikhailov P.G., Mokrov E.A., Baydarov S.Y., Production of one-piece assemblies of microelectronic sensors control, Diagnosis, 6, 2011 (in Russ.).

[16] Mikhailov P.G., Jurkov N.K., Lapshin V.I., Baydarov S.Y., Performance measurement technology and production of electronic equipment and measuring systems manual is stamped UMO, Penza, Publisher PNU, 2012, p.148 (in Russ.).

[17] Mikhailov P.G., Baydarov S.Y., Mokrov E.A., Processes in instrument. Measurement and control geometric parameters of parts and components instrumentation Textbook Penza, Publisher PNU, 2011, p. 112 (in Russ.).

[18] Ozhikenov K.A., Mikhailov P.G., Kasimov A.O., Skotnikov V.V., *The use of inverters in microelectronic sensors*, Bulletin of National Academy of Sciences of Kazakhstan, 2014, 6, pp. 41-46 (in Russ.).

[19] Ozhikenov K.A., Mikhailov P.G., Kasimov A.O., Petrin V.A., Marinina L.A., *Common questions of modeling components and structures microelectronic sensors*, Bulletin of National Academy of Sciences of Kazakhstan, **2014**, 6, pp. 62-71 (in Russ.).

[20] Ozhikenov K.A., Mikhailov P.G., Kasimov A.O., Bayanbay N., Kuatkanova J., *Combined sensors of physical quantities*, Journal of National Academy of Sciences of Kazakhstan, **2015**, 3, pp. 51-60 (in Russ.).

[21] Ozhikenov K.A., Mikhailov P.G., Rakhimzhanova P., Abdikulov Z., *The issues of temporal stability of sensors of physical quantities*. Proceedings of National Academy of Sciences of Kazakhstan. A series of physical and mathematical, **2015**, 3, pp. 191-198 (in Russ.).

ҚЫСЫМ ДАТЧИГІНІҢ ӨЛШЕМДІ ТІЗБЕКТЕРІН МОДЕЛЬДЕУ

Өжикенов Қ.Ә.¹, Михайлов П.Г.², Төлешев Е.А.¹, Исмагулова Р.С.¹, Айтжанова Г.Д.¹

¹Қ.И. Сәтбаев ат. Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы

²Пенза мемлекеттік технологиялық университеті, Пенза, Ресей

e-mail: kas_ozhiken@mail.ru, pit_mix@mail.ru, toleshov@gmail.com, irauzya@mail.ru, a.gulnara70@mail.ru

Тірек сөздер: өлшемді тізбектер, қысым датчигі, металлқабыршақты датчик, түйіндер, Монте-Карло әдісі.

Аннотация. Мақала өлшем тізбелердің құрылғыларының үлгілерін әзірлеуге арналған. Өлшемді тізбектер датчиктердің өндірілу барысында олардың бөлшектері аздаған өзгерістер мен теңшеулерге ұшырамауына немесе қайта өңдеуден өтпеуіне мүмкіндік береді.

Өлшемді тізбектерінің теориялық негізгі түсініктері мен теңдеулер келтірілген. Сонымен қатар өлшемді тізбектерді автоматтандыру есептерін анықтап және оларды шешу жолдары мен міндеттері қарастырылды. Нақты бір қысым датчигінің, өлшемді тізбектері жүзеге асыру моделі мысалы келтірілді.

Сведения об авторах:

1. *Ожикенов Касымбек Адильбекович*, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Робототехника и технические средства автоматизации» Казахского Национального технического университета им. К.И. Сатпаева. Адрес: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, д. 22, E-mail: kas_ozhiken@mail.ru, тлф. 87012237538.

2. *Михайлов Петр Григорьевич*, д.т.н., профессор Пензенской государственной технологической университета. Адрес: Россия 440031, г. Пенза, ул. Кижеватова, д. 11, кв. 110, тел: сот. 89273788810, офис (8412) 63-65-27, pit_mix@mail.ru

3. *Тулешов Еркебулан Амандыкович*, к.т.н., доцент кафедры «Робототехника и технические средства автоматизации» Казахского Национального технического университета им. К.И. Сатпаева. Адрес: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, д. 22, E-mail: toleshov@gmail.com, тлф. 87770006777.

4. *Исмагулова Раузия Сыдыковна*, магистр педагогических наук, преподаватель кафедры «Иностранные языки» Казахского Национального технического университета им. К.И. Сатпаева. Адрес: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, д. 22, E-mail: irauzya@mail.ru, тлф. 87071777149.

5. *Айтжанова Гульнара Доскожаевна*, к.п.н., доцент, заведующая кафедрой «Иностранные языки» Казахского Национального технического университета им. К.И. Сатпаева. Адрес: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, д. 22, E-mail: a.gulnara70@mail.ru, тлф. 87073133715.

Поступила 19.09.2015 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). 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.