

Министерство обороны Российской Федерации
Министерство промышленности и энергетики Саратовской области
ПАО «Тантал», ОАО «Институт критических технологий»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

Решением Президиума ВАК Министерства образования и науки РФ издание включено в Перечень ведущих рецензируемых изданий, в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертационных исследований на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

Гетеромагнитная микроэлектроника

Сборник научных трудов

ВЫПУСК 19

**Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника.
Методические аспекты физического образования.
Экономика в промышленности**

Под редакцией профессора *А. В. Ляшенко*

Саратов
Издательство Саратовского университета
2015

УДК 621.382.029.6
ББК 548.537.611.44
Г44

Гетеромагнитная микроэлектроника : сборник научных трудов / под ред. проф. А. В. Ляшенко. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2015. – Вып. 19 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. Экономика в промышленности. – 148 с. : ил.

В настоящем выпуске сборника представлены материалы по гетеромагнитной микроэлектронике, моделированию усилителей, исследованию тепловых процессов, преобразованию данных в вычислительной технике, методическим аспектам физического образования, инновациям в промышленности и глобальной экономике.

Для специалистов-разработчиков, экспертов, работающих в области микро- и наноэлектроники, а также докторантов, аспирантов и студентов.

Редакционная коллегия:

А. А. Игнатьев, д-р физ.-мат. наук, проф. (отв. редактор); *М. Н. Куликов*, канд. физ.-мат. наук, проф. (зам. отв. редактора); *Л. Л. Страхова*, канд. физ.-мат. наук, доц. (отв. секретарь); *С. Ю. Глазьев*, д-р экон. наук, проф., акад. РАН; *В. И. Борисов*, д-р техн. наук, член-корр. РАН; *С. А. Никитов*, д-р физ.-мат. наук, проф., член-корр. РАН; *О. С. Сироткин*, д-р техн. наук, член-корр. РАН; *О. Ю. Гордашникова*, д-р экон. наук, проф.; *А. Н. Плотников*, д-р экон. наук, проф.; *Е. А. Наумов*, канд. экон. наук, проф., акад. РАЕН; *Л. С. Сотов*, д-р техн. наук, проф.; *А. А. Солопов*, канд. экон. наук; *С. П. Кудрявцева*, канд. техн. наук, доц.; *С. В. Овчинников*, канд. физ.-мат. наук, доц.; *В. А. Малярчук*, канд. техн. наук., доц.; *А. Л. Хвалин*, д-р техн. наук, проф.; *Б. А. Медведев*, канд. физ.-мат. наук, доц.; *Л. А. Романченко*, канд. техн. наук, доц.; *А. С. Краснощекова*, зам. нач. КБ КТ по общим вопросам (референт ОАО «Институт критических технологий»)

УДК 621.382.029.6
ББК 548.537.611.44

ПРЕДИСЛОВИЕ

В уходящем 2015 г. все документы по сборнику научных трудов «Гетеромагнитная микроэлектроника» были переоформлены в соответствии с новыми требованиями ВАК РФ и прошли необходимую экспертизу.

В сборнике, внесенном в Перечень ведущих рецензируемых изданий, в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертационных исследований на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, с 1 декабря 2015 г. публикуются материалы, соответствующие рубрикам:

- 01.04.00 «Физика»;
- 05.12.00 «Радиотехника и связь»;
- 05.13.00 «Информатика, вычислительная техника и управление»;
- 05.27.00 «Электроника»;
- 08.00.00 «Экономика».

В настоящем выпуске сборника «Гетеромагнитная микроэлектроника» содержатся статьи, посвященные следующим вопросам:

- исследование тепловых процессов в различных устройствах микро- и радиоэлектроники;
- экранировка магниточувствительных преобразователей;
- моделирование широкополосных усилителей;
- расчет характеристик магниточувствительного автогенератора;
- преобразование данных и криптография;
- методические аспекты и проблемы обучения в магистратуре;
- формирование нелинейности в динамических радиофизических системах;
- экономические проблемы, связанные с венчурным финансированием инновационной деятельности.

В приложении приводятся материалы круглого стола по теме «Человек и свет в естественнонаучной и художественной картине мира».

Ответственный редактор
доктор физико-математических наук,
профессор *А. А. Игнатьев*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 53.088.228

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СМЕЩЕНИЕ НУЛЯ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА МАГНИТОРЕЗИСТИВНОГО ДАТЧИКА

А. А. Игнатъев, Д. М. Спиридонов*, Л. И. Прокофьев**

Саратовский государственный университет
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: kof@sgu.ru

*ОАО «Институт критических технологий»
Россия, 410040, Саратов, пр. 50 лет Октября, 110А
E-mail: kbkt@renet.ru

**ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седакова»
Россия, 603950, Нижний Новгород, ГСП-486, НИИИС
E-mail: niis@niis.nnov.ru

В работе представлены результаты разработки схемы цифрового магнитометра, построенного на базе отечественного аналогового магниторезистивного чувствительного элемента, оценено смещение нуля выходного сигнала в температурном диапазоне от -50°C до 50°C . Приведен пример компенсации смещения нуля выходного сигнала программно-алгоритмическим путем.

Ключевые слова: магниторезистор, магнитометр, импортозамещение, смещение нуля, температура, температурный дрейф.

Temperature Effects on Zero Offset Output Magnetoresistive Sensor

A. A. Ignatiev, D. M. Spiridonov, L. I. Prokofiev

The paper presents the results of a digital circuit magnetometer, built on the basis of domestic magnetoresistive analog sensor, rated zero offset output in the temperature range from -50°C to 50°C . An example of a zero offset compensation output software and algorithmic way.

Key words: magnetoresistor, a magnetometer, import substitution, zero offset, temperature, temperature drift.

Магниторезистивный эффект в общем случае представляет собой изменение электрического сопротивления материала, вызываемое магнитным полем. Существует несколько видов магниторезистивного эффекта. В данной статье речь пойдет о датчике, работающем на анизотропном магниторезистивном эффекте, который впервые был обнаружен в 1856 г. Уильямом Томсоном. Теория этого эффекта была построена в середине XX в. и в дальнейшем уточнялась и дополнялась. Анизотропный магниторезистивный эффект по своей природе является квантово-механическим и заключа-

ется в изменении сопротивления образца ферромагнитного материала в зависимости от угла направления вектора намагниченности образца по отношению к направлению протекания электрического тока через него, а также от величины напряженности воздействующего магнитного поля. Играет роль и то, под каким углом течет ток по отношению к некоторому выделенному направлению кристаллической решетки образца (ось легкого намагничивания), вдоль которого изначально ориентированы магнитные домены.

Магниторезистивные чувствительные элементы, реализующие принцип анизотропного магниторезистивного эффекта, представляют собой интегральную схему, состоящую из подложки, на которой определенным образом сформированы четыре магниторезистора, объединенные в мост Уитстона и катушку индуктивности. Внешний вид и электрическая схема рассматриваемого магниторезистивного чувствительного элемента (МРЧЭ), разработанного в ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю. Е. Седакова», представлены на рис. 1, где R_1 – R_4 – магниторезисторы, образующие мост Уитстона, L_1 – катушка индуктивности, $\pm Set/Reset$ – выводы питания катушки индуктивности, $\pm U_{пит}$ – выводы питания моста Уитстона, $\pm U_{вых}$ – выводы выходного напряжения.

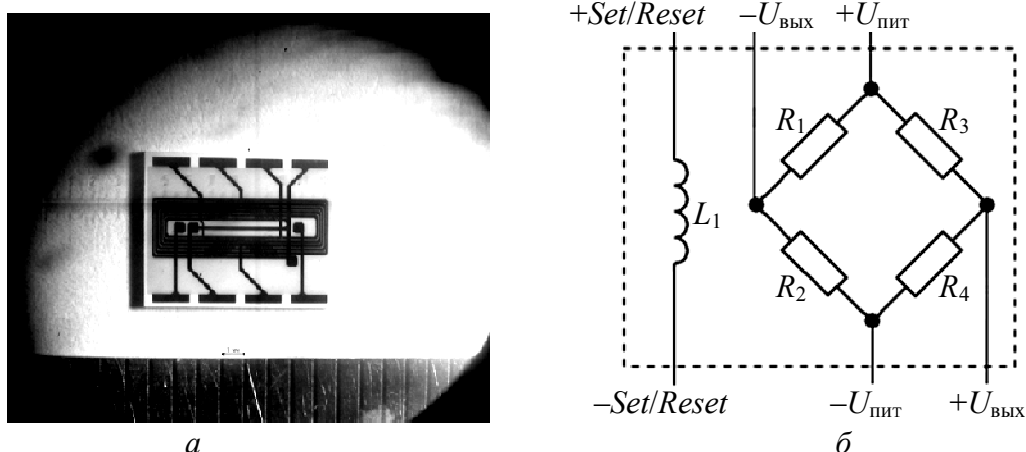


Рис. 1. Магниторезистивный чувствительный элемент: *а* – внешний вид; *б* – электрическая схема

Изменение сопротивления магниторезистора при изменении напряженности магнитного поля во всем измеряемом диапазоне не превосходит нескольких процентов от его номинального значения. В соответствии с этим изменение напряжения между выходами МРЧЭ также имеет небольшую величину (десятки милливольт) [1]. Для построения на таком элементе датчика магнитного поля, обладающего высокой разрешающей способностью и вместе с тем широким диапазоном измерения, необходимо использовать схему усиления, фильтрации и цифровой обработки сигнала.

Для исследования влияния изменения температуры на выходной сигнал магниторезистивного датчика был разработан и изготовлен макет, включающий в себя МРЧЭ, схему усиления и оцифровки сигнала, а также

микроконтроллер, системы перемагничивания и питания. Блок-схема макета, где ДУ – дифференциальный усилитель, АЦП – аналого-цифровой преобразователь, МК – микроконтроллер, ДТ – датчик температуры, ФИП – формирователь импульсов перемагничивания, RS 485 – выходной интерфейс, ИОН – источник опорного напряжения, ИП – источник питания, T_x , R_x – сигнальные выходы, $U_{пит}$ – вход напряжения питания, представлена на рис. 2.

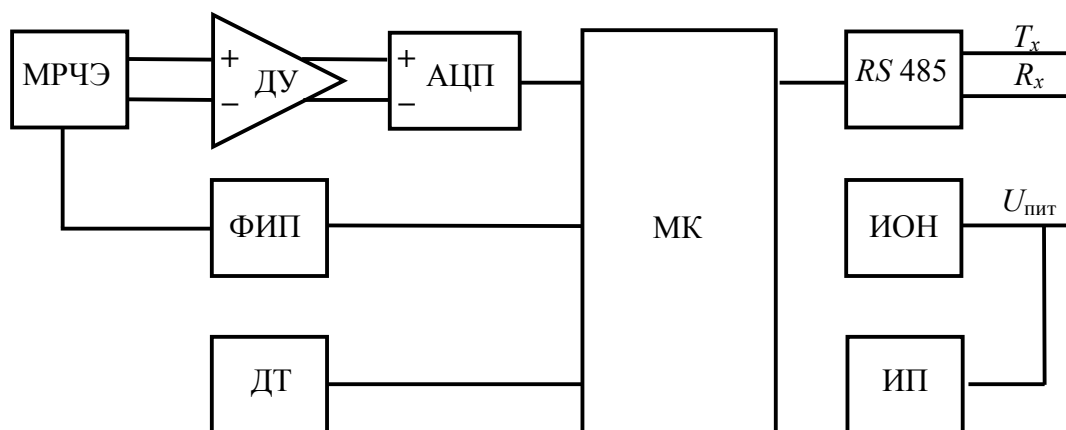


Рис. 2. Блок-схема макета

Сигнал с выхода МРЧЭ усиливается дифференциальным усилителем и подается на дифференциальный вход АЦП. Оцифрованный сигнал поступает в микроконтроллер, где могут быть реализованы различные алгоритмы фильтрации и компенсации смещения нуля. Для формирования контура обратной связи по температуре в схему включен интегральный датчик температуры [2]. Для компенсации эффекта разориентации доменной структуры МРЧЭ и снижения его чувствительности в схему включен формирователь импульсов перемагничивания, образующий мощные кратковременные импульсы тока через интегрированную в структуру МРЧЭ катушку индуктивности, восстанавливающие доменную структуру магнито чувствительного материала. Источник опорного напряжения схемы используется для питания МРЧЭ высокостабильным напряжением и для формирования опорного напряжения АЦП. Источник питания осуществляет подачу напряжения на все остальные элементы схемы [3].

Для определения зависимости выходного сигнала от температуры в диапазоне -50°C до 50°C был проведен ряд экспериментов в климатической камере. В ходе каждого эксперимента климатическая камера прогревалась до 50°C , выдерживалась при этой температуре в течение 30 минут, после чего в течение 3 часов температура снижалась до -50°C , и камера выдерживалась 30 минут при этой температуре [4].

Зависимость выходного сигнала макета магнитометра от температуры $T(^{\circ}\text{C})$ представлена на рис. 3.

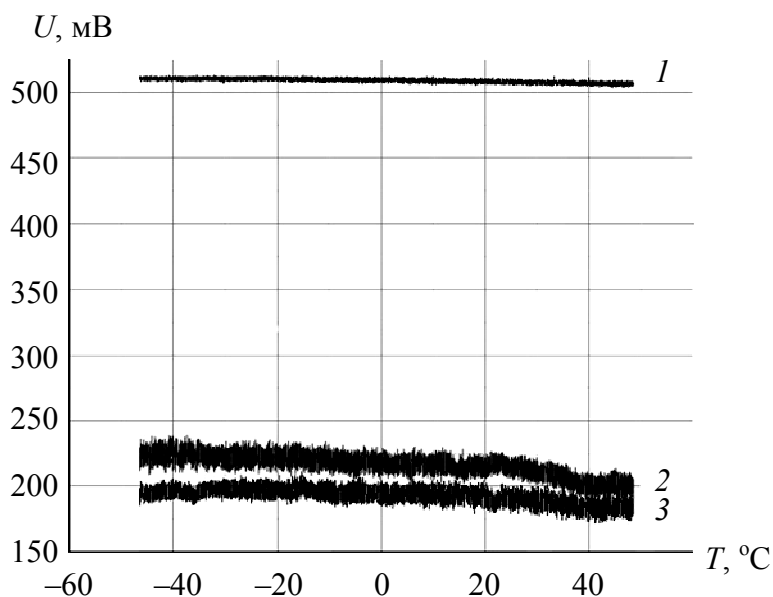


Рис. 3. Зависимость выходного сигнала от температуры: 1 – схемы усиления и оцифровки; 2 – только МРЧЭ; 3 – измерительного канала

Обработка полученных данных показала, что вид функций зависимости выходных сигналов во всех трех экспериментах имеет форму параболы, т. е. описывается уравнением полинома второй степени:

$$y = a + bx + cx^2. \quad (1)$$

Численные значения коэффициентов a , b , c уравнения параболы для трех зависимостей приведены в таблице.

Коэффициенты уравнения параболы

Коэффициент	Схема обработки	МРЧЭ	Измерительный канал
a , мВ	511,4093	226,7366	181,5178
b , мВ/°С	-0,0452	-0,2391	-0,1358
c , мВ/°С ²	-0,0004	-0,0028	-0,0029

Изменение выходного сигнала в среднем составляет:

- для схемы обработки сигнала $-63,7$ мкВ/°С;
- для МРЧЭ с учетом коэффициента усиления схемы ($k_y = 300$) – $218,5$ мкВ/°С;
- для канала измерения в целом $-145,6$ мкВ/°С.

Для перевода полученных данных в единицы измерения выходного сигнала (нТл) воспользуемся соотношением, описывающим связь измеряемых электрических величин с величиной измеряемого параметра:

$$B_0(\text{нТл}) = 0,1 \cdot U(\text{мкВ}). \quad (2)$$

Температурный коэффициент составит:

- для схемы обработки сигнала $-6,37 \text{ нТл}/^\circ\text{C}$;
- для МРЧЭ с учетом коэффициента усиления схемы ($k_y = 300$) $-21,85 \text{ нТл}/^\circ\text{C}$;
- для канала измерения в целом $-14,56 \text{ нТл}/^\circ\text{C}$.

Анализ полученных результатов выявил, что наибольший вклад в смещение нуля выходного сигнала, вызванное изменением температуры, вносит схема обработки и усиления сигнала. Во-первых, это собственный температурный дрейф элементов схемы, а во-вторых, дрейф МРЧЭ, обусловленный высоким коэффициентом усиления сигнала. Если исключить последний, то собственный температурный дрейф МРЧЭ составит $0,079 \text{ нТл}/^\circ\text{C}$. Таким образом, как один из вариантов минимизации смещения нуля выходного сигнала, вызванного изменением температуры, можно использовать схему усиления с меньшим коэффициентом усиления, а заданную разрешающую способность получить за счет применения АЦП с меньшим опорным напряжением или большим количеством значащих разрядов.

Другим методом уменьшения температурного смещения нуля выходного сигнала является программная компенсация температурного дрейфа схемы. Поскольку результирующая кривая зависимости выходного сигнала от температуры имеет параболическую форму без ярко выраженных изломов, для программной компенсации этой зависимости воспользуемся следующей формулой:

$$B = B_0 - (bT + cT^2), \quad (3)$$

где B – результирующий выходной сигнал измерительного канала после температурной компенсации, нТл; B_0 – измеренный сигнал, переведенный в нТл с помощью формулы (2); T – температура измерительного канала, $^\circ\text{C}$; b , c – коэффициенты уравнения параболы, вычисленные на основе проведенного эксперимента. Размерности коэффициентов $\text{нТл}/^\circ\text{C}$ и $\text{нТл}/^\circ\text{C}^2$ соответственно.

Результат проведения программной компенсации зависимости выходного сигнала от температуры представлен на рис. 4.

Среднеквадратическое отклонение выходного сигнала макета магнитометра после температурной компенсации соответствует $151,5 \text{ нТл}$. До компенсации величина дрейфа составляла 1250 нТл во всем рассматриваемом температурном диапазоне.

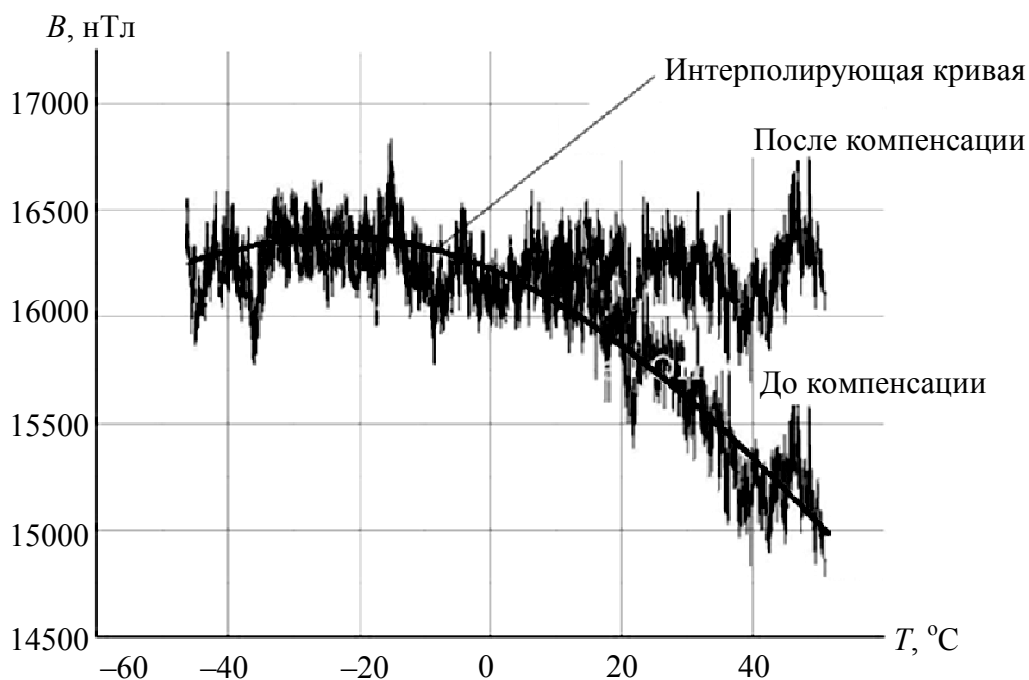


Рис. 4. Зависимость выходного сигнала магнитометра от температуры до и после компенсации

Таким образом, можно сделать вывод о том, что магнитометр, построенный на базе магниторезистивных чувствительных элементов, будет иметь дрейф нуля выходного сигнала, вызванный изменением температуры. Устранение этого дрейфа можно реализовать с помощью использования контура обратной связи по температуре путем идентификации температурной зависимости МРЧЭ и тракта обработки сигнала программно-алгоритмическим путем без внесения в схему устройства дополнительных управляющих контуров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Компонентные AMR-датчики положения и угла поворота от Honeywell. URL : http://www.kit-e.ru/articles/sensor/2012_11_24.php (дата обращения : 02.10.2015).
2. Игнатьев А. А., Спиридонов Д. М., Ляшенко А. В. Исследование параметров интегрального датчика температуры K1019EM1 // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2013. Вып. 14 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. С. 58–66.
3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники : в 3 т. М. : Мир, 1993. Т. 2. 371 с.
4. Игнатьев А. А., Проскуряков Г. М., Спиридонов Д. М. Однофакторные калибровки блока магнитометров (алгоритмы, методика, технологии) // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2013. Вып. 15 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. С. 115–131.

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ ТЕЧЕНИИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В КАНАЛАХ

С. В. Овчинников, А. С. Ретунский

Саратовский государственный университет
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: kof@sgu.ru

Представлен обзор ряда литературных данных по определению коэффициента теплоотдачи при течении жидкой или газообразной среды в каналах. Рассмотрен теплообмен при ламинарном, переходном и турбулентном режимах течения среды. Проведено сравнение результатов определения числа Нуссельта по различным соотношениям.

Ключевые слова: критерий Нуссельта, течение в канале, ламинарный, переходной и турбулентный режимы.

Engineering Methods for Evaluating Heat Transfer Coefficient During Fluids in Channels

S. V. Ovchinnikov, A. S. Retunsky

The literature data on calculation of heat transfer coefficient during fluid stream in the channel is presented. Considered heat transfer in laminar, transitional and turbulent regimes of stream fluid. Comparison of the results of determining the Nusselt's criterion in diverse formula is conducted.

Key words: the Nusselt's criterion, the fluid stream in the channel, laminar, transitional and turbulent regimes

Охлаждение электронного оборудования с помощью теплообменных систем, в которых применяется прокачка жидкости через каналы различного поперечного сечения, широко используется в современной радиоэлектронной аппаратуре. В литературе по теплообмену приведено большое количество эмпирических соотношений, характеризующих теплообмен при равных условиях, поэтому систематизация и сравнение имеющихся формул весьма желательны.

Ниже представлен обзор ряда литературных данных по определению коэффициента теплоотдачи при течении жидкости в каналах. Рассматривается теплообмен при ламинарном, переходном и турбулентном режимах течения охладителя.

Используются следующие обозначения (Интернациональная система единиц):

- индекс S – обозначение теплоотдающей поверхности;
- индекс CP – обозначение жидкой или газообразной среды, текущей в канале (далее – среда);
- α коэффициент конвективной теплоотдачи с поверхности, имеющей среднюю температуру T_S ;

- λ_{CP} – коэффициент теплопроводности среды;
- ρ, η, ν – плотность, динамическая и кинематическая вязкость среды соответственно;
- c_p – удельная теплоемкость среды при постоянном давлении;
- a_{CP} – коэффициент температуропроводности среды;
- β – коэффициент объемного расширения среды;
- u – скорость движения среды относительно поверхности канала;
- d – диаметр кругового поперечного сечения канала;
- $D = 4S/P$ – эквивалентный диаметр канала с площадью поперечного сечения S и периметром P (для некруговых поперечных сечений);
- G – массовая скорость потока в канале;
- L – длина канала;
- $Nu = \frac{\alpha L}{\lambda_{\text{CP}}}$ – число Нуссельта или безразмерный коэффициент теплоотдачи;

- $Re = \frac{uL}{\nu}$ – число Рейнольдса;

- $Pe = \frac{uL}{a_{\text{CP}}}$ – число Пекле;

- $Pr = \frac{\nu}{a_{\text{CP}}}$ – число Прандтля;

- $Gr = \frac{g\beta(T_S - T_{\text{CP}})L^3}{\nu^2}$ – число Грасгофа, где g – ускорение свободного

падения.

Кроме того, индексы CP и S означают, что величины критериальных чисел с указанными индексами определяются по температуре среды или теплоотдающей поверхности стенки канала соответственно.

Отметим особо, что поскольку рассматривается средняя по длине канала (трубы) теплоотдача, то температура текущей среды определяется как среднее значение между температурами среды на входе $T_{\text{CPвх}}$ и выходе $T_{\text{CPвых}}$ канала:

$$T_{\text{CP}} = 0,5(T_{\text{CPвх}} - T_{\text{CPвых}})$$

где T_{CP} – температура среды.

Ламинарный режим ($Re < 2000$)

Ламинарный режим характеризуется относительно невысоким коэффициентом теплоотдачи. В литературе представлены следующие формулы теплообмена для среднего по длине канала критерия Нуссельта.

В [1] приведено критериальное выражение для расчета теплообмена в трубах диаметром d и плоских каналах шириной d :

$$Nu = 1,4 \cdot \left(Re_{CP} \cdot \frac{d}{L} \right)^{0,4} \cdot Pr_{CP}^{0,33} \cdot \left(\frac{Pr_{CP}}{Pr_S} \right)^{0,25} \quad (1)$$

Формула (1) справедлива при следующих условиях:

$$\begin{aligned} Re_{CP} &> 10, \\ \frac{Pr_{CP}}{Pr_S} &< 167, \\ \frac{L}{d} &> 1, \\ Re_{CP} \cdot (Pr_{CP})^{5/6} \cdot \frac{d}{L} &> 15. \end{aligned}$$

Для труб большой длины при $\frac{L}{d} > 0,067 \cdot Re_{CP} \cdot (Pr_{CP})^{5/6}$ там же рекомендуется формула

$$Nu = 4 \cdot \left(\frac{Pr_{CP}}{Pr_S} \right)^{0,25} \quad (2)$$

В [2, 3] предложено выражение, справедливое для труб любой длины:

$$Nu = 0,15 \cdot \sqrt[3]{Re_{CP}} \cdot Pr_{CP}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{CP}}{Pr_S} \right)^{0,25} \cdot E_L \cdot E_R, \quad (3)$$

где E_L – поправочная величина (определяется из табл. 1) [2]; E_R – поправка, которая учитывает усиление теплоотдачи в трубах с закруглением. Если R – радиус закругления, то $E_R = 1 + 1,8 \cdot \frac{d}{R}$.

Таблица 1

Поправка E_L на начальный участок труб

L/d	1	2	5	10	15	20	30	40	50
E_L	1,9	1,7	1,44	1,28	1,17	1,13	1,05	1,02	1

Для воздуха формула (3) может быть переписана в виде [4]

$$Nu = 0,13 \sqrt[3]{Re_{CP}} \cdot Gr_{CP}^{0,1} \cdot E_L, \quad (4)$$

где величина E_L определяется по табл. 1.

В [5, 6] предлагается формула, справедливая для различных жидкостей:

$$Nu = 1,55 \cdot \left(Pe_m \cdot \frac{d}{L} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{\eta_{CP}}{\eta_S} \right)^{0,14} \cdot E_{L1}, \quad (5)$$

где

$$E_{L1} = 0,10 \cdot \left(Re_m \cdot \frac{d}{L} \right)^{\frac{1}{7}} \cdot \left(1 + 2,5 \cdot \frac{L}{Re_m \cdot d} \right).$$

Индекс m означает, что величины чисел Пекле и Рейнольдса в (5) определяются по средней температуре $T_m = 0,5 \cdot (T_S + T_{CP})$. Формула (5) справедлива при условиях:

$$\frac{L}{d \cdot Re_{CP}} \leq 0,05,$$

$$0,07 \leq \frac{\eta_{CP}}{\eta_S} < 1500.$$

В [7] также предлагается формула для определения среднего по длине канала коэффициента теплоотдачи при вынужденном ламинарном движении среды в канале с учетом влияния свободной конвекции и направления теплового потока:

$$Nu = 0,17 \cdot Re_{CP}^{0,33} \cdot Pr_{CP}^{0,43} \cdot Gr_{CP}^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_{CP}}{Pr_S} \right)^{0,25}. \quad (6)$$

Формула (6) применима для любой жидкости при $L/D > 50$. За определяющий размер здесь принят эквивалентный диаметр D канала, а все физические константы находятся по средней температуре среды-охлаждителя.

Для коротких труб (при $L/D < 50$) выражение (6) может быть использовано с поправочным коэффициентом E_L , определяемым по табл. 1.

В справочной монографии [8] предложена общая формула теплообмена для описания среднего по длине L канала числа Нуссельта:

$$Nu = \frac{\alpha D}{\lambda_{CP}} = C \cdot Re^f \cdot Pr^n \cdot K, \quad (7)$$

где D – определяющий размер (эквивалентный диаметр), а значения постоянных C, f, n и K берутся из табл. 2, где $Gz = \frac{\pi D}{4L} \cdot Re \cdot Pr$ – число Гретца.

**Теплообмен при вынужденном течении среды в трубах
с различным поперечным сечением, описываемый формулой (7)**

Форма поперечного сечения		Значения постоянных					Режим течения
		D	C	f	n	K	
Круглая труба диаметром d		d	1,86	0,333	0,333	$\left(\frac{d}{L}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\eta_{CP}}{\eta_S}\right)^{0,14}$	В короткой трубе, $Re < 2000, Gz > 10$
			3,66	0	0	1	В длинной трубе, $Re < 2000, Gz < 10$
Прямоугольная труба сечением $a \times b$	$b/a=1$	a	2,98	0	0	1	$Re < 2000$
	$b/a=1,4$	$1,17 a$	3,08	0	0	1	
	$b/a=2$	$1,33 a$	3,39	0	0	1	
	$b/a=3$	$1,5 a$	3,96	0	0	1	
	$b/a=4$	$1,6 a$	4,44	0	0	1	
	$b/a=8$	$1,78 a$	5,95	0	0	1	
$b/a=\infty$	$2,0 a$	7,54	0	0	1		

В монографии [9] приведено явное выражение для определения коэффициента теплоотдачи в прямом канале произвольного поперечного сечения с эквивалентным диаметром D и длиной L :

$$\alpha = 1,86 \cdot \frac{\lambda_{CP}}{D} \cdot \left[\frac{D^2 \cdot G}{L \cdot \eta_{CP}} \cdot \left(\frac{c_p \eta}{\lambda} \right)_{CP} \right]^{1/3} \cdot \left(\frac{\eta_{CP}}{\eta_S} \right)^{0,14} \quad (8)$$

Имеется ряд упрощенных выражений для определения числа Нуссельта при ламинарном течении среды в каналах. Так, в [10] предлагается формула

$$Nu = 3,66 + \frac{0,0668 \cdot Pe \cdot \frac{d}{L}}{1 + 0,04 \cdot \left(Pe \cdot \frac{d}{L} \right)^{2/3}}, \quad (9)$$

которая справедлива при следующих ограничениях:

- $Pe \cdot L / d < 250$;
- температура стенки канала считается постоянной;
- предполагается, что жидкость несжимаема и ее свойства не зависят от температуры.

Далее в [10] приведен ряд простых соотношений для определения критерия Нуссельта при ламинарном течении среды, которые представлены в табл. 3.

Таблица 3

Упрощенные соотношения для расчёта критерия Нуссельта при ламинарном течении среды в канале длиной L с разной формой поперечного сечения

Форма поперечного сечения канала	Эквивалентный диаметр D , м	$\frac{Pe \cdot D}{L}$	Nu
Круглая труба	$D = d$ – диаметр	>12	$1,61 \cdot \left(\frac{D}{L} Pe\right)^{1/3}$
		<12	3,66
Плоская щель шириной H	$D = 2H$	>70	$1,85 \cdot \left(\frac{D}{L} Pe\right)^{1/3}$
		<70	7,5
Равносторонний треугольник со стороной h	$D = 0,58h$	>7	$1,5 \cdot \left(\frac{D}{L} Pe\right)^{1/3}$
		<7	2,7

Наконец, для кольцевого канала с теплоотводом от внутренней стенки при $T_S = \text{const}$ в [11] приводится простое соотношение

$$Nu_i = 3,96 + 0,9 \cdot \theta^{-0,35}, \quad (10)$$

где $\theta = \frac{d_{\text{внутр}}}{d_{\text{внеш}}}$ – отношение внутреннего диаметра канала к внешнему.

Переходный режим ($2 \cdot 10^3 \leq Re_{\text{CP}} \leq 10^4$)

В переходном режиме движения среды в каналах теплоотдача зависит от многих факторов и может существенно изменяться в зависимости от значения Re_{CP} .

В монографии [2] предлагается следующее выражение для определения числа Нуссельта:

$$Nu = K \cdot Pr_{\text{CP}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{\text{CP}}}{Pr_S}\right)^{0,25} \cdot E_L. \quad (11)$$

Коэффициент K в (11) зависит от числа Рейнольдса и определяется с помощью табл. 4.

Таблица 4

Зависимость величины K от числа Рейнольдса

$Re_{CP} \cdot 10^{-3}$	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	3	4	5	6	8	10
K	1,9	2,2	3,3	3,8	4,4	6	10,3	15,5	19,5	27	33,3

С погрешностью около 7% табл. 4 может быть аппроксимирована формулой

$$K = -7,2 + 4,4 \cdot 10^{-3} \cdot Re_{CP}. \quad (12)$$

В [7] рекомендуется формула Хаузена, полученная экспериментально для воды и трансформаторного масла:

$$Nu = 0,116 \cdot (Re_{CP}^{0,667} - 125) \cdot Pr_{CP}^{0,333} \cdot \left(\frac{\eta_S}{\eta_{CP}} \right)^{-0,14} \cdot \left[1 + \left(\frac{D}{L} \right)^{0,667} \right]. \quad (13)$$

Кроме того, в условиях переходного режима течения среды также применимо выражение (3), приведенное выше.

Турбулентный режим ($Re_{CP} > 10^4$)

При отсутствии кипения жидкости теплообмен при турбулентном течении в каналах и трубах характеризуется нижеприведенными формулами.

Для среднего коэффициента теплоотдачи в канале длиной L и эквивалентным диаметром D в [5, 6, 12] рекомендуется соотношение

$$Nu = 0,021 \cdot Re_{CP}^{0,8} \cdot Pr_{CP}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{CP}}{Pr_S} \right)^{0,25} \cdot E_L, \quad (14)$$

где поправочный коэффициент E_L определяется с помощью табл. 5.

Таблица 5

Зависимость величины E_L от числа Рейнольдса и величины L/d

Re_{CP}	L/d								
	1	2	5	10	15	20	30	40	50
$1 \cdot 10^4$	1,65	1,50	1,34	1,23	1,17	1,13	1,07	1,03	1
$2 \cdot 10^4$	1,51	1,40	1,27	1,18	1,13	1,10	1,05	1,02	1
$5 \cdot 10^4$	1,34	1,27	1,18	1,13	1,10	1,08	1,04	1,02	1
10^5	1,28	1,22	1,15	1,10	1,08	1,06	1,03	1,02	1
10^6	1,14	1,11	1,08	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1

С погрешностью менее 3% значения величины E_L из табл. 5 нами аппроксимированы соотношением

$$E_L = 1 + 21,36 \cdot \exp\left(-0,484 \cdot \sqrt{L/d}\right) / (Re_{CP})^{1/3}. \quad (15)$$

В [13] приводится формула Зидера и Тейта

$$Nu = 0,027 \cdot Re_{CP}^{0,8} \cdot Pr_{CP}^{0,33} \cdot \left(\frac{\eta_{CP}}{\eta_S}\right)^{0,14}, \quad (16)$$

пригодная для $Re_{CP} < 10^5$, $Pr_{CP} < 10$.

В работе [10] приводится выражение

$$Nu = \frac{0,023 \cdot Pr_{CP} \cdot Re_{CP}^{0,8}}{1 + 2,14 \cdot Re_{CP}^{-0,1} \cdot (Pr_{CP}^{0,667} - 1)}, \quad (17)$$

справедливое при $0,5 < Pr_{CP} < 200$.

Формула Мак-Адамса [10, 14]

$$Nu = 0,023 \cdot Pr_{CP}^{0,4} \cdot Re_{CP}^{0,8} \quad (18)$$

для $Re_{CP} < 10^5$ и $0,5 < Pr_{CP} < 2,5$.

Для кольцевого канала между трубами диаметрами d_1 и d_2 при определяющем размере $D = d_2 - d_1$ в [6, 10] приводится выражение

$$Nu = 0,017 \cdot Pr_{CP}^{0,4} \cdot Re_{CP}^{0,8} \cdot \left(\frac{Pr_{CP}}{Pr_S}\right)^{0,25} \cdot \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^{0,18}, \quad (19)$$

в котором $1,2 < d_2/d_1 < 1,4$; $50 < L/d < 460$; $0,7 < Pr < 100$.

В [5, 6, 10] приведено соотношение

$$Nu = \frac{\mathfrak{G} \cdot 0,023 \cdot Pr_{CP} \cdot Re_{CP} \cdot E_t}{1 + 12,7 \cdot \sqrt{\frac{\mathfrak{G}}{8}} \cdot (Pr_{CP}^{2/3} - 1)}, \quad (20)$$

где $\mathfrak{G} = 0,184 \cdot Re_d^{-0,2}$, $E_t = \left(\frac{\eta_{CP}}{\eta_S}\right)^n$, $n = 0,11$ при нагревании жидкости и

$n = 0,25$ при ее охлаждении; $0,7 < Pr_{CP} < 200$; $10^4 < Re_{CP} < 10^6$; $0,08 < \frac{\eta_{CP}}{\eta_S} < 40$.

В [13] также предлагается похожая формула

$$Nu = \frac{\frac{\vartheta}{8} 0,023 \cdot Pr_{CP} \cdot Re_{CP}}{1,07 + 4,5 \cdot \sqrt{\vartheta} \cdot (Pr_{CP}^{0,667} - 1)}, \quad (21)$$

где ϑ имеет то же значение, что и в (20). Однако последнее выражение справедливо только при постоянной вязкости среды в канале.

В [14] рекомендуется выражение

$$Nu = 0,023 \cdot Pr_{CP}^{0,4} \cdot Re_{CP}^{0,8} \cdot \left(\frac{Pr_{CP}}{Pr_S} \right)^{0,25} \cdot E_L, \quad (22)$$

справедливое при $0,6 < Pr_{CP} < 100$ и $7 \cdot 10^3 < Re_{CP} < 2 \cdot 10^6$. Здесь E_L определяется с помощью табл. 5 или формулы (15).

Для полностью развитого турбулентного потока в продольных каналах при умеренных температурных напорах в [8] предложена следующая формула:

$$\frac{\alpha \cdot D}{\lambda_{CP}} = 0,023 \left(\frac{D \cdot G}{\eta_{CP}} \right)^{0,8} \cdot \left(\frac{c_p \eta}{\lambda} \right)_{CP}^n, \quad (23)$$

где D – эквивалентный диаметр канала; G – массовая скорость потока; $n = 0,4$ для процесса нагрева стенки канала ($T_{CP} > T_S$) и $n = 0,3$ для охлаждения стенки ($T_{CP} < T_S$).

Для обычных газов в каналах с отношением длины к диаметру более 60 хорошее приближение дает выражение

$$\alpha = 0,0144 \cdot \frac{c_p G^{0,8}}{D^{0,2}}. \quad (24)$$

Для воздуха при большом температурном напоре в [8] предлагается следующее выражение:

$$\frac{\alpha \cdot D}{\lambda_{CP}} = 0,02 \cdot \left(\frac{D \cdot u \cdot \rho}{\eta_{CP}} \right)^{0,8} \cdot \left(\frac{c_p \eta}{\lambda} \right)_{CP}^{0,4}. \quad (25)$$

Наконец, для турбулентного течения жидкости в каналах имеется ряд простых соотношений:

– в [13] приводится формула

$$Nu = 7 + 0,026 \cdot Pe_{CP}^{0,8}, \quad (26)$$

пригодная при $0,001 < Pr_{CP} < 0,1$ и $10^4 < Re_{CP} < 10^6$ и при постоянной вязкости жидкости в трубе;

– в [2] предлагается выражение для непосредственного определения коэффициента теплоотдачи в канале

$$\alpha = 0,023 \cdot \lambda_{CP} \frac{u^{0,8} \cdot Pr_{CP}^{0,4}}{d^{0,2} \cdot \nu^{0,8}} \cdot E_L \cdot E_R \cdot E_t, \quad (27)$$

где E_L определяется с помощью табл. 5 или формулы (15); поправка E_R

имеет тот же смысл, что и в (3); $E_t = \left(\frac{\eta_{CP}}{\eta_s} \right)^{0,11}$.

Нами было проведено количественное сравнение ряда формул конвективного теплообмена. Рассматривались соотношения (1)–(3), (5), (11), (13), (14), (16), (23) и (27). Исходная модель имела следующие параметры: охлаждающая среда – вода с температурой 10, 20 и 30°C, эквивалентный диаметр канала 4 мм, канал прямой, плотность теплового потока на охлаждаемой поверхности 3000 Вт/м². Скорость течения воды в канале варьировалась в пределах:

- для ламинарного режима от 0,1 до 0,7 м/с;
- для переходного режима от 0,5 до 7 м/с;
- для турбулентного режима от 7 до 10 м/с.

Результаты сравнительных расчетов показали следующее.

Во всех режимах движения теплоносителя расчетные формулы могут давать разброс числовых значений порядка 15–20% (в рассмотренных примерах около 17%). Это, в первую очередь, связано с тем, что все расчетные формулы являются результатом обработки множества экспериментальных данных с применением аппарата теории подобия. Однако поскольку разброс теплофизических параметров в задаче теплофизического анализа радиоэлектронного аппарата может составлять до 20 % [1, 15], приведенные здесь расчетные соотношения вполне приемлемы для инженерной практики. Выбор формул теплообмена из приведенных здесь определяется типом системы охлаждения, используемым теплоносителем, геометрическими параметрами каналов, массовой скоростью теплоносителя и тепловыми нагрузочными характеристиками (температурный напор или плотность теплового потока).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рабинерсон А. А., Ашкинази Г. А. Режимы нагрузки силовых полупроводниковых приборов. М. : Энергия, 1976. 296 с.
2. Дульнев Г. Н., Семяшкин Э. М. Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах. Л. : Энергия, 1968. 360 с.

3. Мартыненко О. Г., Соковишин Ю. А. Свободно-конвективный теплообмен. Справочник. Минск : Наука и техника, 1982. 400с.
4. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. М. : Атомиздат, 1979. 416 с.
5. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача : учебник для вузов. М. : Энергоиздат, 1981. 416 с.
6. Краснощёков Е. А., Сукомел А. С. Задачник по теплопередаче. М. : Энергия, 1975. 280 с.
7. Юдаев Б. Н. Теплопередача. М. : Высш. шк., 1973. 360 с.
8. Уонг Х. Основные формулы и данные для по теплообмену для инженеров : справочник / пер. с англ. В. В. Яковлева, В. И. Колядина. М. : Атомиздат, 1979. 216 с.
9. Керн Д., Краус А. Развитые поверхности теплообмена. М. : Энергия 1977. 462с.
10. Теория тепломассобмена / Под ред. А. И. Леонтьева. М. : Высш. школа, 1979. 495с.
11. Жукаускас А. А., Шланчаускас А. А. Теплоотдача в турбулентном потоке жидкости. Вильнюс : Минтас, 1973. 327 с.
12. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. М. : Энергия, 1977. 344 с.
13. Петухов Б. С., Кириллов В. В. К вопросу о теплообмене при турбулентном течении жидкости в трубах // Теплоэнергетика. 1958. № 4. С. 63–69.
14. Полянин Л. Н., Ибрагимов М. Х., Сабелев Г. И. Теплообмен в ядерных реакторах. М. : Энергоиздат, 1982. 88 с.
15. Дульнев Г. Н., Парфенов В. Г., Сигалов А. В. Методы расчета теплового режима приборов М. : Радио и связь, 1990. 312 с.

УДК 537.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЛОКАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ФОРМЫ ОТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ АКСИАЛЬНО-НАМАГНИЧЕННЫХ КОЛЬЦЕВЫХ МАГНИТОВ

С. П. Кудрявцева, А. Н. Петров

Саратовский государственный университет
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: kof@sgu.ru

Проведен расчет локального коэффициента формы аксиально-намагниченных кольцевых магнитов с различными геометрическими параметрами, позволяющий определять оптимальные геометрические размеры магнитов.

Ключевые слова: намагниченность, коэффициент формы, кольцевой магнит.

Research of Dependence of Local Shape Factor on Geometric Dimensions of Axially Magnetized Ring Magnets

S. P. Kudryavtseva, A. N. Petrov

The calculation of the local shape factor of axially magnetized ring magnets for a variety of geometric parameters. The results of researches allow to determine optimal geometric dimensions of the magnets.

Key words: magnetization, shape factor, ring magnet.

Известно, что основной характеристикой магнитотвердых материалов является кривая размагничивания петли гистерезиса. Остаточная намагниченность образцов из магнитотвердого материала, которые представляют собой разомкнутую магнитную цепь, меньше остаточной намагниченности материала. Это связано с появлением в разомкнутой магнитной цепи в виде колец, пластин и других конструкций так называемых размагничивающих полей, которые зависят от формы и относительных размеров магнитов.

Размагничивающие поля принято характеризовать коэффициентами формы. Знание этих коэффициентов является очень важным, так как позволяет определить истинную остаточную намагниченность постоянных магнитов [1].

Коэффициенты формы подразделяются на магнитометрические баллистические и локальные в зависимости от способа определения намагниченности образца [2, 3].

Баллистические и магнитометрические коэффициенты формы называются также баллистическими и магнитометрическими коэффициентами размагничивания. Баллистический коэффициент характеризует среднюю величину внутреннего размагничивающего поля по нейтральному сечению образца, а магнитометрический – по его объему.

Практический интерес представляют локальные коэффициенты формы – коэффициенты пропорциональности K между намагниченностью M и магнитной индукцией B в определенной точке пространства вне образца:

$$K = \frac{B}{\mu_0 M'}, \quad (1)$$

где μ_0 – магнитная постоянная.

Измерив магнитную индукцию в определенной точке пространства и зная расчетные данные коэффициента формы K , можно определить величину намагниченности M .

Для расчета локальных коэффициентов формы использован метод фиктивных магнитных зарядов [3]. Кольцевой магнит, однородно намагниченный вдоль оси z ($\mathbf{M} = \text{const}$), изображен на рис. 1, где 1, 2 – торцевые поверхности, \mathbf{n} – единичный вектор нормали dq – элементарный магнитный заряд, ℓ – длина, d – внутренний диаметр, D – внешний диаметр.

Величина элементарного фиктивного магнитного заряда dq на элементе поверхности dS торцевой поверхности 1 (см. рис. 1, б, в) равна

$$dq_1 = M dS, \quad (2)$$

$$dS = dr \cdot d\ell, \quad (3)$$

где dr , $d\ell$ – размеры элемента поверхности.

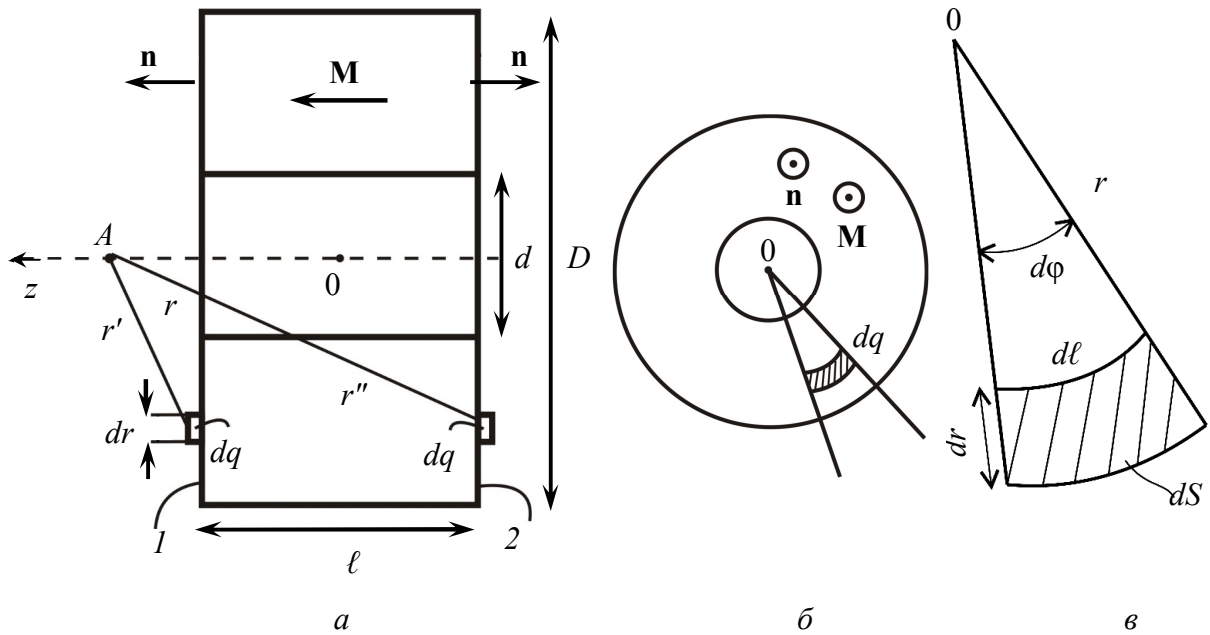


Рис. 1. Аксиально-намагниченный кольцевой магнит: *a* – осевое сечение; *б* – вид с торца; *в* – элемент поверхности с фиктивным зарядом dq

Соответственно для торцевой поверхности 2

$$dq_2 = -MdS. \quad (4)$$

Магнитная индукция в произвольной точке *A* от поверхности 1 имеет вид

$$B'_A = \mu_0 \int \frac{dq}{(r')^2}, \quad (5)$$

а от поверхности 2 –

$$B''_A = \mu_0 \int \frac{dq}{(r'')^2}. \quad (6)$$

где r' и r'' – расстояния от точки *A* до элементарных зарядов dq поверхностей 1 и 2 соответственно.

Размер $d\ell$ элемента dS , как следует из рис. 1, *в*, выразится в виде

$$d\ell = r d\varphi. \quad (7)$$

Тогда

$$dS = r \cdot dr \cdot d\varphi, \quad (8)$$

$$dq_1 = M \cdot r \cdot dr \cdot d\varphi. \quad (9)$$

Из рис. 1 следует, что

$$(r')^2 = r^2 + \left(z - \frac{\ell}{2}\right)^2. \quad (10)$$

С учетом преобразований (7)–(10) выражение (5) для B'_A принимает вид

$$B'_A = \mu_0 M \int_d^D dr \int_0^{2\pi} \frac{rd\varphi}{r^2 + \left(z - \frac{\ell}{2}\right)^2}. \quad (11)$$

По аналогии проводятся преобразования для поверхности 2 (см. рис. 1, а):

$$B''_A = -\mu_0 M \int_d^D dr \int_0^{2\pi} \frac{rd\varphi}{r^2 + \left(z + \frac{\ell}{2}\right)^2}, \quad (12)$$

где

$$r^2 + \left(z + \frac{\ell}{2}\right)^2 = (r'')^2.$$

Используя принцип суперпозиции, магнитная индукция, создаваемая в точке A обеими поверхностями кольца, имеет вид

$$B_A = B'_A + B''_A, \quad (13)$$

где B'_A и B''_A определяются формулами (11) и (12) соответственно.

Решая систему уравнений (11)–(13) для точки с координатой $z = 0$ и используя выражение (1), локальный коэффициент формы примет вид

$$K = p \left(\frac{1}{\sqrt{p^2 + q^2}} - \frac{1}{\sqrt{p^2 + 1}} \right), \quad (14)$$

где $p = \frac{\ell}{D}$, $q = \frac{d}{D}$.

Результаты расчета локального коэффициента формы по выражению (14) для различных значений осевой длины ℓ и внутреннего диаметра магнитов d , нормированных к внешнему диаметру D , представлены в таблице и на рис. 2.

Локальные коэффициенты формы аксиально-намагниченных кольцевых магнитов

d/D	$\frac{\ell}{D}$			
	0,2	0,3	0,4	0,5
0,3	0,358	0,419	0,428	0,410
0,4	0,251	0,312	0,335	0,333
0,5	0,175	0,227	0,253	0,259

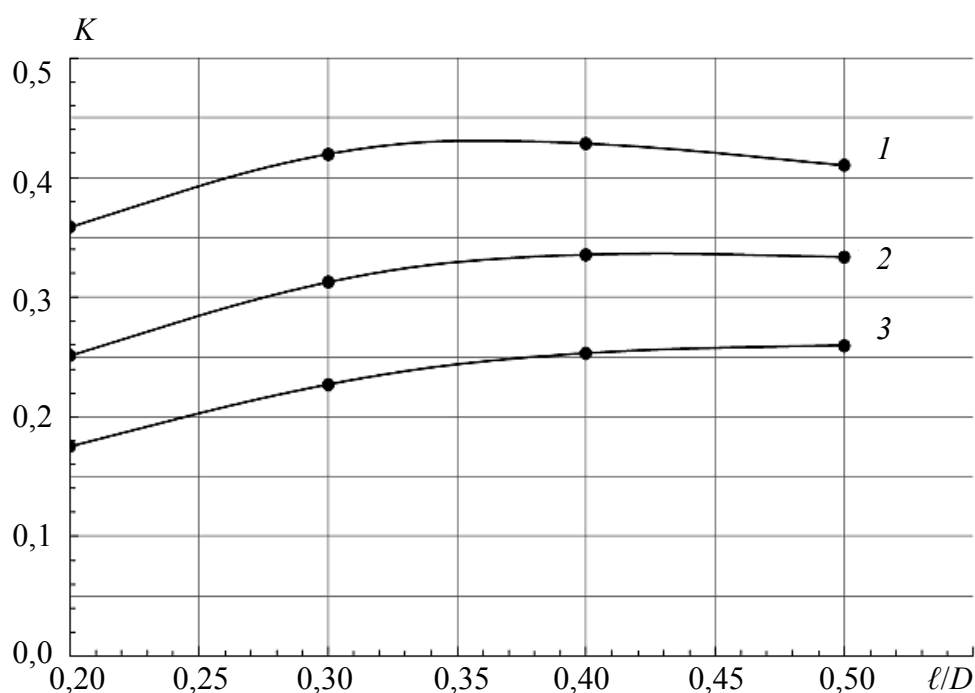


Рис. 2. Зависимость локального коэффициента формы кольцевого магнита от осевой длины образца, нормированной к внешнему диаметру: 1 – $d/D = 0,3$; 2 – $d/D = 0,4$; 3 – $d/D = 0,5$

С увеличением относительной длины образца увеличивается локальный коэффициент формы, что равносильно уменьшению размагничивающего поля (см. рис. 2).

Проведенные теоретические исследования показали, что изменения локального коэффициента формы не превышают 2,5% при $\frac{\ell}{D} \geq 0,4$. Полученный графический материал позволяет определять локальные коэффициенты формы аксиально-намагниченных кольцевых магнитов в широком диапазоне их геометрических размеров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Тамм И. Е.* Основы теории электричества. М. : Физматлит, 2003. 616 с.
2. *Кудрявцева С. П., Петров А. Н.* Теоретическое исследование зависимости баллистического коэффициента размагничивания от геометрических размеров аксиально-намагниченных кольцевых магнитов // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2015. Вып. 18 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. Экономика в промышленности. С. 89–91.
3. *Ягола Г. К., Спиридонов Р. В.* Определение характеристик высококоэрцитивных материалов и магнитов из них в разомкнутой магнитной цепи // Обзоры по электронной технике. Сер. 1, Электроника СВЧ. 1979. Вып. 15(662). С. 10–16.

УДК 537.6

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОКАЗАНИЙ ГЕТЕРОМАГНИТНОГО ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ОТ ЧАСТОТЫ ВНЕШНЕЙ ПОМЕХИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НЕМАГНИТНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЭКРАНА

Е. С. Зайцева, А. А. Маслов, Л. А. Романченко

Саратовский государственный университет
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: lari_rrr@mail.ru

Представлены результаты эксперимента по проверке эффективности экранирования немагнитным цилиндром гетеромагнитного первичного преобразователя от внешних гармонических магнитных помех. Получены численные значения коэффициента подавления помех для различных случаев взаимной ориентации преобразователя и экрана при изменяющейся частоте помехи.

Ключевые слова: датчик магнитного поля, первичный преобразователь магнитного поля, магнитная помеха, экранирование.

Research of Dependence of Heteromagnetic Primary Converter Data on Frequency of External Interference When Used a Non-Magnetic Cylindrical Screen

E. S. Zaiceva, A. A. Maslov, L. A. Romanchenko

Presented the results of the experiment to test the effectiveness of non-magnetic shielding cylinder for heteromagnetic primary converter from external harmonic magnetic interference. The numerical values of suppression factor for various mutual orientations of the converter and the screen when changing frequency interference.

Key words: magnet sensor, primary transducer of magnetic field, magnetic interference, shielding.

Немагнитные кольцевые или цилиндрические экраны необходимо применять к гетеромагнитному первичному преобразователю (ГМПП) для исключения из результатов измерений быстропеременных составляющих внешнего магнитного поля при одновременном сохранении чувствительно-

сти к его медленным изменениям [1–4]. В работах [3, 4] были получены зависимости коэффициента подавления помех для различных частот (от 300 до 1500 Гц) и различных размеров самих экранирующих цилиндров и установлено, что при оптимальных высоте цилиндра 10 см и толщине стенок 2 мм диаметр цилиндра следует изменять в пределах от 5 до 30 см. При этом коэффициент подавления помех возрастает с увеличением частоты помехи. Особенно заметно эффект подавления проявляется при частотах выше 1300 Гц (рис.1).

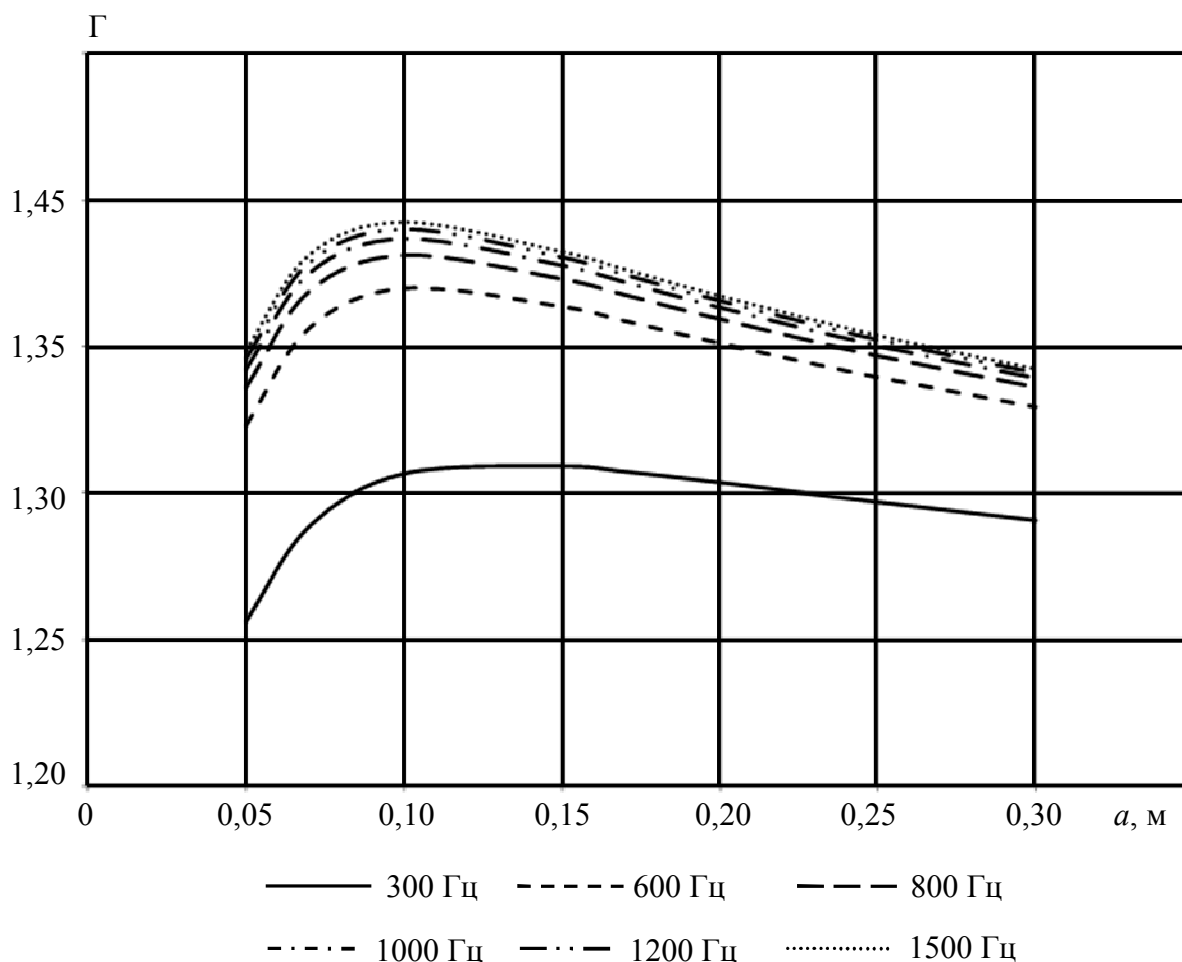


Рис. 1. Зависимость коэффициента подавления помех Γ от радиуса a цилиндра для различных частот

Для проверки полученных ранее в [1–4] теоретических результатов (см. рис. 1) авторами были проведены следующие экспериментальные исследования эффективности применения немагнитного экрана к ГМПП:

- качественная оценка коэффициента подавления помех при наведении внешней магнитной помехи частотой от 0,1 до 2 кГц;
- количественная оценка коэффициента подавления помех при разных случаях взаимной ориентации ГМПП и экранирующего цилиндра при изменяющейся частоте помехи.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 2.

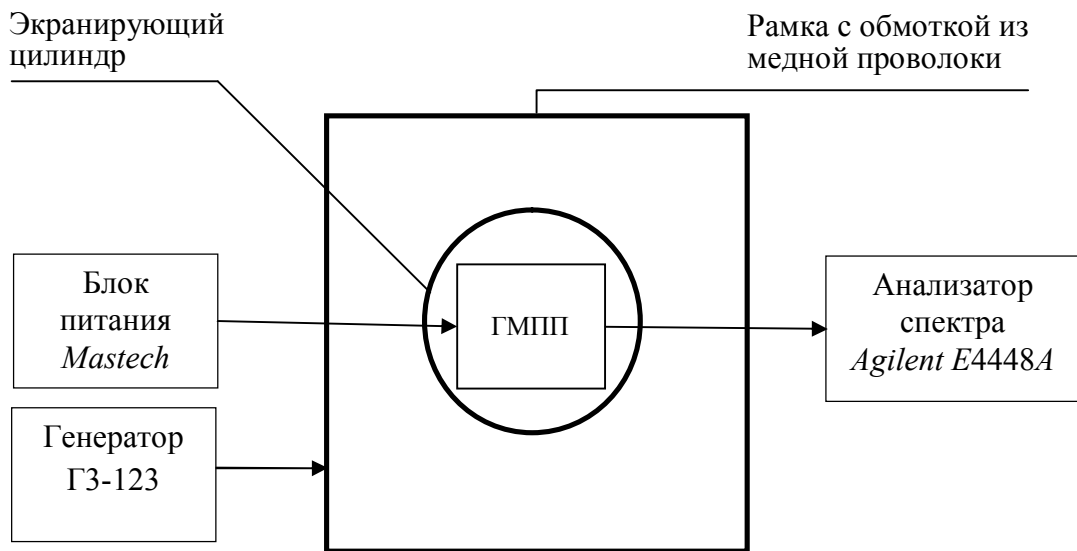


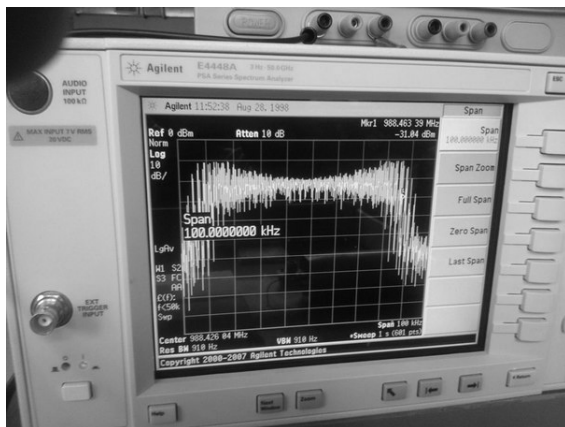
Рис. 2. Схема экспериментальной установки. Экран – алюминиевый цилиндр диаметром $\varnothing = 7,5$ см, высотой $h = 15,5$ см и толщиной стенок $\sigma = 0,3$ см

При выключенном генераторе помех ширина спектра датчика оставалась постоянной и равной 10 кГц независимо от наличия или отсутствия экранирующего цилиндра. Следовательно, лаборатория, в которой проводились исследования, была хорошо защищена от всякого рода внешних магнитных воздействий.

Условия проведения эксперимента:

- частота генерации ГМПП 988 МГц;
- напряжение сигнала генератора 3 В с ослаблением 20 дБ;
- диапазон создаваемой частоты помехи от 0,1 до 2 кГц.

Для создания искусственной помехи использовалась рамка с медной обмоткой, подключенная к генератору. При этом ГМПП размещался в геометрическом центре рамки. Измерения проводились экранированным или неэкранированным ГМПП. Результаты эксперимента отображались на дисплее цифрового анализатора спектра (рис. 3).



а



б

Рис. 3. Сигнал ГМПП при частоте помехи 0,6 кГц: а – без экрана; б – с экраном

В ходе эксперимента экран устанавливался вертикально (угол α между осью экрана и осью датчика равен 0°), под углом (угол α между осью экрана и осью датчика равен 45°) и горизонтально (угол α между осью экрана и осью датчика равен 90°). Схематичное изображение взаимной ориентации ГМПШ и экрана приведено на рис. 4.

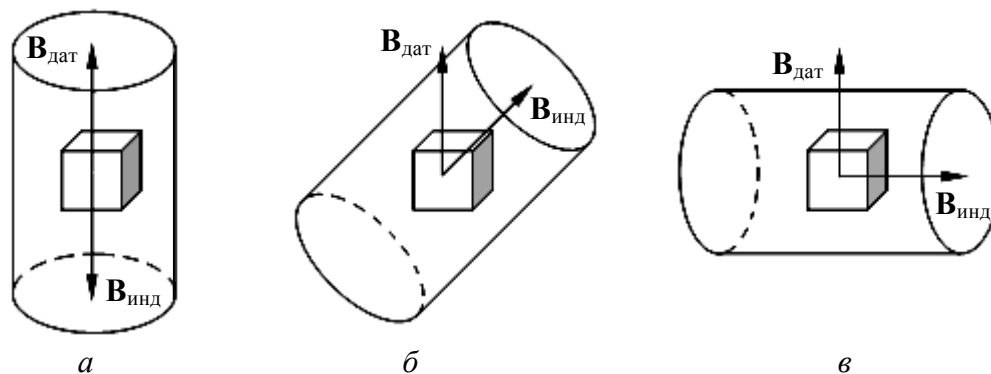


Рис. 4. Взаимная ориентация ГМПШ и экранирующего цилиндра:
 $a - \alpha = 0^\circ$; $b - \alpha = 45^\circ$; $в - \alpha = 90^\circ$

Результаты измерений приведены в табл. 1–3.

Таблица 1

Результаты эксперимента для случая расположения экрана под углом 90° к оси датчика (горизонтальное положение цилиндра)

$f_{ген}, \text{кГц}$	Ширина спектра без экрана, кГц	Ширина спектра с экраном, кГц
0,1	275	225
0,2	220	150
0,3	175	115
0,4	135	85
0,5	110	50
0,6	90	40
0,7	75	35
0,8	65	30
0,9	60	25
1	50	25
1,1	45	23
1,2	40	22
1,3	37	20
1,4	35	20
1,5	32	18
1,6	30	17
1,7	27	16
1,8	25	15
1,9	25	15
2	23	14

Таблица 2

**Результаты эксперимента для случая расположения экрана
под углом 45° к оси датчика**

$f_{ген},$ кГц	Ширина спектра без экрана, кГц	Ширина спектра с экраном, кГц
0,1	270	225
0,2	225	160
0,3	190	120
0,4	150	80
0,5	125	70
0,6	100	60
0,7	90	40
0,8	65	35
0,9	55	25
1	50	23
1,1	45	23
1,2	38	20
1,3	35	20
1,4	35	20
1,5	33	19
1,6	29	18
1,7	27	18
1,8	27	17
1,9	25	15
2	25	15

Таблица 3

**Результаты эксперимента для случая расположения экрана
под углом 90° к оси датчика (вертикальное положение цилиндра)**

$f_{ген},$ кГц	Ширина спектра без экрана, кГц	Ширина спектра с экраном, кГц
0,1	270	200
0,2	225	140
0,3	190	90
0,4	150	80
0,5	125	40
0,6	100	35
0,7	90	30
0,8	65	25
0,9	55	20
1	50	19
1,1	45	19
1,2	38	18
1,3	35	18
1,4	35	17
1,5	33	16

$f_{\text{ген}}, \text{кГц}$	Ширина спектра без экрана, кГц	Ширина спектра с экраном, кГц
1,6	29	16
1,7	27	16
1,8	27	16
1,9	25	16
2	25	14

Коэффициент подавления помех Γ определяется как отношение ширины спектра ГМПП без экрана к ширине спектра ГМПП с экраном. Зависимость коэффициента экранирования от частоты помехи f для различных расположений ГМПП и экрана (см. рис. 4) представлены на рис. 5.

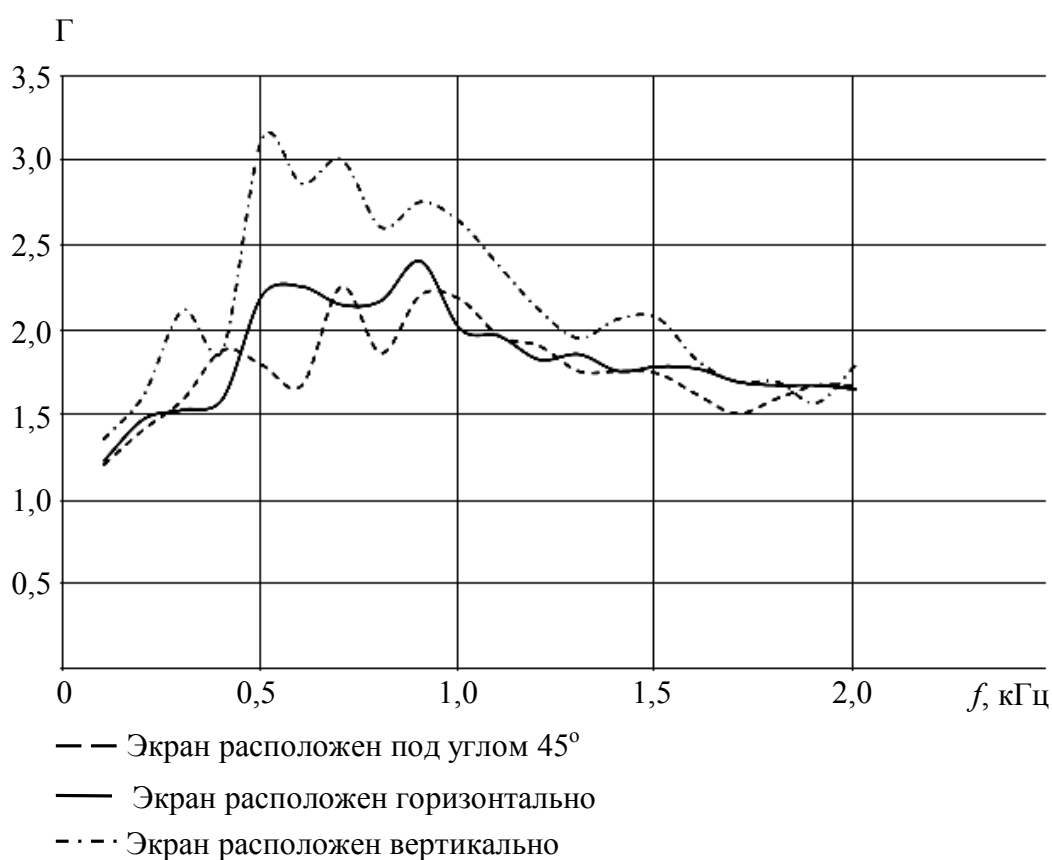


Рис. 5. Зависимость коэффициента экранирования от частоты помехи

В результате проведенных экспериментов с ГМПП и экранирующим алюминиевым цилиндром установлено:

- при отсутствии внешней магнитной помехи экранирование не оказывает никакого влияния на показания ГМПП;
- при переменной частоте помехи от 0,1 до 2 кГц коэффициент подавления меняется от 1,2 до 3,125 соответственно;
- эффективность экрана наибольшая в диапазоне частот помехи от 0,5 до 1 кГц;

– взаимная ориентация ГМПП и цилиндра может быть различной, однако наибольшее подавление осуществляется при совпадении оси преобразователя и оси цилиндра.

Таким образом, проведенные авторами эксперименты показали эффективность применения немагнитного экрана для защиты ГМПП от внешних переменных магнитных помех, подтвердив предыдущие теоретические исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Куликов М. Н., Романченко Л. А. Подавление быстропеременных магнитных полей в устройствах (системах) измерения слабых магнитных полей // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007. № 5. С. 43–46.
2. Игнатъев А. А., Романченко Л. А., Солопов А. А., Зайцева Е. С. Применение немагнитных цилиндрических экранов для подавления гармонических магнитных помех // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та. 2014. Вып. 16 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. Экономика в промышленности. С. 37–42.
3. Романченко Л. А., Зайцева Е. С. Оценка эффективности подавления магнитных помех частотном диапазоне от 50 до 1500 Гц // Математическое моделирование и информационные технологии в научных исследованиях и образовании : сб. науч. ст. Саратов : Просвещение. 2015. С. 89–92.
4. Зайцева Е. С., Романченко Л. А. Подавление гармонических магнитных помех // Проблемы оптической физики и биофотоники. SFM-2015 : материалы Междунар. симп. и Междунар. молод. науч. шк. Saratov Fall Meeting 2015 / под ред. Г. В. Симоненко, В. В. Тучина. Саратов : Новый ветер, 2015. С. 133–137.

УДК 621.382.3

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО УВЧ-УСИЛИТЕЛЯ НА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

Л. Л. Страхова, А. Л. Хвалин, А. В. Воробьев*

Саратовский государственный университет
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: Khvalin63@mail.ru

*Саратовский государственный технический университет
Россия, 410054, Саратов, Политехническая, 77
E-mail: Alexvorxx@mail.ru

Сформулирована и решена задача оптимизации основных частотных характеристик антенного усилителя в диапазоне ультравысоких частот на основе биполярного транзистора *BFR90*. Расчеты выполнены в системе автоматизированного проектирования *Microwave Office*. При моделировании транзистора использована эквивалентная схема Гуммеля–Пуна. Приведены схема усилителя и результаты расчетов.

Ключевые слова: метод оптимизации, УВЧ-усилитель, *S*-параметры, система автоматизированного проектирования, эквивалентная схема Гуммеля–Пуна.

Computer Modeling of Broadband RF Amplifier Using Bipolar Transistors

L. L. Strakhova, A. L. Khvalin, A. V. Vorobiev

The article is formulated and solved the problem of optimization of the basic frequency characteristics of the antenna amplifier range ultra-high frequency (UHF) on the basis of bipolar transistor BFR90. The calculations are performed in CAD Microwave Office. In the simulation, the equivalent circuit of the transistor used Gummel-Pune. Shows a diagram of the amplifier and the results of calculations.

Key words: optimization method, UHF-amplifier, *S*-parameters, computer-aided design, equivalent circuit Gummel-Pune.

В известной научной и технической литературе, посвященной разработке высокочастотных усилителей мощности, практически отсутствуют работы, в которых последовательно рассмотрены шаги по выбору схемных решений, методике расчета элементов, особенностям проектирования и настройки усилителей УВЧ-диапазона.

В статье предложена методика проектирования усилителя мощности УВЧ-диапазона с улучшенными по сравнению с аналогами параметрами на основе решения задач структурной и параметрической оптимизации.

Известно, что при разработке практических устройств необходимо формулировать и решать задачи синтеза двух типов: структурные, когда следует оптимизировать структуру устройства с целью получения заданных характеристик с минимальными затратами (минимальное число элементов, минимальная стоимость и пр.), и параметрические, при решении которых требует изменение численных значений набора варьируемых параметров для достижения наилучших характеристик.

Структурный синтез при разработке усилителя заключается во включении в базовую схему усилителя необходимых согласующих элементов. В качестве активного элемента был выбран биполярный транзистор *BFR90* фирмы *Vishay Semiconductors*. Моделирование *BFR90* выполнено авторами в соответствии с методикой по эквивалентной схеме Гуммеля-Пуна [1].

Параметрический синтез связан с решением задачи оптимизации [2–4] и сводится к отображению пространства варьируемых параметров схемы усилителя в пространство критериев оптимальности, т. е. к достижению максимальных значений коэффициента усиления, минимальных значений коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) входа и выхода в рабочем диапазоне частот.

Моделирование усилителя проведено в среде САПР *Microwave Office* [5] в диапазоне 0,3–0,8 ГГц с шагом 0,01 ГГц.

За основу взята базовая схема двухкаскадного антенного усилителя [6], предназначенная для усиления сигналов в телевизионном диапазоне ДМВ. В диапазоне частот от 0,3 до 0,8 ГГц такая схема позволяет получить значения коэффициента усиления не более 20 дБ [7–9].

Принципиальная схема предлагаемой модели двухкаскадного усилителя показана на рис. 1.

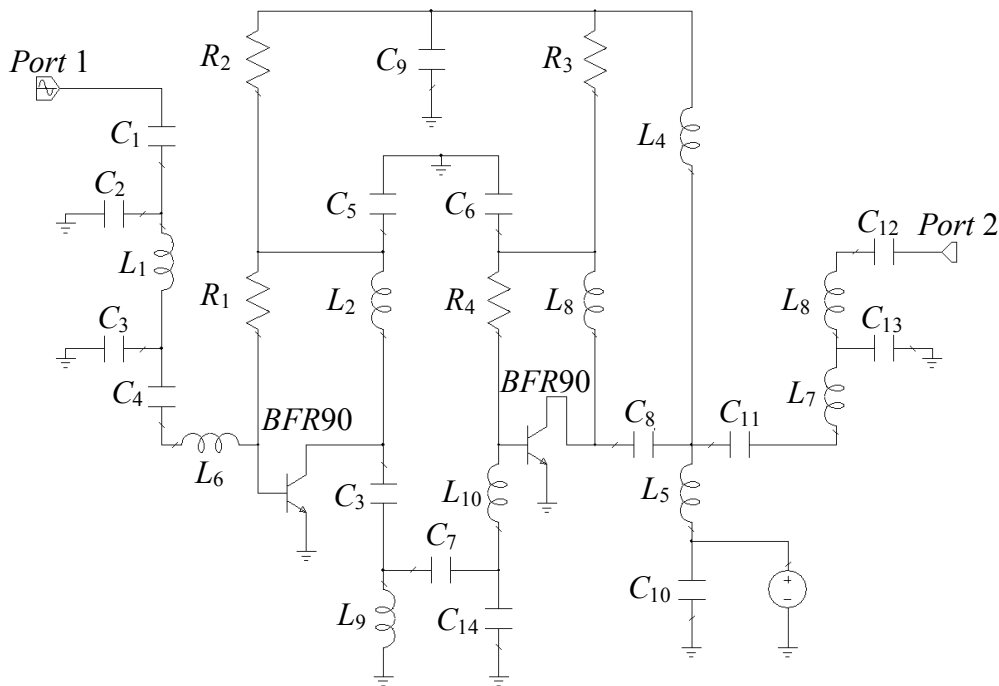


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя

Два транзистора *BFR90* включены по схеме с общим эмиттером. Коллекторный ток транзисторов не превышает 25 мА.

Вход и выход усилителя несимметричные и рассчитаны на подключение коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом. Возбуждение усилителя осуществляется источником гармонического сигнала (*Port 1*), сопротивление нагрузки (*Port 2*) равно 75 Ом. Цепь питания усилителя (на рис. 1 не показана) состоит из источника питания с напряжением +12 В, двух конденсаторов и блокировочной индуктивности.

С целью получения значений коэффициента усиления порядка 30 ± 1 дБ (при КСВН входа и выхода не более 1,5) необходимо решить задачу структурного синтеза и внести ряд изменений в базовую схему усилителя. Так, для выравнивания частотных характеристик усиления в схему добавлены следующие элементы согласования (см. рис. 1): на входе L_1 , C_2 , C_3 , L_6 ; между каскадами C_7 , C_{15} , C_{16} , L_9 , L_{10} и на выходе L_7 , L_8 , C_{13} .

При решении задачи параметрического синтеза [1–3, 10] в качестве варьируемых параметров применены номинальные значения емкостей, индуктивностей и сопротивлений, использованных в схеме усилителя (см. рис. 1). Для значений емкости, индуктивности, сопротивлений использованы единицы измерения соответственно пикофарада, наногенри и Ом.

Параметрический синтез подразумевает использование методов оптимизации [11–13]. В настоящее время существуют программные средства, реализующие множество численных методов оптимизации. Однако вследствие высокой сложности представленной задачи оптимизации использование какого-либо одного метода не позволяет получить оптимальное решение. Поэтому применялось сочетание нескольких наиболее эффективных методов: случайного поиска, дифференциальной эволюции, симплекс-метода [1].

В результате параметрической оптимизации элементов схемы (см. рис.1) получены оптимальные частотные характеристики усилителя мощности (коэффициент усиления, КСВН входа и выхода). Соответствующие номинальные значения элементов схемы представлены в табл. 1.

Таблица 1

Оптимальные номинальные значения элементов усилителя

Параметр	Численное значение	Параметр	Численное значение
C_1	4,687025	L_1	25,744250
C_2	0,002063	L_2	422,81200
C_3	4,672082	L_3	4368,0917
C_4	99999,076	L_4	98765,493
C_5	9,307331	L_5	97724,604
C_6	72840,574	L_6	18,342887
C_7	4,3182441	L_7	68,894197
C_8	10,398491	L_8	18,258649
C_9	99127,863	L_9	42386,900
C_{10}	34469,022	L_{10}	12,756744
C_{11}	2,6975978	R_1	69643,118
C_{12}	23649,106	R_2	0,0888612
C_{13}	2,1635545	R_3	0,0176878
C_{14}	1,1310324	R_4	76397,743
C_{15}	584,34613		

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) коэффициента усиления показана на рис. 2.

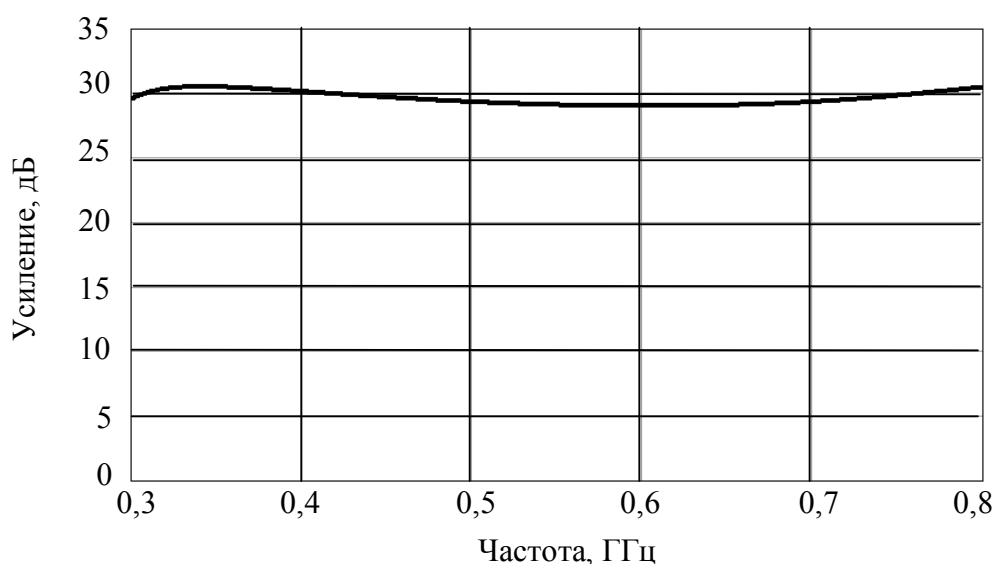


Рис. 2. Оптимальная АЧХ коэффициента усиления

Полученные оптимальные значения КСВН входа и выхода показаны на рис. 3 и 4 соответственно и не превосходят 1,5.

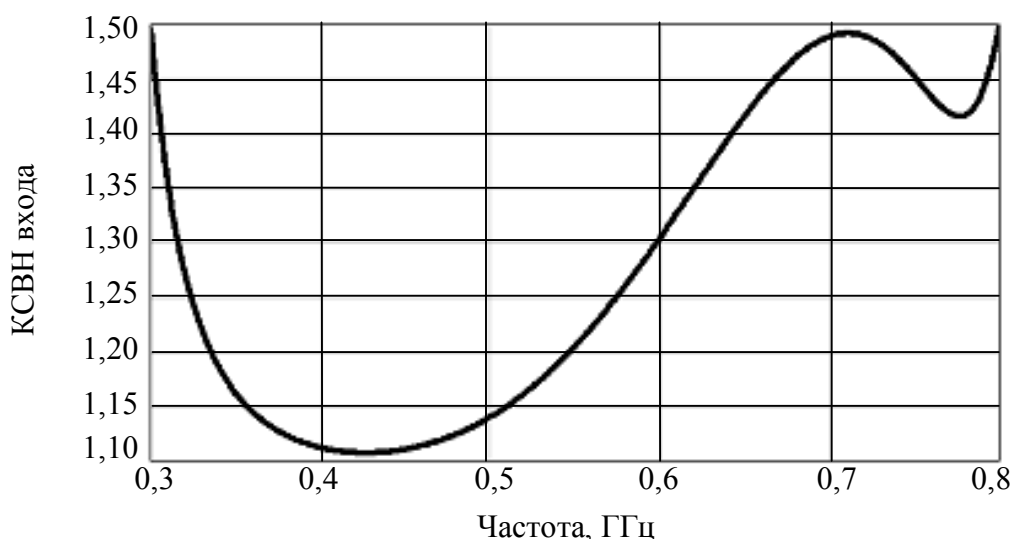


Рис. 3. Оптимальная АЧХ КСВН входа усилителя

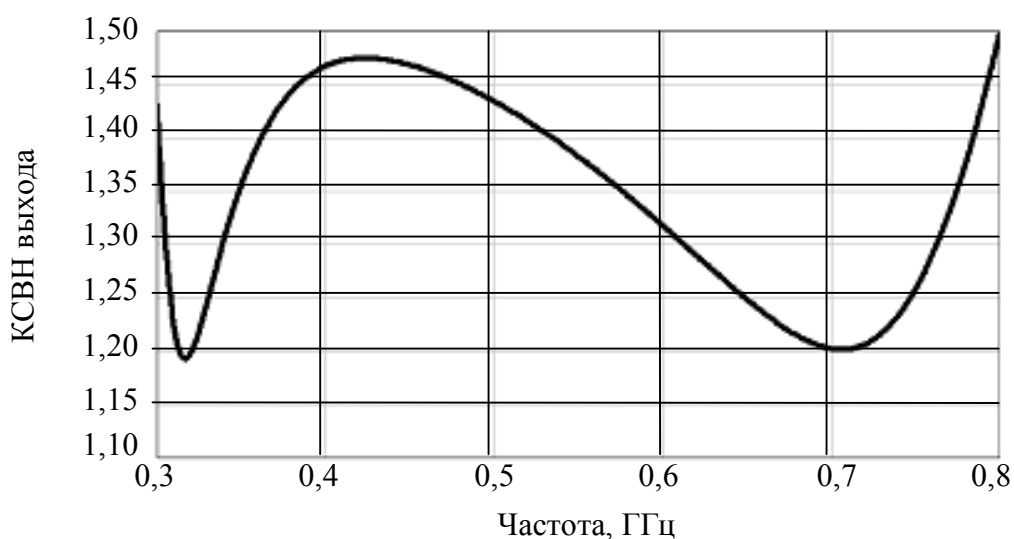


Рис. 4. Оптимальная АЧХ КСВН выхода усилителя

Основные характеристики предлагаемой модели усилителя на *BFR90* в сравнении с известными аналогами представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение основных характеристик предлагаемой модели усилителя с серийно выпускаемыми антенными усилителями УВЧ-диапазона

Модель	Рабочий диапазон, МГц	Коэффициент усиления, дБ	Напряжение питания, В	Производитель
LA-32U	470–862	20±2	+5	<i>Locus</i> , Россия
БРИЗ-1.1	470–862	10–15 (регулировка)	+12	ООО «Планар», Россия
AWS-20	470–790	30	+12	Польша
Модель усилителя на <i>BFR90</i>	300–800	30±1	+12	–

Результаты сравнения характеристик усилителей из табл. 2 позволяют сделать вывод, что на основе решения задач структурной и параметрической оптимизации возможно создание усилителя УВЧ-диапазона с параметрами, не уступающими отечественным и зарубежным аналогам.

Таким образом, создана компьютерная модель усилителя на транзисторах BFR90 с коэффициентом усиления 30 ± 1 дБ, КСВН входа и выхода не более 1,5 в рабочем диапазоне частот от 0,3 до 0,8 ГГц.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хвалин А. Л., Страхова Л. Л., Воробьев А. В. Оптимизация параметров модели биполярного транзистора по его экспериментальным характеристикам // Радиотехника. 2015, № 7. С. 35–40.
2. Хвалин А. Л., Сотов Л. С., Овчинников С. В., Кобякин В. П. Экспериментальные исследования гибридного интегрального магнитоуправляемого генератора // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 11. С. 42–44.
3. Хвалин А. Л., Сотов Л. С., Васильев А. В. Расчет характеристик интегрально-го магнитоуправляемого генератора в диапазоне частот 26,0–37,5 ГГц // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2010. № 11. С. 47–49.
4. Хвалин А. Л., Овчинников С. В., Сотов Л. С., Самолданов В. Н. Первичный преобразователь на основе ЖИГ-генератора для измерения сильных магнитных полей // Датчики и системы. 2009. № 10. С. 57–58.
5. Хвалин А. Л., Сотов Л. С. Использование MICROWAVE OFFICE 2007 для моделирования нелинейных аналоговых усилителей // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2008. Вып. 5 : Прикладные аспекты микро- и наноэлектроники. С. 112–121.
6. Хвалин А. Л., Васильев А. В. Оптимальный синтез характеристик транзисторного усилителя УВЧ-диапазона в интегральном исполнении // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2010. № 10. С. 29–33.
7. Мещанов В. П., Хвалин А. Л. Методика уточнения характеристик модели Матерка полевого транзистора // Радиотехника. 2010. № 5. С. 111–115.
8. Хвалин А. Л. Векторный магнитометр слабых магнитных полей // Измерительная техника. 2014. № 10. С. 45–48.
9. Хвалин А. Л. Физические принципы моделирования полевых транзисторов в УВЧ-диапазоне // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во сарат. ун-та, 2008. Вып. 4 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Прикладные аспекты. Устройства различного назначения. С. 59–67.
10. Хвалин А. Л., Самолданов В. Н. Разработка биполярных магнитоэлектронных транзисторов в усилительном режиме для регулярных сигналов на высоком уровне мощности в УВЧ-диапазоне // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. докл. и ст. II и III науч.-техн. совещ. 2004 г. Саратов : Изд-во сарат. ун-та, 2005. Вып. 2 : Методы проектирования магнитоэлектронных устройств. С. 63–73.
11. Сотов Л. С., Хвалин А. Л. Средства разработки и исследования архитектурных моделей в САПР System Studio. Часть 1. Использование инструментов System Studio при моделировании матричного генератора перестановок // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2008. Вып. 5 : Прикладные аспекты микро- и наноэлектроники. С. 121–145.
12. Хвалин А. Л. Физические принципы моделирования полевых транзисторов в УВЧ-диапазоне // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во сарат. ун-та, 2008. Вып. 4 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Прикладные аспекты. Устройства различного назначения. С. 59–67.
13. Kats B. M., Meschanov V. P., Khvalin A. L. Synthesis of superwide-band matching adapters in round coaxial lines // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. 2001. T. 49, № 3. С. 575–579.

**РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТОЭЛЕКТРОННОГО
ГЕНЕРАТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЛИНЕЙНОЙ
МОДЕЛИ ЖИГ-РЕЗОНАТОРА**

А. В. Васильев, А. А. Игнатьев

Саратовский государственный университет
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: kbkt@renet.ru

В статье проводится обоснование использования нелинейной модели ЖИГ-резонатора при разработке магнитоэлектронного генератора.

Ключевые слова: магнитоэлектронный генератор, ЖИГ-резонатор, эквивалентная схема, нелинейная модель, спектр сигнала, фазовый шум.

**Calculation of Characteristics Magneto-electronic Generator
Using a Nonlinear Model of YIG-Resonator**

A. V. Vasiliev, A. A. Ignatiev

The article presents a rationale for the use the nonlinear model of the YIG-resonator in developing magneto-electronic generator.

Key words: magneto-electronic generator, YIG-resonator, equivalent circuit, nonlinear model, spectrum of the signal, phase noise.

Магнитоэлектронный генератор (МЭГ) может использоваться в качестве преобразователя магнитного поля, механических и электромагнитных величин [1–4]. Такой преобразователь представляет собой устройство, чувствительное к магнитному полю и его изменениям. МЭГ преобразует магнитное поле в электрический сигнал, характеризуемый амплитудой и частотой, или в электрические параметры самого преобразователя, такие как амплитудо-частотная характеристика и фазочастотная характеристика. Параметрами, характеризующими МЭГ, могут быть также шумовые характеристики [2].

Для моделирования генератора использовалась система проектирования *Microwave Office* фирмы *AWR*. В качестве исходных элементов модели генератора применялась нелинейная модель ЖИГ-резонатора КГ30 [5] и модель Гуммеля–Пуна биполярного *n-p-n*-транзистора *BFP650* фирмы *Infineon* (Германия) [6].

Порядок моделирования определен следующим образом. Генератор разбивается на две составные части: резонатор и активную часть (транзисторный каскад). Резонатор представляет собой однопортовую схему (двухполюсник), а активная часть – двухпортовая схема (четырёхполюсник). Порт подключения резонатора является входом активной части, а выход активной части – выходом генератора. Моделирование проводилось в режиме малого сигнала, когда не проявляются нелинейные свойства эле-

ментов схемы. В результате были получены зависимости действительной и мнимой части входной проводимости от частоты для активной части генератора, резонатора и генератора в целом, из которых была определена частота, на которой выполнялись условия генерации.

Затем проводилось моделирование СВЧ-генератора в нелинейном режиме и были получены следующие характеристики СВЧ-генератора: спектр выходного сигнала (уровень гармоник), уровень фазовых шумов, форма выходного сигнала (временная развертка напряжения на выходе).

Схема генератора приведена на рис. 1, где $L_1, L_2, R_1, R_2, C_1, C_2, VD_1, VD_2$ – элементы нелинейной модели ЖИГ-резонатора, выделенной пунктиром. Транзистор питается от двухполярного источника питания (U_1 и U_2), C_3, L_4 и C_4, L_5 – фильтры низких частот, C_5 и C_6 разделительные конденсаторы, L_3 – индуктивность обратной связи. X_1 – вход активной части, X_2 – выходной порт, R_H – нагрузка генератора, VT – транзистор.

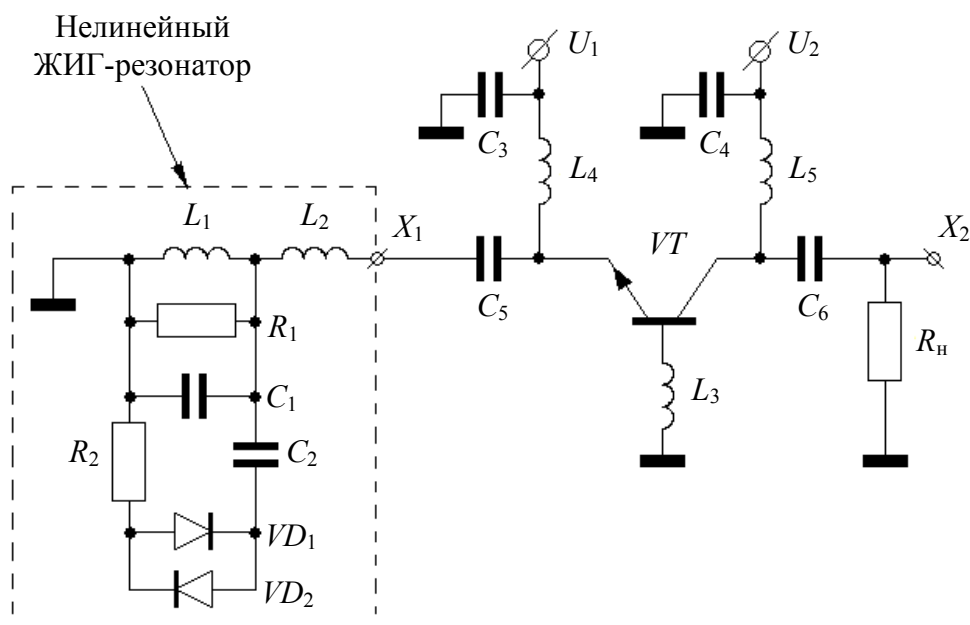


Рис. 1. Принципиальная схема МЭГ с нелинейной моделью ЖИГ-резонатора

Схема активной части генератора представляет собой ячейку отрицательного сопротивления, которое компенсирует потери в ЖИГ-резонаторе (обусловленные конечной добротностью резонатора), таким образом возникает непрерывная генерация.

При моделировании рассчитываются выходная мощность (на основной частоте и гармониках), форма выходного сигнала и динамическая нагрузочная характеристика транзистора (на фоне статических характеристик).

Выходные статические характеристики транзистора при схеме включения с общей базой и динамическая характеристика транзистора в составе магнитоэлектронного генератора показаны на рис. 2.

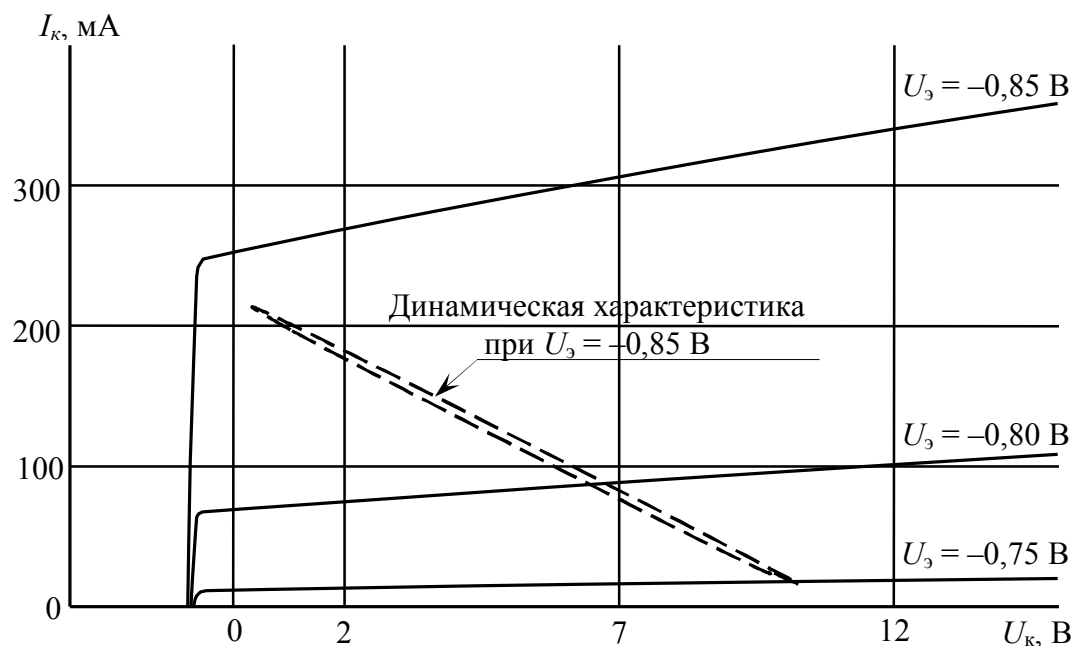


Рис. 2. Выходные статические (сплошные линии) и динамическая (эллипс обозначен пунктирной линией) характеристики транзистора МЭГ

Из динамической характеристики следует, что транзисторный каскад не выходит из линейного режима работы.

Спектр выходного сигнала МЭГ в виде дельта-функций показан на рис. 3. Уровень 2-й гармоники на 23 дБ ниже уровня основного сигнала, что говорит о малых нелинейных искажениях. Этот факт (малые нелинейные искажения) также подтверждается графиком на рис. 4, где представлена форма выходного сигнала МЭГ $U(t)$.

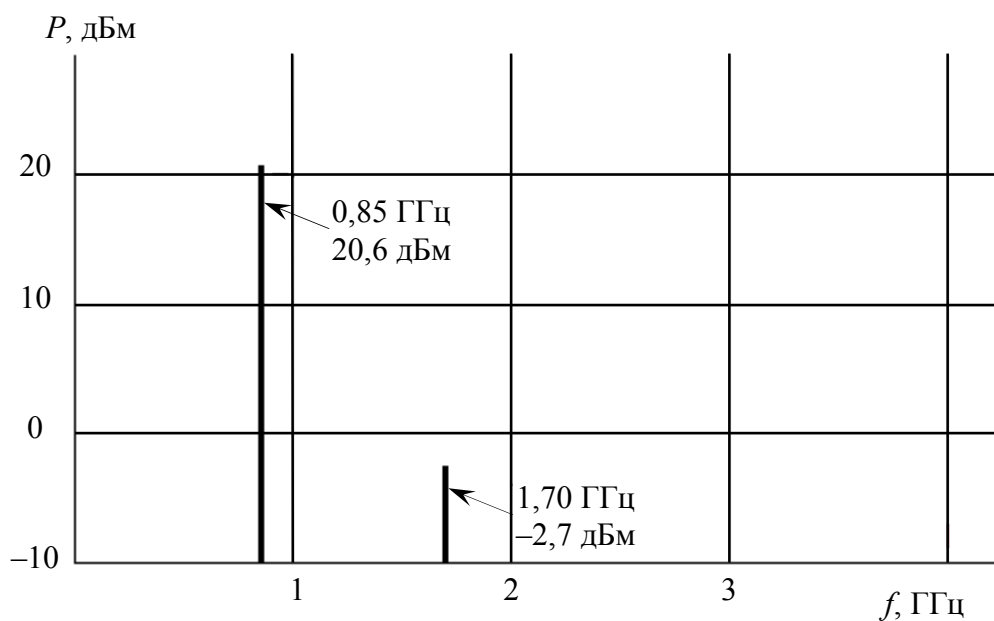


Рис. 3. Спектр выходного сигнала МЭГ с нелинейным ЖИГ-резонатором

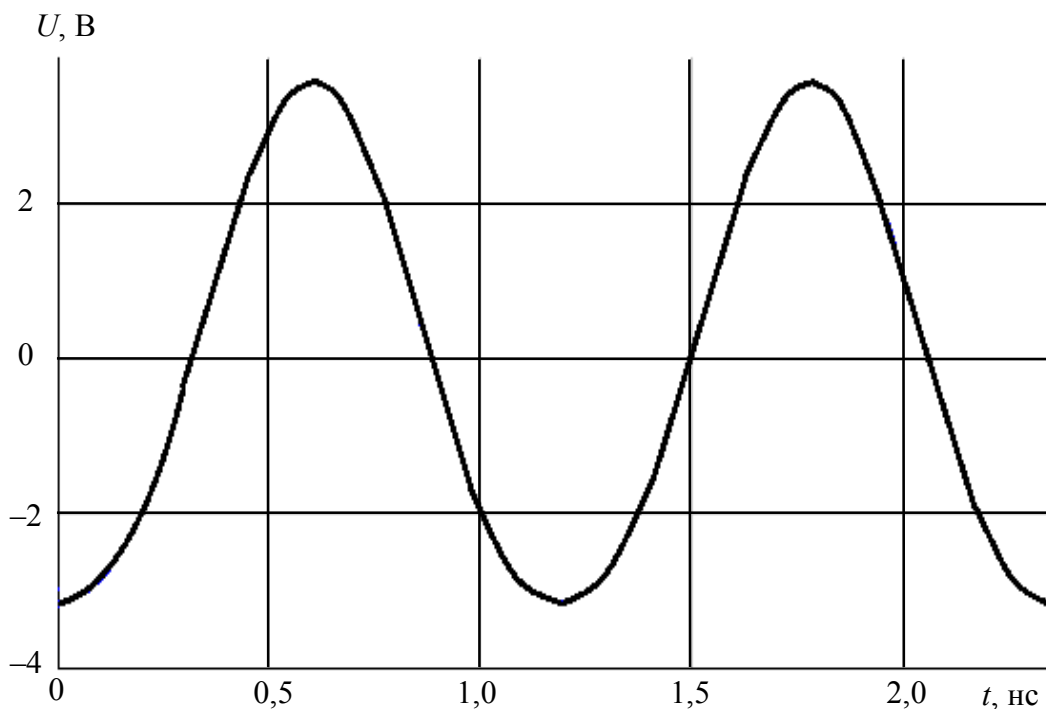


Рис. 4. Временная реализация выходного сигнала МЭГ с нелинейным ЖИГ-резонатором

Чтобы продемонстрировать необходимость использования нелинейной модели ЖИГ-резонатора, были проведены аналогичные расчеты для линейной модели [5], при этом активная часть генератора (транзисторный каскад) оставалась без изменений (см. рис. 1). Принципиальная схема такого генератора представлена на рис. 5, где X_1 – выходной порт; VT – транзистор (нелинейная модель); U_1 , U_2 – напряжение питания эмиттера и коллектора соответственно; L_1 , L_2 , R_1 , C_1 – элементы линейной модели ЖИГ-резонатора [5], выделенной пунктиром; C_5 , C_6 – разделительные конденсаторы; L_3 – индуктивность обратной связи; C_3 , L_4 , C_4 , L_5 – фильтры цепей питания; R_H – сопротивление нагрузки.

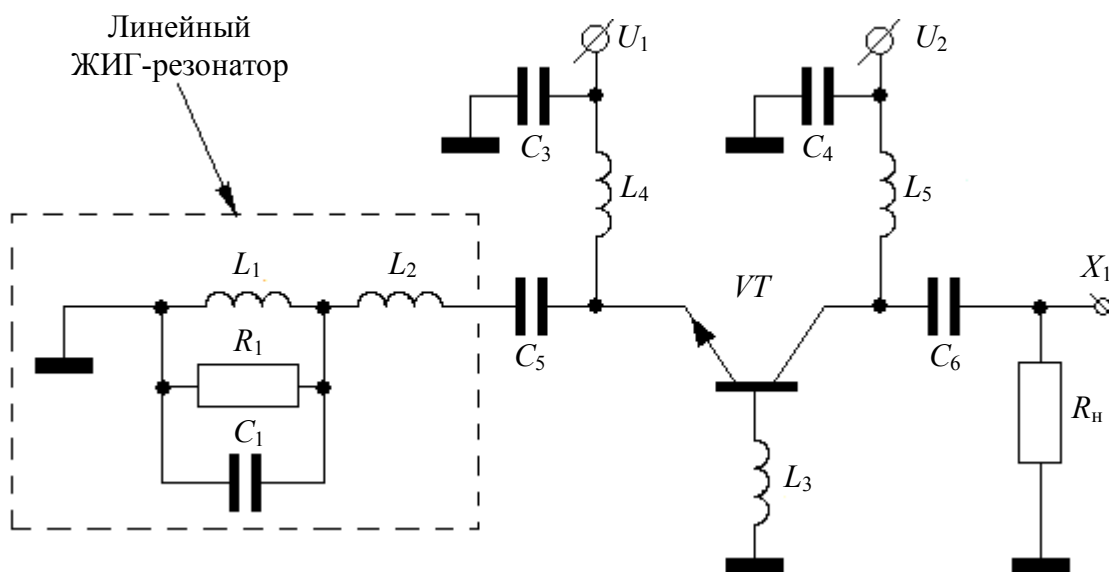


Рис. 5. Принципиальная схема МЭГ, включающая линейную модель ЖИГ-резонатора

Выходные статические характеристики транзистора и динамическая нагрузочная характеристика при работе в составе генератора показаны на рис. 6.

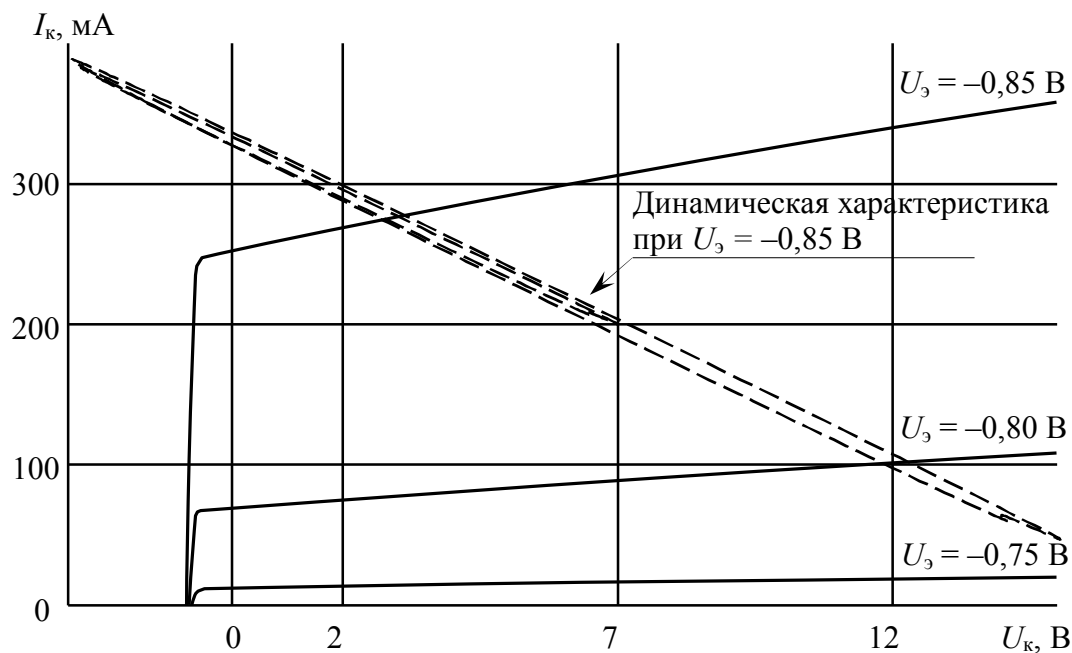


Рис. 6. Выходные статические и динамическая характеристики транзистора МЭГ с линейным ЖИГ-резонатором

Из динамической характеристики следует, что транзисторный каскад выходит за пределы линейного режима работы, соответственно выходной сигнал генератора должен иметь сильные гармонические искажения.

Спектр выходного сигнала генератора показан на рис. 7, а на рис. 8 – его временная реализация. Видно, что сигнал подвержен сильным нелинейным искажениям и вторая гармоника превышает первую.

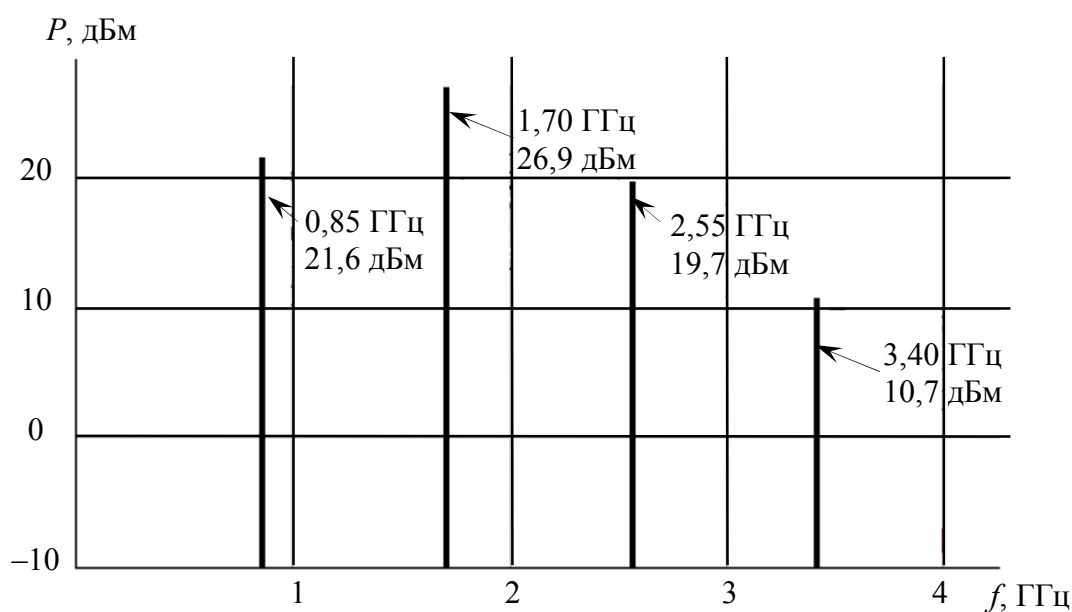


Рис. 7. Спектр выходного сигнала МЭГ с линейным ЖИГ-резонатором

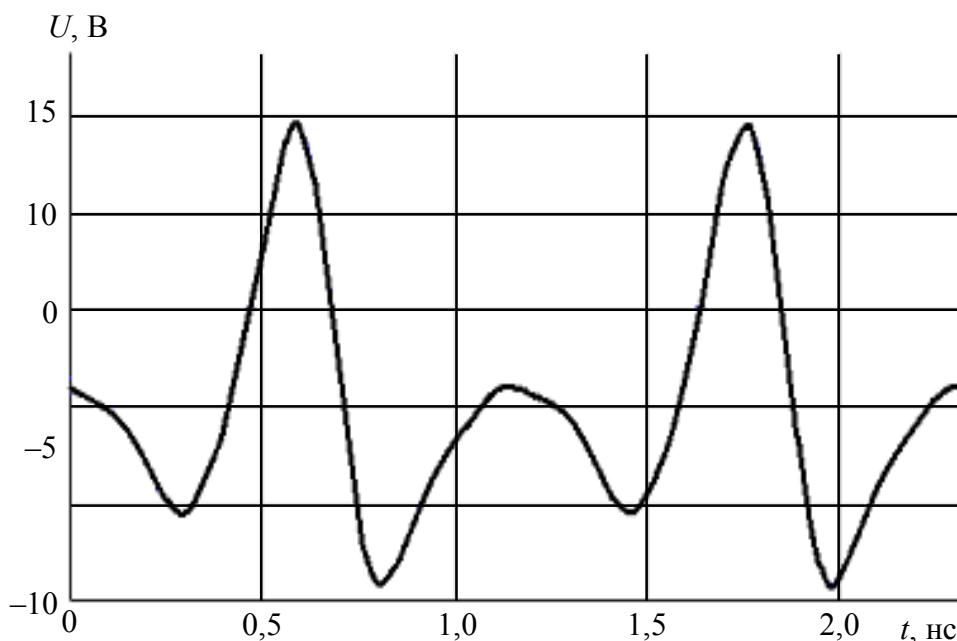


Рис. 8. Временная реализация выходного сигнала МЭГ с линейным ЖИГ-резонатором

Таким образом, видно, что уровень выходной мощности генератора ограничивает ЖИГ-резонатор, и необходимо использовать его нелинейную модель. Разработанная нелинейная модель ЖИГ-резонатора [5] позволяет проводить более точное моделирование работы магнитоэлектронного генератора, которое хорошо согласуется с экспериментальными исследованиями [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Стальмахов В. С., Игнатьев А. А.* Лекции по спиновым волнам. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1983. 183 с.
2. *Игнатьев А. А., Ляшенко А. В.* Гетеромагнитная микроэлектроника. Микросистемы активного типа. М. : Наука, 2007. 612 с.
3. *Ильченко М. Е., Кудинов Е. В.* Ферритовые и диэлектрические резонаторы СВЧ. Киев : Изд-во Киев. ун-та, 1973. 175 с.
4. *Игнатьев А. А., Проскуряков Г. М.* Гетеромагнитометрия : алгоритмы, методики, калибровки блоков магнитометров. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2014. 152 с.
5. *Васильев А. В., Игнатьев А. А.* Нелинейная модель сферического ЖИГ-резонатора // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2014. Вып. 17 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. Экономика в промышленности. С. 4–12.
6. *Infineon Technologies AG.* URL : <http://www.infineon.com> (дата обращения : 25.10.2015).
7. *Хвалин А. Л., Васильев А. В., Игнатьев А. А.* Разработка полевых магнитоэлектронных транзисторов в усилительном и генераторном режимах регулярных сигналов на низком уровне мощности в УВЧ-диапазоне // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. докл. и ст. II и III науч.-техн. совещ. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2005. Вып. 2. Методы проектирования магнитоэлектронных устройств. С. 57–61.

ОПЕРАЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФОРМАТОВ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И МАНИПУЛЯЦИИ БИТАМИ ДАННЫХ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

А. В. Ляшенко, Л. С. Сотов*

ОАО «Институт критических технологий»
Россия, 410040, Саратов, пр. 50 лет Октября, 110А
E-mail: kbkt@renet.ru

*Саратовский государственный университет
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: slskit@mail.ru

В работе рассматривается проблема обеспечения высокой производительности вычислительных устройств при обработке битов данных. Современные подходы для решения этой проблемы исследуются с общей точки зрения преобразования форматов представления данных. Анализируются аппаратные устройства для ускорения манипуляций битами данных.

Ключевые слова: манипуляции битами данных, упорядоченное разбиение множества, перестановка битов, инструкция извлечения битов, инструкция размещения битов, микропроцессор.

The Instructions for Data Conversion and Bit Manipulation in Computers

A. V. Lyashenko, L. S. Sotov

The problem of high performance during bit manipulation by microprocessors is considered. The new ways for this problem solving are investigated including common point of view concerning format of data words. The hardware for bit manipulation accelerating is analyzed.

Key words: bit manipulation, ordered partition of a set, bit permutation, parallel deposit instruction, parallel extract instruction, and microprocessor.

Ряд недавних публикаций и патентов посвящен вопросу высокоскоростного осуществления микропроцессорами операций манипуляции с битами данных [1–3], которые тесно связаны с преобразованием форматов представления данных [4], так как произвольную манипуляцию битами можно представить как их перестановку или преобразование формата представления битов данных, наложение маски и последующие логические операции с битами.

Процессоры вычислительной техники обрабатывают данные, представленные в виде машинных слов. Каждое машинное слово – это набор битов данных, который, как правило, записывается в регистр процессора и обрабатывается им за один шаг. При этом машинные слова считываются из одного регистра процессора, а результаты вычислений записываются в дру-

гой. Для того чтобы правильно выполнять операции с машинными словами, необходимо иметь информацию о формате представления данных или описатель (дескриптор), формата FD . Например, целое число в памяти ЭВМ обычно располагается так, что младшие биты числа занимают младшие ячейки памяти. Если не знать в каком порядке биты машинного слова расположены в памяти, выполнение операций невозможно.

Формат представления данных определяет порядок, в котором биты машинного слова или произвольного двоичного набора данных заносятся в регистр процессора или в память ЭВМ. Операция преобразования формата осуществляет взаимно-однозначное отображение битов входного машинного слова S на выходное D . Математические модели преобразования форматов и манипуляции битами исследуются в [5], принципы построения аппаратурных устройств функциональных преобразователей форматов анализируются в [6].

Традиционные способы преобразования форматов представления данных основаны на использовании команд логического или циклического сдвига [7]. Циклический сдвиг является частным случаем перестановки битов, логический сдвиг можно рассматривать как циклический с последующим наложением маски. В общем случае произвольная манипуляция битами данных сводится к перестановке с последующим наложением маски для выделения только необходимых битов и применением побитовых логических операций. При этом операция перестановки выполняется последовательно для каждого бита, что в десятки раз замедляет выполнение этой операции [8].

Таким образом, традиционные методы и аппаратурные средства для выполнения операций преобразования форматов представления данных в вычислительной технике существенно снижают ее производительность.

По этой причине появляется ряд команд и аппаратурных устройств, осуществляющих специальные перестановки или преобразования форматов.

Целью данной статьи является анализ современных подходов к решению проблемы обеспечения высокой производительности вычислительных устройств при обработке битов данных. Проблема исследуется с общей точки зрения преобразования форматов представления данных в вычислительной технике.

*Вычислительные затраты при решении задач,
связанных с манипуляциями битов данных*

В работе [7] проведен обзор ряда задач, в которых время выполнения команд манипуляции битами данных значительно по сравнению с временем, необходимым для решения задачи. Структура задач, связанных с такими командами, и устройств, осуществляющих преобразования форматов представления данных, представлена на

рис. 1.



Рис. 1. Структура задач устройств преобразования форматов

Из анализа рис. 1 следует, что операции преобразования форматов представления данных используются в широком классе задач, таких как обработка морфологии изображений, сортировка, обработка сигналов в системах *RPMА* [9], обработка представлений ДНК в биоинформатике, расчет контрольных сумм, коррекция ошибок, стеганография, сжатие и развертывание информации, *UUE (Unix-to-Unix encoding)* преобразование данных для передачи в текстовом формате, распознавание геометрических символов [7], выполнение криптографических примитивов [10, 11], защита информации [12, 13], построение доверенных систем обработки информации [14], формирование ключей и случайных последовательностей [15, 16], перечисление комбинаторных множеств [17, 18] и т. п. Процедуры преоб-

разования форматов представления данных используются достаточно часто в различных задачах, решаемых средствами вычислительной техники. Важное значение имеет задача оценки потери производительности при выполнении перестановок битов машинного слова традиционными методами.

Какую часть общего времени выполнения алгоритмов занимают преобразования форматов данных?

Исследования проводились с использованием процессора *CPU Intel Core 2 Duo E7500* 2,93 ГГц/ 3Мб/ 1066МГц.

Для оценки производительности применялась инструкция *rdtsc*, возвращающая число циклов процессора с момента последней команды сброса. Фрагмент кода-вставки для занесения числа циклов в переменную *res* приведен ниже:

```

__asm {
    rdtsc
    mov dword ptr res, eax
    mov dword ptr res+4, edx
};

```

Использовалась следующая процедура оценки времени, затрачиваемого на преобразование формата данных. В исходном тексте исследуемых алгоритмов выделялись фрагменты, соответствующие преобразованиям форматов данных в пределах машинного слова.

В исходный текст программы вносились программные вставки, позволяющие определить число циклов процессора, требуемое на выполнение преобразований форматов данных.

При проведении исследований брались стандартные программы, описанные в литературе. Проверялось изменение времени выполнения алгоритмов из-за введенных программных вставок анализа производительности. Во всех экспериментах это время не превышало 1%.

Данные, характеризующие объем вычислений, приходящихся на преобразование форматов данных при решении приведенных задач, отображены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Результаты расчета $(T_f / T) \times 100\%$ в задаче сортировки N подслов данных, имеющих m -разрядов

N	$T_f / T, \%$		
	$m = 4$	$m = 8$	$m = 16$
128	86	88	92
256	76	77	80
512	67	69	71
1024	61	62	64
2048	55	56	60
4096	50	52	55
8192	48	46	48
16384	42	42	45
32768	42	42	41
4194304	29	29	31

Результаты расчета T_f / T для различных задач обработки информации

Задачи обработки информации	$(T_f/T) \times 100\%$
Медианная фильтрация изображений	78
Распознавание геометрических образов и символов на бинарных изображениях	50
Коррекция морфологии изображений	48
Упаковка и распаковка данных	60
<i>LSB</i> -стеганография:	
прямое преобразование	45
обратное преобразование	53
<i>UUE</i> :	
прямое преобразование	59
обратное преобразование	62
Формирование последовательностей перестановок в системах <i>RPMA</i>	91
Обработка данных в системах <i>RPMA</i>	90
Криптографический алгоритм <i>DES</i>	57
Криптографический алгоритм <i>RC5</i>	59
Защита файлов мультимедиа от нелегального копирования	91

В табл. 1, 2 представлены результаты расчета отношения затрат машинного времени T_f , приходящихся на преобразование форматов данных, к общим затратам машинного времени T на выполнение задач.

Результаты исследований свидетельствуют о значительных (от 30 до 90%) относительных затратах времени на преобразование форматов данных и необходимости совершенствования программных средств и аппаратных устройств для решения этой проблемы.

Команды манипуляции битами данных

Инструкции манипуляций битами и под словами данных согласно материалам из [19, 20], а также инструкции, предлагаемые в академических исследованиях [1], представлены в табл. 3.

Рассматривая инструкции манипуляций битами и под словами данных, можно выделить логические операции между битами машинного слова и операции преобразования форматов данных, в которых биты машинного слова перемещаются на новые позиции. На практике побитовые операции и операции преобразования форматов представления данных часто объединяются.

Наиболее перспективными являются универсальные инструкции преобразования форматов данных. Различными авторами были предложены инструкции *grp* $r_1 = r_2, r_3$ [1] и *grpm* $r_1 = r_2, r_3$ [21], где r_1 – регистр выходных данных, r_2 – регистр входных данных, r_3 – регистр битов управления перестановкой. Эти инструкции иллюстрирует рис. 2. Аппаратурной основой для выполнения данных инструкций являются специальные многоуровневые коммутационные схемы [2].

Инструкции манипуляций битами и подсловами данных

Типы инструкций	Процессор			
	<i>POWER</i>	<i>IA-32/AMD64</i>	<i>Itanium</i>	Другие
Инструкции, работающие со словами: основные составные	<i>Shift</i>	<i>Shift, rotate</i>	<i>Shift</i>	—
	<i>Rotate-and-clear, rotate-mask-and-insert, double shift</i>	<i>Subword extract, deposit, pext, pdep. subword insert, insert, double shift</i>	<i>Extract, deposit, shift pair</i>	
	аналитические	<i>Count leading zeros</i>	<i>Population count, count leading zeros, count trailing zeros</i>	
Инструкции, работающие с подсловами: параллельные операции		<i>Parallel shift and rotate, parallel population count</i>	<i>Parallel shift and rotate</i>	<i>Parallel shift</i>
	специализированные перестановки	<i>Merge</i>	<i>Unpack</i>	<i>Unpack, mix</i>
—		<i>Select</i>	—	<i>Select</i>
—		<i>Reverse</i>	<i>Reverse</i>	—
<i>Splat</i>		<i>Duplicate, broadcast</i>	<i>Broadcast</i>	—
—		—	<i>Misc</i>	<i>Exchange, excheck, group-shuffle, group-swizzle</i>
основные перестановки	<i>Vperm</i>	<i>Pshufb, pshufw, pshufd, shuf, perm, pperm, vperm</i>	<i>Mux2</i>	<i>Select-bytes</i>
	Инструкции битового уровня: битовые	<i>Logical, select</i>	<i>Logical, select</i>	<i>Logical</i>
—		<i>mask extract</i>	—	—
специализированные перестановки		—	—	—
	—	—	—	<i>Rearrangement cross, Omflip bfly, ibfly, bpi Xbox, pperm, swperm, sieve group-8-mux, group-transpose-8-mux</i>

Было доказано [21], что произвольную перестановку битов можно осуществить с использованием инструкций *grp* за $\log_2(n)$ шагов, где n – длина регистров r_1, r_2, r_3 . Как видно из рис. 2, данные, соответствующие единичным битам в регистре r_3 , группируются в начале машинного слова, а данные, соответствующие нулевым битам в регистре r_3 , – в конце машинного слова. Причем относительный порядок сгруппированных битов данных не меняется.

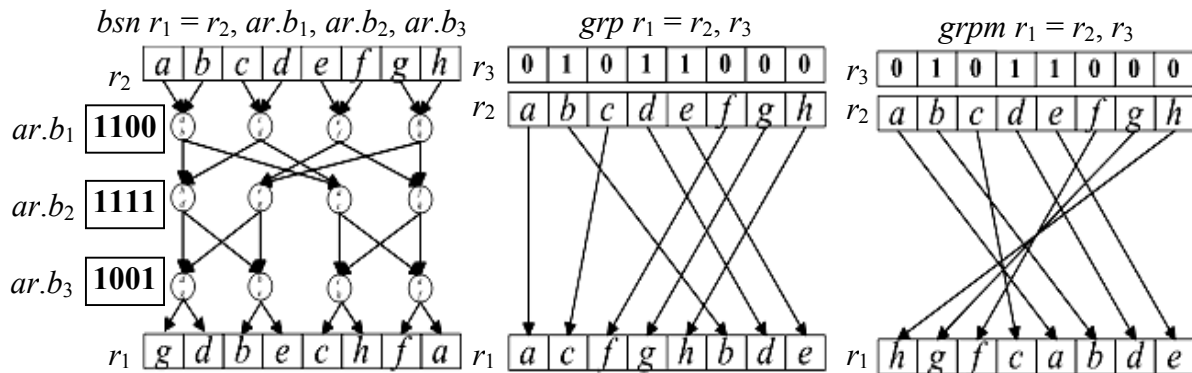


Рис. 2. Диаграмма преобразований, осуществляемых с использованием инструкций *bsn*, *grpm*, *grp*

Инструкции *grp* и *grpm* используются при осуществлении инструкций *pdep* параллельного размещения и *pext* параллельного извлечения, которые согласно [20] включены в микроархитектуру процессоров фирмы Intel в 2015 г.

В работе [19] были описаны инструкции *bfly* $r_1 = r_2, ar.b_1, ar.b_2, ar.b_3$ и *ibfly* $r_1 = r_2, ar.b_1, ar.b_2, ar.b_3$, где $ar.b_1, ar.b_2, ar.b_3$ – регистры, хранящие биты управления перестановкой. При соединении коммутационных схем *butterfly* и *inverse butterfly* образуется коммутационная схема, для которой доказана возможность осуществления любой перестановки.

Таким образом, любое преобразование формата представления данных в регистре r_2 осуществляется путем выполнения двух инструкций *bfly* и *ibfly*.

Управление переключателями, расположенными в узлах коммутационной схемы, выполняется с использованием битов, расположенных в регистрах $ar.b_1, ar.b_2, ar.b_3$.

В работе [23] была описана инструкция *bsn* $r_1=r_2, ar.b_1, ar.b_2, ar.b_3$ для выполнения статических перестановок битов машинного слова, в работе [24] авторами предложено устройство для выполнения инструкции *bsn*. Произвольная перестановка выполняется путем использования двух инструкций *bsn*. Преимуществом применения инструкции *bsn* является упрощение аппаратной части для ее реализации [21]. Инструкции *bsn*, *bfly* и *ibfly* удобны для осуществления статических преобразований форматов данных, когда биты управления в регистрах $ar.b_1, ar.b_2, ar.b_3$ известны до выполнения программы и могут быть вычислены при ее компиляции. Динамиче-

ские перестановки с использованием инструкций *bsn*, *bfly* и *ibfly* не эффективны, поскольку определение битов управления в регистрах $ar.b_1$, $ar.b_2$, $ar.b_3$ представляет собой последовательный алгоритм, выполнение которого занимает значительное время. Попытки разработки аппаратуры для определения битов управления коммутационной схемой приводят к неоправданно сложным решениям.

Проблемы разработки аппаратурных средств преобразования форматов данных

Для быстрого выполнения операций манипуляции битами данных был разработан процессор [22, 25], упрощенная блок-схема центрального процессорного устройства (CPU) которого изображена на рис. 3. Кроме блока регистров, арифметико-логического устройства и устройства логического сдвига данных, процессор включает модуль выполнения перестановок или преобразования форматов представления данных. Данные из входного регистра поступают на модуль перестановок. Результат записывается в выходной регистр.

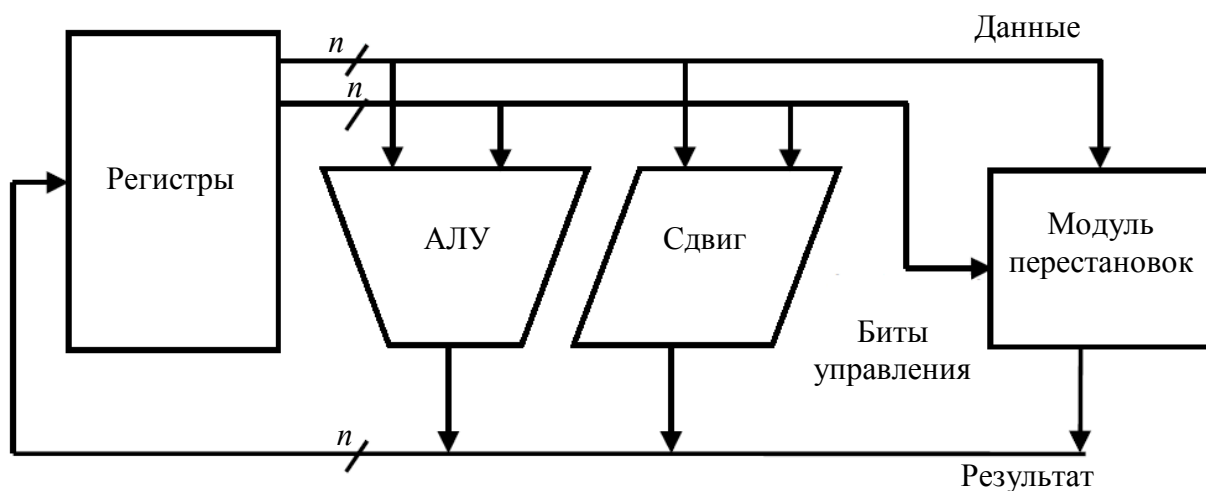


Рис. 3. Блок-схема процессора с модулем выполнения перестановок

В работе [26] показано, что модули, осуществляющие перестановки последовательно, не обладают достаточным быстродействием, поэтому далее анализируются только устройства, выполняющие преобразование форматов представления данных параллельно.

В работе [1] в качестве основного компонента модуля перестановок было предложено использовать так называемую многоуровневую коммутационную схему с топологией *butterfly*. Схема состоит из двух частей: прямого *butterfly* (*bfly*) и обратного *inverse butterfly* (*ibfly*) преобразования. Она содержит $2\log_2(n)$ уровней преобразования. В узлах схемы расположены переключатели, имеющие два входа и два выхода, которые в зависимости

от значения бита управления осуществляют транспозицию битов входных данных на своих выходах либо передают данные без изменения. Для управления одним уровнем переключателей требуется $n/2$ бит, поэтому битами одного регистра процессора можно управлять двумя уровнями сети.

Схема модуля, выполняющего инструкцию *grp* (см. рис. 1) представлена на рис. 4.

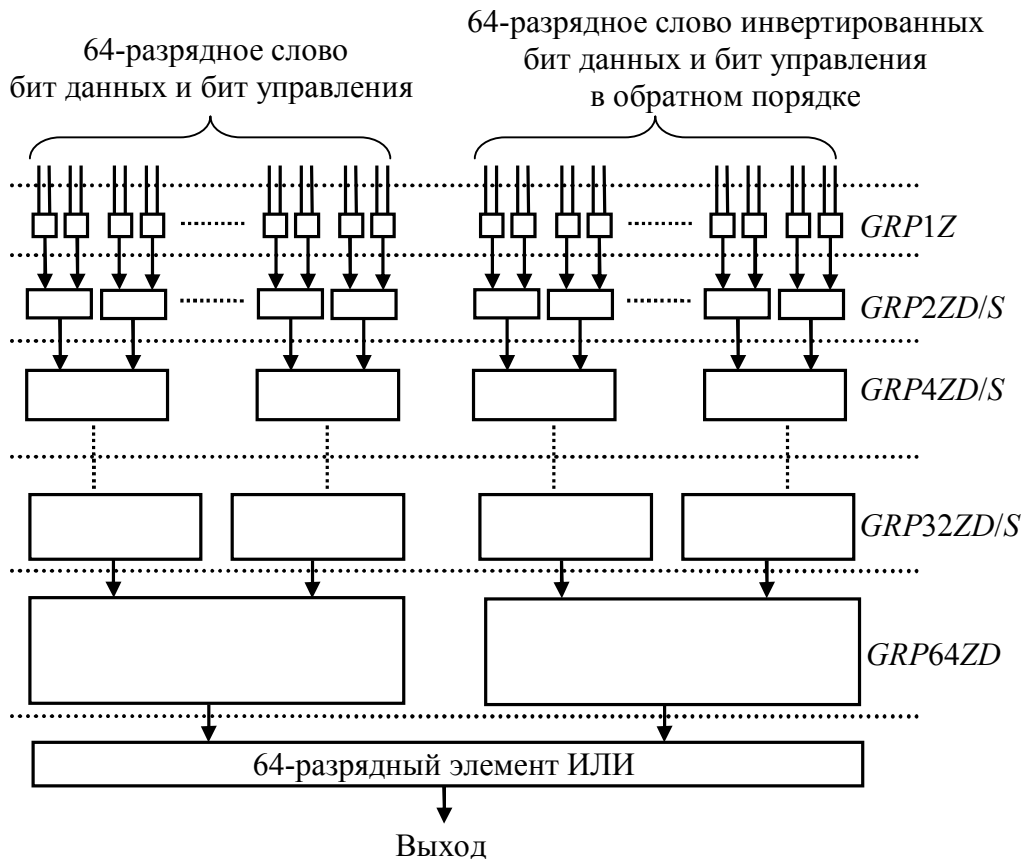


Рис. 4. Структура модуля выполнения инструкции *grp*

Операция *grp* состоит из трех шагов. На первом шаге группируются *z*-биты, соответствующие нулевым битам управления в регистре r_3 . На втором – *w*-биты, соответствующие единичным битам управления в регистре r_3 . На третьем осуществляется операция слияния результатов двух предшествующих шагов.

Схема группировки *z*-битов расположена слева, а *w*-битов – справа (см. рис. 4). Для группировки *w*-битов на схему подаются инвертированные биты управления. Процедуры, выполняемые блоками GRPZD, иллюстрируются на рис. 5.

Каждый блок $GRPnZD$ осуществляет группировку *z*-битов в строке длиной n бит, состоящей из двух строк длиной по $n/2$, содержащих сгруппированные биты. Эта операция осуществляется с использованием схемы, представленной на рис. 6, где изображен блок $GRP8ZD$.

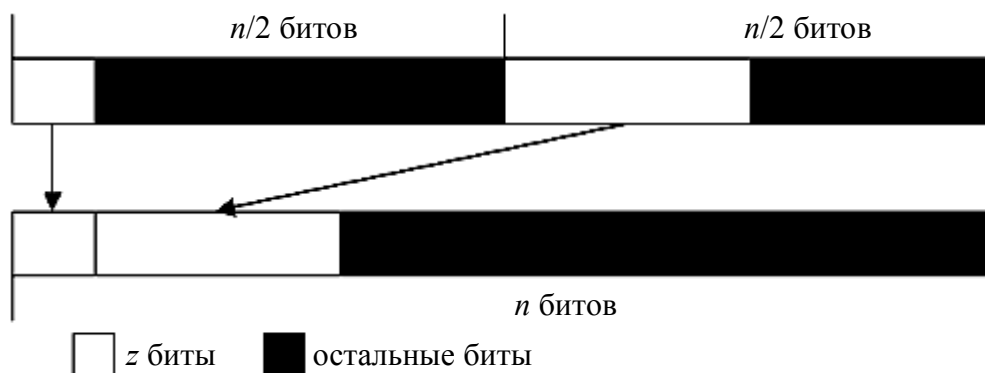


Рис. 5. Рекурсивная группировка z -битов

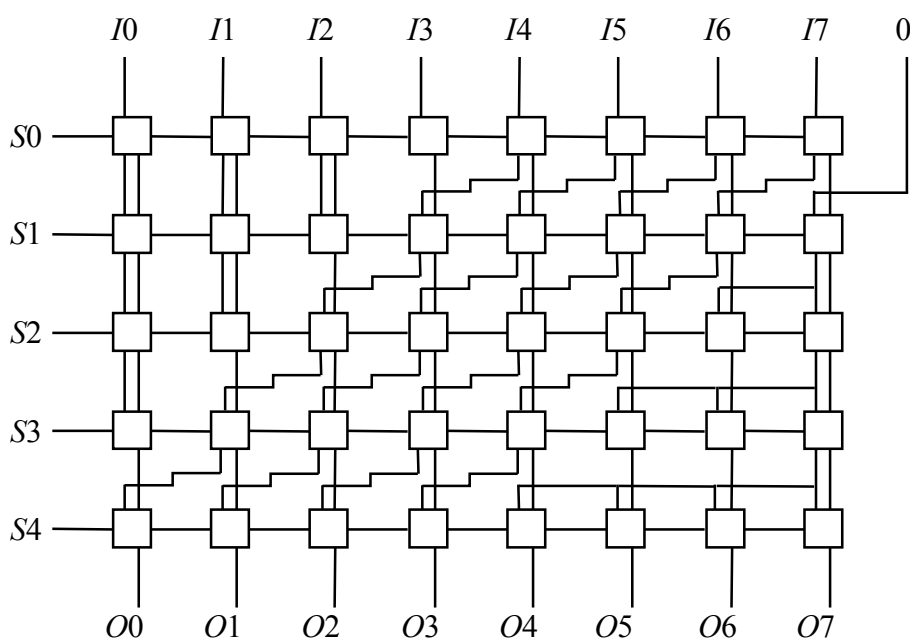


Рис. 6. Структурная схема блока $GRP8ZD$

Базовый элемент блока $GRP8ZD$ изображен на рис.7. Он имеет входы данных I_0-I_7 , выходы данных O_0-O_7 , и управляющие входы S_0-S_7 . Выходы O_0-O_7 соединяются с входами I_0-I_7 только при высоком уровне сигнала на входах S_0-S_7 .

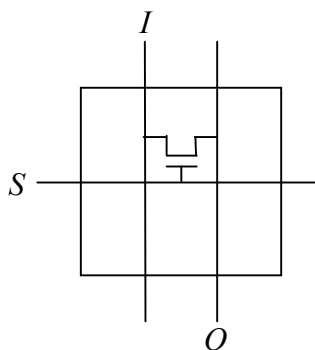


Рис. 7. Базовый элемент блока $GRP8ZD$

В блоке *GRP8ZD* входы (I_0, I_1, I_2, I_3) и (I_4, I_5, I_6, I_7) соединены с выходами двух блоков *GRP4ZD*, каждый из которых имеет z -биты слева, а заполняющие нули справа. В зависимости от количества нулей на входах (I_0, I_1, I_2, I_3) один из сигналов (S_4, S_3, S_2, S_1, S_0) устанавливается в 1. Этот бинарный сигнал обозначает номер строки с базовыми элементами, выходы которых соединены с входами. Нули на входах (I_0, I_1, I_2, I_3) замещаются сдвинутыми битами на входах (I_4, I_5, I_6, I_7). Например, когда логические значения на входах (I_0, I_1, I_2) являются z -битами, а на вход I_3 подается заполняющий ноль, только сигнал S_1 устанавливается в 1. Входы и выходы соединены во втором ряду, т. е. $(O_0, \dots, O_7) = (I_0, I_1, I_2, I_4, I_5, I_6, I_7)$.

Недостатком данного решения являются большая сложность устройства, реализующего инструкции *grp*, и его низкое быстродействие. Площадь, занимаемая данным модулем на кристалле, в несколько раз превышает площадь арифметико-логического устройства (АЛУ), а задержка превосходит задержку АЛУ.

Попыткой улучшить ситуацию является использование для выполнения операции *grp* топологии сортирующей сети *bitonic* [27]. Структурная схема предложенного в [27] устройства изображена на рис. 8. Схема представляет собой иерархию блоков *EBS* (*enhanced bitonic sorters*).

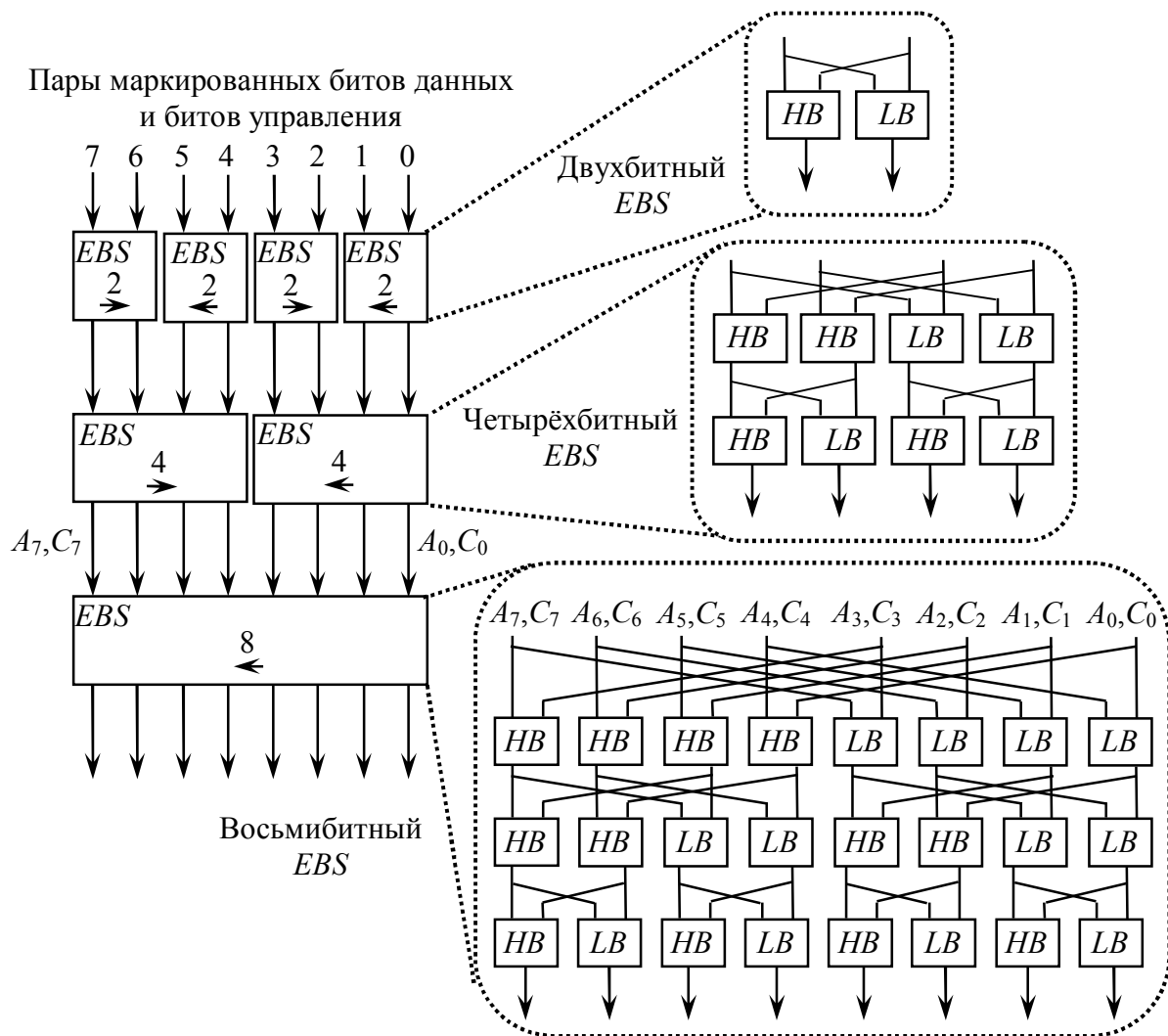


Рис. 8. Восьми-битный *grp*-модуль на базе структуры сортирующей сети *bitonic*

Схема выполнения инструкции *grp* представлена на рис. 9. Как можно заключить из рис. 8, подход, используемый в работе [27], аналогичен ранее рассмотренному подходу, предложенному в [28]. Недостатками данного решения также являются большая сложность аппаратного устройства и его низкое быстродействие. При этом рассмотренные устройства имеют близкие параметры.

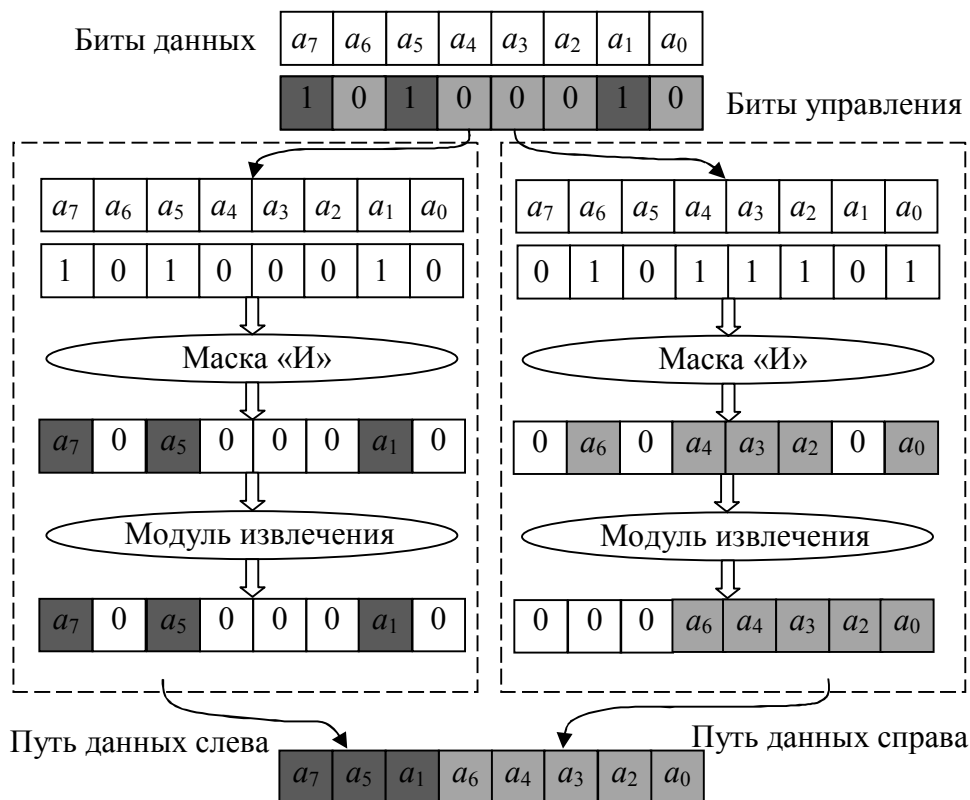


Рис. 9. Схема выполнения инструкции *grp*

Наиболее продвинутым решением является универсальный модуль выполнения инструкций *pdep* и *pext*, базирующихся на *grp*, предложенный в [2]. В данном решении также используется схема отдельной группировки битов, соответствующих нулевым и единичным битам управления в регистре r_3 . Сгруппированные биты подвергаются операции слияния на третьем шаге. Предложенное решение основано на многоуровневой коммутационной схеме с топологией *butterfly* и *inverse butterfly*. Структурная схема устройства, осуществляющего группировку w -бит, представлена на рис. 10.

Модуль *parallel prefix population count* осуществляет расчет числа единиц в подсловах длиной 64, 32, 16, 8, 4 и 2 бита. Для выполнения данного расчета в работе [3] предложена структура сети, состоящая из сумматоров.

Модули *LROT* осуществляют циклический сдвиг строк длиной 32, 16, 8, 4 и 2 бита. Схема восьмибитного *LROT* представлена на рис. 11.

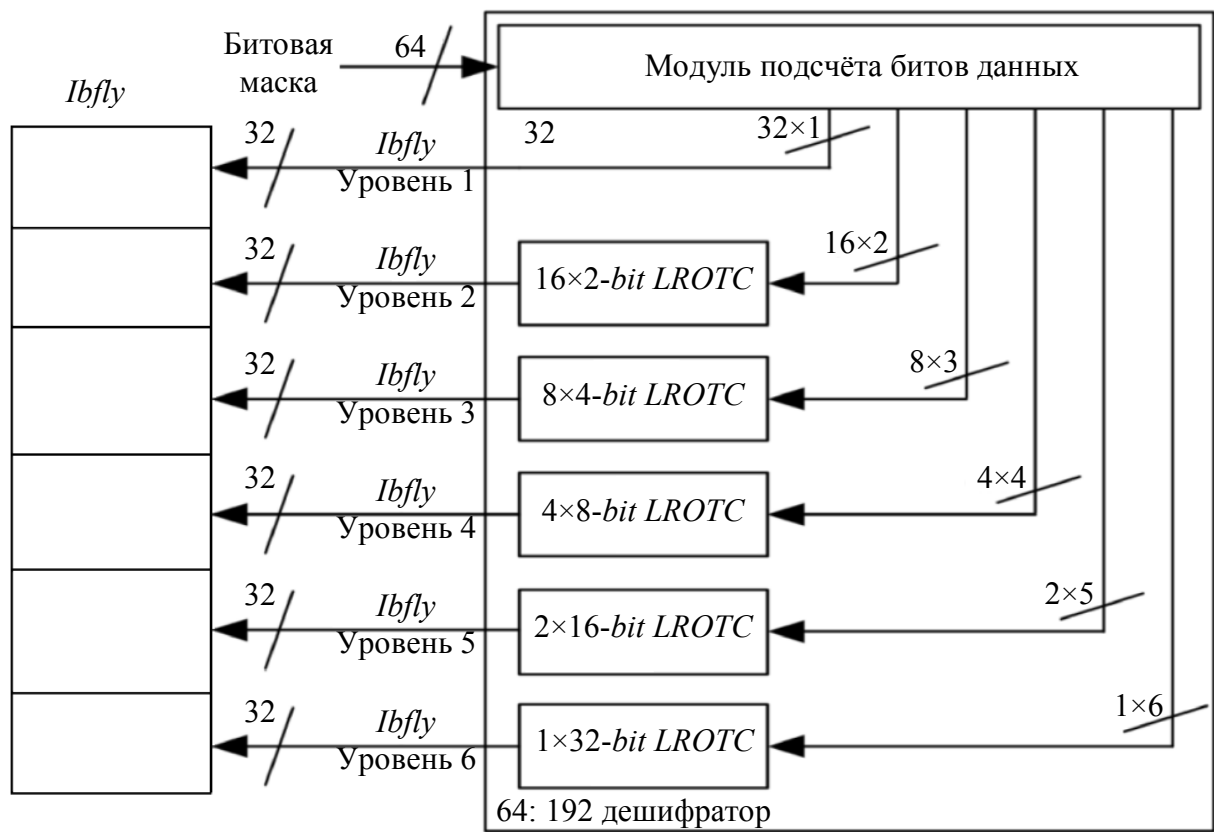


Рис. 10. Структурная схема устройства, группирующего w -биты

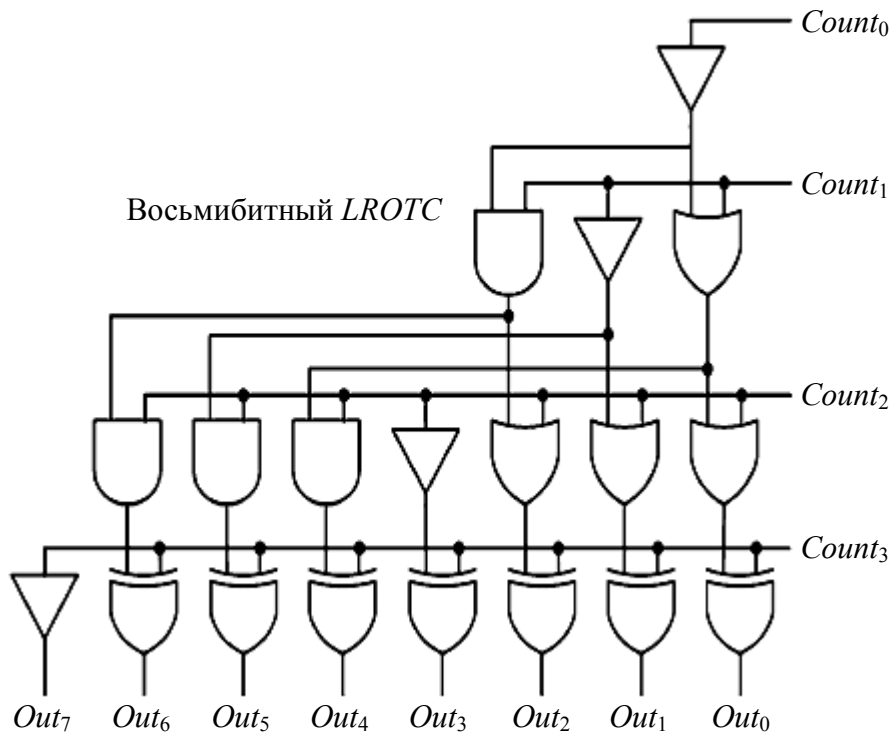


Рис. 11. Схема восьмибитного LROTC

Недостатком данного решения является увеличение времени задержки и усложнение устройства за счет необходимости использования модулей *LROTС*.

В работах [29, 30] были предложены способы построения универсальных устройств, выполняющих упорядоченные разбиения входных данных. В частном случае разбиения перестановки битов машинного слова выполнялись с использованием многоуровневой коммутационной схемы *baseline*. На базе данных устройств был разработан модуль, реализующий инструкции *pdep* и *pext* и новые инструкции *bsn* и *grpm* [23, 21]. В связи с отсутствием модулей *LROTС* формирование битов управления многоуровневой коммутационной схемой *baseline* происходит быстрее, чем схемой с топологией *butterfly* или *inverse butterfly*. Тем не менее задержки преобразования слишком велики для выполнения инструкций *pdep*, *pext*, *grpm* за один такт микропроцессора [21]. Выполнение инструкций *bsn* требует наличия дополнительных регистров, отсутствующих в *CPU RISC* микропроцессоров.

Таким образом, существующие специальные устройства для преобразования форматов данных не обладают необходимой универсальностью и гибкостью или создают существенные задержки при обработке данных и сложны в аппаратурном исполнении.

В статье проведен аналитический обзор задач, решаемых средствами вычислительной техники, в которых преобразование форматов данных занимает значительную часть общего объема вычислений. На основе проведенных авторами исследований показано, что затраты машинного времени на преобразования форматов данных в исследованных задачах составляют от 30 до 90% в широком классе задач.

На основе анализа новых инструкций манипуляции битами данных показано, что большинство из них специализированные и имеют ограниченную функциональность. Наиболее универсальными являются инструкции параллельной выборки *pext*, размещения *pdep*, введенные в 2015 г. в микроархитектуру *Intel 64 and IA-32*. Аппаратурная часть, осуществляющая данные инструкции, по-видимому основана на многоуровневых коммутационных схемах *butterfly* и *inverse butterfly*. Устройство, формирующее биты управления этими коммутационными схемами, достаточно сложно в аппаратурном исполнении, так как содержит модули *parallel prefix population count*, осуществляющие расчет числа единиц в подсловах длиной 64, 32, 16, 8, 4 и 2 бита, и модули *LROTС*, осуществляющие циклический сдвиг строк длиной 32, 16, 8, 4 и 2 бита.

Более перспективным с точки зрения задержек преобразования и аппаратурной сложности являются многоуровневые коммутационные схемы *baseline*. Тем не менее задержки преобразования слишком велики для выполнения инструкций *pdep*, *pext*, *grpm* за один такт микропроцессора. Выполнение инструкций *bsn* требует наличия дополнительных регистров, отсутствующих в *CPU RISC* микропроцессоров. Инструкции *bsn*, *bfly*, *ibfly* произвольных перестановок и группировок битов данных *grp*, *grpm* в настоящее время в системах команд микропроцессоров не используются.

Показано также, что существующие специальные устройства для преобразования форматов данных не обладают необходимой универсальностью и гибкостью или создают существенные задержки при обработке данных, сложны в аппаратурном исполнении и требуют для осуществления дополнительных регистров *CPU*, отсутствующих в микроархитектуре современных *RISC* микропроцессоров.

Таким образом, представляет интерес дальнейшее развитие микропрограммных и аппаратурных средств, направленное на увеличение производительности процессоров при выполнении преобразований форматов представления данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Hilewitz Y., Lee R. B.* Fast Bit Gather, Bit Scatter and Bit Permutation Instructions for Commodity Microprocessors // *J. of Signal Processing Systems*. 2008. Vol. 53. № 1–2. P. 145–169.
2. Pat. 9134953 B2 USA, МПК G06F 5/01 (20060101), G06F 7/76. Microprocessor Shifter Circuits Utilizing Butterfly and Inverse Butterfly Routing Circuits, and Control Circuits Therefor / applicant Lee R. B., Hilewitz. Y. ; assignee Teleputers, LLC. – № 13/647861 ; filed 9.10.2012 ; publication date 15.09.2015. URL : <http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-bool.html> (дата обращения : 24.11.2015).
3. Пат. 2488161 Российская Федерация, МПК G0 6F 11/00. Устройство перестановок и сдвигов битов данных в микропроцессорах / заявитель Сотов Л. С. ; патентообладатель Сарат. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. – № 2011145864/08 ; заявл. 14.11.2011 ; опубл. 20.07.2013, Бюл. № 20. 27 с.
4. *Молодченко Ж. А., Харин В. Н., Сотов Л. С.* Алгоритм создания диверсификационного метода битовых преобразований // *Естественные и технические науки*. 2007. № 6. С. 222–225.
5. *Молодченко Ж. А., Сотов Л. С., Харин В. Н.* Математические модели транспозиционных преобразований // *Информационно-измерительные и управляющие системы*. 2007. Т. 5, № 12. С. 58–60.
6. *Молодченко Ж. А., Сотов Л. С., Харин В. Н.* Модели аппаратных функциональных формирователей перестановок // *Информационно-измерительные и управляющие системы*. 2009. Т. 7, № 10. С. 78–84.
7. *Сотов Л. С.* Об эффективности использования специальных команд преобразования форматов данных в вычислительной технике // *Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2011. Вып. 10 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты*. С. 61–80.
8. *Ляшенко А. В., Сотов Л. С.* Простой матричный формирователь *r*-выборок // *Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2010. Вып. 8 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты*. С. 47–56.
9. *Ляшенко А. В., Сотов Л. С., Хвалин А. Л., Чесаков В. С.* Микропроцессор с ускоренной манипуляцией битами данных для обработки сигналов в системах связи // *Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2015. Вып. 18 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. Экономика в промышленности*. С. 72–81.
10. *Молдовян Н. А., Молдовян А. А., Алексеев Л. Е. Молдовян Н. А., Молдовян А. А., Алексеев Л. Е.* Перспективы разработки скоростных шифров на основе управляемых перестановок // *Вопр. защиты информации*. 1999. № 1. С. 41–47.

11. Молодченко Ж. А., Сотов Л. С., Харин В. Н. Математические модели стохастического формирования изоморфных представлений структурных элементов данных в ЭВМ // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2008. Вып. 4 : Гетеромагнитная микро- и нанoeлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 29–41.
12. Сотов Л. С., Харин В. Н. Концепция ТСВ-платформы для распределенных информационно-вычислительных систем специального назначения // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2008. Вып. 3 : Гетеромагнитная микро- и нанoeлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 66–72.
13. Молодченко Ж. А., Сотов Л. С., Харин В. Н. Аппаратный акселератор сервера форматирования данных // Надежность и качество : тр. междунар. симпозиума. Пенза, 2007. Т. 1. С. 134–136.
14. Молодченко Ж. А., Сотов Л. С., Харин В. Н. О формировании доверенной среды серверных систем у правления базами данных // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2008. № 3. С. 23–27.
15. Ляшенко А. В., Сотов Л. С. Стохастические генераторы упорядоченных разбиений конечных множеств с быстрым ростом энтропии // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2010. Вып. 8 : Гетеромагнитная микро- и нанoeлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 57–72.
16. Молодченко Ж. А., Сотов Л. С., Харин В. Н. Структура подсистемы стохастической генерации дескрипторов форматов // Аспирант и соискатель. 2009. № 4. С. 86–88.
17. Соболев С. С., Сотов Л. С., Харин В. Н. Алгоритм работы и модель функционального генератора перестановок // Информационные технологии. 2010. № 4. С. 41–46.
18. Сотов Л. С. Комбинаторная модель функционального формирователя разбиений бинарного множества // Информационные технологии. 2010. № 10. С. 46–52.
19. Hilewitz Y. Advanced bit manipulation instructions : architecture, implementation and applications. 2008. 161 P. URL : http://www.cse.uconn.edu/~zshi/course/cse5302/ref/yhilewitz_thesis.pdf (дата обращения : 24.11.2015).
20. Intel 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual Volume 2B : Instruction Set Reference, N-Z. URL : <http://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/manuals/64-ia-32-architectures-software-developer-vol-2b-manual.pdf> (дата обращения : 24.11.2015).
21. Сотов Л. С., Ачкасов В. Н. Универсальный модуль манипуляции битами данных в микропроцессорах // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2011. Вып. 11 : Гетеромагнитная микро- и нанoeлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 57–73.
22. Назаров С. И., Сотов Л. С., Ляшенко А. В. Процессор с улучшенной манипуляцией битами данных для средств навигации, обработки сигналов и изображений, криптографии, мобильных диагностических устройств // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2014. Вып. 16 : Гетеромагнитная микро- и нанoeлектроника. Методические аспекты физического образования. Экономика в промышленности. С. 51–63.
23. Сотов Л. С. Методы синтеза устройств, выполняющих инструкции перестановки битов данных // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2011. Вып. 10 : Гетеромагнитная микро- и нанoeлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 25–50.
24. Молодченко Ж. А., Харин В. Н., Овчинников С. В., Сотов Л. С. Модели аппаратных акселераторов перестановок бинарных множеств // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2008. Вып. 4 : Гетеромагнитная микро- и нанoeлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 11–23.

25. Назаров С. И., Ляшенко А. В., Сотов Л. С., Хвалин А. Л. Проектирование микропроцессора с расширенным набором команд манипуляции битами данных на базе архитектуры OPENRISC1200 // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та / 2014. Вып. 17 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. Экономика в промышленности. С. 50–65.

26. Пат. 2320000 Российская Федерация, МПК G0 6F 7/76, G0 6F 12/14. Дешифратор управляемой побитовой транспозиции информации, хранимой в персональной ЭВМ / заявители Молодченко Ж. А., Сотов Л. С., Харин В. Н. ; патентообладатель Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. – № 2007105175/09 ; заявл. 13.02.2007 ; опубл. 20.03.2008, Бюл. № 8. 6 с.

27. Giorgos D., Christos M., Sorter Based Permutation Units for Media-Enhanced Microprocessors // IEEE transactions on very large scale integration (VLSI) systems. 2007. Vol. 15, №. 6. P. 711–715.

28. Сотов Л. С. Аппаратные устройства формирования прямых и обратных перестановок данных // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2011. Вып. 9 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 61–77.

29. Соболев С. С., Харин В. Н., Сотов Л. С. Модели устройств кластерных перестановок данных в ЭВМ // Вестн. компьютерных и информационных технологий. 2009. № 12. С. 51–55.

30. Сотов Л. С., Соболев С. С., Харин В. Н. Кластерная коммутационная матрица для аппаратной поддержки управляемой перестановки данных в криптографических системах // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2009. № 4. С. 56–63.

УДК 50.41.00

ДЕКОМПОЗИЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ФОРМИРОВАНИЯ УПОРЯДОЧЕННОГО РАЗБИЕНИЯ БИНАРНОГО МНОЖЕСТВА

В. А. Малярчук

Саратовский государственный университет
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: kof@info.sgu.ru

Предложен способ реализации процедуры формирования упорядоченного разбиения входных данных, который используется для построения переключающей схемы, осуществляющей упорядоченные разбиения и манипуляции битами машинного слова в микропроцессорных устройствах.

Ключевые слова: упорядоченное разбиение множества, манипуляция битами данных, микропроцессор.

The Method for Organizing Ordered Partitions of a Binary Set

V. A. Malyarchuk

The method for organizing ordered partitions of a binary set is offered. The suggested method is useful to build multistage interconnection network that is released ordered partitions of input binary set in order to accelerate bit manipulations in microprocessors.

Key words: ordered partition of a set, bit manipulation, microprocessor.

Манипуляции битами данных и связанные с ними перестановки возникают в различных задачах, решаемых средствами вычислительной техники [1]. Манипуляции битами данных часто используются в криптографических преобразованиях [2, 3]. В работах [4, 5] предложены способы формирования ключей для систем защиты информации. Различными авторами предлагаются алгоритмы скоростного шифрования, в которых используются операции управляемой перестановки [6, 7].

Важной задачей является увеличение производительности устройств, осуществляющих перестановки и манипуляции битами данных. Поиску путей решения этой задачи посвящены недавние работы [8, 9]. При этом наибольшей производительностью обладают аппаратные устройства [10, 11].

Известны последовательные [12] и параллельные [13] способы осуществления перестановок битов данных.

В работах [14, 15] было показано, что упорядоченные разбиения множества входных данных лежат в основе скоростных способов битовых и кластерных перестановок.

Представляет интерес разработка устройств, дающих возможность быстро выполнять перестановки бинарных кластеров множества из n битов. Обзор аппаратных формирователей перестановок (FP) дан в [16, 17].

Особый интерес представляют способы синтеза формирователей перестановок [18, 19].

В данной статье проведен краткий обзор существующих подходов и решений, а также предложен универсальный способ формирования упорядоченных разбиений множеств бинарных данных в ЭВМ.

Способ формирования упорядоченных разбиений бинарного множества

Для устройств преобразования форматов данных важна возможность распараллеливания процесса формирования упорядоченных разбиений. Одним из перспективных подходов является метод последовательных упорядоченных разбиений множества мощностью n на K упорядоченных подмножеств. Орграф, иллюстрирующий данный метод, представляет собой дерево с K исходящими из каждого узла ветвями. В каждом узле орграфа соответствующее подмножество исходного множества разбивается на K подмножеств, каждое из которых позиционируется относительно других. В результате последовательного выполнения разбиений k раз образуется перестановка исходного упорядоченного множества, где $k = \log_2(n)$.

Действительно, число разбиений R_n множества мощностью n на K подмножеств определяется уравнением

$$R_n = \frac{n!}{((n/K)!)^K}.$$

Число упорядоченных разбиений упорядоченного множества мощностью n на K упорядоченных подмножеств составляет

$$\begin{aligned}
\tilde{R}_{n,u} &= \frac{n!}{((n/K)!)^K} \cdot \left(\frac{(n/K)!}{((n/K^2)!)^K} \right)^K \cdot \left(\frac{(n/K^2)!}{((n/K^3)!)^K} \right)^{K^2} \times \dots \times \\
&\times \left(\frac{(n/(n/K))!}{((n/K^{\log_2(n)-u})!)^K} \right)^{K^{\log_2(n)-u-1}} = \\
&= \prod_{i=1}^{\log_K(n)-u} \left(\frac{(n/K^{i-1})!}{((n/K^i)!)^K} \right)^{K^{\log_K(n)-u}} = \frac{n!}{((K^u)!)^{K^{\log_K(n)-u}}}, \tag{1}
\end{aligned}$$

где $u = \overline{0, \log_K(n/K)}$, $(\log_2(n) - u)$ – число последовательных разбиений исходного множества.

Доказательство (1) проведем по индукции. Докажем сначала, что $\tilde{R}_{n,0} = n!$

Пусть $n = K$, тогда

$$\tilde{R}_{K,0} = \frac{K!}{((K/K)!)^K} = K!$$

Пусть верно

$$\tilde{R}_{n,0} = \prod_{i=1}^{\log_K n} \left(\frac{(n/K^{i-1})!}{((n/K^i)!)^K} \right)^{K^{i-1}} = n!$$

Докажем, что $\tilde{R}_{nK,0} = (nK)!$ Действительно,

$$\tilde{R}_{nK,0} = \prod_{i=1}^{\log_K n+1} \left(\frac{(Kn/K^{i-1})!}{((Kn/K^i)!)^K} \right)^{K^{i-1}} = \left(\frac{(Kn)!}{((n)!)^K} \right)^{\log_K n+1} \prod_{i=2}^{\log_K n+1} \left(\frac{(n/K^{i-2})!}{((n/K^{i-1})!)^K} \right)^{K^{i-1}}.$$

Введем новую переменную суммирования: $m = i - 1$, тогда

$$\tilde{R}_{nK,0} = \left(\frac{(nK)!}{((n)!)^K} \right)^{\log_K n} \prod_{m=1}^{\log_K n} \left(\frac{(n/K^{m-1})!}{((n/K^m)!)^K} \right)^{K^m} = \left(\frac{(nK)!}{((n)!)^K} \right)^{\log_K n} \left[\prod_{m=1}^{\log_K n} \left(\frac{(n/K^{m-1})!}{((n/K^m)!)^K} \right)^{K^{m-1}} \right]^K,$$

$$\tilde{R}_{nK,0} = \left(\frac{(nK)!}{((n)!)^K} \right) (n!)^K = (nK)!$$

Каждое подмножество, содержащее 2^u элементов на u уровнях преобразования, разбивается на $(K^u)!$ одноэлементных множеств. При этом число подмножеств разбиения составляет n/K^u . Таким образом,

$$\tilde{R}_{nK,0} = \frac{n!}{((K^u)!)^{n/K^u}} = \frac{n!}{((K^u)!)^{K^{\log_K(n)-u}}}.$$

С точки зрения аппаратной реализации наиболее эффективным оказывается метод разбиения на два подмножества ($K = 2$). Аналогичный метод был использован в алгоритме формирования случайных перестановок.

Так как преобразования выполняются в различных узлах орграфа, процесс преобразования распараллеливается. Наиболее просто предложенный способ формирования упорядоченных разбиений бинарного множества реализуется при использовании последовательной загрузки данных. При этом последовательный код одновременно преобразуется в параллельный [12].

В статье предложен универсальный способ формирования упорядоченных разбиений множеств бинарных данных в ЭВМ, заключающийся в реализации последовательных разбиений исходной строки данных на K упорядоченных подмножеств. Этот способ является математической основой для разработки высокопроизводительных модулей манипуляции битами данных в микропроцессорах [20, 21] и формирователей кластерных перестановок для вычислительной техники и систем защиты информации [22, 23].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сотов Л. С.* Об эффективности использования специальных команд преобразования форматов данных в вычислительной технике // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2011. Вып. 10 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 61–80.
2. *Молодченко Ж. А., Сотов Л. С., Харин В. Н.* О формировании доверенной среды серверных систем у правления базами данных // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2008. № 3. С. 23–27.
3. *Молодченко Ж. А., Сотов Л. С., Харин В. Н.* Аппаратный акселератор сервера форматирования данных // Надежность и качество : тр. междунар. симпозиума. Пенза, 2007. Т. 1. С. 134–136.
4. *Ляшенко А. В., Сотов Л. С.* Стохастические генераторы упорядоченных разбиений конечных множеств с быстрым ростом энтропии // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2010. Вып. 8 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 57–72.
5. *Молодченко Ж. А., Сотов Л. С., Харин В. Н.* Структура подсистемы стохастической генерации дескрипторов форматов // Аспирант и соискатель. 2009. № 4. С. 86–88.

6. *Молдовян Н. А., Молдовян А. А., Алексеев Л. Е.* Перспективы разработки скоростных шифров на основе управляемых перестановок // *Вопр. защиты информации.* 1999. № 1. С. 41–47.

7. *Сотов Л. С., Харин В. Н.* Концепция ТСВ-платформы для распределенных информационно-вычислительных систем специального назначения // *Гетеромагнитная микроэлектроника* : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2008. Вып. 3 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 66–72.

8. *Молодченко Ж. А., Харин В. Н., Сотов Л. С.* Алгоритм создания диверсионного метода битовых преобразований // *Естественные и технические науки.* 2007. № 6. С. 222–225.

9. *Сотов Л. С.* Методы синтеза устройств, выполняющих инструкции перестановки битов данных // *Гетеромагнитная микроэлектроника* : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2011. Вып. 10 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 25–50.

10. *Молодченко Ж. А., Харин В. Н., Овчинников С. В., Сотов Л. С.* Модели аппаратных акселераторов перестановки бинарных множеств // *Гетеромагнитная микроэлектроника* : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2008. Вып. 4 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 11–23.

11. *Молодченко Ж. А., Сотов Л. С., Харин В. Н.* Модели аппаратных функциональных формирователей перестановок // *Информационно-измерительные и управляющие системы.* 2009. Т. 7, № 10. С. 78–84.

12. Пат. 2320000 Российская Федерация, МПК G0 6F 7/76, G0 6F 12/14. Дешифратор управляемой побитовой транспозиции информации, хранимой в персональной ЭВМ / заявители Молодченко Ж. А., Сотов Л. С., Харин В. Н. ; патентообладатель Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. – № 2007105175/09 ; заявл. 13.02.2007 ; опубл. 20.03.2008, Бюл. № 8. 6 с.

13. *Ляшенко А. В., Сотов Л. С.* Простой матричный формирователь r-выборок // *Гетеромагнитная микроэлектроника* : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2010. Вып. 8 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 47–56.

14. *Молодченко Ж. А., Сотов Л. С., Харин В. Н.* Математические модели стохастического формирования изоморфных представлений структурных элементов данных в ЭВМ // *Гетеромагнитная микроэлектроника* : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2008. Вып. 4 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 29–41.

15. *Сотов Л. С.* Комбинаторная модель функционального формирователя разбиений бинарного множества // *Информационные технологии.* 2010. № 10. С. 46–52.

16. *Соболев С. С., Сотов Л. С., Харин В. Н.* Алгоритм работы и модель функционального генератора перестановок // *Информационные технологии.* 2010. № 4. С. 41–46.

17. *Сотов Л. С.* Аппаратные устройства формирования прямых и обратных перестановок данных // *Гетеромагнитная микроэлектроника* : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2011. Вып. 9 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 61–77.

18. *Соболев С. С., Харин В. Н., Сотов Л. С.* Модели устройств кластерных перестановок данных в ЭВМ // *Вестн. компьютерных и информационных технологий.* 2009. № 12. С. 51–55.

19. *Молодченко Ж. А., Сотов Л. С., Харин В. Н.* Математические модели транспозиционных преобразований // *Информационно-измерительные и управляющие системы.* 2007. Т. 5, № 12. С. 58–60.

20. Назаров С. И., Ляшенко А. В., Сотов Л. С., Хвалин А. Л. Проектирование микропроцессора с расширенным набором команд манипуляции битами данных на базе архитектуры OPENRISC1200 // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2014. Вып. 17. С. 50–65.

21. Назаров С. И., Сотов Л. С., Ляшенко А. В. Процессор с улучшенной манипуляцией битами данных для средств навигации, обработки сигналов и изображений, криптографии, мобильных диагностических устройств // Гетеромагнитная микроэлектроника: сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2014. Вып. 16 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. Экономика в промышленности. С. 51–63.

22. Сотов Л. С., Соболев С. С., Харин В. Н. Кластерная коммутационная матрица для аппаратной поддержки управляемой перестановки данных в криптографических системах // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2009. № 4. С. 56–63.

23. Сотов Л. С., Ачкасов В. Н. Универсальный модуль манипуляции битами данных в микропроцессорах // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2011. Вып. 11 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Системы информационной безопасности. Прикладные аспекты. С. 57–73.

УДК 536.24, 621.382

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕНТГЕНОВСКОГО МИКРОИЗЛУЧАТЕЛЯ

Н. Д. Жуков, С. В. Овчинников*

ООО «Реф-Свет»

Россия, 410033, Саратов, пр. 50 лет Октября, 101

E-mail: ndzhukov@rambler.ru

*Саратовский государственный университет

Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83

E-mail: kof@sgu.ru

Представлены результаты теплофизического анализа варианта конструкции рентгеновского микроизлучателя на основе микроканальной структуры. Определены предельные мощности тепловых нагрузок. Значения электрической мощности в статическом режиме могут достигать одного ватта. Использование импульсного режима с длительностью в доли секунды позволяет увеличить значения импульсной мощности в несколько раз.

Ключевые слова: рентгеновский микроизлучатель, дискообразный анод, микроканальная структура, тепловой режим, теплофизическая модель, конвективный и лучистый теплообмен.

X-Ray Micro-Emitter Thermo-Analysis

N. D. Zhukov, S. V. Ovchinnikov

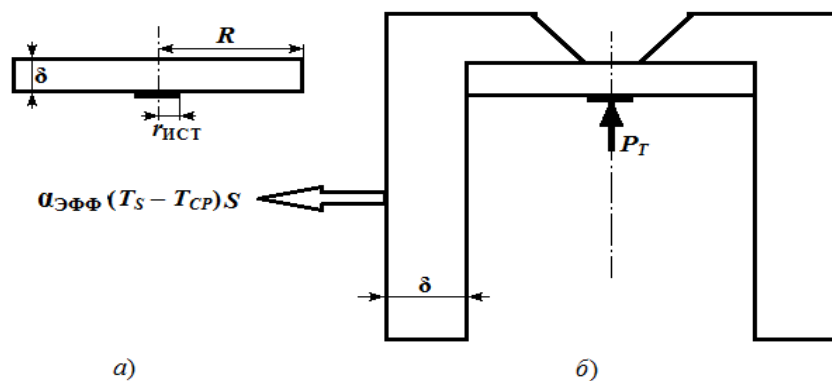
Presents the results of thermo-analysis of X-ray micro-emitter on the basis of microcanal glass structure. Defined the limits of the heat power. The static electrical power can be up to 1 Wt. Use the pulse duration within a fraction of a second will increase the pulse power several times.

Key words: X-ray micro-emitter, disc-shaped anode, microcanal glass structure, heat transfer model, convective and radiant heat transfer.

Специфика работы миниатюрных рентгеновских излучателей заключается в том, что на их аноде в микрообъеме выделяется электрическая мощность большой величины и огромной плотности. Практически вся электрическая энергия в микроне зоне анода превращается в тепло, которое через анод и присоединенные к нему элементы отводится в окружающую среду. Трубки излучателей большой мощности работают на отражательном принципе. Их конструкция позволяет создать эффективный радиатор для анода. Коэффициент полезного преобразования в таких трубках, однако, чрезвычайно мал отчасти из-за больших потерь рентгеновского излучения на пространственный лучевой переход от анода через окно. Этот недостаток устраняется в прострельных трубках, в которых анод и окно совмещены, но конвективная теплоотдача в этом случае практически мало эффективна, и тепло в основном отводится за счет излучения. Поиск оптимального варианта конструкции и структуры излучателя является актуальной задачей при его микроминиатюризации. К таким излучателям в последнее время отмечается повышенный интерес в связи с их применением в мобильной аппаратуре с учетом локального воздействия излучения на объект [1].

Простые теплофизические модели двух вариантов конструкции анода излучателя представлены на рисунке.

В данной работе приведены результаты теплофизического анализа рентгеновского микроизлучателя, структура тепловой модели которого схематично изображена на рисунке, б.



Теплофизическая модель излучателя: а – дискообразный анод; б – дискообразный анод с теплорассеивающей стаканообразной оболочкой

Вакуумным баллоном-носителем микроизлучателя является стеклянная микроканальная структура (микроканальный элемент) в виде цилиндра, содержащего множество каналов сотового профиля в его поперечном сечении, в центральной зоне которого сформирован возбуждающий электронный поток [2].

Теплофизический анализ проводился на основе решения уравнения теплопроводности с граничными условиями вида

$$-\lambda \left. \frac{\partial T}{\partial n} \right|_S = \alpha_K \cdot (T_S - T_{CP}) + \varepsilon \cdot \varphi \cdot \sigma \cdot (T_S^4 - T_{CP}^4), \quad (1)$$

где $-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_S$ – величина плотности теплового потока, подходящего к теплоотдающей поверхности S путем теплопроводности; λ – коэффициент теплопроводности материала тела; α_K – коэффициент конвективной теплоотдачи с поверхности S ; T_S – температура теплоотдающей поверхности S ; T_{CP} – температура окружающей среды; ε – интегральная по спектру степень черноты поверхности S ; φ – коэффициент взаимной облученности тел, участвующих в лучистом теплообмене; $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) – постоянная Стефана–Больцмана.

В инженерных задачах лучистый поток часто учитывается путем линеаризации закона лучистого теплообмена и заданием эффективного значения коэффициента конвективной теплоотдачи $\alpha_{\text{эфф}}$ [3, 4], учитывающего как конвективную, так и лучистую составляющие теплового потока. Это позволяет формулировать задачу теплопроводности в линейном виде. Лучистую составляющую в выражении (1) можно преобразовать следующим образом:

$$\varepsilon \cdot \varphi \cdot \sigma \cdot (T_S^4 - T_{CP}^4) = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_S^2 + T_{CP}^2) \cdot (T_S^2 - T_{CP}^2) = \alpha_L \cdot (T_S - T_{CP}), \quad (2)$$

где α_L – эквивалентный коэффициент лучистой теплоотдачи:

$$\alpha_L = \varepsilon \cdot \varphi \cdot \sigma \cdot (T_S^2 + T_{CP}^2) \cdot (T_S + T_{CP}). \quad (3)$$

В этом случае граничное условие (1) можно переписать в виде

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_S = (\alpha_K + \alpha_L) \cdot (T_S - T_{CP}) = \alpha_{\text{эфф}} \cdot (T_S - T_{CP}). \quad (4)$$

С катода излучателя через микроканальный элемент на сильно локализованный участок анода попадает электронный поток, выделяющий в этом элементе тепловую мощность P_T . Поскольку эквивалентные теплоемкость и теплопроводность вакуумированного микроканального элемента пренебрежимо малы по сравнению с материалом анода (алюминий), то в процессе рассеяния тепловой энергии микроканальный элемент практически не участвует. В связи с этим теплофизическая модель излучателя фактически является моделью анода с локальным тепловыделением.

Анод излучателя представляет собой тонкий алюминиевый диск, закрывающий микроканальный элемент (см. рисунок, *a*). Радиус дискообразного анода обозначен через R , а толщина диска через δ . Рабочая зона анода, воспринимающая тепловую мощность P_T от электронного пучка, расположена в центральной области диска и имеет радиус $r_{\text{ист}}$. Эта тепловая мощность аккумулируется в диске и рассеивается в окружающую среду конвекцией и излучением.

При теплофизическом моделировании внешний радиус диска-анода задавался равным 1,5 мм и 3,0 мм при радиусе теплового источника 0,5 мм и толщине диска-анода 0,05 мм. Коэффициент теплопроводности алюминия принимался равным $\lambda = 230 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, причем это значение практически не меняется в диапазоне 300–600 К [5].

Площадь поверхности анода достаточно мала, и эффективность теплоотдачи с нее низкая. Предлагается развивать эту поверхность с помощью внешней алюминиевой стаканообразной оболочки (см. рисунок, б), внешняя поверхность которой может быть дополнительно оребрена. Толщину оболочки для определенности выберем равной $\delta = 0,5 \text{ мм}$, поскольку делать ее тоньше с теплофизической точки зрения нецелесообразно. Между оболочкой и анодом может находиться тонкий изолирующий слой, выполненный, например, из бериллиевой керамики, теплопроводность которой практически равна теплопроводности алюминия, и всю конструкцию теплорассеивающей системы при оценочных расчетах можно считать однородной.

Как конвективная, так и лучистая теплоотдача зависят от температурного перепада между теплоотдающей поверхностью и окружающей средой – так называемый температурный напор ($T_S - T_{CP}$). В нестационарных задачах и задачах с локальным тепловыделением температура теплоотдающей поверхности не является постоянной величиной. Поэтому в инженерной практике принято определять условия теплообмена по средней температуре теплоотдающих поверхностей. При расчетах средняя температура теплоотдающей поверхности задавалась равной 310, 330, 350 К и далее с шагом 50 К до значения 500 К. Температура внешней для прибора среды считалась неизменной и принималась равной 300 К.

Принимая степень черноты неполированного алюминия $\varepsilon = 0,25$ [3, 4] и считая, что самооблучение анода отсутствует, по формуле (3) вычисляются значения α_L с поверхности анода, которые хорошо аппроксимируются формулой

$$\alpha_L(T) = 1,614 + T \cdot (2,3585 \cdot 10^{-5} \cdot T - 0,0073). \quad (5)$$

Коэффициент конвективной теплоотдачи α_K зависит от многих факторов, в том числе от температурного напора, размера теплоотдающей поверхности и ее ориентации в пространстве. При расчетах предполагалось, что излучатель находится в большом объеме спокойного воздуха при комнатной температуре. Ориентация основной теплорассеивающей поверхности принималась вертикальной. Значения α_K определялись по общепринятой методике [3]. Дiskoобразный анод без теплорассеивающей оболочки конвективно рассеивает тепло только с одной своей стороны, а лучистым образом – с обеих сторон. Площадь поверхности анода (с одной стороны) принималась равной $7,1 \text{ мм}^2$ и $28,3 \text{ мм}^2$ для его радиусов 1,5 мм и 3,0 мм соответственно. Теплорассеивающая поверхность оболочки с учетом возможного оребрения задавалась равной 310, 700 и 1250 мм^2 . Теплообмен с окружающей средой осуществляется только с внешней поверхности оболочки.

Итоговые значения эффективного коэффициента конвективной теплоотдачи как функции температурного напора и размера теплоотдающей поверхности приведены табл.1, где $\langle T_S \rangle$ – средняя температура теплоотдающей поверхности модели; S – характерные размеры этой поверхности; $\alpha_{\text{ЭКВ}} = \alpha_{\text{К}} + \alpha_{\text{Л}}$ – рассчитанные значения эквивалентного коэффициента теплоотдачи с учетом средней температуры теплоотдающей поверхности и ее размера; $R_{\text{ТИСТ}} = (T_{\text{ИСТ}} - T_{\text{СР}})/P_T$ – тепловое сопротивление модели для температурных перепадов источник–окружающая среда; P_{TS} – тепловая мощность, необходимая для достижения теплоотдающей поверхности модели того среднего значения температуры, которое указано в первом столбце табл. 1; $\langle T_{\text{ИСТ}} \rangle$ – средняя температура источника тепла.

Таблица 1

**Результаты теплофизического анализа излучателя
в стационарном тепловом режиме**

$\langle T_S \rangle$, К	S , мм ²	$\alpha_{\text{ЭКВ}}$, Вт/(м ² ·К)	δ , мм	$R_{\text{ТИСТ}}$, К/Вт	P_{TS} , Вт	$\langle T_{\text{ИСТ}} \rangle$, К
310	7,1	13,48	0,05	37314	0,00094	335,1
			0,5	37120		334,9
	28,3	11,85	0,05	9850,2	0,0033	342,5
			0,5	9670,6		341,9
	310	8,0	0,5	1279,6	0,025	342,1
	700	7,38	0,5	629,6	0,052	342,8
1250	6,98	0,5	385,2	0,088	343,8	
330	7,1	16,96	0,05	29697	0,0036	405,8
			0,5	29509		406,2
	28,3	14,91	0,05	7865,3	0,0126	399,4
			0,5	76907		396,9
	310	10,18	0,5	1010,7	0,096	396,9
	700	9,37	0,5	500,9	0,198	399,4
1250	8,84	0,5	309,2	0,333	402,9	
350	7,1	18,97	0,05	26570	0,0066	476,4
			0,5	26385		474,1
	28,3	16,58	0,05	7090,6	0,0234	466,1
			0,5	6918,4		461,9
	310	11,33	0,5	910,5	0,1778	461,9
	700	10,43	0,5	452,4	0,368	466,6
1250	9,84	0,5	280,2	0,618	473,2	
400	7,1	22,46	0,05	22470	0,0157	653,4
			0,5	22289		649,9
	28,3	19,67	0,05	6003,6	0,0556	633,7
			0,5	5835,1		624,9
	310	13,37	0,5	775,1	0,420	625,4
	700	12,32	0,5	386,6	0,870	636,2
1250	11,64	0,5	240,5	1,462	661,6	

$\langle T_S \rangle$, К	S , мм ²	$\alpha_{\text{ЭКВ}}$, Вт/(м ² ·К)	δ , мм	$R_{\text{ТИСТ}}$, К/Вт	P_{TS} , Вт	$\langle T_{\text{ИСТ}} \rangle$, К
450	7,1	25,21	0,05	20038	0,0265	830,4
			0,5	19860		826,3
	28,3	22,19	0,05	5340,8	0,094	802,4
			0,5	5219,5		790,6
	310	14,93	0,5	696,5	0,703	789,8
	700	13,79	0,5	347,8	1,461	808,0
1250	13,05	0,5	217,0	2,459	833,6	
500	7,1	27,89	0,05	18130	0,039	1007,1
			0,5	17954		1000,3
	28,3	24,68	0,05	4818,6	0,139	969,8
			0,5	4655,1		947,1
	310	16,41	0,5	635,7	1,030	955,0
	700	15,2	0,5	317,7	2,146	981,8
1250	14,41	0,5	198,6	3,617	1018,3	

Примечание. Расчетные значения $\langle T_{\text{ИСТ}} \rangle$ при $\langle T_S \rangle = 500$ К превышают температуру плавления алюминия (933 К).

Из приведенных данных следует, что использование теплоотдающей поверхности с площадью 300 мм² дает возможность рассеивать почти половину ватта тепловой энергии при перегреве на 100 К поверхности излучателя относительно окружающей среды. Увеличение теплоотдающей поверхности увеличивает тепловую мощность рассеяния.

Пользуясь табл. 1, можно определить требуемую площадь теплорассеивающей поверхности и температуру источника тепла для обеспечения рассеяния заданного уровня тепловой мощности при заданном среднем температурном напоре.

Данные табл. 1 могут быть использованы и при анализе импульсного выделения тепловой мощности с использованием теории регулярного режима нагрева и охлаждения тел [3]. Регулярный тепловой режим наступает, когда температура всех точек тела начинает изменяться с одинаковой скоростью. Тогда в рамках линейной задачи теплопроводности температура источника тепла как реакция на выделение в нем тепловой мощности P_T может быть выражена следующим образом:

$$T_{\text{ИСТ}}(\tau) = T_{CP} + P_T \cdot R_{\text{ТИСТ}} \cdot [1 - \exp(-m \cdot \tau)], \quad (6)$$

где τ – текущее время (с); P_T – тепловая мощность (Вт), начинающая выделяться в момент времени $\tau = 0$ и не меняющаяся по величине в дальнейшем; m – темп нагрева тела, зависящий от интегральной теплоемкости тела, соотношения его объема и теплорассеивающей поверхности, внутреннего и внешнего тепловых сопротивлений, а именно

$$m = \frac{T_S - T_{CP}}{\langle T_V \rangle - T_{CP}} \cdot \frac{\alpha \cdot \lambda \cdot S}{C \cdot (\lambda + \alpha \cdot \delta)}, \quad (7)$$

где $\langle T_V \rangle$ – средняя по объему стационарная температура, а C – полная теплоемкость тела.

Значения темпа нагрева рассматриваемых моделей приведены в табл. 2.

Таблица 2

Темп охлаждения–нагрева моделей анода излучателей

$\langle T_S \rangle$, К	S , мм ²	$\alpha_{ЭКВ}$, Вт/(м ² ·К)	δ , мм	$R_{ТИСТ}$, К/Вт	m , с ⁻¹
310	7,1	13,48	0,05	37314	0,11111
			0,5	37120	0,01111
	28,3	11,85	0,05	9850,2	0,098493
			0,5	9670,6	0,009849
	310	8,0	0,5	1279,6	0,006585
	700	7,38	0,5	629,6	0,006076
1250	6,98	0,5	385,2	0,005745	
330	7,1	16,96	0,05	29697	0,139672
			0,5	29509	0,013967
	28,3	14,91	0,05	7865,3	0,133928
			0,5	76907	0,012393
	310	10,18	0,5	1010,7	0,008379
	700	9,37	0,5	500,9	0,007706
1250	8,84	0,5	309,2	0,007276	
350	7,1	18,97	0,05	26570	0,156223
			0,5	26385	0,015622
	28,3	16,58	0,05	7090,6	0,136541
			0,5	6918,4	0,013654
	310	11,33	0,5	910,5	0,009325
	700	10,43	0,5	452,4	0,008578
1250	9,84	0,5	280,2	0,008099	
400	7,1	22,46	0,05	22470	0,184964
			0,5	22289	0,018496
	28,3	19,67	0,05	6003,6	0,163492
			0,5	5835,1	0,016349
	310	13,37	0,5	775,1	0,011111
	700	12,32	0,5	386,6	0,010101
1250	11,64	0,5	240,5	0,009583	
450	7,1	25,21	0,05	20038	0,207613
			0,5	19860	0,020761
	28,3	22,19	0,05	5340,8	0,184438
			0,5	5219,5	0,018444
	310	14,93	0,5	696,5	0,012288
	700	13,79	0,5	347,8	0,011342
1250	13,05	0,5	217,0	0,010741	

С помощью табл. 2 можно оценить характерные длительности теплового воздействия при заданном уровне тепловой мощности и допустимом значении температуры источника тепла $T_{\text{ИСТ}}^*$:

$$\tau = -\frac{1}{m} \cdot \ln \left(1 - \frac{T_{\text{ИСТ}}^* - T_{\text{CP}}}{P_T \cdot R_{\text{ТИСТ}}} \right). \quad (8)$$

Пример оценки максимально возможной импульсной тепловой мощности излучателя

Анод излучателя имеет радиус 3,0 мм и толщину 0,05 мм. Теплоотсеивающая оболочка отсутствует. Допустимая температура рабочей зоны анода 800 К. Требуемая тепловая мощность $P_T = 2$ Вт. Допустимый перегрев поверхности анода 50 К при температуре среды 300 К.

Для средней температуры 350 К поверхности анода из табл. 2 имеем: $R_{\text{ТИСТ}} = 7090,6$ К/Вт, $m = 0,136541$ с⁻¹. Следовательно,

$$\tau = -\frac{1}{0,136541} \cdot \ln \left(1 - \frac{800 - 300}{2 \cdot 7090,6} \right) = 0,26 \text{ с.}$$

Поскольку рассматривается регулярный режим нагрева, то скорость изменения средней температуры поверхности анода со скоростью изменения температуры источника. Поэтому изменение во времени средней поверхностной температуры будет описываться выражением, аналогичным (8), только вместо теплового сопротивления в области источника необходимо использовать тепловое сопротивление теплоотдачи $R_{\text{ТС}}$, значение которого легко определить по табл. 1:

$$R_{\text{ТС}} = (T_S - T_{\text{CP}}) / P_{\text{ТС}}.$$

Тогда

$$T_S(\tau) = T_{\text{CP}} + P_T \cdot R_{\text{ТС}} \cdot [1 - \exp(-m \cdot \tau)]. \quad (9)$$

Температура поверхности анода через $\tau = 0,26$ с от начала воздействия тепловой мощности 2 Вт составит $T_S = 449,05$ К. Это значение соответствует средним условиям теплоотдачи в данном примере для рассматриваемого варианта модели излучателя.

Таким образом, в рассмотренных вариантах конструкции рентгеновского микроизлучателя значения электрической мощности в статическом режиме могут достигать одного ватта при использовании радиатора. В импульсном режиме с длительностью импульса в доли секунды возможно увеличение импульсной мощности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям (договор № 526ГС1/6823)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Таубин М. Л., Ясколко А. А.* Миниатюрные источники излучения для внутриполостной терапии // I Всерос. науч.-практ. конф. производителей рентгеновской техники. С-Петербург, 21 ноября 2014 г. СПб. : Изд-во ЛЭТИ. 2014. С. 8–9.
2. Пат. 2563879 Российская Федерация, МПК Н01J35/2. Миниатюрный рентгеновский излучатель / заявитель и патентообладатель Жуков Н. Д. – № 2014109605/07 ; заявл. 12.03.2014 ; опубл. 27.09.2015, Бюл. № 27. 13 с.
3. *Дульнев Г. Н., Семяшкин Э. М.* Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах. Л. : Энергия, 1968. 360 с.
4. *Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А.С.* Теплопередача : учебник для вузов. М.: Энергоиздат, 1981. 416 с.
5. *Зиновьев В. Е.* Теплофизические свойства металлов при высоких температурах : справ. издание. М. : Metallurgia, 1989. 384 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФИЗИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 001.891, 001.895

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА В ОБУЧЕНИИ НА ПРИМЕРЕ МАГИСТРАТУРЫ «МАГНИТОЭЛЕКТРОНИКА В СИСТЕМАХ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ И БЕЗОПАСНОСТИ»

А. А. Игнатьев, С. П. Кудрявцева, Романченко Л. А.

Саратовский государственный университет
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: kof@sgu.ru

В статье приводятся этапы освоения студентами магистратуры профессиональных компетенций и проводится анализ результативности компетентностного подхода при обучении.

Ключевые слова: магнитоэлектроника, обучение, компетенция, магистерская программа.

Effectiveness of Competence Approach in Teaching on Example of Master Program «Magnetoelectronics in the Information Protection and Safety Systems»

A. A. Ignatiev, S. P. Kudryavceva, L. A. Romanchenko

The article presents the stages of student mastering in professional competences and analyzes the impact of the competency approach in teaching.

Key words: magnetoelectronics, teaching, competence, master program.

В 2015 г. состоялся выпуск магистров направления подготовки «Физика», обучавшихся по программе «Магнитоэлектроника в системах защиты информации и безопасности», реализация которой была начата в 2013 г. на кафедре общей физики Саратовского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского (СГУ) [1].

В соответствии с Федеральным государственным стандартом ФГОС-3 и разработанными кафедрой общей физики Основной образовательной программой и учебным планом подготовки магистров образовательный процесс был направлен на формирование следующих профессиональных компетенций:

- способность свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (ПК-1);
- способность использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности (ПК-2);
- способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (ПК-3);

– способность и готовность применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей (ПК-4);

– способность использовать свободное владение профессионально профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки (ПК-5);

– способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач (ПК-6);

– способность свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации (ПК-7);

– способность организовать и планировать физические исследования (ПК-9);

– способность организовать работу коллектива для решения профессиональных задач (ПК-10).

Компетентностный подход реализовывался учебными дисциплинами, содержание рабочих программ которых отражено в работе [2]. Ниже приводится перечень учебных дисциплин профессионального цикла с указанием формируемых при обучении компетенций:

– «Современные системы автоматизированного проектирования микро- и наноструктурных устройств» (ПК-1, -2);

– «Магнетизм в квантово-размерных структурах» (ПК-1, -2, -3, -4, -7);

– «Системное моделирование на языке описания аппаратуры» (ПК-1, -2);

– «Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника в системах информации и безопасности» (ПК-1, -2, -3, -6, -7, -9, -10);

– «Моделирование полупроводниковых приборов и устройств для систем информации и безопасности» (ПК-1, -2);

– «Технические средства защиты информации для гетеромагнитных микро- и наноструктурных устройств» (ПК-1, -2, -6, -7);

– «Методы шифрования и дешифрования информации для систем безопасности» (ПК-1, -2, -6, -7);

– «Физические принципы записи и хранения информации» (ПК-1, -2, -3, -7);

– «Криптографические и стеганографические методы и средства защиты информации» (ПК-1, -2, -3, -7);

– «Методы обработки результатов эксперимента» (ПК-3, -5, -6, -7);

– «Микро- и наноструктурные датчики физических величин в системах информации и безопасности» (ПК-1, -2, -3, -4, -6).

Кроме того, освоение магистрантами профессиональных компетенций происходило при выполнении научно-исследовательской и курсовой работ и во время научно-исследовательской и научно-инновационной практик [3].

Завершающим этапом в формировании компетенций и показателем результативности их освоения явилось выполнение магистрантами выпускных квалификационных работ, тематика которых ориентирована на ОАО «Институт критических технологий», развивающее инновационные гетеромагнитные технологии на основе микро- и наноэлектронной базы при разработке новых типов датчиков для автономной геомагнитной навигации и аппаратных устройств для систем защиты информации, безопасности и противодействия терроризму.

Ниже приведены темы выпускных квалификационных работ:

– «Исследование путей создания магнитоэлектронных генераторов повышенной чувствительности» (посвящена новому актуальному направлению по проектированию автономных от спутниковых сигналов систем навигации и ориентации подвижных объектов);

– «Алгоритмы для автономной магнитной ориентации» (разработаны алгоритмы автономной ориентации объектов в магнитном поле Земли);

– «Теоретический анализ и оптимизация систем подмагничивания для гетеромагнитных устройств» (разработаны аналитические методы расчета систем подмагничивания с аксиальными магнитами и предложены перспективные конструктивные решения подмагничивающей системы с постоянными магнитами и пленочными элементами);

– «Исследование возможностей маскирования побочных электромагнитных излучений узлов вычислительной техники» (решена задача по разработке новой методики построения информационных систем, защищенных от утечки информации).

Государственной аттестационной комиссией все выпускные квалификационные работы оценены на «отлично», отмечены хорошая подготовка магистров по физическим и математическим дисциплинам, по программированию и информационным технологиям, проведению физического эксперимента, умение четко излагать свои мысли, способность самостоятельно решать поставленные задачи, проводить исследования и делать обобщающие выводы.

Такие высокие результаты свидетельствуют об эффективности компетентностного подхода в обучении.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Игнатъев А. А., Кудрявцева С. П., Романченко Л.А.* Обучение по направлению «Физика» : от профиля бакалавриата «Фундаментальная и экспериментальная физика» к магистерской программе «Магнитоэлектроника в системах защиты информации и безопасности» // Российское педагогическое образование в условиях модернизации : сб. науч. тр. 9-й Междунар. заочной науч.-метод. конф. Саратов : Наука, 2013. С. 125–127.

2. *Игнатъев А. А., Кудрявцева С. П., Романченко Л.А.* Магистерские программы и перспективы развития магистратуры на кафедре общей физики СГУ // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2013. Вып. 14 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. С. 123–130.

3. *Игнатьев А. А., Кудрявцева С. П., Романченко Л. А.* Магистерская программа «Магнитоэлектроника в системах защиты информации и безопасности» // Гетеромагнитная микроэлектроника : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2015. Вып. 18 : Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника. Методические аспекты физического образования. Экономика в промышленности. С. 92–97.

УДК 519.71

ФОРМИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОСТИ В ДИНАМИЧЕСКИХ РАДИОФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ: СЦЕНАРИЙ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ

И. В. Измайлов, Б. Н. Пойзнер, В. М. Аникин*

Томский государственный университет,
Россия, 634050, Томск, пр. Ленина, 36
E-mail: pznr@mail.tsu.ru

*Саратовский государственный университет
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: AnikinVM@info.sgu.ru

Об общем методологическом подходе к синтезу нелинейных колебательно-волновых и потоковых систем.

Ключевые слова: динамические системы, формирование нелинейности.

Formation of Nonlinearity of Radiophysical Dynamic Systems: Scenario of Solving Problem

I. V. Izmailov, B. N. Poizner, V. M. Anikin

On the general methodological approach to the synthesis of non-linear wave-based and streaming systems.

Key words: dynamical systems, formation of nonlinearity.

В 2005 г. международный журнал «*Science*» по случаю своего 125-летия опубликовал 125 вопросов, формулирующих проблемы современного естествознания, которые, на взгляд редколлегии, можно считать животрепещущими, но «нерешенными». Один из этих вопросов: «*Can the Laws of Physics Be Unified?*» («Могут ли быть объединены (унифицированы) законы физики?»), № 5)¹.

¹ См. <http://www.sciencemag.org/site/feature/misc/webfeat/125th/>

Из других вопросов, приведенных на страницах журнала:

Why is time different from other dimensions? («Почему время отлично от других измерений?»), № 35;

What is a species? Что такое вид? (№ 99),

What Determines Species Diversity? («Что определяет разнообразие видов?»), № 13);

How Can a Skin Cell Become a Nerve Cell? («Как клетка кожи может стать клеткой нерва?»), № 8),

How Does a Single Somatic Cell Become a Whole Plant? («Как отдельная соматическая клетка становится целым растением?»), № 9);

What Is the Biological Basis of Consciousness? («Каково биологическое основание сознания?»), № 2).

Хотя здесь упоминается конкретная наука, сама постановка вопроса носит явно общий, мировоззренческий характер и отражает стремление придать знаниям о мире систематическую «упорядоченность». Очевидно, решение задачи «упорядоченности» имеет практический смысл тогда, когда оно может привести к получению нового знания, т. е. к обнаружению (подобно сделанным открытиям новых химических элементов из анализа таблицы Д. И. Менделеева) новых математических моделей, отвечающих (это потребует опытной проверки!) реальным физическим явлениям и процессам, ранее не наблюдавшимся или трактованным «сепаратно», обособленно.

В последнее время решение подобного рода проблем до какой-то степени провоцируется экономическими причинами. В 2000-е годы обострилось противоречие между ограниченностью ресурсов науки (кадровых и финансовых) и необходимостью поддерживать должные темпы роста научных знаний в ситуации, когда стоимость каждого нового решения естественно-научной задачи растет из-за увеличения сложности решаемых проблем. Они обычно имеют междисциплинарный характер и нередко плохо формализуемы. Признано, что сегодня необходимо, с одной стороны, продолжение и углубление фундаментальных исследований, а с другой – желательна минимизация затрат на их проведение. Разумеется, неизменным остается требование к практической полезности результатов, вытекающих из нового теоретического знания.

Что же в этом ключе можно предпринять в сфере анализа и синтеза радиофизических систем (объектов), какие построить и исследовать обобщающие и генерирующие новые объекты и знания иерархические структуры? Функциональные свойства радиофизических (в том числе оптических) систем едва ли не в первую очередь обуславливаются их нелинейностью (нелинейным откликом содержащихся в них материальных сред на воздействующий сигнал). Категория нелинейности принята за основную в современном естествознании. Использование нелинейных математических моделей позволяет объединить и описать большой круг разрозненных явлений, выявить и продемонстрировать их сущность.

«Репертуар» применяемых при математическом моделировании систем нелинейных функций небогат и в основном сводится к квадратичным. Примерами являются используемые в радиофизике (часто и в качестве эталонов при разработке новых моделей) генераторы Ван дер Поля, Теодорчика–Капцова, Анищенко–Астахова, Кияшко–Пиковского–Рабиновича, Дмитриева–Кислова, системы Ресслера, Чуа, Икеды.

В то же время актуальным представляется вопрос о способах формирования нелинейности динамической системы, например, в форме *задачи об управлении ее оператором эволюции или о «самоуправлении» его*, т. е. о своего рода задаче об «эволюции оператора эволюции». Такой подход к диверсификации (достижению разнообразия), выдвижению критериев и процедур «растождествления» систем отвечает, скажем, трансдисципли-

нарной инициативе научного сообщества *Nano-Bio-Information-Cognitive-Technology* [1, с. 78–80], проекту *FACETS (Fast Analog Computing with Emergent Transient States)* – технике быстрых аналоговых вычислений с плавно (медленно) изменяющимися переходными режимами, генетически восходящего к теории искусственных нейросетей, а также ее ветви, развиваемой в трудах Р. Пенроуза и его последователей, касающихся идеи «квантового вычислителя» на внутриклеточном уровне [2, 3].

Традиционные способы диверсификации динамических систем

Известны приемы диверсификации динамических радиофизических:

- объединение однотипных генераторов (А. П. Кузнецов, С. П. Кузнецов, С. Н. Владимиров, В. Д. Шалфеев, В. В. Матросов и др.);
- объединение генераторов различных типов – гибриды динамических систем (А. П. Кузнецов, С. П. Кузнецов и др.);
- цепочки, кольца связанных динамических систем (Г. М. Заславский, Р. З. Сагдеев, А. А. Короновский, А. Е. Храмов, В. В. Матросов и др.);
- одно- и многослойные решетки связанных генераторов (Д. И. Трубецков, В. И. Некоркин, В. Б. Казанцев, Г. В. Осипов, Г. М. Чечин и др.);
- сети и другие ансамбли (Д. И. Трубецков, А. Е. Храмов, А. А. Короновский, О. И. Москаленко и др.);
- диверсификация за счет смены линейных элементов (С. А. Ахманов, М. И. Рабинович, А. В. Гапонов-Грехов, Н. М. Рыскин и др.);
- диверсификация за счет вариации вида нелинейности (А. Ф. Голубенцев [4], А. А. Короновский, А. П. Кузнецов и др.);
- диверсификация за счет изменения формы воздействия (Н. М. Рыскин, С. П. Кузнецов, В. И. Пономаренко и др.).

Диверсификация нелинейных систем в рамках аксиоматической схемы

Указанные пути повышения разнообразия динамических систем не имеют целью собственно синтез нового вида нелинейности (в том числе самоуправляемой), хотя и не исключают такого исхода. Если же специально задаваться такой целью, возникает серия глубоких вопросов:

1. Возможен ли стандартный язык описания системы произвольной природы?
2. Каковы способы трансформации оператора эволюции динамической системы вообще, и существует ли способ получения нелинейности любой желаемой формы в частности?
3. Реализуемы ли технические системы, способные к вынужденной или спонтанной эволюции (наподобие биологических систем)?

4. Какие системы считать «одинаковыми» и «различными», какими средствами оценивать их сходство или несходство?

5. Как возможно сближение и объединение канонических понятий: динамическая система, черный ящик, преобразователь воздействия?

Нахождение ответов на эти вопросы предполагает построение соответствующей теоретической базы в форме аксиоматической схемы, определяющей (фиксирующей) в унифицированном виде все элементы, конфигурацию, функциональные свойства и передаточные характеристики динамической системы. Введение данной модели предполагает параллельное формирование соответствующего понятийно-терминологического комплекса (с демонстрацией места введенных понятий среди их аналогов, используемых в математике и физике), формулировку процедур сценариев диверсификации динамических систем (при сочетании неперестраиваемых нелинейных элементов и элементов с управляемой нелинейностью) и критериев выделения нетривиальных случаев диверсификации.

Уровень практической значимости модели характеризуется, в первую очередь, широтой и разнообразием применения развитых методов трансформации оператора эволюции динамических систем, идей по управлению и самоуправлению нелинейностью систем, приемов формирования нелинейной передаточной характеристики. Это должно выразиться в разработке принципов действия новой техники (синтеза саморазвивающихся технических систем от макро- до наномасштабных), в инженерно-конструкторской и оптимизационной деятельности, обуславливающей возможность сопоставления сложности поведения и поведенческого разнообразия систем, в разработке алгоритмов сохранения работоспособности систем в экстремальных условиях, в верификации полученных результатов на основе разработанных макетов радиоэлектронных устройств.

Образовательный аспект

В качестве заключения специально остановимся на образовательном аспекте работы. Как известно, преподавание невозможно без учета принципа «сжатия» знания. Построение аксиоматической схемы как своеобразного «рога изобилия» моделей динамических систем позволяет эффективно его осуществить при изучении теории колебательных и волновых процессов и соответствующих разделов физики.

В то же время комбинация дедуктивных и индуктивных способов изложения и изучения (в том числе, самостоятельного) материала разнообразит познавательный процесс, что способствует формированию у его участников интереса к научным знаниям, стимула к их пополнению, профессионального самосознания системного исследователя-физика и инженера, выражаемого, в частности, в качественном выполнении выпускной квалификационной работы (диссертации) [5–16].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Альтман Ю.* Военные нанотехнологии: возможности применения и превентивного контроля вооружений. М. : Техносфера, 2000. 424 с.
2. *Пенроуз Р.* Тени разума : в поисках науки о сознании. Ижевск : ИКИ, 2005. 690 с.
3. *Слядников Е. Е.* Микроскопическая модель и фазовая диаграмма дипольной системы микротрубочки цитоскелета при конечных температурах // *ЖТФ.* 2010. Т. 80, вып. 5. С. 32–39.
4. *Аникин В. М., Голубенцев А. Ф.* Аналитические модели детерминированного хаоса. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. 328 с.
5. *Соснин Э. А., Пойзнер Б. Н.* Осмысленная научная деятельность. М. : РИОР ; ИНФРА-М, 2015. 148 с.
6. *Аникин В. М., Усанов Д. А.* Диссертация в зеркале автореферата. М. : ИНФРА-М, 2013. 128 с.
7. *Аникин В. М., Пойзнер Б. Н.* Государственная итоговая аттестация аспиранта : от формальности к превентиве // *Alma Mater (Вестн. высш. шк.).* 2015. № 11. С. 17–21.
8. *Аникин В. М.* О «жизни» научных знаний // *Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика.* 2015. Т. 23, № 2. С. 67–73.
9. *Аникин В. М., Измайлов И. В., Пойзнер Б. Н.* Диссертанту о воспринимаемости, числовой оценке и защите научных результатов // *Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика.* 2014. Т. 22, № 6. С. 25–34.
10. *Аникин В. М.* Физика и интеллектуальное саморазвитие личности // *Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика.* 2014. Т. 22, № 4. С. 117–120.
11. *Аникин В. М., Измайлов И. В., Пойзнер Б. Н.* Диссертация : характеристики научности // *Гетеромагнитная микроэлектроника.* 2014, № 16. С. 105–118.
12. *Аникин В. М., Пойзнер Б. Н.* Какова природа интересного, или дефиниции науки и научности – эпистемологический компонент профессиональной компетенции (радио)физика как инженера исследователя // *Изв. вузов. Физика.* 2013. Т. 56, № 10/3. С. 118–120.
13. *Аникин В. М., Пойзнер Б. Н.* Научное руководство аспирантами : «внутренние» и «внешние» регуляторы // *Изв. Сарат. ун-та. Новая серия. Серия Физика.* 2015. Т. 15, № 1. С. 83–88.
14. *Аникин В. М., Пойзнер Б. Н.* «Предзащита» диссертации : формальные требования и традиции // *Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика.* 2014. Т. 22, № 2. С. 95–102.
15. *Аникин В. М., Пойзнер Б. Н.* Провокация магистранта на вербализацию защищаемого научного положения как прием когнитивного менеджмента // *Вестн. Томск. гос. ун-та. Философия. Социология. Политология.* 2013. № 2. С. 15–20.
16. *Аникин В. М., Пойзнер Б. Н.* Эпистемологические упражнения магистранта : формулировка и оценка научных положений в своей диссертации // *Изв. вузов. Физика.* 2012. Т. 55, № 8/3. С. 213–214.

МЕТОДИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРОБЛЕМАТИКИ МАГНИТОБИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В СЛАБЫХ И СВЕРХСЛАБЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Б. А. Медведев, А. С. Дронкин, Е. С. Листратова

Саратовский государственный университет
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: kof@sgu.ru

Работа посвящена методическому аспекту проблемы действия слабых и сверхслабых магнитных полей на биологические системы. Проводится анализ специфики данной области исследований. Обсуждаются магнитосомы как объекты, перспективные для дальнейшего изучения. Приводится глоссарий, содержащий основные термины, необходимые для понимания исследуемой проблемы.

Ключевые слова: слабые и сверхслабые магнитные поля, магнитосомы, магнито-биологический эффект.

Methodical Aspect of Problematics of Magnetobiological effects in Weak and Superweak Magnetic Fields

B. A. Medvedev, A. S. Dronkin, E. S. Listratova

The work is devoted to methodical aspect of a problem of action of weak and super weak magnetic fields on biological systems. Specifics of this area of researches are considered. Magnetosome as objects, perspective for further studying are discussed. The glossary inclusive basic terms required for understanding of under consideration subject is provided

Key words: weak and superweak magnetic fields, magnetosomes, magnetobiology effect.

Магнитобиология представляет собой совокупность целого ряда различных дисциплин: медицины, биологии, биохимии и биофизики. Она занимается изучением действия слабых и сверхслабых магнитных полей на биосистемы. Почему это направление исследований на сегодняшний день является актуальным? Для начала определим диапазон слабых и сверхслабых магнитных полей (МП):

– слабые МП – это поля, имеющие магнитную индукцию порядка 10^{-9} – 10^{-5} Тл. К ним, например, относятся геомагнитное поле, его ежедневные флуктуации, а также магнитный шум от различных электрических приборов;

– сверхслабые МП – это поля, имеющие магнитную индукцию порядка 10^{-12} – 10^{-10} Тл. К ним относятся поля различных биологических систем, например человеческого мозга и глаз.

Такие магнитные поля постоянно оказывают на нас воздействие, которое обычно не замечается. Какие же биологические эффекты способны вызвать это воздействие и можно ли найти им применение в медицинской диагностике или в физиотерапии? На все эти вопросы ищет ответы магнитобиология.

Долгое время слабые и сверхслабые магнитные поля оказывались вне интереса научного сообщества. Ведь их действие не является ионизирующим или тепловым. Более того, их энергия на несколько порядков меньше тепловой энергии kT , т. е. недостаточна для активации каких-либо биологических эффектов. Тем не менее оказалось, что такие поля оказывают воздействие на живые организмы. Это было подтверждено многими экспериментальными данными [1, с. 266–268]. Для объяснения наблюдаемых эффектов стали разрабатываться специальные модели. Для понимания протекающих процессов требовались знания самых разных научных дисциплин, поэтому началось формирование нового направления – магнитобиология.

На сегодняшний день разработано значительное количество самых разных механизмов воздействия слабых и сверхслабых магнитных полей на биологические системы [1–3]. Однако дать общую картину происходящего они все еще не способны. В этом контексте наиболее простыми и наглядными являются модели, основанные на выборе специальных мишеней первичной магниторецепции. К таким мишеням следует отнести как биохимические реакции свободных радикалов, так и магнитосомы [4]. Из них наибольший интерес представляют именно магнитосомы.

Магнитосомы

Магнитосомы – органеллы, магнитные наночастицы с магнитным моментом, превышающим элементарный на 7–9 порядков. Они состоят в основном из соединений магнетита (Fe_3O_4) или грейгита (Fe_3S_4). Впервые магнитосомы были обнаружены в магниточувствительных бактериях, где они образуют уникальную по своему строению цепь. Диаметр таких наночастиц колеблется от 30 до 120 нм. В процессе синтеза бактерии максимизируют дипольный момент каждого отдельного кристалла. За счет того, что в цепи магнитные моменты магнитосом сонаправлены, происходит их суммирование. Бактерия получает своеобразную магнитную стрелку для ориентации во внешнем магнитном поле, что обеспечивает ее способность к магнитотаксису. Позже было установлено, что магнитосомы встречаются и у более развитых живых организмов. Например, их наличием объясняют способность птиц к навигации по геомагнитному полю [5]. Они также найдены у организмов, которые не обладают магнитотаксисом. У человека наибольшее их количество обнаружено в тканях мозга. В среднем их содержание составляет 10–50 нг/г, а размер варьируется от 10 до 200 нм. Было также замечено содержание биомagnetита в ДНК, где он принимает участие в изменениях состава нуклеопротеидных комплексов и обеспечивает их магнитные свойства на определенных стадиях клеточного цикла [6].

Изучение магнитосом базируется на исследовании магниточувствительных бактерий. В этой сфере удалось достичь значительных успехов, вплоть до обоснования с точки зрения генетики процессов, связанных с

синтезом магнитосом [7]. Так было показано, что магнитосомные мембранные белки *tamGFDC* играют важную роль в контроле размеров и формы магнитосом, а белки *tamJ* и *tamK* обеспечивают соединение готовых кристаллов в цепь, причем этот процесс сопровождается связью филаментов цитоскелета с наночастицами. Было также показано, что существует возможность горизонтального переноса магнитосомных генов. Однако есть ряд неразрешенных вопросов. У некоторых бактерий может отсутствовать тот или иной набор генов, например у штамма морских кокков *MV-1* отсутствует ген *tamJ*, поэтому трудно объяснить, что контролирует процесс связи магнитосом с цитоскелетом. Малоисследованными остаются магнитосомы у более сложных организмов. До сих пор нет ясного ответа, могут ли наши клетки синтезировать кристаллы подобно бактериям. Если да, то как протекает данный процесс? В то же время уже сейчас полагается, что магнитосомы отвечают за возникновение патологий головного мозга, приводящих к болезням Альцгеймера и Паркинсона, а также к десинхронизации биоритмов [8].

Формирование патологий. Перспективы дальнейших исследований

Рассмотрим подробнее механизм образования патологий. Магнитосомы в клетке находятся в ассоциации с белками цитоскелета. В процессе онтогенеза количество магнетита в тканях организма растет. Это может быть связано как с синтезом магнитосом в организме по тому же механизму, что и у магниточувствительных бактерий, так и с возможностью попадания магнитных наночастиц в органы извне, например в ткани мозга, преодолев гематоэнцефалический барьер [8]. Так или иначе, происходит увеличение количества и размеров магнитосом с возрастом. В то же время постепенно ослабляются их связи с цитоскелетом. К этому предположительно приводит старение кристаллического вещества магнитосом, а также модификация белков цитоскелета свободными радикалами. Этому могут способствовать и сами наночастицы в том случае, когда они оказываются ассоциированы с механочувствительными кальциевыми каналами посредством филаментов цитоскелета. Изменяя свое положение в пространстве, магнитосомы могут приводить к активации таких каналов, а увеличение их размеров и количества не только способствует этому, но и вовлекает дополнительные кальциевые каналы. Таким образом, возникает возможность магнитозависимой гиперактивации кальциевых каналов, что влечет к повышению содержания кальция в клетке и усилению его осцилляционных потоков. Это приводит к повышению ферментативной активности кальпаинов, а они благодаря протеолитическим свойствам способны разрушать белки цитоскелета.

В результате магнитосомы теряют свое положение в клетке и начинают дрейфовать во внутриклеточном пространстве. Это приводит к нарушению не только их расположения, но и всей архитектуры клетки и ее го-

меостаза. Более того, вследствие механического стресса происходит усиление осцилляционных потоков кальция. Это, как уже упоминалось, способствует свободно-радикальному окислению биомолекул и приводит к нарушению периодичности выброса в кровь гормонов, имеющих гидрофильную природу. Вследствие механического стресса возникают и иные нарушения, например влияние на синтез ДНК. Активные формы кислорода (АФК), стимулирующие свободно радикальное окисление, могут также влиять на запуск программы апоптоза. В результате начинаются патологические процессы, например разрушение клеток мозга, которое может приводить к уже упомянутым болезням Альцгеймера и Паркинсона. В пользу этого свидетельствует то, что именно в областях мозга, повреждающихся при этих болезнях, обнаружена наибольшая концентрация железа [8].

Что же касается биоритмов, то их десинхронизация может быть вызвана тем, что магнитное вещество неоднородно накапливается в различных пейсмейкерах. Например, с возрастом сильно растет магниточувствительность эпифиза, что приводит к смещению циркадного ритма синтеза мелатонина [8].

Но вернемся к магнитобиологии. Как было сказано ранее, магнитный момент магнитосом на 7–9 порядков превышает элементарный, благодаря чему их энергия в слабых магнитных полях имеет тот же порядок, что и энергия теплового движения. Поэтому возможность оказания влияния на них слабыми и сверхслабыми магнитными полями является очевидной и гипотетически открывает новые перспективы в профилактике и диагностике различных патологий. К примеру, можно попробовать наблюдать и регулировать концентрацию магнитосом в тканях мозга или же пытаться контролировать механочувствительные кальциевые каналы. Но для этого необходимо проделать большую работу, начиная от достижения полного понимания происходящих в организме процессов, связанных с магнитосомами, и заканчивая совершенствованием методов воздействия на последние. Исследования в области магнитобиологии, очевидно, также могут помочь продвинуться в решении данных задач.

В заключение следует отметить, что представленная работа может быть использована в рамках лекционных курсов по применению магнитных наночастиц для биомедицинских приложений и быть полезной для начинающих исследователей в области магнитобиологии.

Глоссарий [9–13]

А

АДЕНОЗИНТРИФОСФАТ (АТФ) – $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$. Главная роль АТФ в организме – обеспечение энергией многочисленных биохимических реакций. При расщеплении 1 молекулы АТФ выделяется 40–60 кДж/моль энергии.

АКСЕНИЧНАЯ КУЛЬТУРА (чистая культура) – масса клеток, состоящая из микроорганизмов, принадлежащих одному виду и полученных из потомства одной клетки. Чистую культуру обычно получают путем пересева

на стерильную питательную среду клеток, взятых из отдельно стоящей колонии бактерий.

АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ – перенос вещества через клеточную или внутриклеточную мембрану, или через слой клеток, происходящий с затратой свободной энергии организма.

АКТИН – белок, полимеризованная форма которого образует микрофиламенты.

АПОПТОЗ – регулируемый процесс программируемой клеточной гибели, в результате которого клетка фрагментируется на отдельные апоптотические тельца, ограниченные плазматической мембраной.

Б

БАЗАЛЬНЫЕ ГАНГЛИИ – нейронные узлы в головном мозге, которые обеспечивают регуляцию двигательных, эмоциональных и когнитивных функций.

БЕЛКИ – высокомолекулярные органические вещества, состоящие из аминокислот, соединенных в цепочку пептидной связью. В живых организмах аминокислотный состав белков определяется генетическим кодом.

БИОРИТМЫ – периодически повторяющиеся изменения характера и интенсивности биологических процессов и явлений. Они свойственны живой материи на всех уровнях ее организации – от молекулярных и субклеточных до биосферы.

БОЛЕЗНЬ АЛЬЦГЕЙМЕРА – нейродегенеративное заболевание, наиболее распространенная форма деменции. Болезнь характеризуется гибелью нейронов и нарушением связей между ними в коре головного мозга, что приводит к выраженной атрофии пораженных участков.

БОЛЕЗНЬ ПАРКИНСОНА – медленно прогрессирующее хроническое неврологическое заболевание, характерное для лиц старшей возрастной группы. Это заболевание вызвано прогрессирующим разрушением и гибелью нейронов, вырабатывающих нейромедиатор дофамин, вследствие чего нарушается функционирование базальных ганглий.

В

ВАКУОЛЬ – органоид, содержащийся в некоторых эукариотических клетках. Представляет собой пузырек или полость в цитоплазме, ограниченную мембраной. Они формируют внутреннюю водную среду клетки, и с их помощью осуществляется регуляция водно-солевого обмена, поддерживается тургорное давление внутриклеточной жидкости в клетке, а также накапливают запасные питательные вещества.

ВЕЗИКУЛЫ – относительно маленькие внутриклеточные органоиды, мембранные пузырьки, в которых запасаются и/или транспортируются питательные вещества.

ВНЕКЛЕТОЧНЫЙ (МЕЖКЛЕТОЧНЫЙ) МАТРИКС – полужидкое вещество, заполняющее промежутки между клеточными структурами. Состоит из протеинов и соединений на основе протеинов. Его функции: обеспечение механической поддержки клеток и транспорт химических веществ. Внеклеточный матрикс также составляет основу соединительной ткани.

Г

ГЕМ – комплексное соединение двухвалентного железа с порфирином. Входит в состав сложных белков. Участвует в обмене железа в живых организмах.

ГЕМАТО-ЭНЦЕФАЛИЧЕСКИЙ БАРЬЕР – физиологический барьер между кровеносной и центральной нервной системой. Его главная функция – поддержание гомеостаза мозга.

ГЕМОПРОТЕИНЫ – маленькие глобулярные белки, которые содержат ковалентно связанный гем, расположенный во внутреннем кармане, образованном аминокислотными остатками.

ГЕН – структурная и функциональная единица наследственности живых организмов. Это участок ДНК, задающий последовательность определенного полипептида, т. е. отвечающий за синтез одного определенного белка, содержащего наследственную информацию.

ГЕНОМ – совокупность наследственного материала, заключенного в клетке организма. Геном содержит биологическую информацию, необходимую для построения и поддержания организма.

ГЕНОМНЫЕ ОСТРОВА – мобильные кластерные области генома, часто имеющие отличное от остальной его части количество пар гуанин+цитозин и тип кодирования, что свидетельствует об их чужеродном происхождении. В геноме они соседствуют с высококонсервативными последовательностями, что обеспечивает вставку в чужой геном посредством гомологичной рекомбинации.

ГОМЕОСТАЗ – саморегуляция, способность открытой системы сохранять постоянство своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия. Стремление системы воспроизводить себя, восстанавливать утраченное равновесие, преодолевать сопротивление внешней среды.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС ГЕНОВ – процесс, в котором организм передает генетический материал другому организму, не являющемуся его потомком. В отличие от горизонтального, о вертикальном переносе генов говорят, если организм получает генетический материал от своего предка. Искусственный горизонтальный перенос генов используется в генной инженерии.

ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ – бактерии, которые не окрашиваются при исследовании их методом Грама. Это свидетельствует о небольшой проницаемости клеточной мембраны у таких бактерий, вследствие чего они более устойчивы к антителам по сравнению с грамположительными бактериями.

ГРАМПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ – бактерии, которые окрашиваются при исследовании их методом Грама. Большинство таких бактерий имеет однослойную клеточную мембрану в отличие от грамотрицательных бактерий.

ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ – один из процессов регуляции жизнедеятельности в организме, осуществляемый через жидкие среды организма (кровь, лимфу, тканевую жидкость, слюну) с помощью гормонов.

Д

ДЕМЕНЦИЯ – приобретенное слабоумие, стойкое снижение познавательной деятельности с утратой в той или иной степени ранее усвоенных знаний и практических навыков и затруднением или невозможностью приобретения новых; распад психических функций, происходящий в результате поражений мозга.

ДОФАМИН (ДОПАМИН) – нейромедиатор, вырабатывается в мозге людей и животных, а также гормон, вырабатываемый мозговым веществом надпочечников и другими тканями (например, почками), но в подкорку мозга из крови этот гормон почти не проникает. Дофамин является одним из химических факторов внутреннего подкрепления и служит важной частью «системы вознаграждений» мозга, поскольку вызывает чувства удовольствия и удовлетворения. Дофамин также играет большую роль в обеспечении когнитивной деятельности – активации дофаминергической передачи необходимой при процессах переключения внимания человека с одного этапа когнитивной деятельности на другой.

И

ИНТЕГРИНЫ – трансмембранные клеточные рецепторы, взаимодействующие с внеклеточным матриксом и передающие различные межклеточные сигналы. От них зависит форма клетки, ее подвижность, они также участвуют в регулировке клеточного цикла.

ИОННЫЕ КАНАЛЫ КЛЕТКИ – сложные трансмембранные белковые структуры, пронизывающие клеточную мембрану поперек в виде нескольких петель и образующие в мембране сквозное отверстие (пору). Канальные белки состоят из субъединиц, образующих структуру со сложной пространственной конфигурацией, в которой, кроме поры, обычно имеются дополнительные молекулярные системы открытия, закрытия, избирательности, инактивации, рецепции и регуляции.

К

КАЛЬПАИН – фермент, расщепляющий связь между аминокислотами в белках, и тем самым разрушающий их. Он участвует в нейродегенеративных процессах и апоптозе.

КЛЕТОЧНАЯ МЕМБРАНА – эластическая молекулярная структура, состоящая из белков и липидов. Отделяет содержимое любой клетки от внешней среды, обеспечивая ее целостность, регулирует обмен между клеткой и средой. Внутриклеточные мембраны разделяют клетку на специализированные замкнутые отсеки – органеллы, в которых поддерживаются определенные условия среды.

КЛЕТОЧНЫЙ РЕЦЕПТОР – молекула (обычно белок или гликопротеин) на поверхности клетки, клеточных органелл или растворенная в цитоплазме. Специфично реагирует изменением своей пространственной конфигурации на присоединение к ней молекулы определенного химического вещества, передающего внешний регуляторный сигнал и, в свою очередь, передает этот сигнал внутрь клетки или клеточной органеллы.

КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ – период существования клетки от момента ее образования путем деления материнской клетки до собственного деления или гибели.

КОККИ – широко распространенные шаровидные бактерии (стрептококки, стафилококки и др.).

КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ – взаимное соответствие молекул биополимеров или их фрагментов, обеспечивающее образование связей между пространственно взаимодополняющими (комплементарными) фрагментами.

КОНСЕРВАТИВНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ (КОНСЕРВАТИВНЫЕ МОТИВЫ) – подобные или идентичные последовательности, встречающиеся в биополимерах. Они свидетельствуют о том, что наличие некоторых последовательностей поддерживается эволюцией, несмотря на видообразование.

Л

ЛИЗОСОМА – окруженный мембраной клеточный органоид, в полости которого поддерживается кислая среда и находится множество растворимых ферментов. Лизосома ответственна за внутриклеточное переваривание макромолекул, а также участвует в некоторых внутриклеточных сигнальных путях, связанных с метаболизмом и ростом клетки. Лизосомы есть во всех клетках млекопитающих, за исключением эритроцитов.

ЛИПИДЫ – обширная группа природных органических соединений, включающая жиры и жироподобные вещества. Молекулы простых липидов состоят из спирта и жирных кислот, сложных – из спирта, высокомолекулярных жирных кислот и других компонентов. Содержатся во всех живых клетках.

М

МАГНИТОСОМНЫЕ МЕМБРАННЫЕ БЕЛКИ (*Mam*). *MamK* – это актин-подобный белок (*Magnetospirillum magneticum*), отвечающий за правильное расположение магнитосом. Филамент *MamK* выполняет роль направляющей, вдоль которой одна за другой располагаются магнитосомы. В отсутствие белка *MamK* магнитосомы распределяются беспорядочно по поверхности клетки. Белок *MamJ* производит компоненты мембраны, окружающей отдельные кристаллы магнетита. *MamJ* имеет отдаленное сходство с белками, которые контролируют процесс кристаллизации в биоминералах. Важнейшие магнетосомные белки *MamGFDC* регулируют размер магнетосом.

МАГНИТОТАКСИС – способность перемещаться по силовым линиям магнитного поля Земли или магнита. Этот процесс происходит благодаря наличию в клетках организма магнитосом.

МЕЛАТОНИН – гормон, регулятор суточных биоритмов. Синтез и секреция мелатонина зависят от освещенности – избыток света понижает его образование, а снижение освещенности увеличивает синтез и секрецию гормона. Основные его функции – регуляция кровяного давления, периодичности сна, функций головного мозга, деятельности эндокринной и пищеварительной систем, замедление процессов старения, усиление эффективности функционирования иммунной системы.

МЕТОД ГРАМА – метод окраски микроорганизмов для последующих исследований, позволяющий дифференцировать бактерии по биохимическим свойствам их клеточной мембраны. Метод назван в честь датского врача Г. К. Грама.

МЕХАНОТРАНСДУКЦИЯ – процесс, который транслирует механические стимулы в биохимические сигналы, тем самым позволяя клеткам адаптироваться к их физическому окружению.

МЕХАНОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ КАНАЛЫ – ионные каналы клетки, чувствительные к механическому воздействию.

МИТОХОНДРИЯ – двумембранная сферическая или эллипсоидная органелла диаметром около 1 микрона. Она характерна для большинства эукариотических клеток. Её основная функция – окисление органических соединений и использование освобождающейся при их распаде энергии для генерации энергетического потенциала и синтеза АТФ.

МОТИВ – характерная последовательность нуклеотидов (в ДНК или РНК). Мотивы в белках позволяют найти участки белков, отвечающие за определенные свойства.

Н

НЕЙРОГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ – один из процессов регуляции жизнедеятельности в организме, осуществляемый за счет совместного участия нервных импульсов и переносимых кровью и лимфой веществ (гормонов, а также других нейромедиаторов) в едином регуляторном процессе. Нейрогуморальная регуляция выполняет основную роль в гомеостазе.

НЕЙРОМЕДИАТОРЫ – прямые передатчики нервного импульса, дающие пусковые эффекты (например, изменение активности нейрона, сокращение мышцы, секреция железы).

НЕЙРОМОДУЛЯТОРЫ – вещества, корректирующие и изменяющие эффект нейромедиаторов.

НЕЙРОТРАНСМИТТЕРЫ – биологически активные химические вещества, посредством которых осуществляется передача электрического импульса между нервными клетками, а также от нервных клеток на исполнительные клетки. Нейротрансмиттеры подразделяются на нейромедиаторы и нейромодуляторы.

НЕКРОЗ – патологический процесс, выражающийся в местной гибели ткани в живом организме вследствие какого-либо эндо - или экзогенного повреждения. Некроз проявляется в разрушении белков цитоплазмы, клеточных органелл и гибели всей клетки.

О

ОНТОГЕНЕЗ – процесс индивидуального развития организма от оплодотворения (или от момента отделения от материнской особи при бесполом размножении) и до конца жизни.

ОПЕРОН – функциональная единица генома у прокариот, в состав которой входят гены и единицы транскрипции, кодирующие совместно или последовательно работающие белки и объединенные под одним промотором.

П

ПЕЙСМЕЙКЕРЫ – нервные скопления, генерирующие ритмические импульсы возбуждений, задающие частоту и, как следствие, частоту сокращений органов.

ПЕРИПЛАЗМАТИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО – пространство между цитоплазмой и клеточной мембраной у грамотрицательных бактерий, ограниченное липидным бислоем. Его содержимое принято называть периплазмой. В ней локализован целый ряд ферментов, компонентов электрон-транспортных цепей и систем секреции белков.

ПОЛИМЕРАЗА – фермент, главной биологической функцией которого является синтез полимеров нуклеиновых кислот.

ПРОМОТОР – последовательность ДНК длиной до 80–100 пар нуклеотидов, ответственная за связывание РНК-полимеразы, осуществляющей транскрипцию данного гена.

ПРОТЕАЗЫ (ПРОТЕИНАЗЫ) – ферменты из класса гидролаз, которые расщепляют пептидную связь между белками.

ПРОТЕИНЫ – см. белки.

ПРОТЕОЛИЗ – процесс ферментативного разложения белков.

ПРОТОННЫЙ НАСОС – мембранный белок, осуществляющий перемещение протонов через мембраны клетки, митохондрии или другого внутриклеточного органоида.

Р

РЕКОМБИНАЦИЯ – процесс обмена генетического материала родителей путем разрыва и соединения (перераспределения) разных молекул.

РЕПЛИКАЦИЯ – синтез дочерней молекулы ДНК на основе родительской молекулы ДНК. Происходит в процессе деления клетки. Молекула ДНК дочерней клетки полностью идентична материнской молекуле ДНК.

РИБОСОМА – важнейший немембранный органоид живой клетки, служащий для биосинтеза белка из аминокислот по заданной матрице на основе генетической информации, предоставляемой матричной РНК (мРНК). В эукариотических клетках рибосомы располагаются на мембранах эндоплазматической сети, хотя могут быть локализованы и в неприкрепленной форме в цитоплазме.

С

СЕКВЕСТР – участок омертвевшей ткани, свободно располагающийся среди живых тканей. Это может быть участок кости, легкого, сухожилия, мышцы. Оставаясь в организме, секвестр постоянно поддерживает гнойное воспаление.

СЕКВЕСТРАЦИЯ – процесс отделения секвестра от жизнеспособных тканей.

СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ ТКАНЬ – это ткань живого организма, не отвечающая непосредственно за работу какого-либо органа или системы органов, но играющая вспомогательную роль во всех органах, составляя 60—90 % от их массы. Выполняет опорную, защитную и трофическую функции, состоит из волокон коллагена и эластина. К соединительным тканям относят кровь, лимфу, костную, хрящевую, жировую ткани и др.

Т

ТЕТРАТРИКОПЕПТИДНЫЙ ПОВТОР – структурный мотив. Состоит из 34 вырожденных аминокислот.

ТРАНСКРИПЦИЯ – перенос генетической информации с ДНК на РНК в процессе деления клетки.

ТРАНСПОЗАЗА – фермент, связывающий одноцепочечную ДНК и встраивающий ее в геномную ДНК.

ТРАНСФЕРРИНЫ – белки плазмы крови, осуществляющие транспорт ионов железа в организмах.

ТУРГОР – напряженное состояние оболочки живой клетки. От него зависит способность клетки оказывать сопротивление механическому воздействию.

ТУРГОРНОЕ ДАВЛЕНИЕ – давление внутриклеточного содержимого на клеточную мембрану. Его снижением характеризуются процессы старения клеток.

Ф

ФИБРОБЛАСТЫ – клетки соединительной ткани организма, синтезирующие внеклеточный матрикс.

ФИБРОЦИТЫ – неактивные фибробласты.

ФИЛАМЕНТЫ – белковые нити, являющиеся одним из структурных элементов цитоскелета.

ФИЛОГЕНЕТИКА – область биологической систематики, которая занимается идентификацией и прояснением эволюционных взаимоотношений среди разных видов жизни на Земле, как современных, так и вымерших.

Ц

ЦИТОЗОЛЬ (МАТРИКС ЦИТОПЛАЗМЫ, ГИАЛОПЛАЗМА) – внутриклеточная жидкость, растворимый компонент цитоплазмы. По консистенции приближается к гелю или желе.

ЦИТОПЛАЗМА – внутренняя среда живой или умершей клетки, включающая цитозоль и органеллы, но исключая ядро и вакуоли, ограниченная плазматической мембраной. Основное вещество цитоплазмы – вода. Важнейшая роль цитоплазмы – объединение всех клеточных структур (компонентов) и обеспечение их химического взаимодействия.

ЦИТОСКЕЛЕТ – клеточный каркас или скелет, находящийся в цитоплазме живой клетки. В его функции входят поддержание и адаптация формы клетки к внешним воздействиям, экзо- и эндоцитоз, обеспечение движения клетки как целого, активный внутриклеточный транспорт и клеточное деление. Цитоскелет образован белками, из структурных элементов выделяют микротрубочки (полые внутри цилиндры диаметром 25 нм), а также микрофиламенты и промежуточные филаменты (белковые нити).

ЦИТОХРОМЫ – см. гемопротейны.

Ч

ЧИСТАЯ КУЛЬТУРА – см. аксеничная культура.

Ш

ШАПЕРОНЫ – класс белков, главная функция которых состоит в восстановлении правильной нативной третичной или четвертичной структуры белков, а также в образовании и диссоциации белковых комплексов.

ШТАММ – чистая культура вирусов, бактерий, других микроорганизмов или культура клеток, изолированная в определенное время и в определенном месте.

Э

ЭКЗОЦИТОЗ – у эукариот клеточный процесс, при котором внутриклеточные мембранные пузырьки (внутриклеточные везикулы) сливаются с внешней клеточной мембраной. При этом содержимое везикул выделяется наружу, а их мембрана сливается с клеточной мембраной.

ЭНДОПЛАЗМАТИЧЕСКИЙ РЕТИКУЛУМ (ЭНДОПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ СЕТЬ, ЭПС) – внутриклеточный органоид эукариотической клетки, представляющий собой разветвленную систему из окруженных мембраной полостей, пузырьков и канальцев. При участии ЭПС происходят трансляция и транспорт белков, синтез и транспорт липидов и стероидов. ЭПС также накапливает продукты синтеза, участвует в создании новой ядерной оболочки после деления клетки, содержит внутриклеточный запас кальция.

ЭНДОЦИТОЗ – процесс захвата внешнего материала клеткой. В результате клетка получает для своей жизнедеятельности материал, иначе не проникающий через липидный слой клеточной мембраны.

ЭПИФИЗ (ШИШКОВИДНАЯ ИЛИ ПИНЕАЛЬНАЯ ЖЕЛЕЗА) – небольшое образование, расположенное у позвоночных под кожей головы или в глубине мозга. Функционирует либо в качестве воспринимающего свет органа, либо как железа внутренней секреции, активность которой зависит от освещенности. У некоторых видов позвоночных обе функции совмещены.

Я

ЯДЕРНАЯ ЛАМИНА – представляет собой густую сеть, выстилающую внутреннюю мембрану изнутри. Она состоит из промежуточных филаментов и взаимодействующих с ними белков. Ламина необходима для сохранения целостности ядра.

ЯДЕРНАЯ ОБОЛОЧКА – мембранный барьер, отделяющий ядро от цитоплазмы.

ЯДРО – один из структурных компонентов эукариотической клетки. Ядро является хранилищем генетической информации, а также местом, где этот материал функционирует и воспроизводится.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бинги В. Н., Савин А. В.* Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы // УФН. 2003. 173(3). С.265–300.
2. *Бинги В. Н., Миляев В. А., Чернавский Д. С., Рубин А. Б.* Парадокс магнитобиологии : анализ и перспективы решения // Биофизика. 2006. Т. 51, вып. 3. С.553–559.
3. *Бинги В. Н., Рубин А. Б.* Фундаментальная проблема магнитобиологии // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2007. № 24. С.63–76.

4. *Медведев Б. А., Дронкин А. С., Листратова Е. С.* Методический аспект проблемы кТ в магнитобиологии // Проблемы оптической физики и биофотоники. SFM-2015 : Материалы 3-го Междунар. симпозиума и 19-й Междунар. молодежной науч. шк. «Saratov Fall Meeting 2015». Саратов : Новый ветер. 2015. С. 125–130.

5. *Бинги В. Н.* Стохастическая динамика магнитных наночастиц и механизм биологической ориентации в геомагнитном поле // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2005. № 6. С. 23–27.

6. *Холутов Г. Б.* О возможной роли ионов железа в изменениях состава комплексов ДНК и их магнитных свойств в процессах клеточного цикла // Биофизика. 2004. Т. 49, № 1. С. 140–144.

7. *Dennis A. B., Schüller D.* Biomineralization and Assembly of the Bacterial Magnetosome Chain // Microbe. 2009. Vol. 4, № 3. С. 124–130

8. *Искусных И. Ю., Попова Т. Н.* Роль магнитосом в нарушении клеточного гомеостаза и развитии патологий // Биомедицинская химия. 2010. Т. 56, вып. 5. С. 530–539.

9. *Сапин М. Р., Бочаров В. Я., Никитюк Д. Б.* Анатомия человека : в 2 т. М. : Медицина, 2001. Т. 1. 640 с.

10. *Сапин М. Р., Бочаров В. Я., Никитюк Д. Б.* Анатомия человека : в 2 т. М. : Медицина, 2001. Т.2. 640 с.

11. *Медведев Б. А., Игнатьев А. А., Маслякова Г. Н., Игнатьева Е. А., Янина И. Ю.* Фотодинамическая терапия и локальная магнитная наногипертермия (русско-английский глоссарий) // Гетеромагнитная микроэлектроника: сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2009. Вып. 7 : Гетеромагнитная микро- и нанозлектроника. Прикладные аспекты. С. 36–69.

12. *Ярыгин В. Н., Васильева В. И., Волков И. Н., Синельщикова В. В.* Биология: в 2 кн. М.: Высш. шк., 2003. Кн. 1. 432 с.

13. *Ярыгин В. Н., Васильева В. И., Волков И. Н., Синельщикова В. В.* Биология: в 2 кн. М. : Высш. шк., 2003. Кн. 2. 334с.

ЭКОНОМИКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 330.322

КЛАССИФИКАЦИЯ РИСКОВ ВЕНЧУРНОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ НАУКОЕМКИХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА МЕЗОЭКОНОМИЧЕСКОМ УРОВНЕ

А. Н. Плотников, Д. А. Плотников

Саратовский государственный технический университет
Россия, 410054, Саратов, Политехническая, 77
E-mail: a.n.plotnikov@mail.ru, dapsstu@mail.ru

Статья посвящена исследованию проблем и рисковому характеру венчурного инвестирования наукоемких высокотехнологичных инновационных предприятий. В ней раскрыты понятия «инвестиция», «инвестирование», «инновация», «риск». Исследованы возможные пути минимизации риска венчурного инвестирования инновационной деятельности наукоемких высокотехнологичных предприятий.

Ключевые слова: инвестиция, инвестирование, инновация, инновационная деятельность, наукоемкое высокотехнологичное предприятие, риск венчурного инвестирования, минимизация риска.

Risk Classification Venture Investment High-Tech Enterprises Meso-economic Level

A. N. Plotnikov, D. A. Plotnikov

The article investigates the risk of venture capital investment high-end technology innovation enterprises. The notions of investment, investment, innovation, risk. Explored possible ways of minimizing the risk of venture capital investment innovation high-tech high-tech enterprises.

Key words: investment, investment, innovation, innovation, knowledge-intensive high-tech enterprise, venture investment risk, risk minimization.

Главными функциями системы венчурного инвестирования наукоемких высокотехнологичных инновационных предприятий на мезоэкономическом уровне являются функция управления и функция минимизации рисков. Инновационная активность предприятий всегда связана с неопределенностью и риском. Этим категориям большое внимание в своих научных трудах уделял исследователь А. Маршалл. Он различал риск индивидуальный и риск предпринимательский, акцентируя внимание на том, что предприниматель в условиях неопределенности и риска руководствуется размерами и возможными колебаниями ожидаемой прибыли [1, с. 23].

Однако А. Маршалл не проводил границ между понятиями «неопределенность» и «риск». Впервые разграничение данных понятий сделал Ф. Найт [2, с. 23–24]. По мнению исследователя, риск – это вероятность наступления какого-либо негативного события, которую можно определить

математическими методами или путем статистической оценки накопленного опыта. Неопределенность же относится к такому роду ситуаций, где не возможны математические вычисления и определение численного значения вероятности.

В научной литературе, посвященной изучению понятия «неопределенность», существует большое количество трактовок. В современном экономическом словаре неопределенность трактуется как «недостаточность сведений и информации об условиях, в которых будет протекать экономическая деятельность предприятия» [3, с. 245].

А. В. Барышевой с соавторами неопределенность рассматривается как «неясная, точно неизвестная обстановка, неполнота или неточность информации» [4, с. 262]. В. А. Чернов трактует понятие «неопределенность» как неточное или неполное представление о значениях различных параметров в будущем, связанное с различными причинами, прежде всего, с неполнотой или неточностью информации об условиях реализации действий, в том числе связанных с ними затратах и полученных результатах [5, с. 57]. И наконец, К. Эрроу дает очень краткое, но точное, обобщающее толкование данного понятия: «неопределенность – это неполное и (или) неточное знание о чем-то» [6, с. 98].

По мнению отечественных исследователей А. В. Барышевой, К. В. Балдина и Р. С. Голова [4, с. 262] причинами неопределенности инновационной деятельности являются определенные факторы, которые можно объединить в три группы.

Первая группа факторов – незнание, т. е. неполнота, недостаточность знаний, сведений об экономической среде предприятия, о ее устойчивости и стабильности. Ошибочные ожидания о предполагаемом результате инновационной деятельности.

Вторая группа факторов – случайность. Факторы, входящие в эту группу, характеризуются тем, что будущее событие в схожих условиях происходит неодинаково, т. е. случайно.

Третья группа факторов – неопределенность. Факторы, входящие в эту группу, обусловлены событиями, которые мешают осуществлению инновационной деятельности наукоемких высокотехнологичных предприятий.

В научной литературе существует многообразие определений понятия «риск». Трактовка риска в современном экономическом словаре звучит как «возникновение непредвиденных потерь материальных активов предприятия в связи со случайным изменением условий осуществления деятельности, неблагоприятными обстоятельствами» [3, с. 343].

В. Е. Есипов, Г. А. Маховикова и В. В. Терехова [7, с. 164] под риском инновационной деятельности понимают вероятность возникновения условий, которые могут привести к негативным последствиям одного или всех участников инновационной деятельности предприятия.

На наш взгляд, приведенные выше трактовки понятия риска определяют лишь причину его возникновения. При соприкосновении с риском в процессе деятельности предприятия существует три варианта получения результатов:

- со знаком «+» (прибыль, доход, любая другая выгода наукоемкого высокотехнологического предприятия);
- со знаком «-» (убытки, ущерб, потери наукоемкого высокотехнологического предприятия);
- со знаком «0» (отсутствие убытков и прибыли).

На сегодняшний момент в научной литературе, посвященной венчурному инвестированию, не представлено единой общепринятой классификации рисков, поскольку каждый исследователь изучает свою тематику и применяет риски непосредственно к области своего исследования. В этой связи имеется большое количество подходов к классификации рисков венчурного инвестирования, в частности относительно:

- венчурного инвестирования наукоемкого высокотехнологического инновационного предприятия;
- степени и уровня влияния каждого отдельно взятого риска наукоемкого высокотехнологического инновационного предприятия (проекта) на риски инвестора, осуществляющего венчурное инвестирование;
- уровня исследования венчурного инвестирования (субъект Российской Федерации, отрасль, предприятие).

По мнению исследователя Е. Н. Дудыкиной [8, с. 12], риски венчурного инвестирования наукоемкого высокотехнологического инновационного предприятия можно классифицировать:

- по внешним рискам деятельности наукоемкого высокотехнологического предприятия, которые подразделяются на макроэкономические и рыночные;
- по рискам венчурного проекта по созданию наукоемкой высокотехнологической продукции, разделяющимся на риск проекта, не достигшего логического завершения, и на финансовый, маркетинговый, патентный риски;
- по рискам венчурного фонда, разделяющимся на управленческий, законодательный и риск дефицита времени.

Исследователь А. В. Винников предлагает классифицировать риски относительно венчурного капиталиста [9, с. 25]. По его мнению у венчурного капиталиста могут возникнуть два типа рисков. Первый – это риск потери деловой репутации, заключающийся в том, что при частом, многократном инвестировании в неудачные инновационные проекты наукоемких высокотехнологических предприятий у венчурного капиталиста могут возникнуть различного рода сложности при сборе капитала в венчурный фонд.

Это приведет к потере доверия других партнеров-инвесторов и снижению репутации на рынке венчурного капитала. Второй – это финансовый риск, связанный с частичной или полной потерей капитала.

По мнению А. В. Винникова финансовый риск венчурного капиталиста необходимо разделить на две группы:

– первая включает в себя систематические риски, которые обусловлены внешними факторами и не могут быть управляемыми со стороны наукоемкого высокотехнологичного предприятия. Сюда можно отнести смену политической власти, изменение экономической ситуации в стране и в мире, различные природные катастрофы и т. д. Риски данной группы характерны для всех участников венчурного инвестирования инновационной деятельности наукоемких высокотехнологичных предприятий, в том числе и для венчурных капиталистов. Риски, входящие в данную группу, не зависят от деятельности венчурного капиталиста, они являются неуправляемыми с его позиций, однако он должен предвидеть и учитывать их в своей инвестиционной деятельности;

– вторая включает в себя несистематические риски, которые могут быть управляемы со стороны наукоемкого высокотехнологичного предприятия. Риски данной группы зависят от деятельности конкретного венчурного капиталиста и управленческого состава наукоемкого высокотехнологичного предприятия и обусловлены факторами, которые можно предотвратить за счет эффективного управления. К несистематическим финансовым рискам венчурного капиталиста относятся: риск частичных или полных финансовых потерь; риск снижения доходности инвестиций; риск упущенной выгоды.

Риск финансовых потерь исследователь В. А. Чернов [5, с. 85] определяет как вероятность полной или частичной потери капитала по причине ошибочного выбора объекта инвестирования или неправильной оценки доходности и рисков, присущих данному объекту инвестирования.

А. В. Винников [9, с. 27] называет риском снижения доходности вероятностное уменьшение дохода на вложенный капитал венчурного капиталиста за счет влияния различных инновационных проектных рисков. Он определяет риск упущенной выгоды как вероятностное наступление косвенного ущерба и (или) неиспользование возможности получения прибыли в результате вложения капитала в альтернативные инновационные проекты.

Риски наукоемкого высокотехнологичного инновационного предприятия оказывают влияние на несистематические риски венчурного капиталиста, а также на риск потери его финансовой и деловой репутации. В этой связи они должны исследоваться, оцениваться венчурным капиталистом при принятии управленческого решения о вложении капитала в наукоемкое высокотехнологичное инновационное предприятие.

Исследователь А. С. Абрамян [10, с. 153] группирует риски по отдельным уровням:

- региональный;
- отраслевой;
- отдельное наукоемкое высокотехнологичное инновационное предприятие.

По мнению А. С. Абрамяна [10], на мезоэкономическом уровне инвестиционно-инновационный риск состоит из экономического, инвестиционного, финансового, законодательного, правового, управленческого, социального, политического, экологического, криминального рисков.

Существует необходимость анализа рисков на отраслевом уровне, обусловленная спецификой венчурного инвестирования:

- несанкционированный доступ к конфиденциальной информации наукоемкого высокотехнологичного предприятия;
- отсутствие спроса на наукоемкую высокотехнологичную инновационную *hi-tech* продукцию;
- уменьшение спроса на наукоемкую высокотехнологичную инновационную *hi-tech* продукцию;
- динамичное моральное устаревание *hi-tech* продукции;
- моральное устаревание *hi-tech* продукции к моменту, когда она будет приносить прибыль.

На уровне наукоемкого высокотехнологичного инновационного предприятия необходимо анализировать и учитывать кадровый риск, который выражается:

- в недостатке и уровне квалифицированного персонала;
- в отсутствии мотивации персонала к реализации инноваций на базе наукоемкого высокотехнологичного предприятия, выражающейся в недостатке заработной платы.

Необходимо обратить внимание на то, что на уровне отдельного наукоемкого высокотехнологичного предприятия проявляется риск неправильной организации бизнес-процессов. Для управления и минимизации важен также риск неэффективного менеджмента коммерциализации наукоемкой высокотехнологичной *hi-tech* продукции [11, с. 72].

На наш взгляд, риски венчурного инвестирования наукоемкого высокотехнологичного инновационного предприятия на мезоэкономическом уровне можно классифицировать по следующим признакам (табл. 1) [12, с. 82]:

- по отношению к субъектам венчурного инвестирования наукоемкого высокотехнологичного инновационного предприятия;
- по отношению к процессу венчурного инвестирования наукоемкого высокотехнологичного инновационного предприятия;
- по стадиям процесса венчурного инвестирования наукоемкого высокотехнологичного инновационного предприятия.

*Классификация рисков венчурного инвестирования
инновационной деятельности наукоемкого высокотехнологического предприятия на ме-
зоэкономическом уровне*

Классификационный признак	Группа	Вид риска
По отношению к субъекту венчурного инвестирования наукоемкого высокотехнологического инновационного предприятия	Риски венчурного капиталиста	Потеря финансовой и деловой репутации венчурного капиталиста, частичная или полная потеря инвестированного капитала
	Риски наукоемкого высокотехнологического проекта, реализуемого на базе инновационного предприятия	Научно-технический и технологический, правовое обеспечение проекта и инновационного предприятия, коммерциализация наукоемкой высокотехнологической <i>hi-tech</i> продукции
	Риски регионального венчурного фонда	Временный, управленческий, законодательный
	Риски наукоемкого высокотехнологического инновационного предприятия	Управленческий, организационный, производственный
	Риски региональной государственной власти	Финансовый, управленческий
По отношению к процессу венчурного инвестирования наукоемкого высокотехнологического инновационного предприятия	Внешние (систематические) риски	Социально-экономический, политический, природно-климатический, экологический, криминальный
	Внутренние (несистематические) риски	Финансовый, организационно-управленческий, правовое обеспечение наукоемкого высокотехнологического инновационного предприятия, взаимодействия участников венчурного инвестирования инновационной деятельности
По стадиям венчурного инвестирования наукоемкого высокотехнологического инновационного предприятия	Риски на прединвестиционной стадии инновационной деятельности	Выбор объекта вложения венчурного капитала
	Риск на стадии вхождения венчурного капиталиста и капитала в наукоемкий бизнес	Изменение нормативно-правовых основ инновационного предпринимательства
	Риск на стадии совместной эффективной работы	Управленческий, производственный, коммерческий
	Риск на стадии выхода из наукоемкого высокотехнологического инновационного бизнеса	Финансовый, временный

В нашем понимании по признаку отношения к субъекту венчурного инвестирования риски можно разделить на риски венчурного капиталиста, наукоемкого высокотехнологичного инновационного проекта, регионального венчурного фонда, наукоемкого высокотехнологичного инновационного предприятия. Риски венчурного капиталиста можно разделить на риски-потери финансовой и деловой репутации, а также риски частичной или полной потери венчурного капитала. Данные виды риска тесно взаимосвязаны между собой, поскольку потеря финансовой и деловой репутации, как правило, связана с потерей капитала.

Риски наукоемкого высокотехнологичного инновационного проекта многоаспектны. К ним относятся:

- риски научно-технической деятельности, которые могут быть связаны с отрицательными результатами научно-технической работы, наукоемких высокотехнологичных разработок, отрицательными отклонениями параметров инновационных работ, некомпетентностью персонала, несоответствием сотрудников предприятия требованиям инновационного проекта, отклонениями в сроках реализации наукоемкого инновационного проекта, возникновением различного рода научно-технических проблем, связанных с созданием высокотехнологичных *hi-tech* продуктов;

- риски правового обеспечения наукоемкого высокотехнологичного инновационного проекта. К ним относятся недостаточно надежная патентная защита, ошибочный выбор территориальных рынков патентной защиты, ограничение в сроках патентной защиты, появление патентно-защищенных конкурентов, запаздывание патентной защиты;

- коммерческие риски наукоемкого высокотехнологичного инновационного проекта. К ним относятся отсутствие поставщиков необходимого сырья и ресурсов для выполнения инновационного проекта, некомпетентная работа поставщиков по срокам и качеству поставок, необходимых для инновационного проекта.

К рискам регионального венчурного фонда можно отнести [13, с. 82]:

- дефицит времени на формирование необходимого объема венчурного капитала;

- затрудненный поиск инвесторов;

- решение большого количества организационных вопросов;

- проблему четкого и эффективного взаимодействия коллективных инвесторов и региональной власти;

- неожиданное изменение нормативно-правовых актов, связанных с венчурным инвестированием.

Риски наукоемкого высокотехнологичного инновационного предприятия разделим на три вида:

- *управленческие риски* – связаны с недостатками выстроенной системы менеджмента на данном предприятии;

- *производственные риски* – могут быть связаны с несоответствием технического уровня производства наукоемкого высокотехнологичного

предприятия техническому уровню инновационного проекта, несоответствием персонала предприятия требованиям инновационного производственного процесса по созданию *hi-tech* продукции;

– *организационные риски* – связаны с функционированием прежних устаревших методов организации труда и производства.

Риски управленческого центра венчурного инвестирования на мезоэкономическом уровне – региональной власти – можно определить как риски финансовые, т. е. получение прибыли не в полном объеме, отсутствие прибыли или понесенные убытки бюджета субъекта РФ, и управленческие, которые возникают при неправильном управлении в системе венчурного инвестирования наукоемких высокотехнологичных предприятий.

По отношению к процессу венчурного инвестирования наукоемких высокотехнологичных предприятий риски можно подразделить на внешние (систематические), которые не зависят от действий участников процесса венчурного инвестирования инновационной деятельности, и внутренние (несистематические), на которые участники процесса воздействуют непосредственным образом.

К внешним относятся экономические, политические и социологические риски в стране и в целом на планете Земля, а также негативные природно-климатические факторы различной природы.

К внутренним можно отнести практически все риски участников (субъектов) процесса венчурного инвестирования (венчурный капиталист, инновационно-инвестиционный проект по созданию *hi-tech* продукции, региональный венчурный фонд, наукоемкое высокотехнологичное инновационное предприятие), а также риски, связанные с взаимодействием участников процесса венчурного инвестирования.

По нашему мнению, чрезвычайно важно выявить возникающие риски, влияющие на конкретные стадии процесса венчурного инвестирования наукоемких высокотехнологичных предприятий.

Основные риски на прединвестиционной стадии связаны с риском выбора объекта вложения венчурного капитала.

Риск на стадии входа в наукоемкое высокотехнологичное предприятие связан с изменением нормативно-правовых основ венчурного инвестирования и приоритетных направлений деятельности инновационных предприятий.

Риски на стадии совместной эффективной работы можно разделить на управленческие (неэффективное руководство инвестиционно-инновационным проектом по созданию *hi-tech* продукции и наукоемким высокотехнологичным предприятием), производственные, связанные с освоением новых высокотехнологичных линий производства, и коммерческие, нацеленные на коммерциализацию наукоемкой высокотехнологичной *hi-tech* продукции.

Риск на стадии «выхода» из венчурного проекта и соответственно из наукоемкого высокотехнологичного предприятия связан, прежде всего, с временным и финансовым рисками, что характеризует временной параметр совместной эффективной работы и финансовой отдачи от данной деятельности.

В целях осуществления эффективного венчурного инвестирования инновационной деятельности наукоемких высокотехнологичных предприятий на мезоэкономическом уровне необходимы эффективное управление и минимизация рисков. Управление рисками венчурного инвестирования, по нашему мнению, состоит в упреждающем выявлении связанных с риском опасностей, факторов и принятии соответствующих мер по снижению отрицательных и увеличению положительных результатов инвестирования. Главным элементом системы венчурного инвестирования наукоемких высокотехнологичных инновационных предприятий является процесс оптимального распределения ресурсов на минимизацию или исключение различных видов рисков.

Управление рисками венчурного инвестирования наукоемких высокотехнологичных предприятий должно включать решение следующих задач:

- оценка рисков;
- принятие управленческих решений, связанных с осуществлением инновационной деятельности в условиях неопределенности и риска;
- принятие мер по минимизации рисков;
- управление изменениями, связанными с реализацией инновационной деятельности.

Основным этапом управления и минимизации риска является его оценка. В ходе оценки риска исследуются факторы, повлекшие его возникновение. Выделим субъективные и объективные факторы возникновения риска. К субъективным факторам относятся те, которыми можно управлять в процессе венчурного инвестирования наукоемких высокотехнологичных предприятий. Это инновационный потенциал, эффективность системы инвестиционно-инновационного менеджмента, эффективность взаимодействия государства и наукоемкого предпринимательства и многие другие факторы. К объективным относятся в основном макроэкономические факторы: инновационная стратегия государства, политическая обстановка, экономическая ситуация, инфляция, ставка рефинансирования ЦБ РФ, валютные курсы, таможенные пошлины и многое другое [14, с. 146].

Количественная оценка рисков заключается в определении рисков величины путем умножения вероятности наступления события на размер ущерба, по видам рисков и по созданию наукоемких высокотехнологичных инновационных *hi-tech* продуктов, а также по предприятию в целом. Для данной оценки рисков используются инструменты теории вероятностей и математической статистики. Часто применяемые методы количественной оценки рисков – это оценка чувствительности и метод различных сценариев.

Целью проведения оценки чувствительности является определение степени влияния варьируемых факторов рисков на результат инвестиционно-инновационного проекта. Результаты проекта характеризуются критериями проектной эффективности, которыми являются:

- чистая текущая стоимость *NPV (Net Present Value)*;
- дисконтированный срок окупаемости *DPB (Discounted Pay-Back Period)*;
- внутренняя норма доходности *IRR (Internal Rate of Return)*;
- индекс доходности *PI (Profitability Index)*.

В ходе оценки чувствительности последовательно определяется влияние одного варьируемого фактора риска на эффективность инвестиционно-инновационного проекта при сохранении в неизменном состоянии всех остальных факторов.

При проведении оценки сценариев определяется воздействие на критерии эффективности инвестиционно-инновационного проекта одновременного изменения всех основных переменных наукоемкого проекта, характеризующих его доходность. При этом рассматриваются три основных сценария:

- реалистический (наиболее вероятный);
- оптимистический;
- пессимистический.

На основе оценки факторов, образующих риск, определяются, обосновываются и реализуются меры по минимизации и исключению риска путем воздействия на группу субъективных факторов.

В целях создания эффективной системы управления рисками венчурного инвестирования наукоемких высокотехнологичных предприятий необходимо использовать методы воздействия на факторы, минимизирующие риски. Некоторые методы управления риском и его минимизации представлены в табл. 2.

К методам воздействия на вероятность возникновения и размер риска относятся защита и активное воздействие на риск. Опережающая защита объекта включает патентование, устранение технических неполадок в линии инновационного производства, обучение и повышение квалификации персонала, подготовку рынка и потребителей, необходимость использования инноваций.

К методам воздействия на определение и предсказуемость риска можно отнести метод улучшения информационного обеспечения инновационной деятельности наукоемкого высокотехнологичного предприятия.

Методы, направленные на устранение причины возникновения риска, необходимы для воздействия на группу факторов, которыми можно управлять. Воздействие на объект риска предполагает повышение его рискоустойчивости.

Превентивные методы минимизации риска и его управления создают условия, чтобы опасность наступления негативных событий не реализовывалась. Посредством репрессивных методов стремятся своевременно и адекватно отреагировать на свершившийся риск.

Методы управления риском и его минимизацией в процессе инвестирования инновационной деятельности наукоемких высокотехнологичных предприятий

Классификация рисков венчурного инвестирования	Метод
По направлению воздействия на параметры риска	Воздействие на вероятность появления, предсказуемость и величину риска
По объекту воздействия на среду риска	Воздействие на объект, источник и эффект риска
По воздействию на элемент системы инвестиционно-инновационного проекта по созданию <i>hi-tech</i> продукции	Воздействие на предприятие, непосредственно на проект и на сам риск
По превентивности	Репрессивный, превентивный
По масштабу воздействия	Точечный, спектральный
С точки зрения направленности воздействия	Косвенный, прямой
По времени реализации эффекта от воздействия	Без задержки, с отсроченным эффектом
По сущности достигаемого эффекта	Направленный на оптимизацию и минимизацию риска

Спектральные методы управления риском направлены на совокупность рисков. Точечные методы минимизации и управления воздействуют на конкретный риск или объект.

Прямые методы влияют на конкретно выбранный объект, а косвенные еще и на некоторые сопутствующие риски.

Методами управления риском с задержкой эффекта являются все превентивные методы, к примеру, страхование риска, при котором предполагается разрыв между временем наступления риска и получением компенсации.

Методы, минимизирующие риски, нацелены на их снижение. Целесообразно минимизировать риски, связанные с работой наукоемкого высокотехнологичного оборудования, деятельностью персонала инновационного предприятия, передачей информации.

В процессе оптимизации риска рассматривается совместное проявление параметров возникновения неблагоприятных ситуаций и возможных колебаний ожидаемой прибыли. При оптимизации решается задача о приемлемости соотношения между потенциальной прибылью и уровнем риска.

Традиционно методами минимизации риска в процессе венчурного инвестирования наукоемких высокотехнологичных инновационных предприятий считаются тщательный отбор инновационных проектов для инвестирования, ступенчатая форма финансирования, подразумевающая финан-

сирование каждого следующего этапа развития инновационного проекта, которое происходит исключительно при достижении запланированных результатов на предыдущем этапе, диверсификация по элементам инновационного проекта, опыт и знания венчурных капиталистов, способных дать полную, точную, реалистичную оценку соотношения доходности и риска.

Таким образом, предложенная нами классификация рисков позволила подойти к процессу венчурного инвестирования наукоемкого высокотехнологического инновационного предприятия путем формирования структурированной системы. Данная система имеет генеральную цель и большое количество специфических задач. Действенное функционирование системы венчурного инвестирования наукоемкого высокотехнологического инновационного предприятия оказывает существенное влияние на минимизацию рисков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Маршалл А.* Принципы экономической науки : в 3 т. Т. 2. М. : Прогресс, 1993. 310 с.
2. *Найт Ф.* Понятие риска и неопределенности // Альманах : теория и исследования экономических и социальных институтов и систем. М., 1994. Вып. 5. С. 23–24.
3. *Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б.* Современный экономический словарь. 3-е изд., переаб. и доп. М. : ИНФРА-М, 2002. 480 с.
4. *Барышева А. В., Балдин К.В., Голов Р.С.* Инновации : учеб. пособ. / под общ. ред. д.э.н., проф. А. В.Барышевой. 2-е изд. М. : Дашков и К, 2008. 680 с.
5. *Чернов В. А.* Анализ коммерческого риска. М. : Финансы и статистика, 1998. 127 с.
6. *Эрроу К.* Информация и экономическое поведение // Вопр. экономики. 1995. № 5. С. 98–107.
7. *Есипов В. Е., Маховикова Г.А, Терехова В.В.* Экономическая оценка инвестиций. СПб. : Вектор, 2006. 288 с.
8. *Дудыкина Е. Н.* Управление венчурным инвестированием малых инновационных предприятий в российских условиях : автореф. дис. ... канд. экон. наук. Волгоград, 2008. 26 с. URL : <http://do.gendocs.ru/docs/index-127137.html> (дата обращения : 14.05.2013).
9. *Винников А.В.* Классификация рисков и методы управления рисками венчурных фондов // Транспортное дело России. 2008. № 1. URL : http://morvesti.ru/archive/tdr/element.php?IBLOCK_ID=66&SECTION_ID=1388&ELEMENT_ID=2924 (дата обращения : 17.02.2015).
10. *Абрамян А. С.* Развитие венчурного инвестирования в предпринимательских структурах // Управление экономическими системами. 2012. № 4. URL : <http://www.uecs.ru/uecs40-402012/item/1219-2012-04-05-05-43-17> (дата обращения 16.09.2012).
11. *Волкова М. В., Плотников А. Н., Плотников А. П., Плотников Д. А., Пчелинцева И. Н.* Теоретико-методологические основы развития системы венчурного инвестирования инновационной деятельности на мезоэкономическом уровне. Саратов : КУБиК, 2014. 177 с.
12. *Плотников А. Н., Волкова М. В., Плотников Д. А.* Модели венчурного инвестирования и организационные схемы их функционирования // Инновационная деятельность. 2013, № 2 (25). С. 75–87.

13. Плотников А. Н. Источники инвестирования инноваций на предприятии // Инновационная деятельность. 2013, № 1 (24). С. 81–84.

14. Плотников А. Н., Волкова М. В. Перспективы развития венчурного инвестирования в России // Изв. Саратов. ун-та. Новая сер. 2013. Т. 13. Сер. : Экономика. Управление. Право, вып. 2. С. 144–148.

УДК 33.338.1

НЕОБХОДИМОСТЬ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИИ

С. П. Бесчастнов

Саратовский государственный технический университет
Россия, 410054, Саратов, Политехническая, 77
E-mail: Serega-beschastnov@yandex.ru

Статья посвящена рассмотрению вопроса о роли государства в инвестировании инновационной деятельности в российской экономике, выявлению недостатков государственного инвестирования инновационной деятельности и постановке задач для его улучшения.

Ключевые слова: инвестирование, инновация, инновационная деятельность, государство, экономика, инновационная модель, экономический рост.

The Need for State Support of Innovation Activity in Russia

S. P. Beschastnov

The article considers the question the state's role in investing in innovation in the Russian economy, identifying shortcomings of public investment innovation and setting targets for improvement.

Key words: investment, innovation, innovative activity, the state, the economy, innovative model of economic growth.

В настоящее время в условиях мирового финансового кризиса одним из основных факторов экономического развития страны является достижение ее конкурентоспособности на мировом рынке, которая зависит, в первую очередь, от внедрения и разработки крупных инновационных проектов. Поэтому инновациям отводится одна из главных ролей в вопросе развития экономики страны. Инновационный путь развития экономики страны обязывает искать новые подходы к достижению научно-технического потенциала, одним из которых является умение использовать современные финансовые механизмы и инструменты для привлечения инвестиций в высокотехнологичную сферу экономики.

Последствия мирового финансового кризиса не только влияют на уровень производства, персонал крупных компаний и ставки кредитований, но и оказывают отрицательное воздействие на развитие венчурного инве-

стирования Российской Федерации. Таким образом, повышение процентных ставок по кредитованию и снижение уровня производства делают непривлекательным отечественный рынок для инвестирования.

В настоящее время экономика России находится не только в условиях мирового финансового кризиса, но и под давлением экономических и политических санкций, затрагивающих все отрасли промышленности страны. Россия вынуждена перестраивать все свои экономические модели развития, переходить к импортозамещающим технологиям и использовать внутренние источники роста, включая финансовые ресурсы. Данные обстоятельства, на мой взгляд, можно использовать как катализатор для развития венчурного инвестирования инновационной деятельности страны, что, в свою очередь, заставит крупных предпринимателей тщательней подходить к выбору ликвидных инновационных проектов и их реализации.

Сегодня в условиях перехода экономики страны на инновационный путь развития государство должно выполнять, прежде всего, функции управления, регулирования и поддержки, которые в дальнейшем обеспечат технологический прогресс общества. Именно государство должно стимулировать общество к созданию новых изобретений, способствующих ускорению процесса развития, а также выделить ресурсы, необходимые для реализации новых инновационных проектов в условиях финансового кризиса.

Создание чего-то нового всегда рискованно, и заранее предугадать результат очень сложно. Для внедрения новых технологий необходимы большие финансовые затраты, следует проработать немалое количество инновационных научных идей, которые, как правило, не являются привлекательными для частного бизнеса, ориентированного зачастую на получение высокой прибыли за короткий срок.

Как показывает практика таких стран как США, Япония, Германия тесное партнерство государства и частного бизнеса позволяет добиться положительных результатов при образовании конкурентоспособного бизнеса [1].

В настоящее время в стране рыночные механизмы функционируют не полностью, хотя Россия в рыночную экономику вошла порядка двадцати лет назад. Сегодня до сих пор нет крупных наукоемких предприятий, венчурное инвестирование находится на стадии развития, хотя за рубежом оно давно уже развито. Эти недостатки явно мешают создавать инновационные системы и другие механизмы, а также указывают на важную роль государства в вопросах развития и поддержки инновационной деятельности [2].

Инновационная деятельность является одним из важных факторов экономического роста. Для реализации инвестиционных процессов от государства, предприятий и частных лиц требуется задействование финансовых, информационных, материальных и других ресурсов. Инвестиции должны рассматриваться, прежде всего, как катализатор научных исследований. Для этого необходимо наличие сформированной на основе инноваций модели финансирования экономического роста, которая обеспечит развитие сектора экономики на фоне достижений научно-технического прогресса, а также формирование структуры общественного производства [3].

Инвестирование инновационного сектора экономики должно заключаться не только в инвестировании процесса разработки и внедрении инноваций в производство, но и в инвестировании самого процесса производства и проведении его технического усовершенствования. В случае невыполнения этих условий инновации обречены на провал.

Инновационный путь развития производства, альтернативы которому не существует, является одним из решений таких вопросов, как повышение экспортного потенциала, конкурентоспособности продукции, привлечение инвестиций, а также иных актуальных вопросов развития, стоящих и перед регионами и страной [4].

Сейчас на первое место выходит фактор роста эффективности ресурсов на базе инноваций, что обуславливается формированием концепций инновационного типа экономического роста. Все развитые страны уже перешли на данный тип роста. Он основан на создании и потреблении продуктов высоких технологий, а не на производстве материальных благ. Основным источником такого типа роста являются инновации [5].

Отсюда следует, что инвестирование инновационной деятельности должно способствовать экономическому росту России и формированию инновационной экономики. Основными направлениями этого развития являются:

- рост объемов финансирования и инвестирования НИОКР, а также модернизация существующих технических механизмов;
- использование косвенных методов финансовой поддержки инноваций, к которым относятся налоговые льготы, лизинг, целевое кредитование, государственные гарантии и др.;
- формирование и развитие инновационных кластеров, в дальнейшем финансируемых государством и иностранными инвесторами.

Большинство специалистов считают, что в условиях мирового финансового кризиса основная роль инвестирования инновационной деятельности должна отводиться преимущественно государству. Однако главные принципы государственной политики инвестирования инновационной деятельности до сих пор так и не были сформулированы на законодательном уровне, а все мероприятия государственной поддержки, которые были направлены на прямую поддержку инновационной деятельности, в конечном итоге не дали ожидаемого результата. Основные причины данного обстоятельства [6]:

- реализация государственной политики в вопросах поддержки инновационной деятельности происходила посредством финансирования научных организаций, которые не обладали деловыми связями с частным бизнесом в вопросах инновационного развития региона и страны в целом;
- концентрация бюджетных ресурсов государства на «стратегически важных направлениях» технологического развития страны. Финансовая поддержка оказывалась только тем проектам, которые были важны для экономики страны;

– отсутствие диалога между государством и частным бизнесом, что привело к разночтениям в вопросах государственного содействия инновациям.

Однако в современном мире развитие инновационной деятельности в мировой экономике отличается от российской тем, что вложения в науку и создание новых технологий и новшеств не являются обязанностью государства. В мировом сообществе участие государства в инвестировании инновационной деятельности с каждым годом снижается, все больше эту роль начинают выполнять частные инвесторы. По предварительной оценке специалистов до 70% затрат на науку в развитых странах производится частным сектором экономики [7].

В настоящее время в России основное направление инвестирования инновационной деятельности смещается в сторону частного инвестирования. Крупные предприятия переходят на систему самофинансирования инноваций. Как правило, предприятия стараются уйти как от государственной поддержки, так и от иностранной. Основными источниками конкурентоспособности становятся нематериальные активы и все конструкторские разработки.

По сравнению с мировыми показателями объем финансирования науки в России не соответствует потребностям ее развития. Доля затрат в Российской Федерации на исследования в ВВП значительно ниже, чем в таких развитых странах, как Франция, Германия и др. Низкий уровень инвестирования инновационной деятельности является причиной сокращения материальных и технических ресурсов. Доля научных кадров сократилась почти в 2,5 раза. Основным источником финансирования инновационной деятельности так и остается государство, которое, в свою очередь, проявляет низкую инвестиционную активность бизнеса. Объемы инвестирования инновационной деятельности в 3 раза меньше, чем в мировом сообществе, и с каждым годом наблюдается их сокращение [8]. Расходы на НИОКР сегодня в Российской Федерации составляют порядка 0,9% ВВП.

Еще одной из проблем инвестирования инновационной деятельности является недоверие инвесторов к любым начинаниям предприятий в области инновационной деятельности. Отсюда следует, что России просто необходимо повышение привлекательности для инвесторов, перераспределение внутренних инвестиций, а также проведение комплекса мероприятий по модернизации экономики страны, технологическому переустройству производств, которые в первую очередь нуждаются в инвестировании инновационной деятельности.

В настоящее время в России созрела потребность в формировании инновационного рынка, и именно государство должно определить основные стратегические приоритеты инновационных инвестиций. Инвестиционная политика государства должна иметь социальноориентированную направленность [9].

Одним из основных направлений развития российской экономики является повышение конкурентоспособности промышленности за счет подъема наукоемких отраслей производства и технологического переоснащения [10]. В условиях мирового финансового кризиса стране просто необходимо в полном объеме использовать свои производственные мощности.

Источником финансирования инноваций являются средства предприятий и средства госбюджета [11]. Система кредитования инвестирования инновационной деятельности предприятий практически не используется. Порядка 60% предприятий на территории Российской Федерации имеют негативный опыт общения с инвесторами.

Большая часть промышленных предприятий на территории Российской Федерации ориентирована на потребление российского инновационного продукта и находится в ожидании инноваций от российских НИИ и КБ.

Недостаток денежных средств – это один из основных факторов, который препятствует инновациям в промышленности России [12]. Основным методом стимулирования науки для повышения доли инвестирования инноваций на территории Российской Федерации со стороны государства должны стать налоговые льготы. За счет налоговой экономии увеличивается размер финансирования мероприятий научно-технического прогресса, что способствует обновлению производственного оборудования на новой технологической основе, а также внедрению новых видов продукции. К сожалению, половина предприятий не пользуется льготами, которые им предоставляют для развития промышленности. Слабый менеджмент на сегодняшний день является отрицательной чертой всей российской экономики. Различные организации могли бы решить многие свои проблемы, если бы использовали все финансовые рычаги, которые предоставляет им экономический механизм.

Следовательно, для улучшения инновационно-инвестиционного положения в Российской Федерации государство, на мой взгляд, должно решить следующие задачи:

- определить основные приоритеты развития инновационной сферы для реализации инновационных проектов, технологий, которые впоследствии будут способствовать повышению эффективности производства и повысят конкурентоспособность российской экономики. Такими приоритетами являются индустрия наносистем, энергосбережение, транспортные и космические системы, телекоммуникационные системы, рациональное природопользование, а также борьба с терроризмом;

- разработать комплексный подход для решения задач инновационного развития, а также для реализации государственной инвестиционной программы инновационной деятельности. Сюда необходимо отнести создание и развитие инновационной инфраструктуры, совершенствование методов государственного содействия коммерциализации результатов исследований и инновационных разработок, а также развитие малого наукоемкого производственного бизнеса;

– сохранить и развить научный и производственный потенциал фундаментальной науки, а также систему подготовки кадров, необходимую для дальнейшего эффективного развития науки. Нужна целевая подготовка кадров в вузах в интересах развития перспективных направлений инновационного развития промышленности Российской Федерации;

– обеспечить благоприятные условия для финансирования инновационной деятельности, развития венчурного и инвестиционного предпринимательства. Государство должно принимать участие в развитии малого инновационного бизнеса в виде финансово-кредитной поддержки инновационных разработок, обеспечения заказов инновационной продукции, а также введения налоговых льгот для инновационных предприятий.

Решение перечисленных задач позволит не только модернизировать научно-техническую базу российских предприятий, но и поднять конкурентоспособность российской экономики на новый уровень.

Таким образом, активная роль государства в инвестировании инновационной деятельности будет способствовать созданию условий, необходимых для успешного развития экономики России в современных реалиях. Это, в свою очередь, должно способствовать техническому, социально-экономическому росту общества. Будут создаваться новые предприятия, новые виды продукции, которые помогут России перейти на импортозамещающие технологии и в полной мере использовать внутренние финансовые источники страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гукасян Г. М., Маховикова Г. А., Амосова В. В.* Экономическая теория. Учебник и практикум : учебник по экономическим направлениям и специальностям. М. : Юрайт, 2015. 573 с.
2. *Гретченко А. А.* Роль государства в инновационном развитии России // Экономические науки. 2010. № 7. С. 62–67.
3. *Филатов Ю. Н.* Развитие инновационной составляющей инвестиционной деятельности // Вестн. ТГУС. 2008. Сер. Экономика. Вып. 3. С. 271–276.
4. *Рахманов Р. Т.-О.* Инвестиционное обеспечение инновационной деятельности в регионе // Вестн. КГУ им. Н. А. Некрасова. 2010. № 3. С. 351–353.
5. *Кузьмина Л. А.* Инновационный процесс им качество экономического роста // Вестн. КГУ им. Н. А. Некрасова. 2010. № 4. С. 381–385.
6. *Евтушенков В. П.* Инновации и инвестиции : две стороны одной медали // Россия в глобальной политике. 2010. № 6. С.24–29.
7. *Одинцов С. В.* Место и роль интеллектуального капитала предприятия в современном мире // Промышленность России. 2002. № 10. С. 87–94.
8. *Филатов Ю. Н., Климентьева Е. С., Чабуркина Т. В.* Проблемы активизации инновационной деятельности в Российской Федерации // Вестн. ТГУС. 2008. Сер. Экономика. Вып. 3. С. 287–294.
9. *Евсикова Т. И., Мавриди К. П., Рубина Р. Я.* О принципах формирования инвестиционной политики в промышленности Российской Федерации // Реформирование системы управления на современном предприятии : сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф. Пенза. Июнь 2004 г. Пенза : Изд-во ?. 2004. С. 85–87.

10. *Яковлева Т. В.* Инвестирование в инновации // Состояние и пути развития экономики регионов России в 21-м столетии : материалы Всерос. науч.-практ. конф. Тамбов. 26–27 мая 2003 г. Тамбов : Изд-во ?. 2003. В ? ч. Ч. 2. С. 195–198.

11. *Стальченко А. Ю.* Организационно-экономические механизмы венчурного инвестирования инновационной деятельности : автореф. дис. ... канд. экон. наук. М., 2003. 23 с.

12. *Тодосийчук А. В.* Налоги и кредит в механизме стимулирования инновационного развития // Экономика и коммерция. 2004. № 3/4. С. 43–52.

13. *Плотников Д. А., Плотников А. Н.* Методологические основы формирования, современное состояние и тенденции развития системы инвестирования инновационной деятельности наукоемких высокотехнологичных предприятий. Саратов : КУБиК, 2015. 145 с.

14. *Мызрова О. А.* Формирование регионального инновационного машиностроительного кластера как перспектива социально-экономического развития России // Актуальные проблемы экономики и управления в современном обществе : материалы ежегодной всерос. междунар. науч.-практ. конф. Пермь. 17 ноября 2011 г. Пермь : Пермский институт экономики и финансов. 2011. С. 239–241.

15. *Мызрова О. А., Александрова А. В.* Проблемы становления инновационного общества в России // Инновационное общество : общественно-политические, естественнонаучные, социально-экономические, промышленно-производственные проблемы : сб. науч. ст. Саратов : КУБиК, 2011. С. 13–16.

16. *Плотников А. Н., Плотников Д. А., Тюрина В. Ю.* Перспективы использования в России механизма ГЧП для инвестирования инновационной деятельности // Инновации. 2015, № 9. С. 25–36.

УДК 635:135

АНАЛИЗ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ВНЕШНЕТОРГОВЫХ ПОТОКОВ В ГЛОБАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКЕ

Ю. О. Глушкова, Р. Р. Баширзаде

Саратовский государственный технический университет
Россия, 410054, Саратов, Политехническая, 77
E-mail: balomasova@mail.ru, ramila_b@mail.ru

В статье рассмотрены новые подходы к анализу товаропотоков внешнеэкономической деятельности в кризисных условиях, основанные на использовании единого терминологического аппарата внешнеэкономической деятельности и глобальной экономики. Представлены результаты исследования состава и структуры экспортных и импортных потоков в контексте социально-экономического положения стран СНГ. Выявлены закономерности изменения товаропотоков мировой торговли, акцентировано внимание на специфических проблемах организации межстранового взаимодействия в рамках Таможенного союза.

Ключевые слова: Таможенный союз, поток, логистика, анализ, внешнеэкономическая деятельность, экспорт, импорт, цепочки поставок.

Analysis of the Composition and Structure of Foreign Trade Flows in the Global Economy

Y. O. Glushkova, R. R. Bashirzade

In article the new approaches to the analysis of tovaropotok of foreign economic activity in crisis conditions based on use of uniform terms framework of foreign trade activities and global economy are considered. Results of research of structure and structure of export and import streams in the context of economic and social situation of the SNG countries are presented. Regularities of change of tovaropotok of world trade are revealed, the attention is focused on specific problems of the organization of intercountry interaction within the Customs union.

Key words: Customs union, stream, logistics, analysis, foreign economic activity, export, import, chains of deliveries

В рамках ЕврАзЭС сформирована солидная договорно-правовая база многостороннего сотрудничества. 215 договоров и соглашений охватывают самые различные сферы – от торговли, инвестиций, высоких технологий до гуманитарных связей. Установлены единые правила работы на общем рынке с населением более 170 миллионов человек и совокупным экономическим потенциалом, превышающим 4 процента глобального ВВП [1].

Хорошо зарекомендовал себя Антикризисный фонд ЕврАзЭС с капиталом в 10 миллиардов долларов. По его линии в период мирового экономического кризиса странам – членам сообщества оказывалась необходимая помощь в стабилизации государственных финансов.

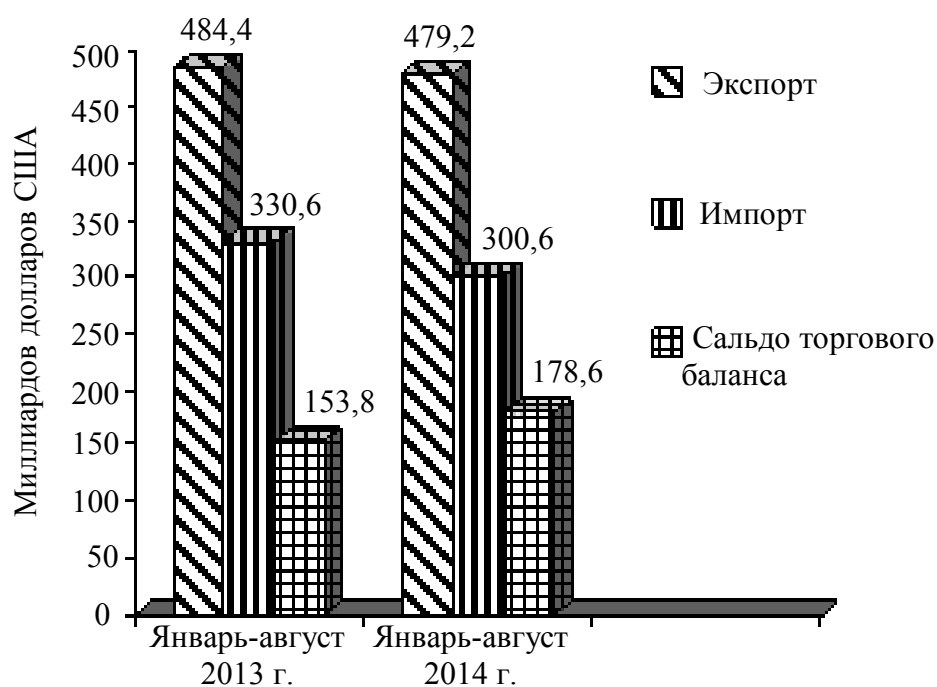
Объемы поставок по внешнеторговым договорам купли-продажи отражаются на социально-экономических показателях страны.

Показатели внешней торговли товарами стран Содружества приведены в табл. 1 и на рисунке.

Таблица 1

**Показатели внешней торговли товарами стран Содружества
(миллиардов долларов США; в текущих ценах)**

Показатели	Январь–август 2013 г.			Январь–август 2014 г.			Январь–август 2014 г. в % к январю–августу 2013 г.		
	всего	в том числе взаимная торговля		всего	в том числе взаимная торговля		всего	в том числе взаимная торговля	
		стран СНГ	стран мира		стран СНГ	стран мира		стран СНГ	стран мира
Внешне- торговый оборот	815,0	166,8	648,2	779,8	146,8	633,0	95,7	88,0	97,7
Экспорт	484,4	86,5	397,9	479,2	78,3	400,9	98,9	90,5	100,8
Импорт	330,6	80,3	250,3	300,6	68,5	232,1	90,9	85,4	92,7
Сальдо торгового баланса	153,8	6,2	147,6	178,6	9,8	168,8	–	–	–



Основные показатели внешней торговли товарами стран Содружества

Общий объем экспортно-импортных операций с товарами стран Содружества представлен в табл. 2.

Таблица 2

Общий объем экспортно-импортных операций с товарами стран Содружества в январе-августе 2014 г. (миллионов долларов США; в текущих ценах)

Страна	Экспорт	В % к январю-августу 2013 г.	Импорт	В % к январю-августу 2013 г.	Сальдо торгового баланса	
					январь-август 2013 г.	январь-август 2014 г.
Азербайджан	15 351,0	96,2	5 613,6	78,7	8 822,6	9 737,4
Армения	962,4	101,1	2 787,5	103,8	-1 733,3	-1 825,1
Беларусь	25 168,8	98,5	26 745,1	93,8	-2 949,2	-1 576,3
Казахстан	53 946,5	94,0	26 508,7	85,3	26 335,5	27 437,8
Кыргызстан	946,8	105,1	3 446,9	93,8	-2 772,2	-2 500,1
Молдова	1 552,8	100,6	3 406,9	96,9	-1 970,4	-1 854,1
Россия	342 885,6	100,6	192 551,5	94,5	137 181,2	150 334,1
Таджикистан	697,2	85,7	3 110,9	119,3	-1 794,4	-2 413,7
Украина	37 679,4	93,2	36 513,6	76,5	-7 301,7	1 165,8

Соотношение экспорта и импорта товаров стран Содружества (в процентах) представлено в табл. 3.

Таблица 3

Соотношение экспорта и импорта товаров стран Содружества (в %)

Страна	Всего		В том числе			
			со странами СНГ		с другими странами	
	январь– август 2013 г.	январь– август 2014 г.	январь– август 2013 г.	январь– август 2014 г.	январь– август 2013 г.	январь– август 2014 г.
Азербайджан	224	273	51	43	279	в 3,4 р.
Армения	35	35	31	28	37	37
Беларусь	90	94	92	90	87	100,6
Казахстан	185	204	51	55	в 3 р.	в 3,1 р.
Кыргызстан	25	27	29	25	20	30
Молдова	44	46	56	56	38	42
Россия	167	178	181	201	165	175
Таджикистан	31	22	12	14	48	30
Украина	85	103	88	85	83	113

Прокомментируем представленные выше статистические данные в контексте логистических потоков глобальной экономики, мощность и состав которых во многом определяются динамикой экспорта, импорта, внешнеторгового оборота.

В 2013 году российская экономика характеризовалась резким снижением темпов роста, которые не превысили 1,5%, т. е. оказались более чем вдвое ниже, чем годом ранее, и в пять раз ниже, чем до кризиса (2000–2007 гг.). По темпам роста ВВП Россия заметно отставала и от мира в целом, что привело к снижению доли России в мировой экономике, которая составила 2,95% в 2013 г. против 2,99% в 2012 г. с учетом ВВП по паритету покупательной способности (ППС) (здесь и далее статистика ориентируется на текущие обновленные оценки МВФ по 2013 г.).

Интенсивность, товарная и географическая структура международного обмена товарами и услугами, как отмечают Т. В. Макеева и Е. В. Васильева [2], зависят от уровня развития материального производства, сферы услуг, транспортной, кредитно-финансовой и коммуникационной инфраструктуры в странах мирового сообщества. Чем выше технико-

экономическое развитие той или иной страны, чем более развиты ее промышленность и сфера услуг, чем больше в этих секторах экономики высокотехнологических производств, тем большая часть производимых ею товаров и услуг выходит за пределы национальной территории и опосредуется международным обменом, тем больше степень экономической открытости страны [3].

Проведенные изучение и обобщение научных работ, посвященных глобальной экономике [4], позволили сделать вывод о том, что на глобализацию логистики оказывает влияние дальнейшее развитие мировой товарной торговли, которая, в свою очередь, определяется следующими основополагающими закономерностями [4]:

- реальный (в неизменных ценах) объем международной торговли, как правило, растет быстрее, чем реальный объем ВВП и внутренний спрос участвующих в ней стран;

- товарная структура международной торговли в последние десятилетия неуклонно сдвигается в сторону технологически сложных отраслей материального производства. Постепенно вымываются из мирового оборота изделия низкой трудоемкости и ресурсоемкие изделия;

- параллельно с развитием технически сложных изделий стремительно растет международное разделение процесса их изготовления на отдельные стадии и размещение таких стадий в разных странах. Особенно активно такие процессы проявляются в машиностроении, химической, фармацевтической и легкой промышленности. Мир покрывается все более густой сетью производственно-кооперационных связей, втягивающих все страны в глобальную воспроизводственную систему [1]. Уже к 1990 г. более 21% всего экспорта 10 ведущих стран Запада, а также Мексики, Южной Кореи и Тайваня было сопряжено с международной вертикальной специализацией;

- беспрецедентный научно-технический прогресс в последние десятилетия в области транспорта, вычислительной техники и телекоммуникаций, в особенности развитие Интернета и электронной торговли, позволяют предприятиям, с одной стороны, использовать все более удаленные ресурсы, а с другой, – поставлять свою продукцию на все более обширные рынки сбыта. И то и другое способствует ускоренному развитию международного разделения труда и опосредующих его торговых и кредитно-расчетных связей;

- усиление либерализации внешнеэкономических связей и снижение барьеров на пути международного перемещения товаров и услуг.

Перечисленные закономерности проявляются не только на уровне транснациональных корпораций, но и на предприятиях. Приспособление к вызовам и рискам глобализирующейся экономики идет и на уровне предприятий, государственном и международном уровне организаций [3], т. е. предприятия, которые ориентированы на экспорт своей продукции, все чаще рассматривают внешние рынки как единое стратегическое пространство, на котором можно маневрировать в поисках оптимальных рынков сбыта

и наиболее удобных поставщиков необходимого сырья и промежуточных продуктов. В условиях ускорившейся диффузии технологий и растущего уровня образования населения развивающихся стран такие оптимальные решения нередко сопряжены с заменой традиционного экспорта товаров и услуг опосредованным их экспортом в форме прямого зарубежного инвестирования [3].

Обобщая сказанное, по результатам проведенного исследования статистического материала, отражающего мирохозяйственные процессы, формы проявления интернационализации экономики, сформулируем выявленные специфические проблемы глобализации хозяйственной деятельности предприятий как предпосылки их логистизации:

- развитие глобальных процессов в экономике требует решения крупных логистических задач организационного, управленческого, коммерческого, правового характера;

- сложившееся на определенном этапе общественного развития мировое хозяйство, представляющее собой совокупность национальных хозяйств, вызывает необходимость организации сложного взаимодействия взаимозависимых участников глобальных процессов на основе системного подхода, формирования логистических систем на макро-, мезо- и микроуровнях;

- взаимозависимость участников глобальных цепей поставок существенно возрастает в условиях мирового финансово-экономического кризиса, что требует учета в процессе стратегического планирования влияния целого ряда глобальных факторов, относящихся к экологии, миграции, голоду в развивающихся и других странах;

- разнообразие видов внешнеэкономических связей (внешняя торговля, международная специализация и кооперирование производства, научно-техническое сотрудничество, валютно-финансовые отношения) создает проблему реализации этих связей, для решения которой требуются теоретико-методологические и практические разработки относительно развития логистики в направлении ее интеграционности;

- активное включение предприятий России в глобальные цепочки поставки экспортно-импортных грузов предопределяет необходимость антикризисных мер в процессе администрирования логистических систем с учетом влияния мировых рынков.

Одной из важнейших предпосылок развития глобальной логистики с учетом регионального аспекта и антикризисных мер следует считать создание Таможенного союза между Россией, Казахстаном и Белоруссией [5]. Комиссия Таможенного союза ЕврАзЭС, согласовав основные документы будущего союза, объединяющего таможенные территории этих стран, подписала основополагающие документы союза – Таможенный кодекс, договор о едином нетарифном и таможенно-тарифном регулировании и соглашение об организации деятельности комиссии Таможенного союза, реализация которых опирается на логистические принципы.

Таким образом, проведенный анализ состава и структуры потоков внешнеэкономической деятельности, в том числе стран Таможенного союза, показал взаимозависимость участников глобальных цепей поставок, которая существенно возрастает в условиях мирового финансово-экономического кризиса. Это требует исследования процессов интеграции и учета особенностей межстранового взаимодействия по товаропотокам при формировании и функционировании логистической системы ТС, единого подхода к планированию, учету, контролю макроэкономических показателей при управлении, координации и рационализации внешнеторговых связей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Евразийское экономическое сообщество. URL : <http://evrazes.com/news> (дата обращения : 25.09.2015).
2. *Васильева Е. В., Макеева Т. В.* Экономическая теория : Конспект лекций. М. : Юрайт, 2010. 191 с.
3. *Альбеков А. У., Лялюев С. Ю.* Логистическая оценка форм организации материальных потоков в товародвижении // Новые подходы к развитию логистики в формате Россия – член ВТО : отвечая на вызовы. Расширяя возможности : материалы VIII Южно-Российского логистического форума, 12–13 октября 2012 г. Ростов н/Д : Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). 2012. С. 18–23.
4. Корпоративная логистика в вопросах и ответах / Под общ. ред. В. И. Сергеева ; науч. ред. В. И. Сергеев. М. : ИНФРА-М, 2013. 634 с.
5. *Миротин Л. Б., Некрасов А. Г.* Логистика интегрированных цепочек поставок : учебник. М. : Экзамен, 2003. 256 с.

УДК 331

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ, РАЗВИТИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА НА ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

Е. В. Благославова

Саратовский государственный технический университет
Россия, 410054, Саратов, Политехническая, 77
E-mail: blagoslavovaev@yandex.ru

Статья посвящена проблеме формирования, развития и использования человеческого капитала с точки зрения инновационного развития организации. Предлагается авторское определение человеческого капитала с позиции инновационного развития. Представлена модель влияния данных процессов на инновационное развитие предприятия. Выделены основные особенности человеческого капитала как фактора инновационного развития предприятия.

Ключевые слова: человеческий капитал, развитие, формирование, использование, инновация, инновационное развитие.

Role of Formation, Development and Use of Human Capital in Innovative Development of Enterprise

E. V. Blagoslavova

The article discusses the formation, development and use of human capital in terms of innovation development organization. In the article the author gives own definition of human capital from the perspective of innovation development, presents a model of the impact of these issues on the innovative development of the organization, highlights the main features of human capital as a factor of innovative development of enterprise.

Keywords: human capital, development, use, innovation, innovative development.

Мировая экономика сегодня характеризуется наличием значимых перемен, которые свидетельствуют об инновационной направленности экономического роста и о существенном изменении факторов его определяющих. Особую актуальность представляет понимание интеллектуальных ресурсов и человеческого капитала с точки зрения главных ценностей. Их формирование, развитие и использование становится основополагающим фактором экономического и инновационного развития.

Распоряжением Правительства Российской Федерации 8 декабря 2011 г. была утверждена Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года, которая является ключевым документом, определяющим политику государства в области инноваций. Существующая Стратегия базируется на положениях «Концепции долгосрочного развития Российской Федерации на период до 2020 года в соответствии с Федеральным законом «О науке и государственной научно-технической политике» и призвана качественно изменить структуру экономики в нашей стране [1].

В Стратегии обозначены основные приоритеты, цели и инструменты государственной инновационной политики. Субъектам инновационной деятельности, в частности организациям, четко установлены долгосрочные ориентиры развития, финансирования сектора фундаментальной и прикладной науки и поддержки коммерциализации разработок.

Концепция долгосрочного социально-экономического развития страны на период до 2020 г. целевым ориентиром также провозглашает создание экономики лидерства и инноваций. Являясь лидером добывающего сектора, Россия должна занимать высокое место на рынке высокотехнологичных товаров и интеллектуальных услуг. Возрастание роли человеческого капитала является одним из долговременных и системных вызовов, отражающих мировые тенденции развития [2].

Анализ Стратегии инновационного развития Российской Федерации позволяет выявить наличие трех приоритетных направлений инновационного развития страны, представленных на рис. 1.

Одним из приоритетов, обозначенных в стратегии, является продвижение инноваций в государственном и частном секторах. Таким образом,

государство ставит перед собой задачи обеспечения благоприятной атмосферы для инновационной активности в основном за счет постепенного сокращения и ликвидации существующих административных преград.

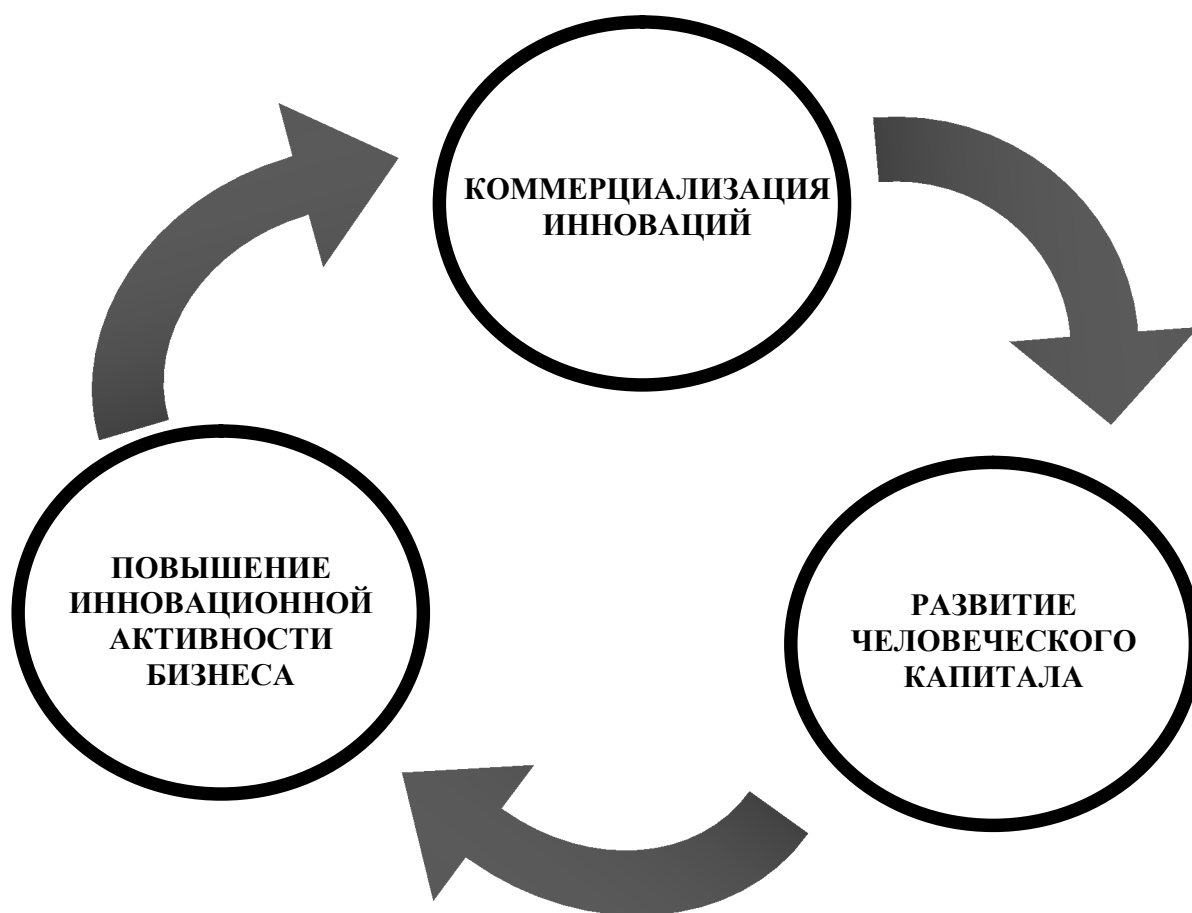


Рис. 1. Приоритетные направления инновационного развития РФ

Вторым ключевым направлением в Стратегии обозначено повышение восприимчивости бизнеса к инновациям, где инновационное развитие должно стать одним из приоритетов деятельности компаний.

Основное внимание уделяется существенному повышению инновационной активности бизнеса, в первую очередь за счет усовершенствования технологических процессов и вывода на рынок принципиально новых продуктов, которые стали бы конкурентоспособными на мировом рынке.

Государство не только на законодательном уровне регулирует инновационный процесс, но и создает специализированные научные центры, финансирует деятельность исследовательских институтов, способствует развитию малого бизнеса. В мире широко распространены индустриальные парки, которые объединяют ученых, испытателей, конструкторов, менеджеров для генерации инновационных идей. Россия не является исключением в данном случае.

В ноябре 2009 г. в своем ежегодном послании Федеральному собранию Президент РФ заявил о создании современного технологического цен-

тра по примеру Силиконовой долины и других подобных мировых центров. 28 сентября 2010 г. Д. А. Медведев подписал Федеральный закон «Об инновационном центре «Сколково» [3].

Инновационный центр «Сколково» представляет собой современный научно-технологический инновационный комплекс по разработке и коммерциализации новых технологий. Для организаций, осуществляющих свою деятельность в приоритетных отраслях модернизации экономики России, в Сколково обеспечены особые экономические условия [3].

Фонд развития Центра разработки и коммерциализации новых технологий (фонд «Сколково») реализует проект создания Инновационного Центра. В составе фонда существует пять кластеров, соответствующих пяти направлениям развития инновационных технологий:

- биомедицинских (БМТ);
- энергоэффективных (ЭЭТ);
- информационных и компьютерных (ИТ);
- космических и телекоммуникационных (КТиТ);
- ядерных (ЯТ).

Результатом деятельности фонда «Сколково» должна стать самоуправляющаяся и саморазвивающаяся экосистема, благоприятная для развития предпринимательства и исследований, способствующая созданию компаний, успешных на глобальном рынке.

В 2014 г. участники проекта «Сколково» получили выручку в 27,8 млрд. руб. Запланированные показатели, в свою очередь, составляли около 2 млрд. руб. Планируя выручку, фонд «Сколково» не ожидал такого быстрого роста выручки стартапов. Этот доход получили малые инновационные компании [3].

За время работы (с 2010 г.) «Сколково» рассчитывало на совокупную выручку в 5 млрд. руб., но проекты суммарно заработали 43,6 млрд. руб. Общее количество проектов выросло до 1070, выручку смогли получить 45% из них, у 3% из которых доход превысил 100 млн. руб. Помимо выручки от своих проектов «Сколково» в 2014 г. перевыполнило план по заявкам на патенты, получив не 200, а 645 заявок [4].

В 2014 г. «Сколково» также одобрило грантов на 1,5 млрд. руб. большая часть из которых пришлась на кластер энергоэффективных технологий (457 млн. руб.), а меньше всего — на кластер IT-технологий (61 млн. руб.). В 2014 г. «Сколково» одобрило 55 из 350 заявок на гранты. С начала проекта «Сколково» одобрило грантов на сумму 10,6 млрд. руб., из которых перечислило проектам 8,1 млрд.[4].

Фонд «Сколково» поддерживает своих резидентов в разных формах и на разных этапах жизненного цикла разрабатываемых ими технологий. Инновационные компании, имеющие статус резидента «Сколково», находятся во многих городах страны и являются ярким примером реализации полного цикла движения человеческого капитала, т. е. его эффективного формирования, развития и использования.

Важнейшим приоритетом инновационного развития, обозначенным в Стратегии, является человеческий капитал, его формирование, развитие и использование. В рамках глобальной конкуренции наличие высококвалифицированных кадров, на сегодняшний день, становится одним из значимых факторов успеха, в то время как важность многих других факторов, таких как, например, доступ к природно-сырьевым ресурсам, начинает отходить на второй план. Исходя из этого, развитие кадрового потенциала инновационной экономики, в широком смысле, определено одним из центральных направлений в Стратегии.

В части развития человеческого потенциала приоритетом является создание благоприятных условий для формирования конкурентоспособных управленческих, научно-исследовательских и преподавательских кадров. Стратегия также предусматривает стимулирование притока высококвалифицированных специалистов, в том числе за счет внесения изменений в существующее миграционное законодательство.

Человеческий капитал является основой не только инновационной экономики, но и структурообразующим элементом любой организации, в том числе и инновационной. Ключевые положения Стратегии являются основополагающими для предприятий, стремящихся добиться высокого уровня инновационного развития. В последнее время организации начинают придавать большое значение нематериальным характеристикам сотрудников, таким как коммуникабельность, креативность, инициативность, лояльность, способность идти на риск, и способам их формальной оценки. Руководители осознают потенциальную стоимость подобных качеств и, как следствие, трансформируют их в более осязаемое понятие – человеческий капитал.

Профессиональные и талантливые сотрудники, подкрепленные грамотной мотивацией, являются основным конкурентным преимуществом организации. Высококвалифицированные работники обладают высоким уровнем человеческого капитала и способны с помощью своих знаний генерировать инновации.

Человеческий капитал на микроуровне с позиции инновационного развития предприятия представляет собой совокупность знаний, навыков, умений, способностей и компетенций сотрудников, использование которых, при условии инвестирования в персонал организации, обращается в высокопроизводительный фактор производства, влияющий на повышение конкурентных преимуществ организации, обеспечение ее финансовой устойчивости и непрерывного инновационного развития.

С целью обеспечения стабильного инновационного развития предприятиям необходимо целенаправленно формировать, развивать и использовать человеческий капитал своей организации [5].

По мнению автора, влияние человеческого капитала на инновационное развитие предприятия проявляется через использование различных приемов, способов и методов, которые способствуют эффективному формированию человеческого капитала, его развитию и использованию, и, как

следствие, оказывают влияние на создание инноваций внутри предприятия. Обобщенную модель влияния внутренних процессов формирования, развития и использования человеческого капитала на инновационное развитие организации можно представить в виде наглядной схемы (рис. 2).

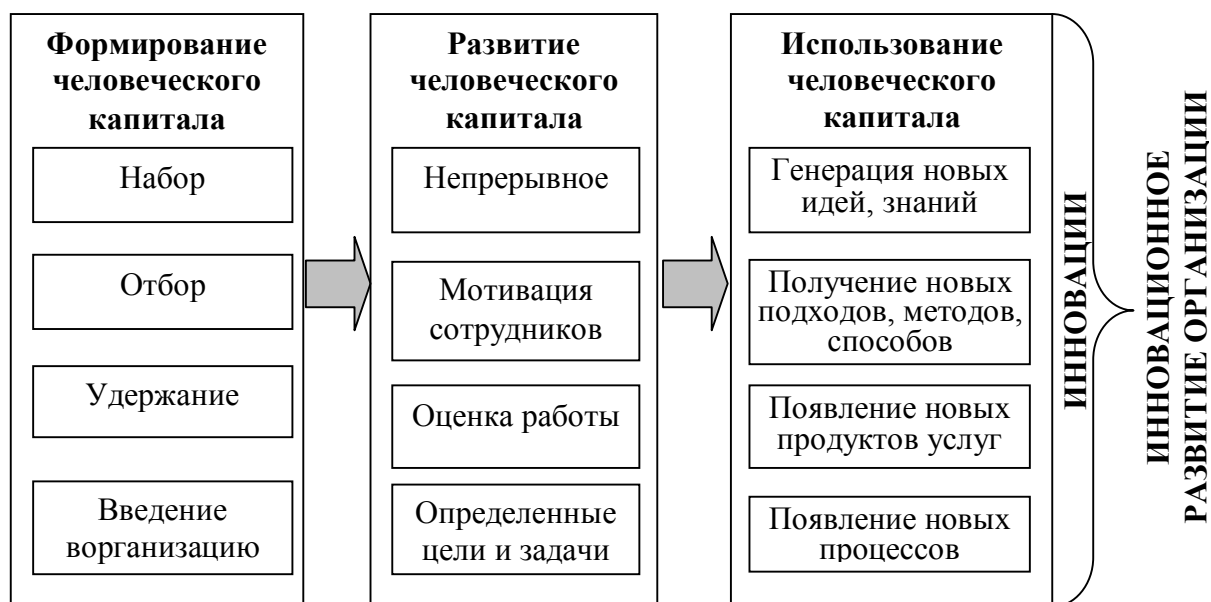


Рис. 2. Влияние человеческого капитала на инновационное развитие организации (авторский взгляд)

Рассмотрим более подробно блоки формирования, развития и использования человеческого капитала.

Формирование человеческого капитала в организации представляет собой грамотное применение различных приемов, способов и методов набора и отбора сотрудников, включающих поиск необходимых человеческих ресурсов посредством использования различных источников.

Отбор сотрудников должен базироваться на всестороннем изучении личности кандидатов на основе проведения первичных тестов, собеседования, интервью и центров оценки.

От качества отобранных кадров зависит эффективность работы организации и использование всех остальных ее ресурсов, поэтому ошибки в подборе кадров оказывают негативное влияние на функционирование организации [6].

Необходимо оценивать эффективность этих процессов. Для оценки эффективности процесса поиска и отбора кандидатов для работы в организации может быть использован ряд количественных показателей:

- уровень текучести кадров, особенно среди новых работников;
- доля работников, не прошедших испытательный срок;
- финансовые затраты на обеспечение процесса поиска и отбора кадров;
- уровень нарушений трудовой дисциплины (прогулы, опоздания, отсутствие на рабочем месте, несогласованное с руководством, и т. д.);

- уровень брака;
- частота поломок оборудования;
- эффективность использования необходимых материалов, комплектующих;
- уровень производственного травматизма;
- количество жалоб со стороны клиентов, потребителей, поставщиков.

Приемы удержания сотрудников должны строиться на максимально полном донесении до них информации о компании и ее развитии, действующей системе мотиваций и возможности реализовать свой потенциал и профессиональные амбиции. Огромное значение здесь также имеет корпоративная культура и имидж компании. Корпоративная культура формирует и развивает человеческий капитал организации.

Процесс введения сотрудника в организацию должен быть направлен на усвоение им принятых норм и правил, ценностей и установок, а также на предоставлении работнику необходимой информации. Уровень сформированного человеческого капитала в значительной степени зависит от процесса введения сотрудников в организацию. Лаконичное и четкое определение данному процессу дает Майкл Армстронг – один из самых влиятельных в мире специалистов в области управления персоналом современности: «Введение в организацию – это процесс радушного приема работников, которые впервые пришли на работу в компанию, и представление им базовой информации, которая им необходима для того, чтобы успешно адаптироваться и начать работать» [7].

Спланированная работа по введению работника в организацию предполагает обеспечение его основной информацией об организации, перспективах, открываемых компанией. На первоначальном этапе до сотрудника доносят сведения об истории организации, ее деятельности, планах на будущее, включая информацию об организационной структуре, порядке работы, количестве структурных подразделений и их географии.

Развитие человеческого капитала предполагает постоянное повышение его эффективности как фактора инновационного развития предприятия, который способен накапливаться за счет инвестиций в непрерывное обучение, как на рабочем месте, так и посредством постоянного проведения профессиональных тренингов, стажировок, конференций, семинаров.

Значимую роль в процессе развития человеческого капитала играет материальная и нематериальная мотивация с четкой и сбалансированной привязкой к результатам труда и оценкой работы. В организации система мотивации сотрудников должна одновременно совмещать и личную, и коллективную мотивации, содержать как материальные, так и нематериальные элементы.

Оценка работы персонала компании также важная составляющая развития человеческого капитала организации. В общем виде оценка работы персонала представляет собой получение информации относительно эффективности работы сотрудников и включает сбор, анализ и обработку соответствующих данных. Подобная многоцелевая процедура при правильном применении позволяет оптимизировать многие бизнес-процессы компании.

Например, аттестация сотрудников организации (оценка результатов деятельности, определение деловых качеств и квалификации сотрудников в сочетании со стратегическими целями компании) позволяет выявить основные направления развития сотрудников. Итоги аттестации способствуют получению информации о наличии пробелов в производственных процессах и недостатке знаний и навыков у сотрудников по отдельным направлениям деятельности.

Основу эффективного развития человеческих ресурсов составляют четкие и практические цели, которые являются стимулом для решения поставленных задач и дальнейшего продвижения вперед за счет достижения успеха. Цели должны быть сложными, требующими усилий в их достижении.

Использование человеческого капитала представляет собой непрерывную генерацию идей со стороны сотрудников организации, означающую постоянный систематический поиск возможностей создания новых подходов, методов и способов, касающихся различных аспектов деятельности организации, включает выделение источников новых идей и методов их создания. В конечном результате интеллектуальной деятельности сотрудника, его фантазии, творческого процесса, открытий, изобретений и рационализаций, реализации идей в форме создания новых продуктов, применения новых методов работы и происходит появление инноваций, которые способствуют инновационному развитию предприятия.

Таким образом, человеческий капитал является основным драйвером инновационной организации, именно он формирует благоприятные условия для инновационного развития. Человеческий капитал играет важную роль в инновационном развитии организации [8].

Следует выделить особенности человеческого капитала как фактора инновационного развития предприятия:

- уровень человеческого капитала, как фактора инновационного развития зависит от определенного набора компетенций сотрудников, способностей и навыков, а также готовности применять их в работе непосредственно в данной организации;
- используя ресурсы организации, человеческий капитал организации представляет собой совокупную стоимость, которую создают сотрудники компании;
- знания внутри организации используются для создания инноваций, повышения производительности, качества и являются определяющим компонентом для победы в конкурентной борьбе, в поиске клиентов, технологий, технических решений, специальных знаний, финансирования, что и создает нематериальное преимущество;
- человеческий капитал является основным источником экономического роста и инновационного развития [9];
- человеческий капитал не является взаимозаменяемым;
- человеческий капитал в организации формирует корпоративную культуру;
- человеческий капитал присущ людям и не может находиться в собственности организации;

– человеческий капитал способен воспроизводиться, накапливаться, оборачиваться и умножаться по мере использования (самовозрастание) [9].

Бесспорным сегодня является тот факт, что человеческий капитал играет ключевую роль в обеспечении конкурентоспособности современных компаний. Ценность человеческого капитала как стратегического фактора успеха корпораций возрастает с увеличением скорости изменений.

В заключение следует отметить, что организациям, заинтересованным в устойчивом инновационном развитии, в первую очередь необходимо целенаправленно заниматься формированием, развитием человеческого капитала и его использованием. На сегодняшний день основным пробелом в Российских организациях является отсутствие должного внимания к человеческому капиталу как фактору инновационного развития. Как правило, основное внимание уделяется развитию инновационной инфраструктуры и поиску путей повышения эффективности инновационной системы. Однако формирование и развитие человеческого капитала является важнейшим условием успешного функционирования любой организации, особенно инновационной. В современных условиях это особенно актуально, так как профессиональные знания и навыки сотрудников быстро устаревают в связи с ускорением научно-технического прогресса. Несоответствие квалификации персонала потребностям организации, ее стратегическим целям отрицательно сказывается на всех результатах ее деятельности и инновационном развитии в частности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. URL: www.rg.ru/pril/63/14/41/2227_strategiia.doc/ (дата обращения: 01.09.2015).
2. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82134/ (дата обращения: 12.09.2015).
3. «Об инновационном центре «Сколково» от 28.09.2010 № 244-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.09.2010). URL: <http://www.base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=181964> (дата обращения : 17.09.2015).
4. *Кантышев П.* «Сколково» перевыполнило план по выручке. URL : <http://www.vedomosti.ru/technology/articles/2015/06/03/595036-skolkovo-perevipolnilo-plan-po-viruchke> (дата обращения : 29.09.2015).
5. *Плотников А. Н., Анситис Е. В.* Обзор моделей инновационного процесса на основе работ западных ученых // *Инновационная деятельность.* 2012. №2 (20). С. 28–33
6. *Хмелева Г. А.* Человеческий капитал как условие формирования инновационной экономики региона. Самара : САГМУ, 2012. 168 с.
7. *Армстронг М.* Практика управления человеческими ресурсами. СПб. : Питер, 2004. 832 с.
8. *Носкова К. А.* Влияние человеческого капитала на инновационное развитие организации // *Экономика и менеджмент инновационных технологий.* 2013. № 12.
9. *Сердюкова Л. О.* Человеческий и структурный капитал инновационной системы // *Интеллект. Инновации. Инвестиции.* 2012. № 3. С. 63–68.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Хроника

УДК 535.1:372.853+1.113

КРУГЛЫЙ СТОЛ: ЧЕЛОВЕК И СВЕТ В ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ И ХУДОЖЕСТВЕННОЙ КАРТИНЕ МИРА

Модератор Б. А. Медведев

Саратовский государственный университет
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83
E-mail: bmedvedev@yandex.ru

В связи с годом Света и световых технологий, объявленным ЮНЕСКО, тезисами избранных докладов представлена работа круглого стола: «Человек и свет в естественнонаучной и художественной картине мира» на секции по Истории, методологии и философии оптического образования XVI–XIX Международных школ для молодых ученых и студентов по оптике, лазерной физике и биофотонике, прошедших в Саратовском государственном университете с 2012 по 2015 гг.

Ключевые слова: Международная школа, физическое образование, человек и свет, естественнонаучная и художественная картина мира.

Round Table: Man and Light in Natural and Art Treatment of the Universe

Moderator B. A. Medvedev

Due to the Year of Light and lighting technologies, announced by the UNESCO, the work of the round table: «Man and the light in the natural sciences and art picture of the world» presented by abstracts of selected papers in the section on the history, methodology and philosophy of optical education XVI–XIX International Schools for young scientists and students in optics, laser physics and biophotonics, took place in Saratov State University from 2012 to 2015.

Key words: International School, physical education, man and the light, Natural and art treatment of the Universe.

Участники:

Заведующий кафедрой геометрии СГУ, профессор, д.ф.-м.н. **Розен Виктор Владимирович;**

Заведующий кафедрой философии и методологии науки СГУ профессор, д.ф.н. **Позднева Светлана Павловна;**

Профессор кафедры философии СГТУ, д.ф.н. **Дуплинская Юлия Михайловна;**

Профессор кафедры математики и моделирования СГТУ, д.ф.-м.н. **Паршков Олег Михайлович;**

Профессор кафедры физики полупроводников СГУ, д.ф.-м.н. **Роках Александр Григорьевич;**

Доцент кафедры общей физики СГУ, к.ф.-м.н. **Медведев Борис Абрамович;**

Профессор кафедры философии и методологии науки СГУ, д.ф.н. **Маслов Роман Владимирович**;

Доцент кафедры философии СГТУ, к.ф.н. **Довгаленко Наталья Владимировна**;

Председатель Саратовского общественного фонда Научных и Культурных Инициатив Межконфессионального Сотрудничества, к.ф.н. **Солодовниченко Лия Яковлевна**;

Доцент кафедры геометрии СГУ, к.ф.-м.н. **Шимельфениг Олег Владимирович**;

Декан социально-гуманитарного факультета факультета СГТУ, заведующий кафедрой Физической культуры, здоровья, спорта, профессор, д.ф.н. **Михель Дмитрий Викторович**;

Доцент кафедры философии СГТУ, к.ф.н. **Михель Ирина Владимировна**

В. В. Розен

Математические абстракции и физическая реальность

Цель данного сообщения – проследить в краткой тезисной форме взаимодействие математики и физики в истории естествознания.

1. Из физических дисциплин наибольших успехов древние греки достигли в астрономии. Один из учеников платоновской Академии Евдокс построил математическую модель космоса, основу которой составляли комбинации вращений концентрических сфер. Следует иметь в виду, что в теории Евдокса *сферы были не материальными, а математическими конструкциями*. Поэтому Евдокс даже не пытался выяснить, какие силы вынуждают эти сферы вращаться. Модель Евдокса представляла собой не физическое объяснение, а математическое описание.

Создатель геоцентрической системы Птолемей, живший почти пять веков спустя после Евдокса, также отчетливо сознавал, что его система есть не более чем удобное математическое описание, хорошо согласующееся с наблюдениями, а потому она не обязана объяснять истинный механизм движения планет.

2. Естествознание Нового времени начинается с Ньютона. В своей философии Ньютон следовал принципам, сформулированным Галилеем. Важнейший из них состоит в том, что наука должна стремиться не к физическому объяснению явлений природы, а к их математическому описанию (т. е. вопрос «Почему?» заменяется вопросом «Как?»). При этом основные физические посылы надлежит устанавливать с помощью индукции, обрабатывая результаты экспериментов и наблюдений. В рамках этой философии Ньютон изменил всю методологию научного познания, приняв за основу математические посылы вместо физических гипотез. В частности, эта методология получила воплощение в законе тяготения. Несмотря на грандиозные успехи, достигнутые Ньютоном и его последователями в изучении гравитации, ему так и не удалось объяснить физический механизм этого явления («Гипотез не измышляю!»). Физическая сущность тяготения заменяется математическим описанием его проявления. Но хотя природа тяготения не была установлена, *математические* выводы из закона тяготения оказались столь эффективными, что превратились в неотъемлемую часть

физической науки и продемонстрировали грандиозные возможности математики в описании явлений действительного мира.

3. На протяжении всего XVIII в. математики, составлявшие в ту эпоху большинство ученых, неукоснительно следовали подходам Ньютона. В частности, в «Аналитической механике» Лагранжа механика рассматривается с чисто математических позиций, а ссылки на физические аргументы весьма редки. Когда начали формироваться новые разделы физики – гидродинамика, теория упругости, электромагнетизм, – их создатели избрали тот же подход, который использовал Ньютон применительно к механике и астрономии: конкретность физического описания мира заменялась математическими формулами. Усилиями выдающихся математиков XVIII в. (в первую очередь к ним относятся Леонард Эйлер, Жан Даламбер, Жозеф Лагранж, Пьер Лаплас) были существенно развиты методы математического анализа явлений природы, однако используемые ими доводы в пользу истинности математических законов естествознания в основном были повторением аргументов их предшественников.

4. Рассмотрим вопрос о природе электромагнетизма. Фарадей и Максвелл вначале пытались все электромагнитные явления свести к механическим напряжениям в гипотетической среде – эфире, который, как тогда считалось, «заполняет» все пространство. Несмотря на настойчивые попытки, такая механическая трактовка не увенчалась успехом. Постепенно они пришли к понятию *поля*, совершенно новому для того времени элементу физической реальности. Изучение электрического и магнитного полей привело Максвелла к выводу о том, что эти поля существуют не изолированно, а в комбинации друг с другом, и в результате было введено понятие электромагнитного поля. Динамика электромагнитного поля описывается уравнениями Максвелла. Но это опять чисто математическое описание, которое не вскрывает физической сущности электромагнитного поля.

О. М. Паришков

Свет, теория относительности, сенсация

Практическое использование достижений физических наук вызывает интерес широких слоев населения к фундаментальным положениям современной физики. И тут вопросы, связанные со светом, специальной теорией относительности занимают особое место. Многие люди, даже далекие от физики, знают, что скорость света является предельной скоростью в нашем мире, слышали о парадоксе близнецов и некоторых других эффектах. Особая притягательность этих эффектов заключается в простоте их формулировок и, одновременно, в парадоксальности их содержания для нашего земного образа жизни. Явления, описываемые другими разделами физики, например, квантовой механикой, формулируются слишком сложно для понимания неспециалистами, и поэтому не пользуются столь большим общественным интересом.

Общественная психология такова, что там, где возникают аргументы «за» сразу же возникают аргументы «против». Я не обсуждаю здесь одиозных утверждений типа «американские космонавты на Луну не летали» злопыхателей и просто больных людей. Я хочу осветить псевдонаучный подход к критике основ специальной теории относительности. Такой критике посвящено большое количество литературы, в основном издаваемой на средства авторов.

Ряд критических замечаний связан с якобы имеющими место ошибками в опыте Майкельсона–Морли. Приводятся собственноручные выкладки авторов, указывающие на экспериментальные неточности опыта. Даются ссылки на чужие работы, подтверждающие наличие этих ошибок. А раз выводы из опыта не соответствуют действительности, теория относительности (и специальная и общая) неверна в корне. Другая группа замечаний связана с возможными ошибками А. Эйнштейна в понимании вопросов синхронизации часов и измерения расстояния. Приводятся соответствующие невнятные соображения авторов о правильных на их взгляд подходах к данным вопросам, из которых вытекает полная несостоятельность теории относительности. Кажется, что авторы сильно надеются на сенсацию. Несогласных с их доводами они причисляют к «официальной» науке, подразумевая под этим термином что-то нехорошее.

Можно ли назвать подобные работы сенсационными? Нет, они псевдонаучны, и только. Сейчас в XXI в., вопросы становления теории относительности имеют исторический интерес. Выводы теории относительности, лежащие в основе функционирования устройств типа ускорителей элементарных частиц, прошли многочисленные проверки в космосе. И уже совсем не так важно, была ли ошибка в опыте Майкельсона–Морли или в рассуждениях Эйнштейна. Выводы получились верными.

Это совсем не значит, что теория относительности является абсолютной истиной и не может быть включена в более общую теорию, которую создадут наши потомки. Но именно включена, а не отвергнута, как это делают авторы ее псевдонаучной критики. Включена так же, как когда-то она сама включила в себя законы физики Ньютона.

Не так давно в средствах массовой информации появились сообщения о том, что европейские физики наблюдали сверхсветовые скорости движения элементарных частиц. Эти непроверенные, и, как оказалось потом, неверные сведения преподносились как сенсация.

Д. В. Михель

Английские джентльмены у истоков современного естествознания

Вопрос о возникновении современной науки – один из самых популярных в науковедческих исследованиях. В последние тридцать лет все больше специалистов склоняются к мнению о том, что так называемая научная революция Нового времени была не столько радикальной трансфор-

мацией в системе представлений о мироздании, сколько изменением в социальной организации научного знания и формированием привычной нам научной культуры [1].

Не подлежит сомнению, что приблизительно с 1490 и до 1730 гг. в истории Запада произошли серьезные перемены, результатом которых стало появление того, что теперь принято называть естествознанием. В течение чуть более двух столетий в Италии, Франции, Англии и некоторых других странах сформировался широкий слой образованных людей, вовлеченных в систематические исследования естественнонаучного плана. Вплоть до окончания Столетней войны основным типом ученого был монах или «человек Бога». Постепенно его дополняет, а потом вытесняет светски ориентированный субъект – «человек Государя», тремя ипостасями которого выступают «университетский ученый», «медик» и «джентльмен» [2]. Последний из этих трех типов особенно интересен, поскольку менее всего связан с «духом прошлого» и воплощает саму суть новизны.

В Англии вплоть до конца XV в. типичный джентльмен был либо мало сведущ в науках, либо совершенно не образован. С приходом к власти Тюдоров, создавших сильный королевский двор и институт придворной знати, университетское образование стало все более привлекательным для сыновей из благородных семейств. Та же картина наблюдалась на континенте. Становление сильной королевской власти, с одной стороны, и постепенное становление капиталистических отношений в городах, с другой, на протяжении XV, XVI и XVII вв. вели к утрате сословием знатных людей своих былых привилегий. Широко порицаемая практика раздачи земель и продажа титулов все более подрывали традиционное благополучие «благородных». Литература этого времени была наполнена рассуждениями о том, кем являются джентльмены и чем они отличаются от неблагородных людей.

Когда размылись социально-экономические критерии различия между «благородными» и «неблагородными» людьми, остро встал вопрос о культурных различиях. Широко распространились этические сочинения, в которых много писали о порче нравов. Многие авторы утверждали, что истинного джентльмена отличает не происхождение и не богатство, а добродетель. До Реформации и после нее список добродетелей был разным. В XVII в. благодаря сочинениям гуманистов и моралистов ценилась сдержанность, часто трактуемая в духе Аристотеля и Цицерона. Другой широко признанной чертой джентльменов считалась честность. По общему убеждению джентльмен всегда владеет своим словом, не лжет. «Притворство – прибежище слабых» (Ф. Бэкон). Притворяются и лгут простолюдины и женщины. Для джентльмена ложь оскорбительна. Особое место, где «благородные» люди лгут – это королевский двор, место лицемеров. Жизнь шекспировского Гамлета при дворе сродни пытке. Как же джентльмен мог защитить себя ото лжи? Существовало всего два способа – либо избегать двора, либо вызывать лжеца на дуэль. В конце XVI–первой половине XVII вв. дуэли стали подлинным бедствием в Англии и во Франции. Королевская власть и церковь пытались всеми силами предотвратить это самоис-

требление знати. С социологической точки зрения, дуэли стали символами серьезных изменений социального порядка. Для самих джентльменов дуэль – один из последних способов отличить себя от «неблагородных».

В Англии середина XVII в. стала временем гражданской войны и временного низвержения королевской власти. Наследник престола и его двор покинули страну. При этом ввиду отсутствия короля и двора многие джентльмены остались дома. Открылось пространство для социальных экспериментов. Стремительно стали распространяться новые увлечения. Успехи английского флота, плавания в Новый свет привели к распространению интереса к навигации, астрономии и математике. В литературе первой половины XVII в. отмечено, что во многих домах благородных людей появились простейшие математические инструменты – циркули, линейки. В моду вошли вычисления, чертежи, карты и пр. С середины XVII в. наряду с математикой усиливается интерес к натуральной философии и естественной истории. Наиболее одаренные представители знатных семей открывают для себя телескоп, микроскоп и другие устройства, позволяющие проникать в тайны мироздания. Но еще за полвека до этого Шекспир устами Гамлета изрекает:

There are more things in heaven and earth, Horatio,
Than are dreamt of in your philosophy.

Существует не менее 25 переводов этой фразы на русский язык, из которых, возможно, чаще всего употребляется перевод Николая Полевого:

Есть многое на свете, друг Горацио,
Что и не снилось нашим мудрецам.

В самом деле, приход Нового времени столкнул западный мир с многочисленными проявлениями новизны. Европейцы увидели «миры, прежде невиданные», и услышали о «вещах, прежде неслыханных» [3]. Повсеместно приходили сообщения о новых землях, новых народах, растениях и животных, кометах, айсбергах, о странном поведении Магдебургских полусфер и воздуха в воздушном насосе. Такие вещи, казалось, невозможно было представить. Требовались надежные подтверждения для таких сведений и заслуживающие доверия способы доказательства фактов.

Вслед за С. Шейпиным, можно констатировать, что моральные добродетели джентльменов и некоторые проявления их сословной культуры сыграли важную роль в формировании современного естествознания, прежде всего научной культуры, невозможной без принципов доказательства и проверки новых знаний [4].

Культура джентльменов, выстроенная вокруг идеалов моральной безупречности и честности, довольно скоро привела к разработке целой системы проверки новых фактов, полученных путем наблюдения и эксперимента. Открывая XVII в., Френсис Бэкон разрабатывает свой индуктив-

ный метод, основанный на отсеивании ложных свидетельств. В середине века Роберт Бойль, моральный лидер Лондонского Королевского общества, добивается уважения современников – и не столько за конкретные изыскания в области химии, сколько за свои усилия по совершенствованию приемов получения «пневматических фактов» [5], позволяющих отсеять ложные свидетельства от истины. В самом конце XVII в. Джон Локк разрабатывает целую систему максимум для оценивания свидетельств. Возникновение Лондонского Королевского общества, как первой научной организации нового типа, созданной английскими джентльменами, сопровождалось распространением практики проверки научных фактов, стремлением к использованию надежных инструментов, в которых видели незаинтересованных «собеседников» в деле разыскания истины, появлением научной периодики, служившей делу распространения результатов и материалов исследований, и созданием условий для желающих удостовериться в полученных выводах самостоятельно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Bowler P. J., Morus I. R. Making Modern Science : A Historical Survey. Chicago : University of Chicago Press, 2005. P.23–53.*
2. *Shapin S., Daston L. The Man of Science // The Cambridge History of Science. Vol. 3. P. 179–191.*
3. *Shapin S. The Scientific Revolution // University of Chicago Press. Chicago, 1996. P. 1–64.*
4. *Shapin S. A Social History of Truth : Civility and Science in Seventeenth-century England // University of Chicago Press. Chicago, 1994. P. 65–125.*
5. *Shapin S., Schaffer S. Leviathan and the Air-Pump : Hobbes, Boyle, and the Experimental Life // Princeton University Press. Princeton : 1985. P. 22–79.*

Н. В. Довгаленко

Метафизика света в проекте современной науки

Рождение науки в классическом смысле связано, в том числе, с открытием новых конфигураций световой природы Логоса. Если в античной и христианской культурах Логос был сферой раскрытости и инструментом введения в смысловую зримость, предоставляясь человеку как феномен или самопроявление бытия, то в новоевропейской культуре он выражался через рациональность и рассудочность. То, что ранее было прерогативой бытия и содержало момент «тайны», определилось и рассеклось четкостью понятий и суждений, точностью, ясностью, строгостью форм, именно потому, что человеческий ум расположил вещь в границах предметности. Логос стал «проводником» света и ему отвелась роль активного соучастника при введении в горизонт познаваемого и существующего. Так появился метод как всегда уже раскрытая сфера деятельности или исследовательский проект (М. Хайдеггер).

Неклассическая рациональность еще больше углубляет проблему, замечая, что сфера раскрытости целиком зависит от субъекта. Свет осознается как операционный инструмент господства и принуждения, овладевающий через предметность бытием особым научным способом. Человек приобретает статус «носителя» света. Однако само бытие с этим господством не всегда считается, и наука вынуждена констатировать объективность неопределенности, ограниченность познавательной власти разума, который постоянно сталкивается с допустимыми предметами бытия.

Постнеклассическая наука, опираясь на достижение неклассики, в некотором смысле углубляет господство операционализма субъекта. Она выявляет сферу синергического содействия субъекта и бытия, их порождающего единства при выведении сущего в объект. Свет – соразмерность данной встречи, «изготовленная» субъектом. Не зря ярким образом такого выведения в постнеклассической науке становится лазер. Он производит потенциальное поле возникновения новых синергических объектов: фрактала, голограммы, информационного кода и пр. «Мы приходим к образу мира, имеющего свою голографическую память, к миру самоорганизующемуся в виде своего рода суперголограммы, информацию с которой мы можем считать лишь с помощью источника когерентного лазерного света, заняв при этом сопряженную с оригиналом познавательную позицию наблюдателя–участника, с тем чтобы можно было увидеть «фантомный образ–изображение», практически неотличимый в границах некоторого конуса перспектив от самого оригинала» [1]. Свет, таким образом, не просто достаточное условие введения объекта в горизонт познания, но и конститутивная сила его присутствия в самом бытии, непосредственно сращенная с активной ролью субъекта – инструмента.

Таким образом, первичный метафизический смысл света, «выталкивающего» сущее в сферу познаваемого, следующий из греко-римской мысли, вошел в матричный каркас сложных субъект–объектных отношений. Герменевтический диалог человека с бытием, содержащий вопрос об истинном свете, выявляющем подлинное, заменился по преимуществу монологом человеческого разума, обзирающего лишь собственные пределы и познавательные ресурсы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Аршинов В. И.* Событие и смысл в синергетическом измерении. URL : [http // spkurdyumov.narod.ru/Arshinov.html](http://spkurdyumov.narod.ru/Arshinov.html) (дата обращения : 20.09.2015).

Л. Я. Солодовниченко, О. В. Шимельфениг

Светомузыка – интеграция оптики, музыки и цвета

Центральной темой человеческой культуры всегда был поиск образа Целого, как в религии, так и в философии, науке, искусстве. Одним из ре-

зультатов этого поиска можно считать разрабатываемую нами (с 1983 г.) сюжетно-игровую картину мира, на которую мы опирались в наших публикациях по теме «Человек и свет»: «Синтез света, цвета, музыки и поэзии в творчестве авангарда XX века», «Возможно ли образование без духовного света?». В них мы показали, что выдающаяся плеяда творцов авангарда дала новый мощный импульс интеграционным процессам не только в художественном, но и в научном познании XX века, и предложили позитивную программу интеграции научных знаний и технологий с духовными представлениями и практиками на примере суфийской традиции.

Ярким примером интеграции оптической науки, техники и искусства является «экспериментальная эстетика», предложенная Б. М. Галеевым (1940–2009 гг.) – пионером светомузыки. Он дал теоретические прогнозы новых форм искусств, основанных на использовании современной оптической техники, создал необходимый инструментарий, проверил прогнозы в конкретном художественном эксперименте. Б. М. Галеевым была предложена новая методика – своего рода «периодическая система» искусств. Галеев рассматривал природу синестезии как «межчувственной ассоциации», концентрированной и симультанной (синхронность, одновременность, параллельность) актуализации в широком спектре ее проявлений («умножение» сенсорности при посредничестве эмоций), исследовал роль синестезии как сущностного свойства невербального (художественного) мышления, ее функции в искусстве. Его видеомонтажи демонстрировались на крупнейших фестивалях экспериментального искусства, а светомузыкальные кинофильмы – признанная классика авангардного кино.

Ю. М. Дуплинская

Логика научного открытия в оптических метафорах

В европейской гносеологической традиции господствуют оптические метафоры. Познание здесь, явно или неявно, понимается в русле опоры на видение, если не телесными, то «умственными очами»: «умозрение», «картина мира», «ясное понимание», «озарение» и т. д. Заметим, что в истории познания имели место и радикально иные, не «оптические», не наблюдающие стратегии познания. Например, ориентация на «вчувствование», «вслушивание» или на герменевтическое истолкование сущего, в котором усматривался некий «текст». В рамках оптической установки познания можно выделить две противоположные фокусировки умственного взора, которым соответствуют полярно противоположные типы трудностей в постижении сущего:

1) сфокусированный вовне «взгляд естествоиспытателя». В фокусе внимания здесь то, *что* познается – предметы, на которые направлено познание. Здесь мы сталкиваемся с типом трудностей, которые можно назвать трудностями постижения *далекого*. Именно о такого рода затруднениях идет речь в известном высказывании Н. Бора: «Если у человека при первом

знакомстве с квантовой механикой голова не идет кругом, то он не понимает в ней ничего»;

2) «взгляд философа». Либо это «взгляд метафизика», либо направленная внутрь трансцендентальная установка сознания, когда в фокусе внимания не то, *что*, а то, *чем* мы видим. Трудность понимания философских идей – принципиально иного рода, нежели в понимании идей естественнонаучных. Это – трудность постижения *близкого*: трудность рассмотрения того, что неразлично из-за предельной близости к познающему субъекту того, что, казалось бы, и так ясно «само собой» и не требует никаких усилий для понимания. «Взгляд метафизика» всякий раз упирается в тот Абсолют, о котором вел речь великий суфий: «Абсолют настолько открыто являет себя взору, что становится невидимым»; «завеса, отделяющая тебя от Бога – это Его чрезмерная близость» [1, 2].

Всякий раз, когда совершается переворот в фундаментальной науке, «взгляд физика» сочетается со «взглядом метафизика». Попытка постичь предельно далекое рождает необходимость рассмотреть и пересмотреть предельно близкое. Гениальное открытие совершает тот, кто, переставая понимать то, что до сих пор было «само собой» понятно всем, решает задать «детский» вопрос. Так, А. Эйнштейна, по его собственному признанию, всю жизнь мучил вопрос: что такое «*теперь*»? Пример типично «детского» вопроса. Еще более радикальной перефокусировкой «взгляда физика» на «взгляд метафизика» завершается «Кратчайшая история времени» С. Хокинга. Анализ физических теорий С. Хокинг неожиданно завершает чисто метафизическим вопросом. «Обычный подход науки – построение математической модели – не позволяет ответить на вопрос о том, почему должна существовать Вселенная, описываемая моделью. Зачем Вселенная готова влачить бремя существования?» Ведая или не ведая о том, С.Хокинг в данном случае повторяет знаменитый тезис Л. Витгенштейна: мистично не то, *как* мир существует, а то, что он вообще существует.

«Детский» вопрос о том, что значит «теперь», оказался толчком для создания специальной теории относительности. Прочитанное высказывание Хокинга провоцирует еще более «детский» вопрос: что значит «есть» («быть»)? (Не приведет ли это к еще более радикальному перевороту в физике?). Присутствуя в суждении в виде простого слова-связки, это «есть» («быть»), казалось бы, и так предельно ясно и «само собой» открыто умственному взору. «Что *есть* свет?» – спрашивает физик. «Что *есть* Вселенная?»... Свет *есть* поток частиц – фотонов... Свет *есть* электромагнитные колебания... Но метафизик поставит под вопрос не то, *что* являет собой мир, а то, что мир просто *есть*. Свет *есть*... Вселенная *есть*... Вытекает ли необходимость существования из тех или иных характеристик реальности? Проблема далеко не тривиальная. Она обсуждается на протяжении всей истории европейской философии. Все прочие характеристики объектов находят содержательное выражение в концептуальном аппарате той или иной теории. И лишь это самое «есть» фатально ускользает от осмысления, оставаясь бессодержательной констатацией наличия и формальной

связкой в языковых конструкциях. Итак, попробуем сместить умственный взор таким образом, чтобы испытать изумление не от парадоксов, к примеру, квантовой механики (изумление естествоиспытателя), а от того, что мир просто *есть* (изумление философа). Какой «оптический прибор» интеллектуального видения позволит рассмотреть то, что «настолько открыто взору, что становится невидимым»?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шиммель А. Мир исламского мистицизма. М. : Энигма, 2000. С. 194–205.
2. Дуплинская Ю. М. Мышление и язык : «переоценка ценностей» // Вестн. Челябинского гос. ун-та. 2012. Вып. 25 : Философия. Социология. Культурология. № 18 (272). С. 38–43.

Б. А. Медведев

Оптические аналогии и метафизика света в архитектонике сознания

Каким образом концепции детерминизма и индетерминизма, квантовый характер микромира и спектр квазиклассических реальностей в многомировой интерпретации Эверетта отражаются в структуре сознания? Не происходит ли это отражение уже по той причине, что сознание, согласно Юнгу, представляет дискретный феномен и «подобное познается подобным»? В этом контексте обсуждается проблема сообразности гипотетической модели сознания моделям микро- и макромира. Рассматривается подобие дискретно-континуальной структуры сознания квантовому спектру электрона в атоме. Антропокосмоцентрическая модель психологической структуры личности представляется в виде дискретного набора уровней сознания, сходящихся к нижней границе континуального спектра архетипов коллективного бессознательного. Используются квантово-оптические аналогии с вероятностями спонтанных и индуцированных переходов электронов в атомах и молекулах. Модель дает возможность описания интуитивных процессов в мышлении в виде «квантовых» переходов с переносом прообразов знания из континуума коллективного бессознательного на один из вакантных уровней творческого состояния сознания.

В предположении, что в эволюции человеческого сознания имеет место тенденция к самосохранению его нравственной составляющей, следуя категорическому императиву И. Канта и этике А. Швейцера, мы полагаем: этот мир может быть голономным только благодаря нравственным началам – сохранению великого малым, макрокосма микрокосмом. Согласимся: жизнь чуждается логических форм, «метафизика реализует себя в этических отношениях» (Э. Левинас). В связи с этим в нашу модель с одной стороны мы вводим уровень нравственного сознания, с другой – понятие коллективного бессознательного Юнга расширяется нами до понятия космического бессознательного, скрывающего в «Я» всю историю вселенной.

Полагая, что расширяющаяся сфера сознания является прообразом расширяющейся вселенной, мы переходим к подобию сферы сознания сфере метафизического света Роберта Гроссетеста. «Витрувианский человек» Леонардо да Винчи в метафизическом свете Гроссетеста или в пневмосфере П. Флоренского представляется нами как символ архитектоники нравственного сознания и как символ этической парадигмы просвещения, разработанной автором ранее.

Р. В. Маслов, С. П. Позднева

Символика цвета в различных культурах

Проблема цветового символизма является одной из центральных при изучении взаимосвязей между цветом и психикой. Происхождение цветового символа, его содержание, отношение к тем или иным явлениям и событиям в жизни людей, межкультурные различия в цветовой символике – вот одни из главных вопросов этой проблемы.

Количество цветовых символов достаточно ограничено. Наиболее часто в этом качестве используются так называемые основные цвета, к которым обычно относят белый, черный, красный, синий, зеленый, желтый и фиолетовый. Этот список может меняться в зависимости от конкретной культуры.

Можно выделить три основных типа цветовой символики. Цвет сам по себе (т. е. изолированно от других цветов и форм) представляет собой первый тип цветового символа, отличающийся многозначностью и противоречивостью. Вторым типом цветового символа является цветовое сочетание, содержащее два и большее число цветов, составляющих символическое целое, смысл которого не сводится к сумме значений отдельно взятых цветов. Соединение цвета и формы представляет собой третий тип цветового символа – символика цветных, как абстрактных геометрических фигур, так и конкретных физических предметов, например, символика драгоценных камней.

Цветовая символика имеет древнейшее происхождение, возникнув в те времена, когда человек научился добывать и использовать природные краски. С тех пор цветовой символизм прошел большой путь. Традиции цветовой символики сейчас во многом утрачены, особенно в индустриальных странах, в которых преобладает утилитарное отношение к цвету.

Существует глубокая и неслучайная связь цветовой символики с различными пластами человеческого сознания и общественно-культурной жизнью людей. Выделяют следующие этапы развития цветового символизма. Первый из них – космологический (мифологический), – включает цветовую символику народов древнего мира и античности (цвет как символ мировых сил, стихий и начал). Вторым этапом – религиозный (богословский), – от поздней античности до эпохи Возрождения (свет и цвет как атрибуты божественного). И, наконец, третий этап – социально-психологический, – двадцатый век (цветовая символика общественно-политических, социальных и индивидуально-психологических процессов и явлений).

Несмотря на то, что, на протяжении человеческой истории содержание цветовых символов претерпело немалые изменения (менялась их трактовка и отношение к ним), ядро цветовой символики оставалось неизменным. Речь идет о той части содержания цветового символа, которая остается даже в том гипотетическом случае, когда цвет лишается всех своих внешних, предметных ассоциаций. Последние зависят от культурных традиций и опыта. Но и без них цвет не лишается своего первоначального смысла и не превращается в фикцию. Как писал Ван Гог: «... краски сами по себе что-то выражают». Иными словами, цвет – не чистая доска, на которую человек волен записать все, что ему вздумается. Цвет вызывает определенные и специфические изменения в психическом мире человека, интерпретация которых порождает то, что мы называем цветовыми ассоциациями и символами, впечатлениями от цвета.

Повторяя избитое сравнение, можно сказать, что цветовая символика – это лишь только верхняя часть айсберга всех тех взаимосвязей и отношений между цветом и человеческой психикой. Основанием его являются объективные законы цветового воздействия на человека.

А. Г. Роках

О разрешении противоречий в философии, методологии технического творчества и в физике

Стимулирующую роль противоречий в человеческом мышлении заметил, в частности, Г. Гегель. Этот тезис был подхвачен известным отечественным методологом технического творчества Г. С. Альтшуллером, который отмечал, что изобретение связано с разрешением противоречий, и даже предложил соответствующий инструментарий в виде алгоритма решения изобретательских задач с его «физическим» противоречием. Цель этой заметки показать, что в теоретической физике существует иной подход к разрешению противоречий (да и сами противоречия иные). Покажем это качественно на примере системы дифференциальных уравнений для получения выражения тока, ограниченного пространственным зарядом. В эту систему входят два физически противоречивых уравнения: закон Ома в дифференциальной форме для нейтральной среды и уравнение Пуассона для среды, содержащей электрический заряд. Выход в данном и во многих других случаях заключается в нахождении общего решения системы уравнений. Здесь важным обстоятельством является математическая совместимость уравнений, в результате которой система имеет общее решение.

В методологии технического творчества и в философии основным инструментарием является формальная логика, которая «разводит» противоречия в пространстве, времени или в отношениях. В приведенном примере противоречия тоже «разводятся» в отношениях. В самом деле, физическое противоречие вовсе не обязательно приводит к противоречию математическому. Физика и математика работают как бы в разных пространствах. Возможность такого «разведения» противоречий и приводит к их конст-

руктивному преодолению в теоретической физике, в отличие от умозрительного преодоления в философии или методологии технического творчества. В экспериментальной физике и техническом творчестве (не в методологии, а в практике) часто используется именно конструктивное преодоление противоречий.

Б. А. Медведев

Университет между идеалами прошлого и прагматизмом настоящего

В конце XX начале XXI в. в связи с глобальными проблемами техногенной цивилизации актуализируются и проблемы реформирования университетов. Обратимся к их истокам.

Из истории первых университетов

Первые университеты в Европе возникли в XII веке:

- Болонский (1119 г.), девиз: «Мать – кормилица учения»;
- Парижский (1150 г.), девиз: «Равенство, Общность, Мораль и Знания»;
- Оксфордский (1167 г.), девиз: «Господь – мой свет»;
- Кембриджский (1209 г.), девиз: «От этого места мы приобретаем просвещение и драгоценное знание»;
- Падуанский (1222 г.), девиз: «Свобода Падуи, всеобщая и для всех»;
- Гейдельбергский (1386 г.), девиз: «Книга знаний всегда открыта»;
- Гарвардский (1636 г.), девиз: «Истина».

Традиции гармоничного обучения были унаследованы первыми университетами от античных школ, Академии Платона и Ликейя Аристотеля. В структуре первых университетов появляются факультеты Истории, Римского права, Философии, Медицины, Теологии, Свободных искусств.

Анализ девизов университетов вплоть до Нового времени позволяет сформулировать символический Девиз Университета: «*Несущий свет*», где свету, по В. Далю, придается значение истины, ученья, науки и просвещения, где свет органически входит в словосочетания – свет разума, свет истины, свет веры, свет надежды. Этот девиз, по нашему мнению, в чистом виде отражает концентрированное содержание, как идеи, так и миссии классического университета вплоть до конца XIX в.

Но время, изменяющее экономические и геополитические условия существования государств, с неизбежностью накладывало свой отпечаток и на функционирование университетов. С возникновением и становлением капиталистических отношений, разделением труда, успехами науки и техники в Европе к концу XIX в. сложилось два типа университетов: первые, как центры научной деятельности (Германия), вторые – где на первый план выдвигались практические задачи (Северная Америка).

*Реформы Вильгельма Гумбольдта в начале XIX в.
Модель Исследовательского университета Гумбольдта в Германии*

Университет Гумбольдта. Образование через науку есть, по мысли Гумбольдта, одновременно и *воспитание нравственности* человека. Наука требует честности, воспитывает мужество, честь и достоинство. Берлинский университет Гумбольдта [1], открытый в 1810 г., явился первым научно-исследовательским университетом и образцом реформирования университетов Европы.

Принцип «единства науки» Гумбольдта: в Берлинском Университете, предвосхищая идеи формирования целостного знания в XXI в., все естественнонаучные кафедры были собраны на философском факультете, а не разделены между ним и медицинским, как раньше. Кроме того, на этом же факультете изучались также все историко-филологические и политико-экономические дисциплины.

*Середина XIX в. Реформирование университета в Англии.
Идеи Дж. Генри Ньюмена [2]*

По Ньюмену задачей университета считается передача знания и его распространение. Но в миссию университета не включалось умножение знания, так что Университет Ньюмена нельзя назвать исследовательским. Миссия этого университета – возделывание интеллекта, воспитание интеллектуальной культуры. «Университет должен обучать универсальному знанию, и если ему должна придаваться какая-либо практическая цель, то ею должно стать обучение хороших членов общества». Таким образом, миссию университета Ньюмена можно считать гражданской. Но можно ли и в какой мере противопоставлять модели университетов Ньюмена и Гумбольдта? В своей книге Дж. Г. Ньюмен пишет о практической невозможности преподавателя университета успешно совмещать научную и преподавательскую деятельность. В этой связи можно вновь сослаться на В. Даля («Науки образуют ум и знания, но не всегда нрав и сердце» [3, с. 613]) и на Ж. Ж. Руссо, который еще в 1752 г. отрицательно отвечая на вопрос Дижонской академии: «Содействовали ли науки и искусства улучшению (или порче) нравов» в своем трактате «О влиянии наук на нравы» писал: «Мы имеем физиков, математиков, химиков, астрономов, поэтов, музыкантов, живописцев. Мы не имеем граждан» [4, с. 275].

Таким образом, отдавать предпочтение какой-либо модели не представляется корректным. Различие университетов Гумбольдта и Ньюмена, нельзя считать абсолютным. Скорее – оно относительно. В этом контексте принцип дополнительности Бора утверждает их единство.

*Настоящее время: 1-я половина XX в.
Ортега-и-Гассет: Миссия Университета*

Чем, по мнению Ортеги-и-Гассета [5], современный университет должен быть в первую очередь? Центральная функция Университета – в приобщении студентов к значимым культурным областям знания: физическому образу мира (физика), проблемам органической жизни (биология),

историческому развитию человеческого рода (история) и плану мироздания (философия). Но элитарное образование в университете постепенно сменяется массовым. И «не существует убедительных доводов в пользу того, что средний человек испытывает потребность либо необходимость стать ученым...» [5, с. 45]. Наступает время прагматического отношения к Университету. Если государство и поддерживает Университет, то только ради извлечения пользы. Поиски нового знания, стремление к достижению истины утилизируются. Начинает процветать «варварство узкой специализации». Европейский Университет теряет свою духовную мощь. XX в. именуется веком потребления, к которому следует отнести пророческие строчки Евгения Боратынского, написанные им еще в 1835 г.:

Век шествует путем своим железным;
В сердцах корысть, и общая мечта
Час от часу насущным и полезным
Отчетливей, бесстыдней занята...

Так, уже во второй половине XX в. на Западе Университет представляется местом получения образовательных услуг, своеобразным рынком знаний. Он превращается в бизнес-корпорацию. Студенты – в будущую рабочую силу с интеллектуальным ресурсом.

Последние десятилетия XX в.

Последние десятилетия XX– начала XXI в. можно характеризовать как время средневековья высокотехнологичной цивилизации. Разрушительные тенденции не могли обойти и Университеты.

«Университет в руинах» – определение, являющееся заключительным итогом исследования Билла Ридингса [6].

Рональд Барнетт (инаугурационная профессорская лекция, прочитанной в Институте образования Лондонского университета 25 октября 1997 г.): «Западный университет умер. В это трудно поверить, но такова реальность. Правда, история университета говорит о его необыкновенной способности к обновлению и адаптации к новым условиям. Это позволяет надеяться на то, что и сейчас свершится чудо и возникнет новый университет. Смерть и воскрешение университета – тема моей сегодняшней лекции...» [7, с. 97].

К бессмертию идеи Университета: к будущей полемике с Рональдом Барнеттом

Вильгельм Гумбольдт: идея – единственное, что никогда не умирает. Следуя этой максиме, можно утверждать: идея, по своему определению, не являясь замкнутой в своем содержании, не теряет своей креативности. Идея творит бытие. Идея, являясь прообразом первоначала, сохраняет свою вневременность. Идея причастна вечности. Как следствие можно утверждать вневременность идеи Университета. Идея Университета несет в себе самосохраняющиеся традиции познания природы сообществом преподавателей и студентов.

Повторяя символический девиз Университета – «Несущий Свет», нельзя не обратиться к российским образовательным традициям, которые нашли свое воплощение в Московском государственном университете с девизом: «Наука есть ясное познание истины, просвещение разума» (по Далю: «Просвещение есть свет науки и разума, согреваемый чистой нравственностью» [8, с. 508]).

В работах [9, 10] автором акцентируется нравственная миссия Просвещения, проводниками которого в первую очередь могут выступать классические университеты. Постулируются: принцип просвещения языком искусства с императивом художественного познания; принцип неопределенности в познании, определяющем тенденцию к интеграции наук о природе и человеке; принцип культуры познания в постановке вопроса о мере его самоограничения; принцип сохранения в Просвещении феномена культурной памяти.

И, в заключение: несмотря на все проблемы техногенной цивилизации, сфера духовного света университета будет расширяться, препятствуя апокалипсису в XXI в.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Фурман М.* Вильгельм фон Гумбольдт и Берлинский университет. URL : <http://cyberleninka.ru/article/n/vilgelm-fon-gumboldt-i-berlinskiy-universitet#ixzz3x41pfBlo> (дата обращения : 20.11.2015).
2. *Ньюмен Дж. Г.* Идея Университета. Минск : БГУ, 2006. 208 с.
3. *Даль В. И.* Толковый словарь живого великорусского языка : в 4 т. М. : Гос. изд-во иностр. и национальных словарей, 1955. Т. 2. 779 с.
4. Сервантес, Шекспир, Ж.-Ж. Руссо, И.-В. Гете, *Карлейль* : биограф. повествования. Челябинск : Урал LTD, 1998. ЖЗЛ, б-ка Ф. Павленкова. 512с.
5. *Ортега-и-Гассет Х.* Миссия университета. Минск : БГУ, 2005. 104 с.
6. *Ридингс Б.* Университет в руинах. Минск : БГУ, 2009. 248 с.
7. *Барнетт Р.* Осмысление университета // Образование в современной культуре. Альманах 1. Серия : Университет в перспективе развития. Центр проблем развития образования БГУ. Минск : Пропилеи, 2001. С. 97–120.
8. *Даль В. И.* Толковый словарь живого великорусского языка : в 4 т. М. : Гос. изд-во иностр. и национальных словарей, 1955. Т. 3. 555 с.
9. *Медведев Б. А.* Образование ума и сердца – гуманистический вектор решения глобальных проблем // Культурология и глобальные вызовы современности : К разработке гуманистической идеологии и самосохранения человечества : сб. науч. ст., посвященный 80-летию Э. С Маркаряна. СПб. : Изд-во СПбКО. 2010. С. 103–107.
10. *Медведев Б. А.* XXI век : Проблема этической парадигмы просвещения // Интеллект. Культура. Образование : Материалы 5-ой Международной конф. с элементами науч. шк. для молодежи. Новосибирск, 10–16 сентября 2012 г. Новосибирск : Изд-во НГПУ, 2012. С. 13–16.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Общие положения

1.1. Сборник «Гетеромагнитная микроэлектроника» выходит 4 раза в год – 2 раза в год в открытом и 2 раза в год в ограниченном доступе (спецвыпуски) и публикует материалы теоретических и экспериментальных исследований полупроводниковых и магнитополупроводниковых микро- и нанозлектронных систем, включая системы с цифровой обработкой информации, новых типов датчиков, активных устройств (усилителей, генераторов, синтезаторов частот и др.), а также статьи о новых технологиях, методах и средствах контроля, о современном метрологическом обеспечении, подготовке и переподготовке кадров, прогнозно-аналитических исследованиях.

1.2. Объем статьи не должен превышать 16 страниц (1 печатного листа).

1.3. Для публикации статьи автору необходимо представить в редакцию следующие материалы и документы (1 экз.):

- сопроводительное письмо;
- внешнюю рецензию;
- сведения об авторах: фамилии, имена и отчества (полностью), рабочий адрес, телефоны, e-mail;
- экспертное заключение;
- текст статьи на русском языке, подписанный авторами, а также название статьи, инициалы и фамилии авторов, аннотацию и ключевые слова на русском и английском языках.

2. Структура публикаций

2.1. Рукопись оформляется следующим образом :

- первая строка – индекс УДК, выровненный по левому краю текста;
- вторая строка – заголовок статьи прописными буквами (шрифт полужирный, по центру) без переносов;
- третья строка – перечень авторов (инициалы предшествуют фамилии), разделенный запятыми (шрифт полужирный, по центру);
- четвертая строка – полное официальное название организации (при нескольких организациях каждое наименование на отдельной строке, шрифт обычный, по центру);
- пятая строка – почтовый адрес (с индексом) организации (шрифт обычный, по центру);
- затем аннотация и ключевые слова на русском языке.

2.2. Далее приводится заглавие статьи, инициалы и фамилии авторов, аннотация и ключевые слова на английском языке.

2.3. Далее текст статьи и библиографический список на русском языке.

3. Требования к оформлению рукописи

3.1. Текст статьи должен быть напечатан через одинарный интервал на белой бумаге формата А4 с полями не менее 2,5 см, размер шрифта 14. Дополнительный материал набирается шрифтом 12 (аннотации, таблицы, сноски, примечания, приложения, подписи и надписи к рисункам, содержание, библиографический список, выходные данные, колонтитулы).

3.2. Все страницы рукописи, включая библиографический список, таблицы, рисунки, следует пронумеровать по центру внизу страницы.

3.3. Векторные величины выделяются полужирным шрифтом.

3.4. Каждая таблица должна быть пронумерована арабскими цифрами и иметь тематический заголовок, кратко раскрывающий ее содержание (выравнивание по левому краю таблицы. Например, Таблица 1. Требования к ...). Точка в конце заголовка не ставится. Единицы измерения указываются после запятой. Ссылка на таблицу должна предшествовать ей.

3.5. Формат рисунка должен обеспечивать ясность передачи всех деталей. Обозначения и все надписи на рисунках даются на русском языке; размерность величин указывается через запятую. Подрисуночная подпись должна быть самостоятельной без апелляции к тексту (например, Рис. 1. Зависимость ...). Подписи к рисункам не должны выходить за его границы. Точка в конце подрисуночной подписи не ставится. Ссылка на рисунок должна предшествовать ему.

3.6. Нумеровать следует наиболее важные формулы, на которые имеются ссылки в последующем тексте. Номер располагают по правому краю полосы по центру формулы.

3.7. Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 и открывается размещенным по центру заголовком. Все ссылки даются в квадратных скобках (например, [4]). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Библиографическое описание оформляется следующим образом:

Образец описания книги:

1. *Игнатъев А. В., Ляшенко А. В.* Магнитоэлектроника СВЧ-, КВЧ-диапазонов в пленках ферритов. М. : Наука, 2005. 380 с.

Образец описания статьи в журнале:

2. *Игнатъев А. А., Страхова Л. Л., Овчинников С. В.* Профессиональная направленность современного курса физики для студентов-геофизиков классического университета // Физическое образование в вузах. 2002. № 2. С. 14–18.

3. *Poon H. C.* Modeling of bipolar transistor using integral charge control model with application to third-order distortion studies // IEEE Trans. 1972. Vol. ED-12, № 6. P. 719–731.

Образец описания статьи в сборнике:

4. *Игнатъев А. А., Ляшенко А. В., Солопов А. В.* О времени тепловой готовности феррит-транзисторного СВЧ-генератора на высоких уровнях мощности // Гетероманитная микроэлектроника : сб. докл. и ст. науч.-техн. совещ. Вып.1 : Многофункциональные комплексированные устройства и системы СВЧ- и КВЧ-диапазонов. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2004. С. 139–151.

Образец короткого описания патентов:

5. Пат. 72788 Российская Федерация, МПК⁷ Н 01 L 43/08, Н 01 L 27/14, G 01 R 33/05, G 01 R 33/04. Устройство для измерения магнитного поля / заявители Игнатъев А. А., Куликов М. Н., Ляшенко А. В., Романченко Л. А., Солопов А. А. ; патентообладатель ОАО «НИИ-Тантал». – № 20700125198U ; заявл. 03.07.2007 ; опубл. 27.04.2008.

4. Требования к оформлению электронной версии

4.1. Текст рукописи должен быть представлен в виде одного файла на дискете «3,5», CD или по электронной почте в формате Microsoft Word 97/2000, шрифт Times New Roman, размер шрифта в соответствии с п.3.1, межстрочный интервал одинарный, величина отступа 5 пробелов. Вся работа должна быть выполнена одной гарнитурой (Times New Roman).

4.2. Формулы набираются в редакторе формул Microsoft Equation, входящем в состав Microsoft Word. Греческие буквы должны набираться обычным шрифтом, латинские – курсивом. Запись химических элементов – обычным шрифтом. Векторы – полужирным шрифтом.

4.3. Диаграммы, графики и фотографии должны быть выполнены в черно-белом цвете.

4.4. Иллюстрации должны быть представлены в форматах TIFF, JPEG.

Дискеты и рукописи не возвращаются

Адрес : Россия, 410040, г. Саратов, пр. 50 лет Октября, ОАО «Институт критических технологий»
Тел. : 8-(8452) 35-53-39
Факс : 8-(8452) 34-08-70
E-mail : kbkt@san.ru

ПРАВИЛА ДЕПОНИРОВАНИЯ
в Центре специальной информации
ОАО «Институт критических технологий»

Депонирование научных работ ограниченного доступа (2 спецвыпуска в год) является основной формой их публикаций для соискания ученых степеней доктора и кандидата наук. ОАО «Институт критических технологий» гарантирует принятие от авторов на депонирование рукописей НИР и ОКР (статей, обзоров, монографий и др.) и обеспечение информационных запросов на депонированные работы по следующей тематике: гетеромагнитная микро- и наноэлектроника, нанотехнология, схемотехника, аналого-цифровые системы на кристалле, САПР, системы защиты информации, радиоэлектроника, СВЧ- и КВЧ-приборы для военной и специальной техники. Рассылка осуществляется по адресам, указанным авторами.

Входящие в сборник работы в авторской редакции по указанной тематике подлежат депонированию в Центре специальной информации ОАО «Институт критических технологий» в установленной порядке.

Документы направляются в Центр специальной информации ОАО «Институт критических технологий» на имя генерального директора-генерального конструктора А. В. Ляшенко по адресу:

Россия, 410040, г. Саратов, пр. 50 лет Октября, 110А.

Тел.: 8(8452) 63-28-20, 8(8452) 34-08-70

Факс: 8(8452) 48-11-83, 8(8452) 34-08-70

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Теоретические и экспериментальные исследования, компьютерные технологии	
<i>Игнатъев А. А., Спиридонов Д. М., Прокофьев Л. И.</i> Исследование влияния температуры на смещение нуля выходного сигнала магниторезистивного датчика.....	4
<i>Овчинников С. В., Ретунский А. С.</i> Инженерные методы оценки коэффициента теплоотдачи при течении теплоносителя в каналах.....	10
<i>Кудрявцева С. П., Петров А. Н.</i> Исследование зависимости локального коэффициента формы от геометрических размеров аксиально-намагниченных кольцевых магнитов.....	20
<i>Зайцева Е. С., Маслов А. А., Романченко Л. А.</i> Изучение зависимости показаний гетеромагнитного первичного преобразователя от частоты внешней помехи при применении немагнитного цилиндрического экрана.....	25
<i>Страхова Л. Л., Хвалин А. Л., Воробьев А. В.</i> Компьютерное моделирование широкополосного УВЧ-усилителя на биполярных транзисторах.....	31
<i>Васильев А. В., Игнатъев А. А.</i> Расчет характеристик магнитоэлектронного генератора с использованием нелинейной модели ЖИГ-резонатора.....	37
<i>Ляшенко А. В., Сотов Л. С.</i> Операции преобразования форматов представления и манипуляции битами данных в вычислительной технике.....	43
<i>Малярчук В. А.</i> Декомпозиция процедуры формирования упорядоченного разбиения бинарного множества.....	59
<i>Жуков Н. Д., Овчинников С. В.</i> Теплофизический анализ рентгеновского микроизлучателя.....	64
Методические аспекты физического образования	
<i>Игнатъев А. А., Кудрявцева С. П., Романченко Л. А.</i> Эффективность компетентностного подхода в обучении на примере магистратуры «Магнитоэлектроника в системах защиты информации и безопасности».....	73
<i>Измайлов И. В., Пойзнер Б. Н., Аникин В. М.</i> Формирование нелинейности в динамических радиофизических системах: сценарий решения проблемы.....	76
<i>Медведев Б. А., Дронкин А. С., Листратова Е. С.</i> Методический аспект проблематики магнитобиологических эффектов в слабых и сверхслабых магнитных полях.....	81
Экономика в промышленности	
<i>Плотников А. Н., Плотников Д. А.</i> Классификация рисков венчурного инвестирования наукоемких высокотехнологичных предприятий на мезоэкономическом уровне.....	94
<i>Бесчастнов С. П.</i> Необходимость государственной поддержки инновационной деятельности в России.....	106
<i>Глушкова Ю. О., Баширзаде Р. Р.</i> Анализ состава и структуры внешнеторговых потоков в глобальной экономике.....	112
<i>Благославова Е. В.</i> Влияние процессов формирования, развития и использования человеческого капитала на инновационное развитие предприятия.....	118
Приложение	
Хроника.....	
<i>Медведев Б. А.</i> (модератор) Круглый стол: Человек и свет в естественнонаучной и художественной картине мира	127
Правила для авторов.....	144
Правила депонирования.....	146

Подписка на 2016 г.

Индекс издания по объединенному каталогу «Пресса России» 29005,
Интернет-каталог Агентства «Книга-Сервис»,
раздел 24 «Компьютеры. Информатика. Программные продукты»,
раздел 30 «Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов».
Сборник выходит 4 раза в год – 2 раза в год в открытом и 2 раза в год в ограниченном
доступе (спецвыпуски).

Научное издание

ГЕТЕРОМАГНИТНАЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

Сборник научных трудов

Выпуск 19

**Гетеромагнитная микро- и наноэлектроника.
Методические аспекты физического образования.
Экономика в промышленности**

Под редакцией профессора *А. В. Ляшенко*

Редактор *Е. А. Малютина*
Редактор английского текста *Е. А. Игнатьева*
Технический редактор *В. В. Володина*. Корректор *Е. Б. Крылова*
Оригинал-макет подготовили *О. Г. Данке, Т. Н. Сиротинина*

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС77-35636 от 17.03.2009.

Подписано в печать 19.12.2015. Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. 8,60 (9,25). Тираж 100. Заказ .

Издательство Саратовского университета. 410012, Саратов, Астраханская, 83.
Типография ИП Волков В. В. 410056, Саратов, Рабочая, 1050000000