

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ПМУ ХАБАРШЫСЫ

Физика-математикалық сериясы

1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Физико-математическая серия

Издается с 1997 года

ISSN 1811-1807

№3 (2016)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Физико-математическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации

№ 14213-Ж

выдано

Министерством культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области физики, математики,
механики и информатики

Подписной индекс – 76135

Бас редакторы – главный редактор

Тлеукунов С. К.

доктор ф.-м.н., профессор

Заместитель главного редактора

Испулов Н. А., *к.ф.-м.н., доцент*

Ответственный секретарь

Сыздыкова А. Т.

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Отелбаев М. О., *д.ф.-м.н., профессор, академик НАН РК*

Уалиев Г. У., *д.ф.-м.н., профессор, академик НАН РК*

Рахмон А. Х., *PhD (Пакистан)*

Ткаченко И. М., *д.ф.-м.н., профессор(Испания)*

Демкин В. П., *д.ф.-м.н., профессор(Россия)*

Бактыбаев К. Б., *д.ф.-м.н., профессор*

Кумеков С. Е., *д.ф.-м.н., профессор*

Куралбаев З., *д.ф.-м.н., профессор*

Оспанов К. Н., *д.ф.-м.н., профессор*

Нургожина Б. В., *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

МАЗМҰНЫ**МАТЕМАТИКА****Павлюк Ин. И., Павлюк И. И.**

Булев алгебрасының және Линденбаум-Тарский алгебрасының жалғыздығы туралы 6

Павлюк И. И., Павлюк Ин. И., Тусупова А. Ж.

Коммутативтік қатынасқа қатысты тернардық элементтік салыстырулар туралы 14

Сенашов В. И., Герасимова А. М.

Топтардың қабатты графтар туралы 23

ФИЗИКА**Дайгарди А. П., Кисиков Т., Ран С., Испулов Н. А.**

Темір арсениді асқын өткізгішінің нематикалық тербелістерімен шартталған бір текті емес шыны тәрізді тәртіптің ЯМР дәлелі 29

Жукенов М. К., Исагулов А. О.

Бұйымдарды ультрадыбысты бақылауда шағылдырғыштың баламалы ауданы мен баламалы өлшемдерін есептеу 47

ИНФОРМАТИКА**Асаинова А. Ж., Мусанова А. М.**

Компьютерлік модельдеу және азық-түлік инженериясы: жүзеге асыру мүмкіндіктері 51

БАҒЫТТАР БОЙЫНША ҒЫЛЫМИ-МЕТОДОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР**Калимбетов Б. Т., Омарова И. М.**

Математикалық талдауды үйренуде студенттердің жобалау-зерттеу іс-әрекеттері 60

Найманова Д. С., Кажмуратова Б. Р.

Интерфейс және электрондық энциклопедиясы информатика құрылысында мәселері туралы 67

Сеитова С. М., Абдыкаримова А. Ж.

Нейролингвистикалық бағдарламау технологияның «Математикалық есептерді шешу практикумы» бойынша өздік жұмыстарды ұйымдастыру 74

Авторларға арналған ережелер 81

Жарияланым этикасы 87

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Паелюк Ин. И., Паелюк И. И.

О единственности булевой алгебры
и алгебры Линденбаума-Тарского..... 6

Паелюк И. И., Паелюк Ин. И., Тусупова А. Ж.

О тернарных элементных групповых сравнениях
относительно отношения коммутативности 14

Сенашов В. И., Герасимова А. М.

О слойных графах групп 23

ФИЗИКА

Дайгарди А. П., Кисиков Т., Ран С., Испулов Н. А.

ЯМР доказательства неоднородного стекловидного
поведения, обусловленного нематематическими колебаниями
сверхпроводника арсенида железа 29

Жукенов М. К., Исагулов А. О.

Расчет эквивалентных размеров и эквивалентной площади
отражателей в ультразвуковом контроле изделий 47

ИНФОРМАТИКА

Асаинова А. Ж., Мусанова А. М.

Компьютерное моделирование и пищевая инженерия:
возможности реализации..... 51

НАУЧНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОТРАСЛЯМ

Калимбетов Б. Т., Омарова И. М.

Проектно-исследовательская деятельность студентов
при изучении математического анализа..... 60

Найманова Д. С., Кажмуратова Б. Р.

О вопросе описания интерфейса и структуры
электронной энциклопедии по информатике 67

Сеитова С. М., Абдыкаримова А. Ж.

Технология нейролингвистического программирования (НЛП)
в организации самостоятельных работ по курсу
«Практикум по решению математических задач 74

Правила для авторов 81

Публикационная этика 87

CONTENT**MATHEMATICS*****Pavlyuk In., Pavlyuk I.***

On the uniqueness of Boolean algebra and Lindenbaum-Tarski algebra 6

Pavlyuk I., Pavlyuk In., Tussupova A.

On the ternary group comparisons with respect to commutativity relation 14

Senashov V. I., Gerasimova A. M.

On layered graphs of groups 23

PHYSICS***Dioguardi A. P., Kissikov T., Ran S., Ispulov N. A.***NMR evidence for inhomogeneous glassy behavior driven
by nematic fluctuations in iron arsenide superconductors 29***Zhukenov M. K., Issagulov A. O.***Calculation of equivalent sizes and equivalent
high-rise reflectors in ultrasonic testing 47**INFORMATICS*****Assainova A. Zh., Mussanova A. M.***

Computer modeling and food engineering: feasibility 51

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL BRANCH RESEARCHES***Kalimbetov B., Omarova I.***Project and research activities of students
at studying of mathematical analysis 60***Naimanova D., Kazhmuratova B.***On the question of the interface description
and the electronic encyclopedia structure in informatics 67***Seitova S. M., Abdykarimova A. Zh.***The technology of neurolinguistic programming
in the organization of independent work on the course
«Workshop on solving mathematical problems» 74

Rules for authors 81

Publication ethics 87

УДК 510.22,23;517.911;517.927.21;518.48

Ин. И. Павлюк¹, И. И. Павлюк²

¹Новосибирский государственный педагогический университет,
г. Новосибирск, Россия

²Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, Казахстан

О ЕДИНСТВЕННОСТИ БУЛЕВОЙ АЛГЕБРЫ И АЛГЕБРЫ ЛИНДЕНБАУМА-ТАРСКОГО

В работе доказаны следующие результаты: булева алгебра единственна относительно множества ее системы аксиом; алгебра Линденбаума-Тарского единственна относительно множества формул исчисления высказываний и системы аксиом булевой алгебры

Ключевые слова: единственность булевой алгебры и алгебры Линденбаума-Тарского.

ВВЕДЕНИЕ

В современной алгебре теория булевых алгебр занимает особое место как наиболее развитая область математики. Булевы алгебры пронизывают большинство разделов современной как теоретической, так и прикладной математики. В алфавите и аксиомах булевой алгебры отражены постулаты присутствующие во многих сферах приложения науки. Многие фундаментальные понятия науки, в частности, «Множество», «Высказывания», «События» и их свойства описываются на языке теории булевых алгебр. «Булевы алгебры пронизывают не только всю математику, но и практически все духовные кладовые человечества» [6]. Коль скоро булевы алгебры служат фундаментом многих направлений математики, то возникает вопрос: единственная ли она в рамках своей аксиоматики и форм приложений аксиом? Понятно, что изоморфизм алгебр копирует их, сохраняя аксиоматику, но меняет алфавит, а, следовательно, меняет объекты приложения. Мы рассматриваем булеву алгебру в рамках её определения. Булева алгебра – это единственная в своем роде (теорема 1) база приложений аксиом и алфавита, элементы которого наделены свойствами, отраженными в аксиомах.

Единственность булевых алгебр – это уже не феномен в математике, а скорее всего содержание проявленной интуиции на данном этапе её развития, это скорее постигнутая разумом основа сущности ноумена. Дальнейшее развитие категории единственности выявит её центральное положение во всей математике, а её теоремы о единственности, перейдут из области целевых утверждений, опирающихся на интуицию, в разряд точных утверждений, опирающихся на ноумен (постижение разумом сущности феномена).

Аксиоматический метод в математике научно отражает существо реального мира и представляет собой не что иное, как применение принципа намеренно ограниченной свободы неполного знания. Абстракция и обобщение как раз состоят в том, что определённые свойства объектов игнорируются. Все свойства, которые математик не игнорирует, они присущи объектам (математик их заботливо и исчерпывающе перечисляет). В дальнейшем запрещается опираться на что-либо, кроме этих свойств, («аксиом»), и правил вывода двузначной логики. Делается это не потому-ли, чтобы сохранить единственность рассматриваемого объекта с наделёнными свойствами его взаимодействия с другими объектами этого же рода? В аксиоматику вложен генетический код объекта и даётся ему право на существование как представителю реально существующего объекта. Реальность и единственность объектов неотделимы несмотря на абстракцию и формы абстрактного мышления.

Не потому ли со времен Аристотеля (а возможно и раньше) в основе любой науки лежит принцип намеренно неполного знания, чтобы дать жизнь единственности наукам? Математика как наука в этом достигла определенного совершенства изобретением аксиоматического метода, интуитивно полагая единственность рассматриваемых теорий, а иного и быть не может. Так устроен объективный мир, и каждый его объект имеет меру. Эталоном меры являются аксиоматически построенные алгебраические структуры. Для множества счетных объектов эталон – натуральные числа, для несчетных – алгебраические структуры, содержащие в себе аддитивную или мультипликативную группу своих элементов.

Известно, что множество целых чисел счетно. Целые числа содержат в себе аддитивную группу своих элементов. Эта группа плотно охватывает все элементы множества целых чисел, а мультипликативная группа целых чисел конечна. Таким образом, характерной ее особенностью являются – содержание бесконечной группы.

В работе используются выразительные возможности языка прикладного исчисления предикатов, а также язык теории множеств [1, 2]. Это помогает детализировать рассуждения и придавать доказательствам и

формулировкам утверждений более компактный и завершённый вид, а это (в свою очередь) позволяет символизировать теорию. Алгебра предикатов (в отличие от алгебры высказываний) за счёт анализа субъектно-предикатной структуры высказывательных форм обладает большими выразительными возможностями, что позволяет средствами ее языка полнее отразить закономерности логического мышления, а это способствует более глубокому проникновению в суть вопроса.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Единственность булевой алгебры.

Определение 1 [1]. Предложения с переменными дающие высказывания в результате замены свободных переменных их допустимыми значениями называют предикатами. Например, предложение $x + y = 5$, где x, y – натуральные числа. Это предложение, о котором нельзя сказать оно ложно или истинно, то есть – не является высказыванием. Оно является предикатом или условием (на x и y). По числу входящих в предикат свободных переменных различают одноместные, двухместные, тернарные и т.д. предикаты. Приведённый предикат является двухместным. Он обозначается $P(x, y)$. Высказывание получено из предиката $P(x, y) = x + y = 5$, при $x = 3, y = 2$ будет истинным, то есть $P(3, 2) = u$.

Определение 2 [1]. Предикаты $R(x, y), Q(x, y)$ равносильны если и только если их истинностные значения совпадают на любом наборе допустимых значений переменных x и y или, если предикат

$$R(x, y) \Leftrightarrow Q(x, y)$$

является тождественно истинным (при любых значениях переменных), то есть высказывание $R(x, y) \Leftrightarrow Q(x, y)$ принимает истинностное значение.

В теории множеств подмножества данного множества выделяются с помощью одноместных предикатов: для любого множества A и одноместного предиката $P(x)$ имеющего смысл для всех элементов множества A (то есть $P(x) = u$ либо $P(x) = l, x \in A$) существует множество, состоящее в точности из тех элементов множества A , для которых $P(x) = u$, то есть

$$(\forall x \in A)(P(x) = u).$$

Определение 3 [1]. Если два одноместных предиката $R(x)$ и $Q(x)$ на множестве A равносильны (эквивалентны), то они представляют одно и то же подмножество множества A .

$$(R(x) \cong Q(x)) \Leftrightarrow (\forall x \in A / R(x)) = (\forall x \in A)(Q(x)).$$

Аналогично

$$(R(x, y) \cong (Q(x, y))) \Leftrightarrow ((A = B) \Leftrightarrow (A \subset B \ \& \ B \subset A)). \quad (1)$$

Лемма 1. Пусть U – универсальное множество. Тогда $(\forall A, B \subset U)((A = B) \Leftrightarrow (\overline{A} = \overline{B}))$, где $\overline{A}, \overline{B}$ – дополнения соответственно к A и к B в универсальном множестве U .

Доказательство. Необходимость. Пусть $A = B$. Предположим, что $\overline{A} \neq \overline{B}$. Из $\overline{A} \neq \overline{B}$ следует, что $(\exists x \in \overline{A} \setminus \overline{B})$, то есть принадлежит \overline{A} , но не принадлежит \overline{B} . Так как $x \in \overline{A}$, то $x \notin A$, а так как $x \notin \overline{B}$, то $x \in B$. Отсюда следует, что $(\exists x \in B \setminus A)$. Но по условию $A = B$. Противоречие.

Достаточность. Пусть $\overline{A} = \overline{B}$, а $\overline{A} \neq \overline{B}$. Тогда из $\overline{A} \neq \overline{B}$ следует, что $(\exists x \in A \setminus B)$. Если $x \notin B$, то $x \in \overline{B}$. Но $x \in A$ и $x \notin \overline{A}$. Отсюда следует, что $\overline{A} \neq \overline{B}$. Противоречие.

Лемма доказана.

Лемма 2. Пустое множество \emptyset содержится в любом множестве M .

Доказательство. Очевидно высказывание $(x \in \emptyset) \Rightarrow (x \in M)$ с ложной посылкой (консеквентном) всегда истинно. Следовательно, ложный предикат $x \in \emptyset$ определяет пустое множество и его элементы принадлежат любому множеству M . Очевидно, $(\forall M \subset U)(\emptyset \subset M)$.

Лемма доказана.

Лемма 3. Пустое множество \emptyset единственно в любом множестве A .

Доказательство. Предположим, что в A существует еще одно пустое множество O такое, что $\emptyset \neq O$. Очевидно, высказывание $(\forall x \in \emptyset)(\forall x \in O)((x \in \emptyset) \Leftrightarrow (x \in O))$ истинно так как оба компонента эквиваленции $((x \in \emptyset) \Leftrightarrow (x \in O))$ ложны. Но так как $(\forall x \in \emptyset)(x \in O) \& (\forall x \in O)(x \in \emptyset)$, то $\emptyset = O$. Противоречие.

Лемма доказана.

Лемма 4. Универсальное множество U единственно.

Доказательство. Предположим, что существует два универсальных множества U_1 и U_2 такие, что $U_1 \neq U_2$. Высказывание $(\forall x \in U_1)(\forall x \in U_2)((x \in U_1) \Leftrightarrow (x \in U_2))$ истинно так как оба компонента $x \in U_1$ и $x \in U_2$ в рассматриваемой эквиваленции истинны. Отсюда следует, что $((\forall x \in U_1) \Rightarrow (x \in U_2)) \& ((\forall x \in U_2) \rightarrow (x \in U_1))$.

Таким образом, $(U_1 \subset U_2) \& (U_2 \subset U_1)$. Отсюда следует, что $U_1 = U_2$. Противоречие.

Лемма доказана.

Лемма 5. Пусть \overline{A} – множество, \overline{A} – дополнение к A в универсальном множестве U . Тогда \overline{A} единственно в U для A .

Доказательство. Предположим, что существует множество $C \subset U \setminus A$ и $C \neq \overline{A}$, но C является дополнением к множеству A в универсальном. Тогда высказывание $((A \neq Q) \Leftrightarrow (\overline{A} \neq \overline{Q}))$ для некоторого $Q \subset U$ истинно так

как высказывание $((A=Q) \Leftrightarrow (\overline{A}=\overline{Q}))$ истинно (лемма 1). Отсюда следует, что $((A=A) \Leftrightarrow (\overline{A}=C))$ истинно. В противном случае из ложного $A=C$ и истинности $((A=B) \Leftrightarrow (\overline{A}=C))$ следовало бы, что $A=A$ ложно. Противоречие.

Лемма доказана.

Следствие 1. Множество A единственно в универсальном множестве U .

Доказательство. Так как высказывание $\overline{\overline{A}} \Leftrightarrow A$ истинно ($\forall A \subset U$), а $\overline{\overline{A}}$ и \overline{A} единственны в U (лемма 4), то и A единственно в U .

Следствие доказано.

Следствие 2. Равные множества единственны в U .

Доказательство.

Очевидно, высказывание $(A=B) \Leftrightarrow (\overline{\overline{A}}=\overline{\overline{B}})$ истинно (лемма 5). Поэтому можно обозначить $A=B=A$ или $B=A=B$.

Следствие доказано.

Лемма 6. Пересечение $A \cap B$ множеств A и B единственно.

Доказательство. Так как $A \cap B = \{x/x \in A \ \& \ x \in B\}$, то A и B единственны в U (лемма 5). Если предположить, что $A \cap B = \tilde{N}$ и $A \cap B = D$ ($D \neq C$), то $(\exists y \in C \setminus D)$. Но $(\forall x \in C)((x \in A) \ \& \ (x \in D))$. Но $y \in C$ и $y \notin D$. Противоречие.

Лемма доказана.

Лемма 7. Объединение $A \cup B$ множеств единственно.

Доказательство. Предположим, что $A \cup B = C$, $A \cup B = D$ и $C \neq D$. Так как равные множества $A \cup B = A \cup B$ единственны в U (следствие 2 леммы 5) и $C = D$ единственно в U . Противоречие.

Лемма доказана.

Лемма 8. Разность $A \setminus B$ множеств A и B единственна в U .

Доказательство. Так как $A \setminus B = \{x/x \in A \ \& \ x \notin B\}$ или $A \setminus B = \overline{B_A}$ – дополнение к B в A . Поскольку $A \setminus B = \overline{B_A} = \overline{B} \cap A$, A, \overline{B} – единственны в U (следствие 1 леммы 5 и лемма 5) и $\overline{B} \cap A$ единственно в U (лемма 6). Таким образом, лемма установлена.

Лемма 9. Множества, представленные формулами Моргана единственны в универсальном множестве, то есть $(\forall A, B \subset U)((\overline{A \cup B} = \overline{A} \cap \overline{B}) \ \& \ (\overline{A \cap B} = \overline{A} \cup \overline{B}))$

Доказательство. Равенства $\overline{A \cup B} = \overline{A} \cap \overline{B}$, $\overline{A \cap B} = \overline{A} \cup \overline{B}$ легко устанавливаются исходя из аксиом булевой алгебры [2]. Единственность множеств следует из леммы 4, леммы 6, леммы 7, леммы 5.

Лемма доказана.

Определение [2]. Булева алгебра – это множество $M \neq \emptyset$, в котором определены две бинарные операции \cup – объединение, \cap – пересечение

и одна унарная операция $\bar{}$ – дополнение (в теоретико-множественной интерпретации подмножеств фиксированного пространства).

Операции \cup, \cap и $\bar{}$ удовлетворяют следующей системе аксиом:

$$(\forall A, B \subset M)((A \cup B = B \cup A) \& (A \cap B) = (B \cap A));$$

$$(\forall A, B, C \subset M)((A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap C) \& (A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C));$$

$$(\forall A, B \subset M)((A \cap B) \cup B = B) \& ((A \cup B) \cap B = B);$$

$$(\forall A, B, C \subset M)((A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)) \& (A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)));$$

$$(\forall A, B \subset M)((A \cap \bar{A}) \cup B = B) \& ((A \cup \bar{A}) \cap B = B).$$

Таким образом, булева алгебра это $\langle M; \cup, \cap, \bar{} \rangle$, где M – непустое множество (объектов) с тремя операциями, удовлетворяющими системе аксиом 1) – 5).

Теорема 1. Булева алгебра $\langle M; \cup, \cap, \bar{} \rangle$ единственна относительно множества M и системы аксиом 1) – 5).

Доказательство. Так как M содержится в некотором универсальном U множестве, а по лемме 7 U единственно, то с учетом леммы 5 $(\forall A \subseteq M) \rightarrow \bar{A}$ – единственно в U для A . Отсюда и множество $A \subseteq M$ единственно в U (следствие 1 леммы 5). Таким образом, M – единственное множество. Далее необходимо установить единственность подмножеств $A \cap B$, $A \cup B$, где $A, B \subseteq M$. Очевидно, доказательство этих утверждений отражено в лемме 6 и лемме 7 соответственно. Лемма 5 позволяет заключить, что действие унарной операции $\bar{}$ (дополнение) над любым множеством $A \subseteq M$ дает единственное множество \bar{A} . В аксиоме 5) содержится пересечение $A \cap \bar{A}$ и объединение $A \cup \bar{A}$. Пересечение $A \cap \bar{A} = \emptyset$. Лемма 3 устанавливает единственность пустого множества в любом множестве (лемма 2). Таким образом, действие аксиомы 5) в первой её компоненте конъюнкции не вызывает сомнений в однозначности операции. Обратимся к второй компоненте $A \cup \bar{A} = U$. Единственность универсального множества устанавливается леммой 4. В каждой аксиоме есть знак отношения равенства. Следствие 2 леммы 5 устанавливает единственность равных множеств.

Теорема доказана.

Единственность алгебры Линденбаума-Тарского. Важным применением теории булевых алгебр является её использование в математической логике. При исследовании Г. Булем алгебраической структуры законов мышления [1, 5] и возникла алгебра логики. В основе этой теории лежит случай двухэлементного исчисления высказываний. Логические операции «или», «и», «не», «если..., то» обозначаются через $\cup, \cap, \bar{}, \rightarrow$ соответственно.

Рассматривается множество формул UF исчисления высказываний. В нем отождествляются эквивалентные формулы, то есть α и β тождественно эквивалентны тогда и только тогда, когда выводимы обе импликации $\alpha \rightarrow \beta$ и $\beta \rightarrow \alpha$, то есть $((\alpha \equiv \beta) \Leftrightarrow ((\alpha \rightarrow \beta) \& (\beta \rightarrow \alpha)))$. Полученная, таким образом, булева алгебра и есть алгебра Линденбаума–Тарского.

Теорема 2. Алгебра Линденбаума–Тарского $\langle UF; \cup, \cap, \bar{\cdot}, \rightarrow \rangle$ единственна относительно множества формул UF и системы аксиом 1) – 5).

Доказательство. Доказательство базируется на установлении единственности действия операций. Если α – элемент множества формул F , то, очевидно, имеют место основные тождества: 1) $|\alpha| \cup |\beta| = |\alpha \cup \beta|$; 2) $|\alpha| \cap |\beta| = |\alpha \cap \beta|$; 3) $|\bar{\alpha}| = |\bar{\alpha}|$; 4) $|\alpha| \rightarrow |\beta| = |\alpha \rightarrow \beta|$. Три тождества определяют булевы операции в алгебре Линденбаума–Тарского. Булева операция \rightarrow левой части последнего тождества эта операция $|\alpha| \rightarrow |\beta| = |\bar{\alpha}| \cup |\beta|$. Поскольку $|\bar{\alpha}|$ и $|\beta|$ – множества, то легко установить по лемме 9, что $|\bar{\alpha}| \setminus |\beta| = |\bar{\alpha}| \cup |\beta|$. Отсюда по лемме 8 разность $|\bar{\alpha}| \setminus |\beta|$ единственна, а по лемме 5 $|\bar{\alpha}| \setminus |\beta|$ единственно. Аналогично используя лемму 5 и лемму 7, устанавливается единственность множества $|\bar{\alpha}| \cup |\beta|$. Так как $|\alpha| \rightarrow |\beta| = |\bar{\alpha}| \cup |\beta|$, то из установленной единственности следует, что операция \rightarrow на множестве UF действует однозначно. Однозначность действия операций $\cup, \cap, \bar{\cdot}$ на произвольных множествах установлена в теореме 7.

Теорема доказана.

ВЫВОДЫ

Теоремы 1 и 2 являются основными результатами данной статьи. Таким образом, как было доказано в теореме 1 булева алгебра является единственной относительно множества; согласно теореме 2 алгебра Линденбаума–Тарского является единственной относительно множества формул исчисления высказываний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Куликов, Л. Я. Алгебра и теория чисел. М., 1979. – 559 с.
- 2 Сикорский, Р. Булевы алгебры и.л. – М., 1969. – 374 с.
- 3 Архангельский, А. В. Канторовская теория множеств. М. : 1988. – 112 с.
- 4 Boole, G. The mathematical analysis of logic. – Cambridge, 1847.
- 5 Кусраев, А. Г., Кутателадзе, С. С. Введение в булевозначный анализ. М. : Наука. – С. 406. – 526 с.

6 Павлюк, И. И., Кудайберген, М. Единственность группы как аксиоматической системы. // Вестник ПГУ им. С. Торайгырова серия физико-математическая – № 3. – 2015. – 43-47 с.

7 Целищев, В. В. Философия математики. Ч.1. – Новосибирск : Наука, 2002. – 212 с.

Материал поступил в редакцию 15.09.16.

Ип. И. Павлюк¹, И. И. Павлюк²

Булев алгебрасының және Линденбаум-Тарский алгебрасының жалғыздығы туралы

¹Новосібір мемлекеттік педагогикалық университеті,
Новосібір, Ресей;

²С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан.
Материал 15.09.16 баспаға түсті.

In. Pavlyuk¹, I. Pavlyuk²

On the uniqueness of Boolean algebra and Lindenbaum-Tarski algebra

¹Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia;
²S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan.
Material received on 15.09.16.

Мақалада келесі нәтижелер дәлелденді: булев алгебрасының жалғыздығы және оған байланысты аксиомалар жүйесі; Линденбаум-Тарский алгебрасының жалғыздығы және оған байланысты аксиомалар жүйесі қарастырылды.

In the article the following results are presented: the Boolean algebra is unique in relation to the set and its system of axioms; the Lindenbaum-Tarski algebra is unique with respect to the set UF of propositional calculus formulas and the system of the Boolean algebra axioms.

УДК 512. 54.

И. И. Павлюк¹, Ин. И. Павлюк², А. Ж. Тусупова³

¹к.ф.-м.н, ²доцент, ³студент

^{1,3}Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, Казахстан

²Новосибирский государственный педагогический университет,
г. Новосибирск, Россия

e-mail: ¹ivan.pavlyuk@mail.ru, ²inessa7772@mail.ru, ³assemat95@mail.ru

О ТЕРНАРНЫХ ЭЛЕМЕНТНЫХ ГРУППОВЫХ СРАВНЕНИЯХ ОТНОСИТЕЛЬНО ОТНОШЕНИЯ КОММУТАТИВНОСТИ

В статье доказаны законы дистрибутивности сопряжения и обращения относительно бинарного отношения эквивалентности элементов и подмножеств группы. Получены следующие результаты: закон дистрибутивности сопряжения элементов группы относительно бинарного отношения коммутативности; в группе тернарное сравнение имеет единственно решение.

Ключевые слова: отношение коммутативности, тернарные элементные теоретико-групповые моносравнения, решение сравнений в группах.

ВЕДЕНИЕ

Полиномы в алгебре рассматриваются над алгебраическими структурами с двумя основными бинарными операциями. Отношение равенства в них играет посредническую роль при сравнении по отношению к нулевому значению. Выражения в полиномах формируются при помощи операций и связываются при помощи операций. Каждая бинарная операция представляет собой тернарное отношение на элементах алгебраической структуры. Поскольку группа представляет собой алгебраическую структуру с одной главной операцией, то, естественно, аналогом полинома на этой структуре может выступать объект, содержащий в себе выражения связанные между собой отношениями заданными на элементах или кластерах группы. Таким образом, можно рассматривать n-арные сравнения в группах. Количество связуемых алгебраических выражений определяет арность сравнения.

Монополиномы в алгебре не рассматривались из-за тривиальности задачи (Все коэффициенты полинома и свободный член равны между собой и равны нулю). В Теории сравнений в группах представляет особый интерес рассмотрения теоретико-групповых моносравнений, поскольку их решениями являются структуры наделенные аксиомами группы. Таким образом, мы приходим к новой характеристике, новому взгляду на кластеры группы. Этим раскрывается глубина найденных логических связей группы как математической структуры.

Сравнения относительно отношения сопряженности и отношения центральной эквивалентности на элементах группы впервые изучены в работе [1] и монографии [9] Инессы Павлюк. В работе [3] отмечены тернарные сравнения относительно отношения центральной эквивалентности и найдены их решения. Причем, рассмотрены только моносравнения $((ax_1 \equiv a)_{1 \equiv} a)$. Отношение $_{1 \equiv}$ является отношением эквивалентности [2], а отношение $_{k \equiv}$ коммутативности является отношением толерантности, т.е. оно не транзитивно, но рефлексивно и симметрично [1].

В работе исследуются тернарные теоретико-групповые сравнения относительно отношения коммутативности. Это направление теории групп интенсивно разрабатывается в Павлодарской теоретико-групповой школе.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Законы дистрибутивности в теории сравнений в группах. Для получения результатов по теории элементарных теоретико-групповых тернарных сравнений необходима информация по теоретико-множественным сравнениям относительно некоторых отношений эквивалентности.

Лемма 1 (Закон дистрибутивности сопряжения подмножеств группы относительно отношения эквивалентности). Для любых подмножеств A и B группы G и любого бинарного отношения эквивалентности “ \equiv ”, заданного на подмножествах группы G , истинным является следующее высказывание $(\forall A, B \subseteq G)(\forall x \in G)((A \equiv B) \Leftrightarrow ((A \equiv B)^x = (A^x \equiv B^x)))$.

Доказательство. Необходимость. Пусть $A \equiv B \subseteq G$ и $(A \equiv B)^x \subseteq G$. Очевидно $A^x, B^x \subseteq G$. Так как отношение “ \equiv ” является отношением эквивалентности на подмножествах группы G , то это множество подмножеств группы G разбивается на непересекающиеся классы эквивалентности: $\bar{A} = \bar{B}$, $\bar{\bar{A}} = \bar{\bar{B}}$. Если $A \equiv B$, то $\bar{A} = \bar{B}$ и $(\bar{\bar{B}} = \bar{\bar{A}}) = \bar{\bar{A}}$ или $\bar{\bar{\bar{A}}} = \bar{\bar{\bar{B}}}$ и $(\bar{\bar{\bar{B}}} = \bar{\bar{\bar{A}}}) = \bar{\bar{\bar{B}}}$. Таким образом,

достаточно взять представитель класса эквивалентности и не пользоваться вереницей отношений “ \equiv ” объектов. Отсюда $\overline{\overline{A}} = \overline{A}$, $\overline{\overline{B}} = \overline{B}$. Далее, $(A \equiv B)^x = (A^x)^x = A^x$, $(A \equiv B)^x = (B^x)^x = B^x$. Вместо $A \equiv B$ можно взять B аналогично, – вместо $A \equiv B$ берем A , где A, B представители одного и того же класса $\overline{A = B}$ эквивалентности. Таким образом, $(A^x)^x = A^x$, а $(B^x)^x = B^x$ и $(A \equiv B)^x = (A^x)^x$, $(A \equiv B)^x = (B^x)^x$. Очевидно, что левые части последних выражений равны между собой, отсюда и правые B^x и A^x также будут равны. Таким образом, $(A \equiv B)^x = A^x = B^x$.

Достаточность. Пусть $A^x \equiv B^x = (A \equiv B)^x$. Тогда $(A^x \equiv B^x)^{x^{-1}} = (A^{x^{-1}} \equiv B^{x^{-1}}) = (A \equiv B)$ и если $(A \equiv B)^x$, то $(A \equiv B)^{x^{-1}} = (A \equiv B)$. Таким образом, из $(A^x \equiv B^x) = (A \equiv B)^x \Rightarrow (A \equiv B)$.

Лемма доказана.

Очевидными является следующие законы непосредственно, вытекающие из установленной леммы.

Следствие. Для любых элементов и подмножеств группы G истинными являются формулы:

1 $(\forall A, B, \{x\} \in G)((A \equiv B)^x = (A^x = B^x))$, закон дистрибутивности сопряжения подмножеств группы относительно отношения равенства;

2 $(\forall a, b, \{x\} \in G)((a = b)^x = (a^x = b^x))$, закон сопряжения элементов группы относительно отношения равенства;

3 $(\forall A, B, \{x\} \subseteq G)((A \equiv_c B)^x = (A^x \equiv_c B^x))$, закон дистрибутивности сопряжения подмножеств группы относительно отношения сопряжения;

4 $(\forall a, b, \{x\} \subseteq G)((a \equiv_c b)^x = (a^x \equiv_c b^x))$, закон дистрибутивности сопряжения элементов группы относительно отношения сопряжения;

5 $(\forall A, B, \{x\} \subseteq G)((A \equiv_1 B)^x = (A^x \equiv_1 B^x))$, закон дистрибутивности сопряжения подмножеств группы относительно отношения центральной эквивалентности;

6 $(\forall a, b, \{x\} \subseteq G)((a \equiv_1 b)^x = (a^x \equiv_1 b^x))$, закон дистрибутивности сопряжения элементов группы относительно центральной эквивалентности, где отношение \equiv_c – есть отношение сопряженности, а отношение \equiv_1 – центральной эквивалентности.

Лемма 2 (Закон дистрибутивности обращения подмножеств группы). Для любых подмножеств A, B группы G истинна эквиваленция $(A = B)^{-1} \Leftrightarrow (A^{-1} = B^{-1})$ (т.е. всегда принимает значение истинности).

Доказательство. **Необходимость.** Пусть $(A = B)^{-1}$. Так как $A = B = A$ и $A = B = B$, то $(A = B = A)^{-1} = A^{-1}$ и $(A = B = B)^{-1} = B^{-1}$. Поскольку $(A = B = A) = A = B$, а $(A = B = B) = A$, то $(A = B)^{-1} \Leftrightarrow (A = B = A)^{-1}$ и

$(A = B)^{-1} \Leftrightarrow (A = B = B)^{-1}$. Поскольку левые части равенств идентичны, то $A^{-1} \equiv B^{-1}$. Таким образом, $(A = B)^{-1} \Rightarrow (A^{-1} = B^{-1})$.

Достаточность. Пусть теперь $A^{-1} = B^{-1}$. Тогда $B^{-1} = (A = B)^{-1}$, $A^{-1} = (A = B)^{-1}$. Правые части этих равенств совпадают должны быть равны и левые $A^{-1} = B^{-1}$. Таким образом, из $(A^{-1} = B^{-1}) \Rightarrow (A = B)^{-1}$. Из двух соотношений $(A = B)^{-1} \Rightarrow (A^{-1} = B^{-1})$, $(A^{-1} = B^{-1}) \Rightarrow (A = B)^{-1}$. Следует утверждение $(A = B)^{-1} \Leftrightarrow (A^{-1} = B^{-1})$.

Лемма доказана.

Следствие 1 (Закон дистрибутивности обращения элементов группы относительно отношения сопряжения).

$$\left(\forall a, b \in \overset{c}{a} \subseteq G \right) \left((a \overset{c}{\equiv} b)^{-1} = (a^{-1} \overset{c}{\equiv} b^{-1}) \right).$$

Доказательство. Необходимость. Пусть $(a \overset{c}{\equiv} b)^{-1}$. Тогда $(a \overset{c}{\equiv} b)^{-1} = (a^x = b)^{-1}$. По лемме 2 $(a^x = b)^{-1} = (a^{-1})^x = b^{-1}$. Отсюда $a^{-1} \overset{c}{\equiv} b^{-1}$.

Достаточность. Пусть $a^{-1} \overset{c}{\equiv} b^{-1}$. Тогда $(a^{-1})^x = b^{-1}$. По лемме 2 $((a^{-1})^x = b^{-1}) \Leftrightarrow (a^x = b)^{-1}$ или $(a \overset{c}{\equiv} b)^{-1}$. Таким образом, из $(a \overset{c}{\equiv} b)^{-1} \Leftrightarrow (a^{-1} \overset{c}{\equiv} b^{-1})$. Окончательно, будем иметь $(a \overset{c}{\equiv} b)^{-1} \Leftrightarrow (a^{-1} \overset{c}{\equiv} b^{-1})$.

Следствие доказано.

Бинарное отношение коммутативности не является отношением эквивалентности, то некоторые законы имеют место относительно этого бинарного отношения.

Лемма 3 (Закон дистрибутивности сопряжения элементов группы G относительно отношения коммутативности).

$$\left(\forall a, b, x \in G \right) \left((a \overset{k}{\equiv} b)^x \Leftrightarrow (a^x \overset{k}{\equiv} b^x) \right)$$

Доказательство. Необходимость. Пусть $(a \overset{k}{\equiv} b)^x$. Тогда из сравнения $a \overset{k}{\equiv} b$ следует, что $ab = ba$. Так как $(a \overset{k}{\equiv} b)^x$, то $(ab = ba)^x$. По лемме 1 $(ab = ba)^x = (ab)^x = (ba)^x$. Отсюда из $(a^x b^x = b^x a^x) \Rightarrow (a^x \overset{k}{\equiv} b^x)$.

Достаточность. Ясно, что из $a^x \overset{k}{\equiv} b^x$ следует, что $a^x b^x = b^x a^x$. Отсюда $(ab)^x = (ba)^x$ и $(ab = ba)^x$ (лемма 1). Но $(ab = ba)^x \overset{def}{\Leftrightarrow} (a \overset{k}{\equiv} b)$. Отсюда следует, что $(a \overset{k}{\equiv} b)^x$. Таким образом, из $(a^x \overset{k}{\equiv} b^x) \Rightarrow (a \overset{k}{\equiv} b)^x$.

Лемма доказана.

Следствие 2 (Закон дистрибутивности обращения подмножеств группы G относительно отношения сопряжения).

$$\left(\forall A, B \subseteq G \right) \left((A \overset{c}{\equiv} B)^{-1} \Leftrightarrow (A^{-1} \overset{c}{\equiv} B^{-1}) \right).$$

Доказательство. Необходимость. Пусть $(A \overset{c}{\equiv} B)^{-1}$. Так как $(A \overset{c}{\equiv} B) \Leftrightarrow ((\exists x \in G)(A^x = B))$, то отсюда следует, что $(A \overset{c}{\equiv} B)^{-1} \Leftrightarrow (A^x = B)^{-1}$.

Поскольку $A^x = B = B$ и $A^x = B = A^x$, то $(A^x = B)^{-1} = B^{-1}$ и $(A^x = B)^{-1} = A^{-1}$. Отсюда $(A^x)^{-1} = B^{-1}$ и $(A^{-1})^x = B^{-1}$ и $A^{-1} \equiv B^{-1}$.

Достаточность. Пусть $A^{-1} \equiv B^{-1}$. Тогда $(\exists x \in G)((A^x)^{-1} = B^{-1})$. По лемме 3 $((A^x)^{-1} = B^{-1}) \Leftrightarrow ((A^x)^{-1} = B^{-1})(A^x = B)^{-1}$. Отсюда $(A \equiv B)^{-1}$. Таким образом, $(A \equiv B)^{-1} \Leftrightarrow (A \equiv B)^{-1}$.

Следствие доказано.

Следствие 3 (Закон дистрибутивности обращения элементов группы G относительно отношения центральной эквивалентности).

$$\left(\forall a, b \in a \subseteq G \right) \left((a \equiv b)^{-1} \Leftrightarrow (a^{-1} \equiv b^{-1}) \right).$$

Доказательство. Необходимость. Так как $(a \equiv b) \Leftrightarrow (C(a) = C(b))$ [2], то из $(a \equiv b)^{-1}$ следует, что $(C(a) = C(b))^{-1} \cdot ((C(a))^{-1} = (C(b))^{-1}) \Leftrightarrow (C(a) = C(b))^{-1}$. Так как $(\forall a \in G)(C(a) = C(a^{-1}))$, то $(a \equiv b)^{-1} \Leftrightarrow (a^{-1} \equiv b^{-1})$.

Достаточность. Пусть $a^{-1} \equiv b^{-1}$. Тогда $C(a^{-1}) = C(b^{-1})$ [2] и $(C(a))^{-1} = (C(b))^{-1}$.

Отсюда по лемме 1 из $((C(a))^{-1} = (C(b))^{-1}) \Rightarrow (C(a) = C(b))^{-1}$. Окончательно имеем $(a^{-1} \equiv b^{-1}) \Rightarrow (a \equiv b)^{-1}$. Таким образом, $(a \equiv b)^{-1} \Leftrightarrow (a^{-1} \equiv b^{-1})$.

Следствие доказано.

Теорема 1 (Закон дистрибутивности сопряжения элементов группы относительно отношения коммутативности).

$$(\forall a, b, x \in G) \left((a \equiv b)^x \Leftrightarrow (a^x \equiv b^x) \right)$$

– т.е. эта формула истинна для любых $a, b, x \in G$.

Доказательство. По лемме 3 $(a \equiv b)^x \Leftrightarrow (a^x \equiv b^x)$. По результату [8] $(a \equiv b) \Leftrightarrow (a^x \equiv b^x)$. (Закон сопряжения отношения коммутативности [6]). Отсюда следует, что $(a \equiv b)^x \Leftrightarrow (a^x \equiv b^x)$.

Теорема доказана.

О тернарных элементных сравнениях относительно отношения коммутативности.

Этот тип сравнений представляет особый интерес в методологическом аспекте общей теории. В отличие от полиномов над числовым полем, сравнения имеют своими решениями структурные подмножества системного множества. Понятно, что такое направление научного поиска решений выводит на новую информацию о структуре группы в целом и вскрывает новые связи объектов группы.

Предложение 1. Если элемент x коммутативно сравним с элементом y в группе G и произведение ax коммутативно сравним с элементом ay

в группе G , то элемент a коммутативно сравним с элементом y в G , т.е. $(\forall x, y, a \in G)((x \equiv y) \& (ax \equiv y)) \Rightarrow (a \equiv y)$.

Доказательство. Так как $x \equiv y$, то $x \in C(y)$. Очевидно, из сравнения $ax \equiv y$ следует, что $ax \in C(y)$. Так как $x, ax \in C(y)$ и $x^{-1} \in C(y)$, то произведение $(ax)(x^{-1}) = a(x \cdot x^{-1}) = ae = a \in C(y)$. Отсюда $ay = ya$ и $a \equiv y$.

Предложение доказано.

Предложение 2. Сравнения $x \equiv a$ и $ax \equiv a$ в группе G эквивалентны, т.е. :

$$(\forall x, y \in G)((x \equiv a) \& (ax \equiv a)) \Leftrightarrow ((R(ax \equiv a)) = (R(x \equiv a))).$$

Доказательство. Из сравнения $ax \equiv a$ следует, что $(ax)a = a(ax)$. Отсюда $ax = xa$ и $R(ax \equiv a) \subseteq R(x \equiv a)$. С другой стороны из сравнения $x \equiv a$ следует, что $xa = ax = (ax)a = a(ax)$. Отсюда $ax \equiv a$ и $R(x \equiv a) \subseteq R(ax \equiv a)$. Таким образом, $R(x \equiv a) = R(ax \equiv a)$.

Предложение доказано.

Определение 1. Групповое сравнение $x \equiv x$, где x фиксировано относительно рефлексивного бинарного отношения “ \equiv ”, имеющим место на элементах группы G , назовем моносравнением. Моносравнение $x \equiv x$ относительно любого элемента x группы G имеет своим решением $R(x \equiv x) = x$ элемент $x \in G$, т.е. $(\forall x \in G)(R(x \equiv x) \stackrel{def}{=} x)$. Такое равенство необходимо при исследованиях решений тернарных групповых сравнений относительно толерантных бинарных отношений на элементах произвольной группы. С другой стороны, $x \neq x$ имеет своим решением пустое множество, т.е. $R(x \neq x) = \emptyset$.

Теорема 2. В группе G тернарное сравнение $((ax \equiv a) \equiv a)$ имеет решение $R(((ax \equiv a) \equiv a)) = C_G(a)$ и только $C_G(a)$ (единственность решения).

Доказательство. Необходимость. Так как $R(ax \equiv a) = R(x \equiv a)$ (предложение 1), то $\forall y \in R(x \equiv a)$ с учетом сравнения $((ax \equiv a) \equiv a)$, будем иметь сравнение $(y \equiv a)$. Очевидно, $y \in C(a)$ и $R(((ax \equiv a) \equiv a)) = C(a)$.

Достаточность. Пусть $y \in C(a)$. Тогда $y \equiv a$ и в силу предложений 1, 2 $y \in R(ax \equiv a)$ и $y \in R(x \equiv a)$. Отсюда следует, что $y \in R(((ax \equiv a) \equiv a))$.

Теорема доказана.

Следствие 4. Сравнения $ax \equiv a$ и $((ax \equiv a) \equiv a)$ эквивалентны ([2]) в группе G .

Доказательство. По теореме 1 и предложению 1, $R(((ax \equiv a) \equiv a)) = R(ax \equiv a) = C(a)$.

Следствие доказано.

Следствие 5. Решения тернарного сравнения $((ax_k \equiv a)_k \equiv a)$ не зависит от расстановки скобок (сравнение ассоциативно), т.е.:

$$R((ax_k \equiv a)_k \equiv a) = R(ax_k \equiv (a_k \equiv a)).$$

Доказательство. По теореме 1 $R((ax_k \equiv a)_k \equiv a) = C_G(a)$. Докажем, что $R(ax_k \equiv (a_k \equiv a)) = C_G(a)$. Действительно, $R(a_k \equiv a) = a$, а $R(ax_k \equiv a) = C_G(a)$: $(\forall y \in C_G(a))(R(y_k \equiv a) = C_G(a))$. Отсюда $R(ax_k \equiv (a_k \equiv a)) = C_G(a)$.

Следствие доказано.

Предложение 3. Групповое сравнение $x_k \equiv y$, где $x, y \in G$ и x, y независимо принимают значения элементов из группы G имеет своим решениями центр $Z(G)$ группы G , т.е.:

$$(\forall x, y \in G) \left(R(x_k \equiv y) = \bigcap_{y \in G} C(y) = Z(G) \right).$$

Доказательство. Зафиксируем элемент $x \in G$. Тогда $R(x_k \equiv y) \subseteq C(y)$. Если зафиксируем элемент y , то получим $R(y_k \equiv x) \subseteq C(x)$. Так как $(x_k \equiv y) = (y_k \equiv x)$, то $R(x_k \equiv y) = R(y_k \equiv x)$. Отсюда:

$$(\forall x, y \in G) (R(y_k \equiv x) \subseteq C(x) \cap C(y)).$$

Поскольку x и y принимают значения всех элементов группы G , то $Z(G) \subseteq C(x) \cap C(y)$. Далее, легко понять, что $\bigcap_{x, y \in G} C(x) \cap C(y) \subseteq Z(G)$.

Окончательно получим формулу $(\forall x, y \in G) (R(x_k \equiv y) = Z(G))$.

Предложение доказано.

ВЫВОДЫ

В работе доказаны следующие законы:

– закон дистрибутивности сопряжения подмножеств группы относительно отношения эквивалентности:

$$(\forall A, B \subseteq G) (\forall x \in G) (A \equiv B) \Leftrightarrow ((A \equiv B)^x = (A^x \equiv B^x));$$

– закон дистрибутивности обращения подмножеств группы:

$$(A = B)^{-1} \Leftrightarrow (A^{-1} = B^{-1});$$

– закон дистрибутивности обращения элементов группы относительно отношения сопряжения:

$$\left(\forall a, b \in a \subseteq G \right) \left((a \equiv b)^{-1} = (a^{-1} \equiv b^{-1}) \right);$$

– закон дистрибутивности сопряжения элементов группы G относительно отношения коммутативности:

$$(\forall a, b, x \in G) (a_k \equiv b)^x \Leftrightarrow (a^x_k \equiv b^x);$$

– закон дистрибутивности обращения подмножеств группы G относительно отношения сопряжения:

$$(\forall A, B \leq G)((A_c \equiv B)^{-1} \Leftrightarrow (A^{-1}_c \equiv B^{-1}));$$

– закон дистрибутивности обращения элементов группы G относительно отношения центральной эквивалентности:

$$\left(\forall a, b \in a \stackrel{c}{\equiv} G \right) \left((a \equiv b)^{-1} \Leftrightarrow (a^{-1} \equiv b^{-1}) \right);$$

– закон дистрибутивности сопряжения элементов группы относительно отношения коммутативности:

$$(\forall a, b, x \in G)((a_k \equiv b)^x \Leftrightarrow (a^x_k \equiv b^x)).$$

И доказана следующая теорема: в группе G тернарное сравнение $((ax_k \equiv a) \equiv a)$ имеет решение $R(((ax_k \equiv a) \equiv a)) = C_G(a)$ и только $C_G(a)$ (единственность решения).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Павлюк, И. И., Павлюк, Ин. И.** Отношение коммутативности на элементах группы // Вестник ПГУ. Серия физико-математическая. – № 2. – 2013. – С. 94-98.

2 **Павлюк, Ин. И.** Группы с отношениями сравнимости для подгрупп и элементов: Монография // Ин. И. Павлюк. – Павлодар: ПГУ, 2013. – 121 с.

3 **Павлюк, Ин. И.** Отношение центральной сравнимости в теории групп. // Доклады АН Респблики Таджикистан. – Душанбе, 2009. – Т. 52. – № 8. – С. 593-597.

4 **Джусупова, Э. М.** Теоретико-групповое отношение коммутативности/ науч. рук. И. И. Павлюк. [Электронный ресурс]. – <http://articlekz.com/article/10618>

5 **Павлюк, И. И., Павлюк, Ин. И.** О единственности булевой алгебры // Материалы 7 Всероссийской научно-практической конференции (с Международным участием). – Тара, 2013. – С. 100-109.

6 **Павлюк, И. И., Тусупова, А. Ж.** Централизатор элемента группы относительно отношения коммутативности // Вестник ПГУ. Серия физико-математическая. – Т. 1. – 2015. – С. 97-103.

Материал поступил в редакцию 15.09.16.

И. И. Павлюк¹, Ин. И. Павлюк², Э. Ж. Тусип³

Коммутативтік қатынасқа қатысты тернардық элементтік салыстырулар туралы

^{1,3}С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан;
²Новосібір мемлекеттік педагогикалық университеті,
Новосібір қ., Ресей.
Материал 15.09.16 баспаға түсті.

I. Pavlyuk¹, In. Pavlyuk², A. Tussupova³

On the ternary group comparisons with respect to commutativity relation

^{1,3}S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan;

²Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia.

Material received on 15.09.16.

Мақалада топтың элементтерінің және ішкі жиындарының эквиваленттігінің бинарлы қатынасына қатысты түйіндістіктің және айналдырудың дистрибутивтік заңдары дәлелденді. Келесі нәтижелері алынды: G топ элементтерінің коммутативтіктің бинарлы қатынасына қатысты түйіндістіктің дистрибутивтік заңы; G тобында тернарлы салыстырудың бір ғана шешімі бар.

In this article the laws of inverse conjugation distributivity with respect to binary relation of equivalency of the group elements and subsets are proven. The following results are obtained: the law of conjugation distributivity of the group elements with respect to binary relation of commutativity; the ternary comparison has the unique solution in the group.

UDC 512.54

V. I. Senashov¹, A. M. Gerasimova²

¹Dr. phys.-math.sc., professor, Institute of Computational Modelling SB RAS, SFU, Krasnoyarsk, Russia;

²student, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
e-mail: ¹sen1112home@mail.ru, ²nastyatka94@mail.ru

ON LAYERED GRAPHS OF GROUPS

In this article we construct the Cayley graphs and layered graphs of cyclic groups. Graphs of groups give the opportunity to receive additional information about the group. Layered graphs provide more information about the group and its elements than Cayley graphs.

Keywords: group, Cayley graph, layered graph, generating element.

INTRODUCTION

Start of graph theory was laid by L. Euler in his famous argument on Koenigsberg bridges. However, this topic is not developed for nearly hundred years.

Interest to the problems of graph theory was revived in the early 19th century and was concentrated mainly in England. Graphs have been used in the construction of schemes of electric circuits and molecular circuits. As a separate mathematical discipline of graph theory was first introduced in [1] the Hungarian mathematician D. Koenig in the 30 years of the twentieth century.

Graphs occur naturally in mathematics and, in particular, derivatives of some objects of mathematical structures.

Cayley graph initially viewed as an object that is associated with the group. The idea of the use of graphs in the presentation of groups suggested by English mathematician A. Cayley (1821-1895). It is possible to get acquainted with the Cayley graphs of groups by the book [2]. In the original of book «Generators and relations in discrete groups» H. S. M. Coxeter and W. O. J. Moser, for graph groups use the term «Cayley diagram» [3].

Here we consider definition of layered graph and Cayley graph. We construct examples of these graphs and compare them with each other. On the example of layered graphs we make conclusions on the placement of elements by layers.

MAIN PART

First we give the definition of the graphs.

Definition. *Graph* is a finite set of points, called vertices, some of them connected to each other by lines, called edges of the graph.

Definition. *Cayley graphs* of a group is a set of vertices (one-to-one corresponding to elements of the group), and a set of color-oriented arcs (to each generating elements corresponds an oriented arc of the same color). Each vertex corresponding to an element x , connected with the vertex, the corresponding to the element xa by means of the arc, the color of which corresponds to a multiplication at the generating element a .

We introduce the definition of the Cayley graph of special type.

Definition. *Layered graph* called a Cayley graph, which elements of each order placed on own layer.

Definition. A *layer* of the group is a set of all elements of the same order.

Recall that the group generated by one element, called *cyclic*.

CONSTRUCTION OF CAYLEY GRAPHS OF VARIOUS ORDERS

Lets build the Cayley graphs and layered graphs of cyclic groups C_3, C_9, C_{15} and compare them.

Example 1. Let us construct the Cayley graph of the cyclic group C_3 . It consists of the elements $\{e, a, a^2\}$ (fig.1).

Example 2. Now we will construct the Cayley graph of the cyclic group C_9 .

It consists of the elements $\{e, a, a^2, \dots, a^8\}$ (fig. 2).

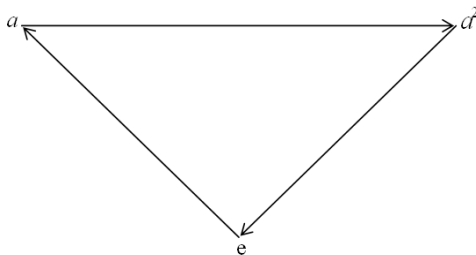


Figure 1 – Cayley graph of the cyclic group C_3

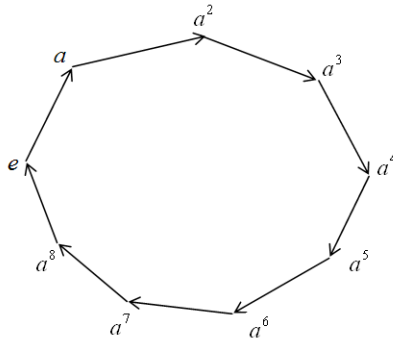


Figure 2 – Cayley graph of the cyclic group C_9

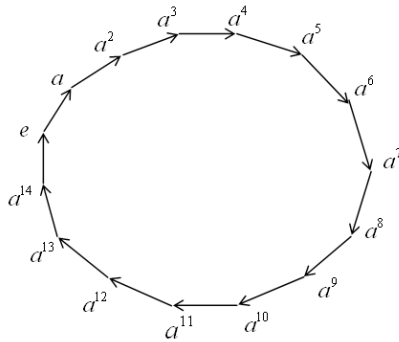


Figure 3 – Cayley graph of the cyclic group C_{15}

Example 3. Lets consider the Cayley graph of the cyclic group C_{15} . It consists of the elements $\{e, a, \dots, a^{14}\}$ (fig. 3).

It can be concluded, from the above figures, that the Cayley graphs of cyclic groups are of the same type for groups of various orders.

CONSTRUCTION OF LAYERED GRAPHS OF A CYCLIC GROUPS OF DIFFERENT ORDERS

Now we proceed to construct a layered graphs of cyclic groups of orders of different orders.

Example 4. We construct a layered graph of cyclic group C_3 . It consists of the elements $\{e, a, a^2\}$, which placed in two layers: first-order and third-order elements (fig. 4).

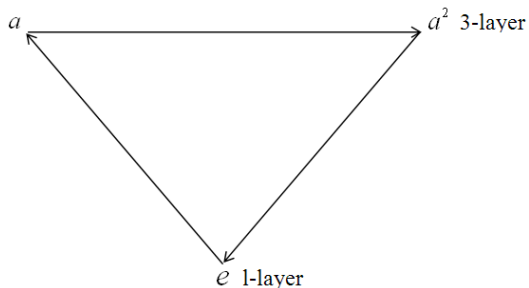


Figure 4 – layered graph of the cyclic group C_3

The figure shows that on the first layer is one element of order 1 and on the second layer are two elements of order 2.

By constructed of this graphs we can conclude that layered graph of the group of prime order does not give much more information about the group than Cayley graph.

Example 5. We construct a layered graph of cyclic group C_9 . It consists of the elements $\{e, a, a^2, \dots, a^8\}$, which placed on three layers of the orders 1,3,9 (fig. 5).

The figure 5 shows that on the first layer is one element of order 1, on the 3-layer are two elements of order 3, and on the 9-layer are six elements of order 9.

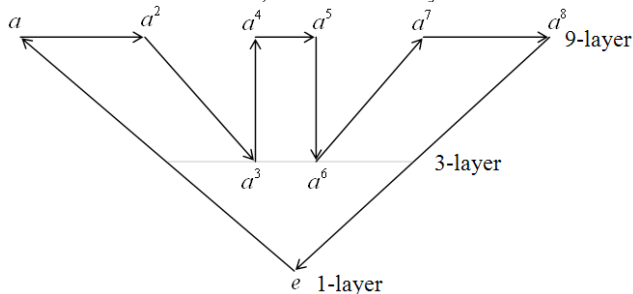


Figure 5 – Layered graph of the cyclic group C_9

If we compare the Cayley graph of the cyclic group C_9 and layered graph of the same group, layered graph gives an opportunity to see how will be placed elements of the layers in contrast to the Cayley graph.

We consider the layered graph of the cyclic group of composite order of type pq , where p and q are prime numbers.

Example 6. We construct a layered graph cyclic group C_{3*5} . It consists of the elements $\{e, a, a^2, \dots, a^{14}\}$, located on four layers of orders 1,3,5,15 (fig. 6).

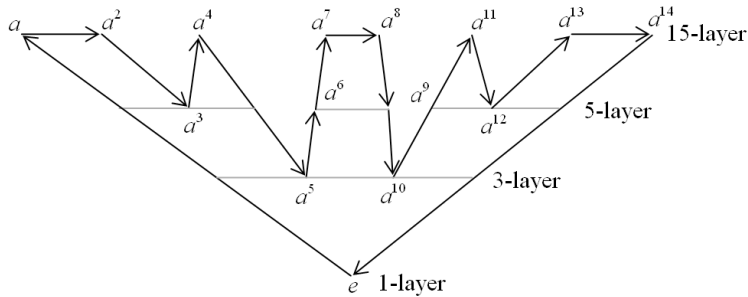


Figure 6 – Layered graph of the cyclic group $C_{3 \cdot 5}$

Here we can see that on the first layer is located one element of order 1, on the 3-layer are located two elements of order 3, on the 5-layer are located four elements of order 5 and finally, on the 15-layer there are eight elements of order 15.

Now we consider the general case of a cyclic group of order pq .

Example 7. We construct a layered graph of cyclic group C_{pq} . It consists of the elements $\{e, a, a^2, \dots, a^{pq-1}\}$, located on four layers of orders $1, p, q, pq$ (fig. 7).

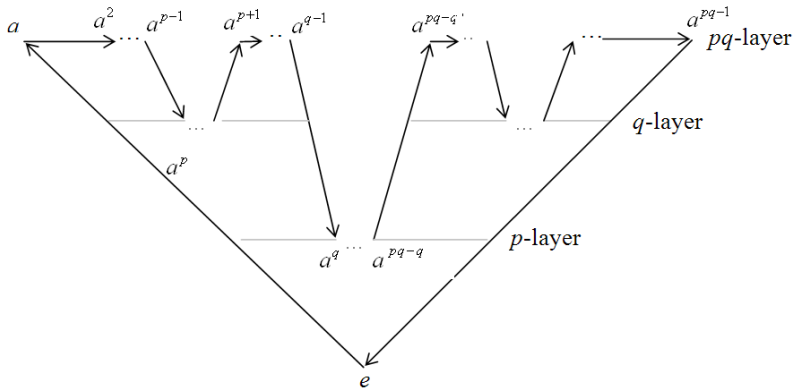


Figure 7 – layered graph of the cyclic group C_{pq}

Layered graph of the cyclic group C_{pq} consists of four layers; on the first layer is located one element, on p -layer are placed $p-1$ element, on q -layer are placed $q-1$ element, on pq -layer we see $pq - p - q + 1$ element.

CONCLUSION

We can conclude that the Cayley graphs of cyclic groups have the same form for groups of various orders.

On the layered graph it is possible to see a structure of a group and from the location of element on layered graph we see its order. On the layered graph we can see how the elements are placed on layers of a group, how many elements located on one layer.

REFERENCES

- 1 **König, Dénes.** Theory of finite and infinite graphs. – Birkhäuser, 1990.
- 2 **Grossman, I., Magnus, V.** Groups and their graphs. – Moscow : Mir, 1971.
- 3 **Coxeter, H. S. M., Moser, W. O. J.** Generators and relations in discrete groups, 3-ed. – Berlin, Heidelberg, New York : Springer-Verlag, 1972.

Material received on 15.09.16.

В. И. Сенашов¹, А. М. Герасимова²

Топтардың қабатты графтар туралы

¹Сібір Федералдық университеті

Есептеуіш модельдеу институты РГА, Красноярск, Ресей;

²Сібір Федералдық Университеті, Красноярск, Ресей.

Материал 15.09.16 баспаға түсті.

В. И. Сенашов¹, А. М. Герасимова²

О слойных графах групп

¹Институт вычислительного моделирования СО РАН, СФУ,
г. Красноярск, Россия;

²Сибирский Федеральный университет, г. Красноярск, Россия.

Материал поступил в редакцию 15.09.16.

Мақалада циклдік топтардың қабатты графтар мен Кэли графтары салынған. Топтардың графтары топ туралы қосымша ақпаратты алуға мүмкіндік береді. Қабатты графтар Кэли графтармен салыстырғанда топ және оның элементтері туралы ақпаратты арттырақ береді.

В данной статье строятся графы Кэли и слойные графы циклических групп. Графы групп дают возможность получить дополнительную информацию о группе. Слойные графы дают больше информации о группе и ее элементах, чем графы Кэли.

Секция «ФИЗИКА»

UDC 538.945

A. P. Dioguardi,¹ T. Kissikov,² S. Ran³, N. A. Ispulov⁴¹PhD, ²PhD student, ³PhD, ⁴candidate phys.-math.sc.¹Department of Physics, University of California, Davis, California, USA²University of California, Davis, USA³Ames Laboratory U.S. DOE and Department of Physics and Astronomy, Iowa State University, Ames, Iowa, USA⁴S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstane-mail: ⁴nurlybek_79@mail.ru**NMR EVIDENCE FOR INHOMOGENEOUS GLASSY BEHAVIOR DRIVEN BY NEMATIC FLUCTUATIONS IN IRON ARSENIDE SUPERCONDUCTORS**

We present ⁷⁵As nuclear magnetic resonance spin-lattice and spin-spin relaxation rate data in $Ba(Fe_{1-x}Co_x)_2As_2$ and $Ba(Fe_{1-x}Cu_x)_2As_2$ as a function of temperature, doping and magnetic field. The relaxation curves exhibit a broad distribution of relaxation rates, consistent with inhomogeneous glassy behavior up to 100 K. The doping and temperature response of the width of the dynamical heterogeneity is similar to that of the nematic susceptibility measured by elastoresistance measurements. We argue that quenched random fields which couple to the nematic order give rise to a nematic glass that is reflected in the spin dynamics.

Keywords: nuclear magnetic resonance, spin-lattice and spin-spin relaxation rate data, inhomogeneous glassy.

INTRODUCTION

The iron arsenide superconductors exhibit multiple phase transitions upon doping, including antiferromagnetism, unconventional superconductivity, and electronically-driven nematic ordering that breaks C4 rotation symmetry [1]. In the context of crystalline materials, nematic order refers to an orthorhombic lattice distortion that is driven by electronic rather than structural degrees of freedom [2]. In the iron pnictides, the transport anisotropy far exceeds the orthorhombicity, suggesting that the origin is electronic [3]. The orthorhombic, or nematic, phase is characterized by the presence of perpendicular twin domains [4]. Importantly,

there is a strong coupling between the spin and orbital degrees of freedom ensuring that the antiferromagnetically ordered Fe spins lie along either of these two orthogonal directions [5]. Upon doping, the nematic and antiferromagnetic ordering temperatures are suppressed, yet strong antiferromagnetic fluctuations persist in the paramagnetic state beyond optimal doping, even in the absence of long range order [6]. Direct transport measurements of the electronic nematicity versus strain have uncovered a divergent nematic susceptibility in the paramagnetic phase [7]. The large nematic susceptibility necessarily implies the presence of nematic fluctuations in the disordered paramagnetic phase.

Nuclear magnetic resonance (NMR) has played a central role in the investigation of spin fluctuations in the iron arsenide superconductors. The ^{75}As nuclei ($I = 3/2$, 100 % abundant) experience a strong hyperfine coupling to the neighboring Fe spins [8], thus the spin lattice relaxation rate, T_1^{-1} , is a sensitive probe of the dynamical spin susceptibility of the Fe spins [9]. In the paramagnetic state of a homogeneous material, critical spin fluctuations exhibit a characteristic time scale, τ_c , that diverges as a power law at the phase transition temperature, $\tau_c \propto (T - T_N)^{-\alpha}$. Consequently, the NMR relaxation rate $T_1^{-1} \propto \tau_c$ exhibits a sharp divergence at T_N . NMR studies of T_1^{-1} in $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ and $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{Px})_2$ revealed the presence of spin fluctuations over a broad range of doping and temperature, with a quantum phase transition at a critical doping level, x_c , that lies close to the maximal T_c [6,10,11].

Several recent experimental studies have reported a deviation from the expected power law divergence of T_1^{-1} as well as stretched exponential behavior. In $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{Fx}$, $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Rhx})_2\text{As}_2$, and $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Cox})_2\text{As}_2$, the characteristic time scale of the antiferromagnetic fluctuations grows progressively slower over a broad temperature range, the spin-lattice recovery function exhibits stretched exponential behavior, and the NMR signal intensity is suppressed (wipeout) [12-15]. In the case of $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Cox})_2\text{As}_2$, T_1^{-1} also changes character in the nematic state, diverging with a critical exponent $\delta \approx \frac{1}{3}$ [11]. NMR studies at the ^{59}Co site reveal much weaker spin fluctuations near the magnetic transition [16,17], and ^{63}Cu site-selective NMR shows a similar local suppression of the spin fluctuations on the ^{63}Cu site and neighboring ^{75}As sites in addition to wipeout the NMR signal [18].

These features point to dynamical inhomogeneity, a characteristic of disordered spin glasses indicative of a distribution of relaxation rates, in which some fraction of the nuclei relax too quickly to be observed [19, 20]. Similar behavior has been observed in the cluster spin-glass phase of the underdoped high T_c cuprates [21-23], and charge ordering was discovered to be intimately related to the ^{75}As and ^{139}La NQR wipeout in the cuprates [22, 24]. The cuprates, however,

are doped Mott insulators, and the glassy behavior was attributed to intrinsic frustration between the competing effects of Coulomb repulsion and charge segregation [25, 26]. The iron arsenides do not exhibit charge ordering and thus a different mechanism must be driving the glassy dynamics. In order to investigate the glassy behavior in more detail, we have conducted detailed field, temperature and doping dependent studies of both the spin-lattice relaxation rate, T_1^{-1} , and the spin-spin decoherence rate, T_2^{-1} . We extract the temperature dependence of the correlation time, τ_c , and find that it can be described by Vogel-Fulcher behavior. We argue that the dynamical heterogeneity arises because the dopants introduce quenched random fields coupling to the nematic order. This disorder-induced frustration plays a significant role in suppressing antiferromagnetism and in the emergence of superconductivity.

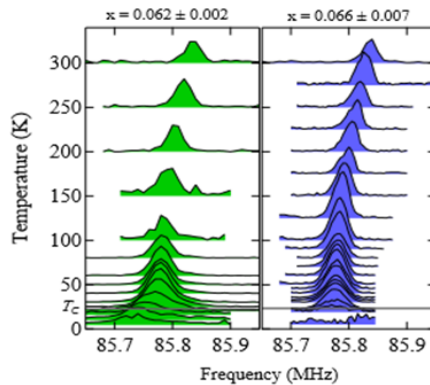


Figure 1 – ^{75}As spectra versus temperature for two different doping levels in $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ measured by sweeping frequency at a constant field of 11.7 T and acquiring echoes for the field oriented perpendicular to the c axis. The spectra have been normalized to have equal intensities for comparison.

MAIN PART

Relaxation measurements. Single crystals of $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ and $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Cu}_x)_2\text{As}_2$ were grown from a FeAs self-flux and the dopant concentrations were determined via wavelength dispersive X-ray spectroscopy (WDS) as described in Ref. [27]. Multiple WDS measurements were made for each batch, and the error bars on the concentrations are given by twice the standard deviation of these measurements. ^{75}As (100 % abundant, $I = 3/2$) NMR spectra, spin lattice relaxation, and spin echo decays were measured at the central transition ($I_z = \pm 1/2$) in several different applied fields oriented perpendicular to

the c axis by acquiring spin echoes using standard pulse sequences. Fig. 1 shows representative spectra for two different doping levels as a function of temperature.

Relaxation rate distribution. In order to quantify the distribution of relaxation rates, we fit the ^{75}As magnetization recovery to a distribution: $M(t) = \int P(W) f(W, t) dW$, where $P(W)$ describes the relaxation rate distribution, and the relaxation function $f(x)$ is described below. For a homogeneous system $P(W)$ is a delta function centered at T_1^{-1} and thus $M(t) \propto f(t/T_1)$. If the distribution has a finite width, then the recovery function is more complex, typically exhibiting stretched behavior. For example, if the relaxation function $f(x) = e^{-x}$, then $M(t) \propto e^{-(t/T_1)^\beta}$, where $\beta \leq 1$ is the stretching exponent [19]. Previous studies have reported stretched recovery, however the distribution function for general β can only be expressed as an infinite series. Here we assume a log-normal distribution $P(W)$ with median $T_1^{-1} = e^\mu$ and standard deviation σ_1 , and fit the magnetization recovery directly. This form was chosen because it mimics the distribution for a stretched exponential recovery. This approach enables us to extract the width of the dynamical distribution of the nuclei that contribute to the NMR signal, a quantity that sheds important light on the glassy behavior.

A representative recovery data set with the best fit is shown in Fig. 2.

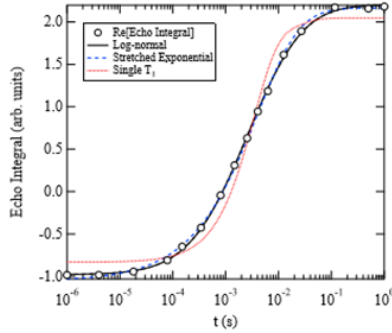


Figure 2 – Magnetization versus recovery time for the ^{75}As in $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ with $x = 0.062$ at 30K. The solid line is the best fit using the protocol described in the text, and the dashed and dotted lines are the recovery curves assuming a stretched exponential (as described in Ref. 14) or a single relaxation time, respectively

The distribution function is given by:

$$P(W_1) = \frac{1}{W_1 \sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln W_1 - \mu}{\sigma} \right)^2}, \quad (1)$$

where μ and σ are variable parameters. We define T_1^{-1} as the median of the distribution, $e\mu$, and the standard deviation is given by: $\sigma_1 = \sqrt{e^{2\mu+\sigma^2}(e^{\sigma^2}-1)}$.

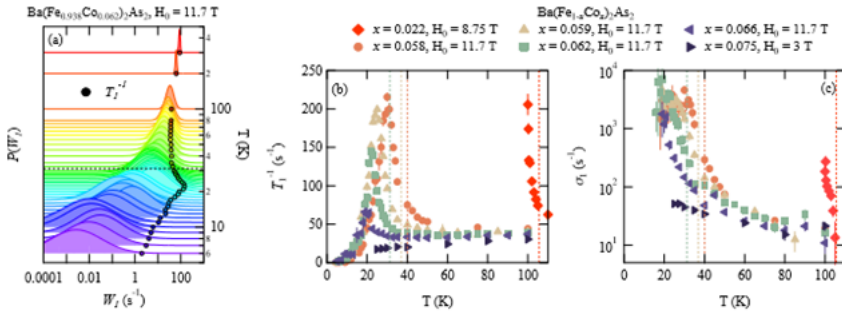


Figure 3 – (a) Temperature dependence of $P(W_1)$ (normalized by peak height for clarity) and the median ⁷⁵As spin-lattice relaxation rate, T_1^{-1} , (markers) for Co-doping with $x = 0.062$ for $H_0 \parallel ab$. Here $T_1^{-1} = e^{\mu}$ is the median of the distribution, $P(W_1)$, as described in the text

The probability distribution broadens as temperature is decreased below ≈ 100 K. Note the bottom axis is a log scale; the skewness of the Log-Normal distribution results in the median falling on the high side of the peak (mode). (b) T_1^{-1} for several Co concentrations as a function of temperature. (c) Standard deviation $\sigma_1 = \sqrt{\langle W_1^2 \rangle - \langle W_1 \rangle^2}$ of the distribution $P(W_1)$ for the same samples as a function of temperature in the normal state. Dashed lines in all subfigures indicate structural transition/nematic ordering temperature via bulk measurements reproduced from the literature [18,27-30].

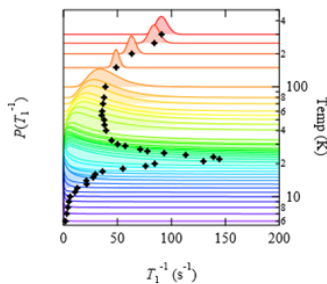


Figure 4 – Temperature dependence of $P(W_1)$ (normalized by peak height for clarity) and the median ⁷⁵As spin-lattice relaxation rate, T_1^{-1} , (markers) for Co-doping with $x = 0.062$ for $H_0 \parallel ab$. The data is identical to that in Fig. 3(a), but is plotted on a linear scale

Recovery function for a spin 3/2 nucleus at the central transition is:

$$f(x) = M_0 \left[1 - 2\phi \left(\frac{9}{10} e^{-6x} + \frac{1}{10} e^{-x} \right) \right], \quad (2)$$

where $x = W_1 t$, t is the time between the initial inverting (or saturating) pulse and the spin echo which samples the nuclear magnetization, M_0 is the equilibrium nuclear magnetization and M_0 is the inversion fraction. $M(t)$ was numerically integrated during fitting using an adaptive Gaussian quadrature method and recalculated iteratively using a least squares method. The limits for the numerical integration were chosen to be 10^{-6} s and 10^6 s, though choosing a smaller range when σ is small results in faster convergence. This choice of limits was made based on the timescale of the NMR experiment. Spins that relax faster or slower than this time window will not participate in the spin echo, and therefore provide natural limits of integration. The solid line in Fig. 2 shows the best fit determined in this fashion, as well as the best fits assuming either a stretched exponential, or a single value of T_1^{-1} using Eq. 2. It is clear that a single uniform relaxation rate does not accurately describe the data, but both the stretched exponential and the distribution fit well.

Figs. 3(a) and 4 show the temperature dependence of the distribution $P(W_1)$, T_1^{-1} , and σ_1 as a function of temperature for $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$. The data reveal a progressive broadening of the distribution below 100K, as well as an increase in both T_1^{-1} and σ_1 reaching a peak at a temperature that coincides with the onset of long-range antiferromagnetic order at TN. The peak temperature is strongly doping dependent, reflecting the suppression of TN with doping concentration. The width σ_1 increases by two orders of magnitude, and is also doping dependent. This quantity is a direct measure of the degree of dynamical inhomogeneity of the system. Note that at low temperatures it is likely that the true width is even larger, but we are unable to capture the full distribution due to signal wipeout. A previous NMR study revealed that $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ forms a cluster spin-glass state at low temperature below TN, characterized by a distribution of frozen antiferromagnetic domains coexisting with superconductivity [14]. Subsequent neutron scattering work concluded that this cluster spin-glass (or as termed by Lu et al. «moment amplitude spin glass») state emerges also in $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Ni}_x)_2\text{As}_2$ [31]. The NMR data, however indicate that this inhomogeneity begins to form at ≈ 100 K, well above TN, where the spins are fluctuating dynamically. This large onset temperature suggests that the inhomogeneous fluctuations are unrelated to the presence of superconductivity, which emerges only below TN. Furthermore, if the glassy behavior arises strictly from disorder and frustration among the spin exchange interactions, it is surprising that the inhomogeneity would emerge at temperatures well above TN, where the spin presumably remain uncoupled.

Field and doping dependence. In order to explore the glassy behavior in more detail, we have carried out detailed studies of the field and temperature dependence of $P(W_1)$ as a function of doping in both superconducting and non-superconducting samples. Changing the magnetic field alters the Larmor frequency, enabling one to probe the frequency dependence of the slow dynamics. We measured the relaxation in both $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ (up to 30.4 T at the National High Magnetic Field Laboratory) and $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Cu}_x)_2\text{As}_2$ (up to 8.75 T).

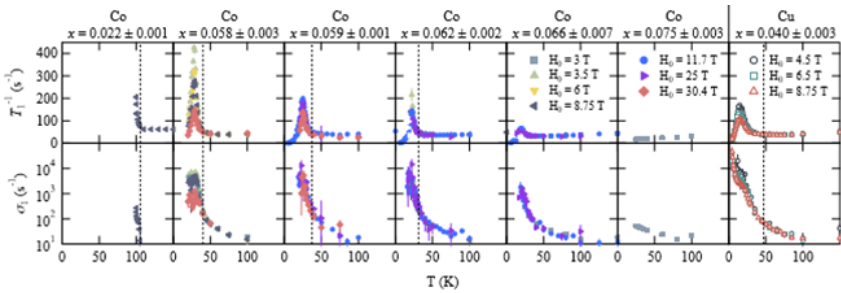


Figure 5 – Field and temperature dependence of the median (T_1^{-1}) and standard deviation (σ_1) of the distribution of ^{75}As relaxation rates for Co- and Cu-doped BaFe_2As_2 . The peak in T_1^{-1} is strongly field dependent, typical for glassy dynamics. σ_1 grows substantially ($\sim 10^4 \text{ s}^{-1}$) below 100 K, reflecting the inhomogeneous relaxation of the nuclei. Dashed lines indicate structural transition temperatures via bulk measurements reproduced from the literature [18, 27-30]

Fig. 5 shows T_1^{-1} for several different doping concentrations and fields as a function of temperature in $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ and $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Cu}_x)_2\text{As}_2$. Both Co and Cu dopants suppress the long range nematic and antiferromagnetic ordering, but Cu also suppresses superconductivity to a maximum $T_c \approx 2 \text{ K}$, whereas T_c reaches a maximum of 23 K in Co-doped samples [1, 30]. This enables us to discern whether the glassy behavior is connected to the competing superconducting and antiferromagnetic ground states [32]. Both systems exhibit qualitatively similar glassy behavior, suggesting that its origin is unrelated to the superconductivity. The maximum T_1^{-1} is suppressed with field, reflecting the fact that the relaxation measurement is sampling the fluctuation spectrum at a different Larmor frequency. For a hyperfine field $h(t)$, the autocorrelation function is given by $\langle h(t)h(0) \rangle = h_0^2 e^{-t/\tau_c}$, where h_0 is the root mean square value of the field and τ_c is the autocorrelation time [33]. In this case, the nuclear spin-lattice relaxation rate is:

$$W_1^{-1} = \frac{\gamma^2 h_0^2 \tau_c}{1 + \omega_L^2 \tau_c^2}, \quad (3)$$

where $\gamma = 7.2919$ MHz/T is the ^{75}As gyromagnetic ratio and $\omega_L = \gamma H_0$ is the NMR Larmor frequency. Note that $P(W_1)$ reflects a distribution of both τ_c and h_0 . For concreteness, however, we consider only single values of these quantities giving rise to the median of the distribution, T_1^{-1} , which is an oversimplification for the real system. Eq. 3 shows that T_1^{-1} reaches a maximum when $\omega_L \tau_c = 1$ and is equal to $T_1^{-1, \max} = \gamma h_0^2 / 2H_0$. Fig. 6 (a) shows $T_1^{-1, \max}$ varies linearly with H_0^{-1} for various dopings, as expected. The slope of this line gives h_0 (fit values given in Table 1), which decreases with dopant concentration, and agrees with previous measurements in $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{Fx}$ [12].

Table 1 – Fit parameters extracted for linear fits to $T_1^{-1, \max}(H_0^{-1})$

Dopant	Doping x	h_0 (mT)	offset (s^{-1})
Co	0.058	7.04 ± 0.43	117.32 ± 24.50
Co	0.062	4.13 ± 0.34	90.28 ± 11.60
Cu	0.040	4.89 ± 0.07	48.02 ± 2.77

Using the measured h_0 , we proceed to extract τ_c . Solving Eqn. 3 for τ_c yields:

$$\tau_c = \omega_L^{-1} \left[\frac{T_1^{-1, \max}}{T_1^{-1}} \pm \sqrt{\left(\frac{T_1^{-1, \max}}{T_1^{-1}} \right)^2 - 1} \right], \quad (4)$$

where the positive sign for the radical arises at low temperature below $T_1^{-1, \max}$ where $\tau_c \ll \omega_L^{-1}$, and the negative sign arises at high temperatures when $\tau_c \gg \omega_L^{-1}$. Fig.6 (b) presents an Arrhenius plot of τ_c / τ_{c0} versus T^{-1} , where τ_{c0} is the high temperature limit of the correlation time. The data clearly deviate from linearity, indicating that there is not a single activation energy that describes the system. The solid black line represents a Vogel-Fulcher-Tamman law ($\tau_c / \tau_{c0} = \exp(DTK / (T - TK))$), with $D = 0.5(4)$ and $TK = 25(3)\text{K}$. This behavior is often found in glassy systems, and indicates a ‘fragile’ glass, in which the effective activation energy increases with decreasing temperature reflecting the collective nature of the fluctuations [34]. TK represents the temperature below which the system becomes trapped in a local minimum in free energy at a glass transition temperature. In this case, TK appears to correspond roughly with the Neel temperature. However, based on constant field Co-doping variation fits, this trend appears to break down once $T_N(\text{NMR}) < T_c$, where $T_N(\text{NMR})$ is the temperature at which T_1^{-1} reaches a maximum. Below this temperature, the spins are ordered in frozen clusters with a broad distribution of sizes [14,31]. For the Cu-doped system, the τ_c exhibits more Arrhenius-type behavior. At $x = 0.04$, the peak

temperature of T1-1 is ≈ 20 K, which agrees with the phase diagram determined via bulk transport and magnetization [30]. It is unclear why the Cu-doped samples differ, but the data suggest that the fluctuations are less correlated in this system, which may, in turn, be related to the strong suppression of the superconductivity in this compound. Recent ^{63}Cu NMR data suggest a strong local effect of the dopants, supporting such an interpretation [18].

The data in Figs. 5 and 6(b) indicate that $P(W_1)$ is slightly modified by the field. In particular, the median fluctuation rate τ_c and the width σ_1 are suppressed by fields up to 30.4 T in the Co-doped sample and 8.75 T in the Cu-doped sample. These results suggest that in high fields the distribution of domain sizes is narrowing and shifting toward smaller domains. Note that because of the wipeout effects, these characterizations of the temperature dependence of the glassy behavior may not fully capture the behavior of the entire distribution. Since we are unable to detect large domains (with correspondingly large correlation times τ_c) due to wipeout, it is possible that the field alters the domain distribution in a manner that shifts the weight of the observed distribution towards smaller sizes. Superconductivity in the Co-doped samples is also strongly suppressed in these fields, which may alter somewhat the domain distribution [27].

Spin Echo Decay. Further evidence for glassy behavior is found in the temperature dependence of the ^{75}As spin-echo decay curves. In addition to the increase in τ_c/τ_{c0} and σ_1 , the NMR signal intensity gradually becomes suppressed and the character of the echo decay changes below 100 K. Fig.7(a) shows the echo intensity following a standard echo pulse sequence ($\frac{\pi}{2}-\tau-\pi-\tau$) for $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ with $x = 0.062$. The intensity decreases with pulse spacing τ due to various decoherence effects, including fluctuations of the hyperfine field, $h(t)$, over the course of the spin echo experiment. The data have been normalized by temperature to account for the Curie susceptibility of the nuclei, and clearly reveal the suppression of intensity (wipeout) with decreasing temperature [14]. As seen in Fig. 7(a), the character of the echo decay function crosses over from a Gaussian-dominated decay at high temperatures to exponential decay below $\square 100$ K. This crossover is due to the growth of fast spin fluctuations, contributing a factor $e^{-2W_2\tau}$ to the echo decay, with $W_2 = \gamma^2 h_z^2 \tau_c$. Here h_z^2 is the root mean square of the hyperfine field parallel to H_0 , in contrast to h_0 in Eq. 3 which lies perpendicular to H_0 [33]. Since there is a distribution of correlation times τ_c as evident from the T_1^{-1} data, we fit the echo decay data with the same protocol involving a distribution of decoherence rates, W_2 . The data were fit to the function: $M(2\tau) = \int_0^\infty P(W_2)g(2\tau)dW_2$, where $g(2\tau) = M_0 e^{-(2\tau)^2/2T_{2G}^2} e^{-2W_2\tau}$. Here W_2 is the exponential component of the spin-spin relaxation rate due to spin-fluctuations, τ is the time separating the $\pi/2$ and π pulses of the spin echo sequence, and T_{2G} is

the temperature independent Gaussian component of the spin-spin relaxation. At high temperatures the echo decay has a Gaussian form, which reflects the complex direct and indirect couplings between the like As nuclei. We do not expect this component to change with temperature, whereas the growth of spin fluctuations at low temperature will affect W_2 [33,35]. Each temperature dependent data set was fit globally with a temperature-independent T_{2G} to achieve the best fit to all temperatures. This global analysis was confirmed by individually fitting the data set at each temperature, results of which show no trend in T_{2G} as a function of temperature.

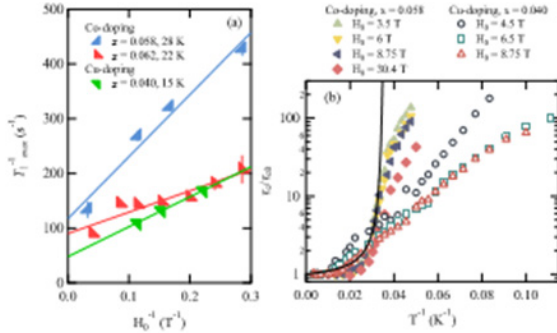


Figure 6 – (a) T_1^{-1}, \max versus H_0-1 for $x = 0.058$ and $x = 0.062$ in $Ba(Fe_{1-x}Co_x)_2As_2$ and $x = 0.04$ in $Ba(Fe_{1-x}Cu_x)_2As_2$. The slope of these data sets reveal the RMS hyperfine field values at the As site, and the fit coefficients are detailed in Table I. (b) Arrhenius plot of $\log(\tau_c/\tau_0)$ versus inverse temperature for several different fields for Co doping with $x = 0.058$ and Cu doping with $x = 0.04$. The solid black line shows a Vogel-Fulcher-Tamman function, as described in the text

The data in Fig. 7(f) shows $P(W_2)$, panels (b) and (d) show the median T_2^{-1} and panels (c) and (e) show the standard deviation σ_2 for several doping levels and dopants as a function of temperature. The temperature dependence of T_2^{-1} agrees qualitatively with the correlation times extracted from the T_1^{-1} data seen in Fig. 6 (b). $T_2^{-1} = \gamma^2 h_f^2 \tau_c$, therefore we expect a monotonic increase of T_2^{-1} with decreasing temperature. Surprisingly, the width σ_2 of this distribution differs from σ_1 extracted from the spin-lattice relaxation data, and exhibits a downturn below TN. Note, however, that $P(W_2)$ is cut off at large W_2 by the finite detection window of the NMR experiment, which is the primary cause of signal wipeout [20]. As a result, the measured width σ_2 is reduced as the majority of the distribution shifts outside of the detection window at low temperature.

Discussion. Missing signal. It is clear from Fig. 7 that signal wipeout of up to 80 % is present, consistent with previous measurements of the spectral intensity in these samples, which raises the question of where the missing signal has gone [14]. The system is either dynamically or spectrally inhomogeneous. In our experiments we find no significant broadening of the spectra in the paramagnetic state, as shown in Fig. 1. It is possible that the distribution is such that a large fraction of the nuclei resonate outside of this window, but the internal field in the ordered state is small in this range of dopings and the spectral shift for this field orientation is minimal [36].

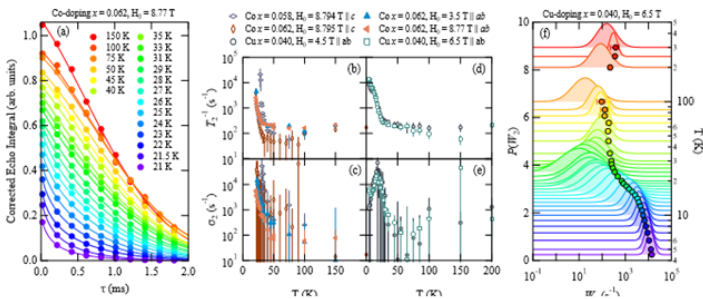


Figure 7 – Temperature and field dependence of ^{75}As echo decay for Co- and Cu-doped BaFe_2As_2 . (a) Echo decay curves for $x = 0.062$, scaled by the nuclear Curie susceptibility. These data are fit (solid lines, see text for details) to extract the distribution of spin-spin relaxation rates, $P(W_2)$. The data were globally fit holding the Gaussian component constant as a function of temperature, and by employing the same log-normal distribution form to fit the exponential component. (b) The median (T_2^{-1}) and (c) standard deviation (σ_2) of the distribution versus temperature for several Co-doped samples. (d) T_2^{-1} (e) σ_2 versus temperature for the Cu-doped sample. (f) The distribution $P(W_2)$ and median T_2^{-1} (markers) versus temperature for $x = 0.04$ at 6.5 T for $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Cu}_x)_2\text{As}_2$

The spin lattice relaxation was measured at the peak of this resonance, and it is possible that not all of the nuclei were inverted by the radiofrequency pulses. It is more likely, however, that the missing signal arises from dynamical heterogeneity, given the broad distribution of relaxation rates that we observe. The missing signal in this case arises from nuclei that are located in an environment with a sufficiently long τ_c such that they recover to equilibrium before they can contribute to the spin-echo signal. It is important to note that the distributions shown in Fig. 3, 4 and 7 are representative only of the nuclei that are actually contributing to the

signal. In fact the true distributions are likely to be much broader than what we are able to measure, as a significant portion of the nuclei experience even faster relaxation rates.

Glassy nematic fluctuations. The inhomogeneous fluctuation distribution cannot be understood simply in terms of critical slowing down of the spin degrees of freedom. The spin fluctuations are not averaged out spatially, implying the existence of multiple local domains of characteristic size $\xi \propto \tau_c$. Figure 8(a) summarizes the doping dependence of the width, $\sigma_1(x, T)$, of the inhomogeneous distribution, where σ_1 is related to the distribution of domain sizes. For the parent compound BaFe_2As_2 we find that the recovery fits best to a single component of relaxation for all temperatures, so the system is dynamically homogeneous. σ_1 remains small for the lightly Co-doped regime; however near optimal doping it becomes a strong function of temperature, reflecting a large dynamical inhomogeneity both in the Co and Cu-doped crystals.

A likely origin for this inhomogeneity is nematic fluctuations associated with the proximate tetragonal-to-orthorhombic structural phase transition. The doping and temperature trends exhibited by $\sigma_1(x, T)$ shown in Fig. 8(a) closely resemble the behavior of the static nematic susceptibility, χ_n .⁷³ Chu et al. have found that $\chi_n(T)$ exhibits Curie-Weiss behavior, with Weiss temperature θ that vanishes at the critical doping of $xc = 0.07$ for the Co-doped system. The fluctuation-dissipation theorem implies that because of the large susceptibility, there are also significant thermal fluctuations of the nematic order. In other words, even though there is no long-range nematic order, local orthorhombic distortions continue to fluctuate well above the ordering temperature. Because the spins are strongly coupled to the nematicity, these nematic fluctuations will drive spin fluctuations, which in turn couple to the nuclei via the hyperfine interaction to influence nuclear spin-lattice relaxation. In fact, T_1^{-1} scales with shear modulus in this phase, reflecting the fact that both quantities are probing the dynamics of the nematic fluctuations [37].

The glassy inhomogeneous nature of the fluctuations, therefore, probably reflects a property of the nematic fluctuations. Because the nematic order has Ising symmetry and breaks spatial symmetry, it is highly sensitive to quenched random impurities and is prone to exhibit glassy behavior [38]. The theory of electronic nematic order and the role of disorder is well established in the context of the cuprates [39-44], and more recently in the context of the iron pnictides [45,46]. The dopant atoms may provide a random field potential for nematic order that suppresses the phase transition temperature and gives rise to a distribution of frustrated nematic domains with different fluctuation rates, as illustrated in Fig. 8(b). With increasing dopant concentration, the nematic ordering transition is gradually suppressed. In the disordered phase, there are fluctuating patches in

which C4 symmetry is temporarily and locally broken, but there is no long range or static order. These fluctuating patches, however, exhibit a broad range of sizes and fluctuation times. The inhomogeneity we observe reflects the distribution of these patches. The NMR data indicate that the nematic fluctuations and distribution of domains persist up to ≈ 100 K, as shown in Fig. 8(a). The local autocorrelation time of the domains, τ_c , is proportional to the domain size, thus the width of the distribution of domain sizes grows up to two orders of magnitude by the onset of long range nematic order. This scenario provides a natural explanation for the large χ_n as well as the broad distribution of relaxation times observed in our NMR experiments. Further, it explains the similarity of the phase diagram of both electron and hole-doped systems, as well as the isovalent $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{Px})_2$ system [10].

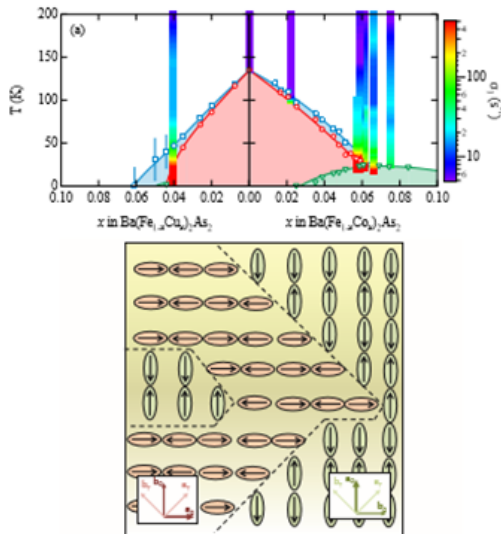


Figure 8 – (a) Temperature vs. doping phase diagram of Cu and Co-doped BaFe_2As_2 . Markers have been reproduced from bulk measurements in the literature, and solid lines are a guide to the eye.^{18,27–30} The color scale overlay

shows the standard deviation $\sigma_1 = \sqrt{\langle W_1^2 \rangle - \langle W_1 \rangle^2}$ for the distribution $P(W_1)$, characterizing the degree of inhomogeneity of the NMR spin-lattice relaxation rate. (b) Schematic of local nematic domains, indicating directions of Fe spin (arrows). The tetragonal and orthorhombic unit cell axes are shown. The local nematicity is oriented along the ellipses

The temperature-pressure phase diagram of the stoichiometric parent compound also exhibits a suppression of antiferromagnetism and emergence of

superconductivity without the presence of dopants [47, 48]; however, natural lattice defects may provide a source of quenched disorder that could be amplified by non-hydrostatic pressure.

On the other hand, non-isovalent dopants clearly play a role in tuning the density of states, as revealed by a recent study of simultaneous hole- and electron-doping in $\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x\text{Fe}_{1.86}\text{Co}_{0.14}\text{As}_2$ demonstrating that the magnetic state can be partially recovered by compensating the carrier concentration [49]. Thus both disorder and tuning the density of states appear to be important parameters controlling the phase diagram.

CONCLUSION

In summary, the glassy behavior we observe in the dynamics reveal a highly inhomogeneous system in a region of the phase diagram that is nominally a homogeneous disordered paramagnetic phase. The NMR response probes the Fe spins through the hyperfine coupling, but it is the nematicity that drives the response of the system. The disorder introduced by the dopants generates random strain fields, which couple to the nematicity and may contribute to the suppression of the nematic ordering temperature. The nematic order parameter develops a complex fluctuating spatial landscape, with various domain sizes. Future measurements under uniaxial strain may significantly suppress the width of the distribution, and will provide an important avenue to investigate the dynamics in the glassy phase. NMR studies of the dynamics under pressures up to 10-15 GPa in stoichiometric samples will also help to elucidate the role of disorder in suppressing the nematic phase.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank A. Thaler for assistance with initial sample growth, A. Estry for assistance with field calibration studies, as well as A. Benali, I. Fisher, S. Kivelson, E. Carlson and K. Dahmen for enlightening discussions. The NSF under Grant No. supported work at UC Davis. DMR-1005393. H.-J. G. acknowledges support by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) through SPP1458 (Grants No. GR3330/2). Part of this work performed at the Ames Laboratory (PCC, SLB, SR) was supported by the U.S. Department of Energy, Office of Basic Energy Science, Division of Materials Sciences and Engineering. Ames Laboratory is operated for the U.S. Department of Energy by Iowa State University under Contract No. DE-AC02-07CH11358. A portion of this work was performed at the National High Magnetic Field Laboratory, which is supported by National Science Foundation Cooperative Agreement No. DMR-1157490, the State of Florida, and the U.S. Department of Energy.

REFERENCES

- 1 **Canfield, P. C. and Bud'ko, S. L.** *Annu. Rev. Condens. Ma.* P. 1, 27 (2010).
- 2 **Fradkin, E., Kivelson, S. A., Lawler, M. J., Eisenstein, J. P. and Mackenzie, A. P.** *Annu. Rev. Condens. Ma.* P. 1, 153. – 2010.
- 3 **Chu, J.-H., Analytis, J. G., De Greve, K., McMahon, P. L., Islam, Z., Yamamoto, Y. and Fisher, I. R.** *Science* 329, 824. – 2010.
- 4 **Tanatar, M. A., Kreyssig, A., Nandi, S., Ni, N., Bud'ko, S. L., Canfield, P. C., Goldman, A. I. and Prozorov, R.** *Phys. Rev. B* 79, 180508. – 2009.
- 5 **Fernandes, R. M. and Schmalian, J.** *Supercond. Sci. Technol.* 25, 084005. – 2012.
- 6 **Ning, F. L., Ahilan, K., Imai, T., Sefat, A. S., McGuire, M. A., Sales, B. C., Mandrus, D., Cheng, P., Shen, B. and Wen, H.-H.** *Phys. Rev. Lett.* 104, 037001. – 2010.
- 7 **Chu, J.-H., Kuo, H.-H., Analytis, J. G. and Fisher, I. R.** *Science* 337, 710. – 2012.
- 8 **Kitagawa, K., Katayama, N., Ohgushi, K., Yoshida, M. and Takigawa, M. J.** *Phys. Soc. Jpn.* 77, 114709. – 2008.
- 9 **Smerald, A. and Shannon, N.** *Phys. Rev. B* 84, 184437. – 2011.
- 10 **Nakai, Y., Iye, T., Kitagawa, S., Ishida, K., Ikeda, H., Kasahara, S., Shishido, H., Shibauchi, T., Matsuda, Y. and Terashima, T.** *Phys. Rev. Lett.* 105, 107003. – 2010.
- 11 **Ning, F. L., Fu, M., Torchetti, D. A., Imai, T., Sefat, A. S., Cheng, P., Shen, B. and Wen, H.-H.** *Phys. Rev. B* 89, 214511. – 2014.
- 12 **Hammerath, F., Gräfe, U., Kühne, T., Kühne, H., Kuhns, P. L., Reyes, A. P., Lang, G., Wurmehl, S., Büchner, B., Carretta, P. and Grafe, H.-J.** *Phys. Rev. B* 88, 104503. – 2013.
- 13 **Bossoni, L., Carretta, P., Halperin, W. P., Oh, S., Reyes, A., Kuhns, P. and Canfield, P. C.** *Phys. Rev. B* 88, 100503. – 2013.
- 14 **Dioguardi, A. P., Crocker, J., Shockley, A. C., Lin, C. H., Shirer, K. R., Nisnon, D. M., Lawson, M. M., apRoberts Warren, N., Canfield, P. C., Bud'ko, S. L., Ran, S. and Curro, N. J.** *Phys. Rev. Lett.* 111, 207201. – 2013.
- 15 **Grafe, H.-J., Gräfe, U., Dioguardi, A. P., Curro, N. J., Aswartham, S., Wurmehl, S. and Buchner, B.** *Phys. Rev. B* 90, 09451. – 2014.
- 16 **Ning, F., Ahilan, K., Imai, T., Sefat, A. S., Jin, R., McGuire, M. A., Sales, B. C. and Mandrus, D. J.** *Phys. Soc. Jpn.* 77, 103705. – 2008.
- 17 **Ning, F. L., Ahilan, K., Imai, T., Sefat, A. S., Jin, R., McGuire, M. A., Sales, B. C. and Mandrus, D.** *Phys. Rev. B* 79, 140506. – 2009.

- 18 Takeda, H., Imai, T., Tachibana, M., Gaudet, J., Gaulin, B. D., Saparov, B. I. and Sefat, A. S. Phys. Rev. Lett. 113, 117001. – 2014.
- 19 Johnston, D. C. Phys. Rev. B 74, 184430. – 2006.
- 20 Curro, N., Hammel, P., Suh, B., Hücker, M., Büchner, B., Ammerahl, U. and Revcolevschi, A. Phys. Rev. Lett. 85, 642. – 2000.
- 21 Julien, M.-H., Campana, A., Rigamonti, A., Carretta, P., Borsa, F., Kuhns, P., Reyes, A. P., Moulton, W. G., Horvati ´c, M., Berthier, C., Vietkin, A. and Revcolevschi, A. Phys. Rev. B 63, 144508. – 2001.
- 22 Hunt, A., Singer, P., Thurber, K. and Imai, T. Phys. Rev. Lett. 82, 4300. – 1999.
- 23 Mitrovi ´c, V. F., Julien, M.-H., de Vault, C., Horvati ´c, M., Berthier, C., Suzuki, T. and Yamada, K. Phys. Rev. B 78, 014504. – 2008.
- 24 Hunt, A. W., Singer, P. M., Cederström, A. F. and Imai, T. Phys. Rev. B 64, 134525. – 2001.
- 25 Schmalian, J. and Wolynes, P. G. Phys. Rev. Lett. 85, 836. – 2000.
- 26 Westfahl, H., Schmalian, J. and Wolynes, P. G. Phys. Rev. B 64, 174203. – 2001.
- 27 Ni, N., Tillman, M. E., Yan, J.-Q., Kracher, A., Hannahs, S. T., Bud’ko, S. L. and Canfield, P. C. Phys. Rev. B 78, 214515. – 2008.
- 28 Pratt, D. K., Kim, M. G., Kreyssig, A., Lee, Y. B., Tucker, G. S., Thaler, A., Tian, W., Zarestky, J. L., Bud’ko, S. L., Canfield, P. C., Harmon, B. N., Goldman, A. I. and McQueeney, R. J. Phys. Rev. Lett. 106, 257001. – 2011.
- 29 Chu, J.-H., Analytis, J. G., Kucharczyk, C. and Fisher, I. R. Phys. Rev. B 79, 014506. – 2009.
- 30 Ni, N., Thaler, A., Yan, J. Q., Kracher, A., Colombier, E., Bud’ko, S. L., Canfield, P. C. and Hannahs, S. T. Phys. Rev. B 82, 024519. – 2010.
- 31 Lu, X., Tam, D.W., Zhang, C., Luo, H., Wang, M., Zhang, R., Harriger, L.W., Keller, T., Keimer, B., Regnault, L.-P., Maier, T. A., and Dai, P. Phys. Rev. B 90, 024509. – 2014.
- 32 Nussinov, Z., Vekhter, I. and Balatsky, A. V. Phys. Rev. B 79, 165122. – 2009.
- 33 Slichter, C. P. Principles of Nuclear Magnetic Resonance, 3rd ed. – Springer-Verlag, 1992.
- 34 Berthier, L. and Biroli, G. Rev. Mod. Phys. 83, 587. – 2011.
- 35 Curro, N. and Slichter, C. J. Magn. Reson. 130, 186. – 1998.
- 36 Dioguardi, A. P., apRoberts Warren, N., Shockley, A. C., Bud’ko, S. L., Ni, N., Canfield, P. C., and Curro, N. J. Phys. Rev. B 82, 140411(R). – 2010.
- 37 Fernandes, R. M., Böhmer, A. E., Meingast, C. and Schmalian, J. Phys. Rev. Lett. 111, 137001. – 2013.

- 38 Imry, Y. and Ma, S.-k. Phys. Rev. Lett. 35, 1399. – 1975.
39 Kivelson, S. A., Fradkin, E. and Emery, V. J. Nature 393, 550. – 1998.
40 Carlson, E. W., Dahmen, K. A., Fradkin, E. and Kivelson, S. A. Phys Rev. Lett. 96, 097003. – 2006.
41 Carlson, E. W. and Dahmen, K. A. Nature Communications 2, 379. – 2010.
42 Xu, C., Müller, M., and Sachdev, S. Phys. Rev. B 78, 020501. – 2008.
43 Loh, E. W. Carlson, and Dahmen, K. A. Phys. Rev. B 81, 224207. – 2010.
44 Nie, L., Tarjus, G. and Kivelson, S. A. Proc. Natl. Acad. Sci. 111, 7980. – 2014.
45 Fang, C., Yao, H., Tsai, W.-F., Hu, J. and Kivelson, S. A. Phys. Rev. B 77, 224509. – 2008.
46 Kuo, H.-H., Chu, J.-H., Kivelson, S. A., and Fisher, I. R. 1503.00402. – 2015.
47 Colombier, E., Bud'ko, S. L., Ni, N. and Canfield, P. C. Phys. Rev. B 79, 224518. – 2009.
48 Colombier, E., Torikachvili, M. S., Ni, N., Thaler, A., Bud'ko, S. L. and Canfield, P. C. Supercond. Sci. Technol. 23, 054003. – 2010.
49 Zinth, V., Dellmann, T., Klauss, H.-H. and Johrendt, D. Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 50, 7919. – 2011.

Material received on 15.09.16.

А. П. Дайгарди¹, Т. Кисиков^{1}, С. Ран², Н. А. Испулов³*

Темір арсениді асқын өткізгішінің нематикалық тербелістерімен шартталған бір текті емес шыны тәрізді тәртіптің ЯМР дәлелі

^{1*} Калифорния университеті, Дэвис, Калифорния, АҚШ;

² Айова мемлекеттік университеті, Айова, АҚШ;

³С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан.

Материал 15.09.16 баспаға түсті.

А. П. Дайгарди¹, Т. Кисиков¹, С. Ран², Н. А. Испулов³

ЯМР доказательства неоднородного стекловидного поведения, обусловленного нематическими колебаниями сверхпроводника арсенида железа

¹Калифорнийский университет,

Дэвис, Калифорния, США;

²Айовский государственный университет, Айова, США;

³Павлодарский государственный университет

имени С. Торайғырова, г. Павлодар, Казахстан.

Материал поступил в редакцию 15.09.16.

Біз ^{75}As ядролық спин-торлық және спин-спиндік магниттік резонанының температураға, легирлеуге және магнит өрісіне байланысты $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ және $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ релаксациясы жылдамдығы туралы мәліметтер ұсынамыз. Релаксация қисықтары бір текті емес шыны тәрізді тәртіпке сәйкес 100 К дейін релаксация жылдамдықтарының кең үлестірілуін демонстрациялайды. Легирлеу және динамикалық бір текті еместік енінің температурасынан тәуелділік, серпінді кедергіні өшіру көмегімен өшенген, нематикалық алғырлыққа ұқсас. Біз спиннің динамикасында көрініс тапқан, нематикалық шыны тудыратын, нематикалық тәртіпте бірігетін кездейсоқ өрістердің өшетіндігі туралы сендіріп айтамыз.

Мы представляем данные о скорости релаксации ^{75}As ядерного магнитного резонанса спин-решеточной и спин-спиновой в $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ и $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$, в зависимости от температуры, легирования и магнитного поля. Кривые релаксации демонстрируют широкое распределение скоростей релаксации, в соответствии с неоднородным стекловидным поведением вплоть до 100 К. Легирование и зависимость от температуры ширины динамической неоднородности аналогично нематической восприимчивости, измеренной с помощью измерений упругого сопротивления. Мы утверждаем, что гасятся случайные поля, которые соединяются в нематическом порядке, порождающим нематическое стекло, что находит отражение в динамике спина.

ӘОЖ 620.179.161.

М. К. Жукенов¹, А. О. Исагулов²¹ф.-м. ғ. к., ²магистрант,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

e-mail: ²01almaz-90@mail.ru

БҰЙЫМДАРДЫ УЛЬТРАДЫБЫСТЫ БАҚЫЛАУДА ШАҒЫЛДЫРҒЫШТЫҢ БАЛАМАЛЫ АУДАНЫ МЕН БАЛАМАЛЫ ӨЛШЕМДЕРІН ЕСЕПТЕУ

Баламалы ауданың, баламалы өлшемдерін есептеу немесе жаңғырық сигналдардың амплитудаларының қатынасын анықтау үшін, ультрадыбыстық бұзбай бақылауда шағылдырғыштардың өлшемдерін, ақауларын, сұрыптау нормаларын салыстырудың бірқатар міндеттері бар. Осындай есептеулер шығару осы мақалада көрсетілген. Ұсынылған есептеу тәсілі ультрадыбысты дефектоскоптың сезгіштігін «үлгісіз» баптау әдістемесін құруға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: ультрадыбыстық бақылау, шағылдырғыш, баламалы аудан, пьезоэлектрлік түрлендіргіш, ақау, жаңғырық сигнал.

КІРІСПЕ

Баламалы аудан немесе баламалы өлшем шағылдырғышты сипаттайды әмбебап сипатамалар болып келеді.

Баламалы ауданның мәні бойынша, жаңғырық сигналдың сол немесе өзге амплитуда деңгейін тудыратын шағылдырғыштың өлшемін анықтауға болады. Осы есептеулер арқылы өндірістің стандартты үлгілеріне кертікің ауданың, кеуктің диаметрінің анықтауға мүмкіндік береді.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Бұрыштық шағылдырғыштың баламалы ауданының анықтау. Ультрадыбысты дефектоскоптың сезгіштігін дәлдеу.

Ыстық бу құбырында (электр станциясы) қалыңдығы 36 мм дөнекерленген жікке ультрадыбыстық бақылауды жүргізу қажет. Кертігі 3,0 × 2,0 мм² болатын қалыңдығы 36 мм ӨСҮ (өндірістің стандартты үлгісі) бар болуда. Жылу энергетикалық жабдықтар ЖҚ (жетекші құжат) 34.17.302-97 нұсқаулық бойынша бақыланылады, сонда қалыңдығы

26 мм-ден 40 мм-ге дейін дәнекерленген жікке баламалы ауданы 7 мм² аспайтын тұтассыздық рұқсат етілгені көрсетілген. Әдетте қалыңдығы 36 мм дәнекерленген жікті тексеру үшін П121-2,5-50 түрлендіргіші қолданылады.

Ақаулық деңгей бапталатын кертiк ауданының анықтаймыз. 1-сурет бойынша (түсу бұрышын 50°) N=1,25 екенін табамыз. Кертiктің тiк қабырғасының ауданын табамыз:

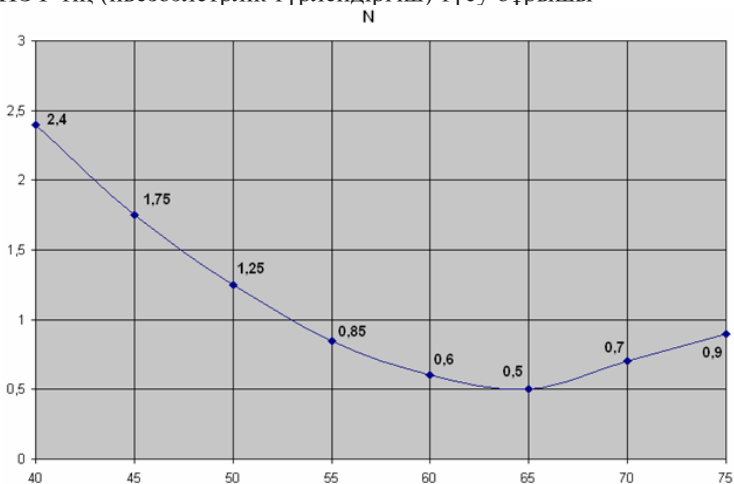
$$h \cdot b = \frac{S_N}{N} = \frac{7}{1,25} = 5,6 \text{ мм}^2 \quad (1)$$

Кертiк ауданы 3,0 × 2,0 = 6,0 мм² ӨСҮ бар болуда. Жаңғырық сигналдардың амплитудаларының қатынасын децибел түрінде анықтаймыз:

$$20 \lg \left(\frac{A_{3,6}}{A_{6,0}} \right) = 20 \lg \left(\frac{5,6}{6,0} \right) = -0,6 \text{ дБ} \quad (2)$$

Сонда кертiгі 3,0 × 2,0 мм² болатын осы ӨСҮ қолданып, сол бойынша сезгiштіктің тiректі деңгейін баптап, содан кейін УДД (ультрадыбысты дефектоскоп) керек ақаулық деңгей сезгiштігің 0,6 дБ-ға артырып орнатамыз.

ПЭТ-тің (пьезоэлектрлік түрлендіргіш) түсу бұрышы



Сурет 1 – N коэффициентінің ПЭТ-тің түсу бұрышынан тәуелділігі

Сфералы шағылдырғыштың баламалы диаметрі мен баламалы ауданын анықтау.

Жалпақ түпті шағылдырғыштың жаңғырық сигналының амплитудасы сфераның жаңғырық сигналының амплитудасына тең да, келесі түрде жазамыз:

$$\frac{A}{A_0} = \text{Exp}(-2\delta R) S_{\text{TR}}^2 \frac{S_d}{\lambda^2 R^2} = \text{Exp}(-2\delta R) S_{\text{TR}}^2 \frac{D}{\lambda R^2} \quad (3)$$

кайталанылатын өлшемдерді қысқартып, $D_{\text{бал.сф}} = \frac{S_d}{\lambda}$ аламыз.

Сфералы шағылдырғыштың баламалы диаметрі оның орналасу тереңдігіне тәуелсіз екені көрініп тұр. Себебі диск пен сфера ықшам шағылдырғыш болып табылады және олардың жаңғырық сигналының амплитудасының қашықтықтан тәуелділігі бірдей келеді.

Алынған формуланы сфералы шағылдырғыштың баламалы ауданын табу үшін түрлендіреміз

$$S_{\text{бал.сф}} = D \cdot \lambda \quad (4)$$

Мысал қарастырайық. Жылу энергетикалық жабдықтар ультрадыбысты бақылау әдістемесінде ЖҚ (жетекші құжат) 34.17.302-97 жаңғырық сигналдардың амплитуда бойынша сұраптау мөлшері ақаудың баламалы ауданы ретінде көрсетілген. Қалыңдығы 26-40 мм дәнекерленген жікті бақылауда ақаудың шекті баламалы ауданы 7 мм² көрсетілген. Осы сұрыптау деңгейіне сай келетін кеуек (сфералық бостық) өлешемін анықтайық.

Осындай дәнекерленген жіктерді жиілігі 2,5 МГц және түсу бұрышы 50° болатын көлбеу түрлендіргішпен тексереді.

Ең алдымен осы түрлендіргішпен шашырылатын көлденең толқындардың ұзындығын анықтаймыз (болаттағы дыбыс жылдамдығы 3260 м/с).

$$\lambda = \frac{c_T}{F} = \frac{3260}{2,5 \cdot 10^6} = 1,3 \text{ мм} \quad (5)$$

Енді кеуктің диаметрін табамыз

$$D_{\text{бал.сф}} = \frac{S_d}{\lambda} = \frac{7}{1,3} = 5,4 \text{ мм} \quad (6)$$

ҚОРЫТЫНДЫ

Осы мақалада біз ультрадыбысты дефектоскоптың сезгіштігін, қалыңдығы әр түрлі дәнекерленген жіктерді «үлгісіз» баптау әдістемесін құруға мүмкіндік беретін есептеулерді қарастырдық. Сонымен қатар ӨСҮ-нің (өндірістің стандартты үлгісі) кертiгiнiң ауданын анықтауға қажеттi есептеулер жүргiзiлдi.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

- 1 Крауткремер, Й., Крауткремер, Г. Ультразвуковой контроль материалов. Пер. с нем. – М. : Металлургия, 1991. – 752 с.
- 2 Ермолов, И. Н., Ланге Ю. В. Ультразвуковой контроль. – 2004.

3 РД 34.17.302-97 (ОП №501 ЦД - 97) Котлы паровые и водогрейные. Трубопровода пара и горячей воды, сосуды. Сварные соединения. Контроль качества. Ультразвуковой контроль. Основные положения. (Изменения №1).

Материал 15.09.16 баспаға түсті.

М. К. Жуkenов, А. О. Исaгулов

Расчет эквивалентных размеров и эквивалентной площади отражателей в ультразвуковом контроле изделий

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 15.09.16.

M. K. Zhukenov, A. O. Issagulov

Calculation of equivalent sizes and equivalent high-rise reflectors in ultrasonic testing

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 15.09.16.

В ультразвуковом неразрушающем контроле существует целый ряд задач сопоставления норм браковки, размеров отражателей, дефектов, в которых необходимо выполнять расчеты эквивалентной площади, эквивалентных размеров или определять отношение амплитуд эхосигналов. Решение таких типичных задач указаны в этой статье. Представленный способ расчета позволяет создать методику «безэталонной» настройки чувствительности ультразвукового дефектоскопа.

In ultrasonic non-destructive testing there is a number of tasks matching the standards of rejection, the sizes of reflectors, defects where it is necessary to perform calculating the equivalent area of equivalent size or determining the ratio of echo signals' amplitudes. The solution of these common problems is listed in this article. The way of calculation allows creating a method of «nonstandard» sensitivity settings of the ultrasonic flaw detector.

ӘОЖ 004

А. Ж. Асаинова¹, А. М. Мусанова²¹п.ғ.к., доцент, ²магистрант

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

e-mail: ¹asal_fr@mail.ru, ²ais19.94@mail.ru**КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ АЗЫҚ-ТҮЛІК
ИНЖЕНЕРИЯСЫ: ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ МҮМКІНДІКТЕРІ**

Мақалада азық-түлік өндірісіндегі компьютерлік модельдеудің келешек мүмкіндіктері қарастырылған. Компьютерлік модельдеудің үлгісі мен кезеңдері қарастырылған. Белгіленген жағдайда азық-түлік ашытқысы көбеюінің компьютерлік моделінің мысалы көрсетілген.

Кілтті сөздер: компьютерлік модельдеу, азық-түлік инженериясы, модель құру

КІРІСПЕ

Компьютерлік модельдеу – күрделі химиялық, биотехнологиялық және азық-түлік өндірістерін дайындау және олардың жұмыс істеуіне жауапты мамандар тартылатын танымдық, саралау және жобалаудың мықты құралдарының бірі болып табылады. Компьютерлік моделдеу ойы инженерге (зерттеушіге) нақты объектіде мұны жасау мүмкін емес немесе мақсатты емес жағдайларда объектілерді тәжірибеден өткізуге мүмкіндік береді. Компьютерлік моделдеудің әдіснамалық мазмұны бастапқы технологиялық объектіні оның «бейнесімен» – математикалық моделімен алмастыруы болып табылады – ары қарай есептеуіш-кисынды алгоритмді компьютерлерде жүзеге асатын объектіні меңгеру.

Өмірде біз бізді қоршаған ортаны шартты түрде шынайы және тұжырымдамалы деп бөлеміз [1] (1 сурет). Шынайы өмірде біз табиғаты бойынша табиғи және жасанды жасалған әртүрлі құбылыстарды бақылай аламыз. Тұжырымдамалы әлем – бізді қоршаған шынайы ортада не болып жатқанын түсінуге тырысатын виртуалды әлем.



Сурет 1 – Моделдеу процесінің мысалы

Тұжырымдамалы әлемнің бағасы үш сатыдан өтеді: *бақылау, модельдеу және болжау*. Бақылау сатысында біз шынайы өмірде болып жатқан құбылыстарды өлшеуге тырысамыз. Мұнда біз эмпириалық мәліметтер мен деректер жинаймыз. Бақылау, біз сезімдерімізді қолданған кезде тікелей, немесе жанама болады, бұл жағдайда біз қарастырылған құбылысты бақылап отырған басқа адамдардың құбылысты сипаттауын қолданамыз. Ары карай қандай да бір модель құрылады, сосын сол бойынша болжам жасалады. Болжам нәтижелері моделдеудің нақты объектісінде алынған мәліметтермен салыстырылады. Бұл есеп үшін олардың арасындағы айырмашылықтар құптарлықтай болған жағдайда, модель тепе-тең болып саналады.

Мұндай таным, құрастыру, жобалау әдісі теория сияқты тәжірибенің де құндылықтарын байланыстырады. Объектінің (құбылыс, процесс) өзімен жұмыс емес, оның моделімен жұмыс істеу әртүрлі жағдайларда (көбінесе теорияда) объектінің құрамы мен тәртібін айтарлықтай тез және шығынсыз зерттеуге мүмкіндік береді. Сол уақытта объекті моделдерімен есептеу (еліктеу) тәжірибесі таза теориялық көзқарасқа (көбінесе тәжірибеде) қол жетімсіз жеткілікті толық объектіні түгелдей және терең зерттеуге мүмкіндік береді.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Химиялық, био- және азық-түлік технологияларының қазіргі заманғы өнеркәсіп объектілері көптеген өзара байланысты кіші жүйелер санынан тұрады, олардың арасында олардың арасында 3-деңгейлі иерархиялық құрылым түріндегі қатар бағыну қатынасы бар. Бірінші деңгейді белгілі бір аппаратуралық безендірулі (механикалық, гидродинамикалық, жылулық, диффузиялық, био- және химиялық процестер) химиялық, био- және азық-түлік технологияның типтік процесін және оларды автоматты басқарудың жергілікті жүйесін қалыптастырады. Иерархияның екінші деңгейінің негізін

өндірістік цехтар мен цехтарды автоматты түрде басқару жүйесі құрайды. Цех жеке технологиялық процестердің, аппараттардың және автоматты бақылау мен оны басқару жүйесінің жиынтығын білдіреді. Химиялық, био- және азық-түлік технологиялы кәсіпорынның иерархиялық құрылымды үшінші, жоғарғы деңгейі – бұл ұйым мен жедел жоспарлау жүйесі және өндірісті толығымен басқару. Бұл деңгейде барлық кәсіпорындағы жағдайлық талдау және тиімді басқару міндеттері пайда болады.

Химиялық, био- және азық-түлік технологиясының тапсырмасын шешудің қазіргі заманғы кибернетикалық көзқарасының негізін жүйелік талдау құрайды, олардың зерттеу, талдау міндеттері және жеке технологиялық процестердің, компьютерлік моделдеудің және күрделі химиялық, био- және азық-түлік жүйесін оңтайландыру, технологиялық кешеннің тиімді жобалануы бір бірімен тығыз байланыста шешіледі, әрі ортақ стратегиямен біріктірілген және бір мақсатқа бағынады – ол жоғары тиімділікті өндіріс құру [2].

Жүйелік талдаудың мазмұны кез келген жүйелік есепті шешуде қолданылатын жалпы принциптер негізінде оның стратегиясының анықталатындығында. Оларға зерттеу мақсатының нақты тұжырымдамасын, белгіленген мақсатқа жету бойынша міндеттер қоюды және есепті шешу тиімділігінің белгілерін анықтауды жатқызуда болады; есепті шешудегі негізгі кезеңдер мен бағыттарды көрсету арқылы зерттеудің жазылған стратегиясын әзірлеу: мүмкін бағыттар мен өзара байланысты кезеңдердің барлық мүмкіншілігі бойынша дәйекті-параллельді жылжу; жеке кезеңдердегі зерттеудің қайталау циклін және жүйелі жуықтауын ұйымдастыру; құрама жеке есептерді шешу кезіндегі талдаудың иерархиялық өсуінің және синтездің иерархиялық бәсеңдеу ұстанымдары.

Жүйелік талдаудың орталық түсінігі жүйені түсіну болып табылады, яғни, құрама бөліктері мен элементтердің көптігімен сыртқы ортамен өзара әрекеттесетін және күрделі ішкі құрылымға ие объект. Жүйе элементі – өзіндік және шартты бөлінбейтін бірлік. Элементтер жиынтығы мен олардың арасындағы байланыс жүйе құрылымын құрайды. Элементтер өзара және қоршаған ортамен әрекет етеді, басқаша айтқанда олардың арасында материалдық, энергетикалық және ақпараттық байланыс бар. Жүйені ішкі жүйелерге бөлшектеу құрылым иерархиясын ашуға және жүйені әртүрлі деңгейде қарастыруға мүмкіндік береді. Жүйенің күрделілігі жүйеде айналып тұратын оның құрылым күрделілігімен, элементтер мен байланыс санымен, иерархия деңгейінің санымен, ақпарат көлемімен анықталады. Жүйе белгілі мақсатқа жетуге бағытталған қызмет ету алгоритмімен сипатталады.

Жүйенің формализациясы жүйенің шығыс айналымы арасындағы байланысты, жағдай параметрі мен басқару кірісін және қарсылық әрекеттерін көрсететін математикалық моделдің көмегімен жүзеге асады. Күрделі жүйе негізінде анықталынған-стохастикалық модель ретінде қалыптасады. Жүйелік талдау тұрғысынан компьютерлік моделдеу есептері шешіледі, оңтайландырылады, кәсіпорын, цех ауқымында био-, химиялық және азық-түлік технологиялық жүйелерді оңтайлы жобалау басқарылады. Жүйелік тәсілдің мәні, лабораториялардан, тәжірибелік-өндірістік қондырғылардан алынатын барлық ақпарат технологиялық жүйедегі толық математикалық моделді өңдеу процесінде кезеңімен жинақталады және байытылады, ол содан кейін сол сияқты басқа да өндірісті оңтайландыру үшін пайдаланылады [3].

Барлық есептер өте күрделі және шексіз элемент сандарын, айналымыларды, параметрлерді, шектеулерді және т.б. қамтиды. Нақты модель құрастыру үшін көп уақыт кетіріп, кез келген жағдайға байланысты ұсақ фактілерді жинап және олардың арасында байланыс орнату арқылы осы элементтердің барлығын қосуға тырысу керек. Моделдің көрсетілгендей объектімен сәйкес келуі изоморфизм дәрежесі деп аталады. Изоморфты болу үшін, модель мынадай екі шартты қанағаттандыру керек: 1) модель элементі мен көрсетілетін объекті элементтерінің арасындағы бірімді сәйкестік; 2) элементтер арасындағы нақты ара қатынас немесе өзара іс-әрекет.

Моделдің изоморфизм деңгейі салыстырмалы және моделдердің көпшілігі изоморфтыға қарағанда гомоморфты. Гомоморфизм ретінде біз негізгі құрылымның айырмасындағы кескін бойынша сәйкестігін түсінеміз, ол модель мен объект элементтерінің әртүрлі тобы арасында беткі ұқсастыққа ие. Гомоморфты моделдер жеңілдету және абстракция процесінің нәтижесі болып табылады.

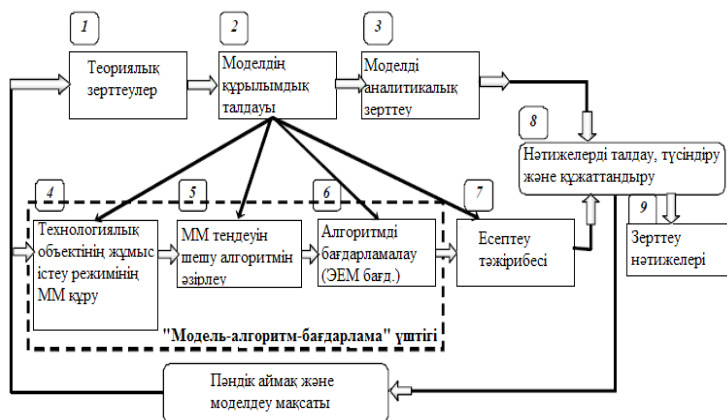
Компьютерлік моделдеудің сәтті әдістемесінің негізі моделді мүқият өңдеу болып табылады. Негізінен қарапайым моделден бастап, ақырындап оның күрделі жағдайды нақты көрсететін аса жақсырақ түріне қарай жақындайды. Жақсы құрылған ұқсастық пен бірлестік бөлшектерді өңдеу мен жүзеге асу процесінің бастапқы нүктесін анықтауда маңызды рөл атқарады, ол нақты жағдай мен модель арасындағы үнемі өзара іс-әрекет пен кері байланысқа байланысты. Моделді түрлендіру процесі мен мәліметті өңдеу процесі арасында нақты объектіні жинақтау үздіксіз іс-әрекетке ие. Осылайша, моделдеу өнері мәселені талдау қажеттіліктерін құрайды, одан абстракция жолымен оның маңызды ерекшеліктерін анықтау, жүйені сипаттайтын жорамалды таңдау және дұрыс тәсілмен түрлендіру, содан кейін модель практика үшін тиімді нәтиже бермейінше, оны өңдеу және жүзеге асыру [4].

Компьютерлік моделді әзірлеу және қолдану – ғылымға қарағанда, өнерге көбірек жақын. Сәйкесінше, басқа өнер түрлері сияқты, табыс және сәтсіздік әдістерімен емес, қолданылуымен анықталады. Моделдеу өнеріне өзіндік ойлау қабілеті бар, өнертапқыш және тапқыр қасиетке ие адамдар ие болуы мүмкін, моделдеуге қажетті физикалық құбылыстар мен жүйенің терең біліміне тең болу керек.

Күрделі технологиялық объектілерді, процестерді, аппараттарды және физико-химиялық құбылыстарды меңгере отырып, біз барлық факторларды ескеруіміз мүмкін емес: кейбіреулері қажетті, ал кейбіреулері қараусыз қалады. Осылайша зерттеу объектісінің моделі құрылады. Компьютерлік моделдеу процесінде зерттеуші үш объектімен байланысты болады (нақты, жобалайтын, қиялдауы), моделдің теңдеуін шешу алгоритмін жүзеге асыратын математикалық модель және ЭЕМ бағдарламасы. Компьютерлік моделдеудің дәстүрлі схемасы сәйкес бағдарламалық қолауға ие моделді құру және зерттеудің бірегей процесі 2 суретте көрсетілген [5].

Компьютерлік моделдеу зерттеу үшін пайдаланылатындығына байланысты нақты технологиялық объектілерді онтайландыру және жобалау процесін келесідей кезеңдерге бөлуге болады:

- 1) Объектіні анықтау – объектінің жұмыс істеу тиімділігінің шектеуін, көрсеткішін және шекарасын орнату;
- 2) Объектіні ресімдеу (модель құру) – нақты объектіден кейбір логикалық схемаға ауысу (абстракциялау);
- 3) Мәлімет дайындау – модель құруға арналған қажетті мәліметтерді іріктеу және оны сәйкес үлгіде көрсету;



Сурет 2 – Компьютерлік моделдеу процесін ұйымдастыру схемасы

4) ЭЕМ бағдарламасын және моделдеу алгоритмін әзірлеу, сынақ есептерін жүргізу;

5) «Модель – алгоритм – бағдарлама» үштігінің жеткіліктілігін бағалау: сенімділік дәрежесін қолайлы деңгейге дейін көтеру, моделді пайдалану негізінде алынған нақты объекті туралы қорытындының дұрыстығын талқылау;

6) Стратегиялық жоспар – қажетті ақпарат беруі тиіс есептеуіш тәжірибені жоспарлау;

7) Тактикалық жоспар – тәжірибе жоспарымен қарастырылған әрбір сынақ сериясын өткізу тәсілін анықтау;

8) Есептеу тәжірибесі – сезімталдық талдауын және қалаған мәліметті алу мақсатымен имитация процесін жүзеге асыру;

9) Түсіндіру – алынған мәліметтерді талдау және қорытынды жасау;

10) Жүзеге асыру – модель мен моделдеу нәтижелерін тәжірибеде пайдалану;

11) Құжаттандыру – процесті жүзеге асыру және оның нәтижелерін тіркеу, сонымен қатар моделді құру және пайдалану процесін құжаттандыру.

Компьютерлік моделдеу азық-түлік инженериясында үлкен рөл атқарады. Қазіргі кездегі түсіндірмеде азық-түлік инженерия шикізат пен азық-түліктің түрлі қасиеттерін, түрлі технологиялық процестерді, аппараттар мен жабдықтарды, кәсіпорынның жұмысын толығымен қарастырады. Азық-түлік инженериясының мақсаты – ғылым мен техниканың жаңа жетістіктері негізінде өндірістік процестерді қарқындету.

Компьютерлік модель құруға болатын тамақ өнеркәсібінен типтік міндеттің мысалын қарастырып көрелік.

Мысал. Сыралық ашытқы мәдениетінде әрекет етуші ферменттің үдеуінің жылдамдығы оның алғашқы x массасына пропорционалды. Ферменттің алғашқы массасы a бір сағат аралығында екі еселенді. 3 сағаттан кейін ол қаншаға өседі?

Есептің шешімін елестетіп көрелік. Алдымен математикалық моделдеуді жүзеге асырып көрелік.

Есептің шарты бойынша процестің дифференциалдық теңдігі

$$\frac{dx}{dt} = kx, \quad (1)$$

мұндағы t – уақыт, k – пропорционалдық коэффициенті.

(1)– бөлінгіш айнымалылармен теңдік, оның жалпы шешімі

$$x = Ce^{kt}, \quad (2)$$

мұндағы $C = \text{const} > 0$.

Бастапқы шарттан ($t = 0$ $x = a$ болғанда) $C = a$ екені шығады. Сондықтан шешім келесідей болады

$$x = ae^{kt}. \quad (3)$$

k коэффициенті қосымша теңдіктен анықталады:

мұндағы $t = 1$ $x = 2a$.

Бұл шарттан (3) шығады

$$k = \ln 2 \frac{1}{\text{ч}}$$

Сонымен, соңында бұл процесс бағынатын келесі түрдегі заң шығады

$$x = a2^t, \quad (4)$$

мұндағы $t = \frac{t}{1\text{ч}}$.

Бұдан (4) есептің талабы шығады: мұндағы $t = 3$ $x = 8a$, яғни 3 сағаттан кейін процесстің басынан фермент салмағы 8 есе өседі.

Компьютерлік модельді құрау үшін кіріс және шығыс ақпараттарды анықтау қажет. Біздің жағдайда, кіріс ақпараттары болып ашытқы ферментінің бастапқы салмағы мен олардың өсу уақыты табылады. Шығыс ақпараттары: ферменттің қорытынды салмағы.

Ашытқылардың өсу функциясын анықтап, $= a$, оны компьютерлік функция түрінде қарастыралық. Тізім үлгісі төменде көрсетілген.

var x,t,a:real;

begin

a:=StrTofloat(edit1.Text);

t:=StrTofloat(edit2.Text);

*x:=a*exp(t*ln(2));*

label5.Caption:=FloatToStr(x);

label7.Caption:=FloatToStr(x);

end;

Сонымен, ашытқының салмағын есептеу бағдарламасы келесі түрде болады.

Form1

Бастапқы масса *грамм*

Әсу уақыты *сағат*

Ферменттің массасын есептеу

8400 *грамм фермент*

8400 *сағаттан кейін пайда болады*

Шығу

Сурет 1

ҚОРЫТЫНДЫ

Қазіргі заманда компьютерлік модельдеудің орыны ерекше болып табылады. Компьютерлік моделдеу ол нақты объект (жүйе) моделін құрастыру процесі және осы жүйенің жұмыс істеуін қамтамасыз ететін, жүйенің тәртібін түсіну (зерттеу) немесе әртүрлі стратегияны (алгоритмді) бағалау мақсатымен осы моделге есептеуіш тәжірибелерін қою. Осылайша, компьютерлік моделдеу процесі модель құрастыруды да және оны қойылған міндетті шешу үшін қолдануды да қамтиды: технологиялық процестер мен құрылғыларды талдау, зерттеу, оңтайландыру немесе синтездеу (жобалау).

Осы мақалада қарапайым есеп мысалы арқылы біз компьютерлік модельдеудің мүмкіндіктерін қарастырдық.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Дворецкий, Д. С.** Математическое моделирование процессов и аппаратов химических и пищевых производств : оқу құралы / Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий, Е. В. Пешкова, М. С. Темнов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 80 б.

2 **Вороненко, Б. А.** Введение в математическое моделирование: Оқу-әдістемелік құрал/ Б. А. Вороненко, А. Г. Крысин, В. В. Пеленко, О. А. Цуранов. – СПб. : НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 44 б.

3 **Дворецкий, Д. С.** Компьютерное моделирование биотехнологических процессов и систем: Оқу құралы / Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий, Е. И. Муратова, А. А. Ермаков. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 80 б.

4 **Куприяшкин, А. Г.** Основы моделирования систем [Мәтін]: оқу құралы / А. Г. Куприяшкин; Норильский индустр. ин-т. – Норильск : НИИ, 2015. – 135 б.

5 **Демин, А. В.** Применение методов математического моделирования при прогнозировании состояний технических систем. – СПб. : Университет ИТМО, 2014. – 94 б.

6 **Советов, Б. Я.** Моделирование систем [Мәтін] : ЖОО арналған оқулық / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М. : Высшая школа, 2007. – 343 с.

7 **Маликов, Р. Ф.** Основы математического моделирования [Мәтін]: оқу құралы / Р. Ф. Маликов. – М. : Горячая линия–Телеком, 2010. – 368 б.

8 **Королев, А. Л.** Компьютерное моделирование [Мәтін] / А. Л. Королев. – М. : Бинوم, 2010. – 230 б.

Материал 15.09.16 баспаға түсті.

A. Zh. Assainova, A. M. Mussanova

Компьютерное моделирование и пищевая инженерия: возможности реализации

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 15.09.16.

A. Zh. Assainova, A. M. Mussanova

Computer modeling and food engineering: feasibility

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 15.09.16.

В статье рассмотрены перспективные возможности компьютерного моделирования продуктового производства. Примеры и этапы компьютерного моделирования представлены.

In the article the perspective possibilities of computer modeling of grocery production are considered. The examples and stages of computer modeling are presented.

ӘОЖ 372.551

Б. Т. Калимбетов¹, И. М. Омарова²

¹ф.-м.ғ.д., доцент, ²PhD докторант

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ.

e-mail: ¹bkalimbetov@mail.ru, ²Omarovai10@mail.ru

МАТЕМАТИКАЛЫҚ ТАЛДАУДЫ ҮЙРЕНУДЕ СТУДЕНТТЕРДІҢ ЖОБАЛАУ-ЗЕРТТЕУ ІС-ӘРЕКЕТТЕРІ

Мақалада математикалық талдау пәнін үйрену барысында студенттердің өз бетінше білімдерін және зерттеу қабілеттерін дамытуда маңызды болған жобалау-зерттеу іс-әрекеттерін жоспарлау және орындау мәселелері қарастырылған.

Кілтті сөздер: жобалау-зерттеу іс-әрекеті, математик бакалаврларды дайындау, асимптотикалық жіктеулер, шектерді есептеу.

КІРІСПЕ

Студенттердің бойында кәсіби, әлеуметтік, шығармашылық қасиеттердің дамуының жолдарының бірі – жобалау-зерттеу іс-әрекетірін дамыту. Студенттердің жобалау-зерттеу іс-әрекеттері қазіргі заманның білім беру жүйесі мен қоғамның болашақ мамандардың алдына қойған әлеуметтік талаптарына тікелей байланысты. Егерде ертеректе әлеуметтік табысты адам болу үшін білімі мен білігі жоғары болуы жеткілікті болса, қазіргі таңда өз бетінше түрлі мәселелерді қойып, оны шеше алатын дәрежедегі тұлға болуы талап етіледі. Сондай қасиеттерге ие болған ЖОО бітірушісі қазіргі таңда бәсекеге қабілетті, қоғамға қажетті маман бола алады.

Студенттердің жобалау-зерттеу іс-әрекеттері – меншікті зерттеуді жобалаудағы қызметі, жобаның мақсаты мен міндеттерін, әдіс-тәсілі мен ұстанымдарын белгілеу, зерттеу жолдарын жоспарлау, күтілетін нәтижені анықтау, нәтижелеріне баға беру, т.с.с. іс-әрекеттердің жиынтығынан тұрады. Жобалау-зерттеу іс-әрекеттері студенттерде шығармашылық мүмкіншіліктерін жан-жақты көрсету, білімдері мен зерттеу қабілеттерін дамыту, өз бетімен белсенді жұмыс жасау, нәтижеге жету үшін орындалуы

қажет болған жұмыстарды жоспарлау, жеке немесе ұжымда жұмыс жасау мүмкіндіктерінің қалыптасуында маңызды рөл атқарады. Студенттердің жобалау-зерттеу іс-әрекеттерін, зерттелінді мәселені шешу бағытында орындаушы топ мүшелерінің барлығына бірдей маңызды нәтижеге қол жеткізу, жалпы мақсатты анықтау, зерттеу әдістерін таңдау, студенттер мен пән оқытушылардың біріккен зерттеушілік шығармашылық қызметтерін атқару ретінде қарастыруға болады. Қазіргі таңда жобалау – зерттеу іс-әрекеттері жоғарғы оқу орындарында болашақ мамандарға кәсіби білім беруді дамытудағы маңызды бағыттардың бірі болып есептелінеді.

ЖОО-да дайындалатын мамандардың ерекшеліктерін ескере отырып студенттердің жобалау-зерттеу іс-әрекеттері Е.С. Александрова [1], Н. Т. Алексеев [2], И. Г. Булан [3], Т. И. Долгодворова [4], В. Г. Сотниктің [5], т.б. жұмыстарында қарастырылған және жеткілікті зерттелінген.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Студенттердің жобалау және зерттеу қызметтерін орындауда олардың білімдері, біліктіліктері және дағдылары, жобалау-зерттеу жұмыстарын ұйымдастыру және жүргізу тәсілдері, қабілеттері мен жеке тұлғалық қасиеттерінің негізінде жобалау-зерттеушілік құзіреттіліктерін қалыптасуына тікелей әсер етеді. Студенттердің жобалау-зерттеу *білімдері* зерттелінді жоба туралы мағлұматтар, жобалау-зерттеу іс-әрекеттерінің методологиясы, күтілетін нәтиже сапасын бағалау критерияларынан тұрады. Жобалау-зерттеу *біліктілігі* келесі компоненттерден тұрады: жобаның мақсаты мен міндеттерін анықтау; жобаны орындау сатыларын жоспарлау, ақпарат көздерімен жұмыс жасау; зерттеулер жүргізу, жобаны орындау; жұмыс нәтижесін рәсімдеу, таныстыру және бағалау.

Студенттердің әр түрлі пәндерді игеру барысында алған білімдері, біліктіліктері және дағдыларын зерттеу нысандарында қолдана ала арқылы білімдерін жоғарылатуы және жетілдіру, ғылымға деген қызығушылығын арттыру, ой-өрісін дамыту, шығармашылық қабілетін қалыптастыру, өз бетінше білімін толықтыруға пайдалану, алған мағлұматтарды талдау, дұрыс қорытынды жасау және үйрету жобалау-зерттеу іс-әрекеттерінің *мақсаты* болып табылады.

Студенттердің жобалау-зерттеу іс-әрекеттерінің *міндеттері* болып: жоспарлауға үйрету; ақпараттар мен материалдарды жинақтау және оларды өңдеу дағдыларын қалыптастыру; талдай білу; жазбаша есеп жазу. Жобалау-зерттеу іс-әрекеттерінің *ұстанымдары*: жоба тақырыбы студенттердің білімдеріне сәйкес және орындай алу деңгейде болуы керек; студенттер жобаны орындауға дайын болуы қажет; жұмысты орындау жоспары құрылған болу керек.

Жобалау-зерттеу іс-әрекеттері негізіндестуденттердің қызығушылығын арттыру, шығармашылық қабілеттерін дамыту, жауапкершілік қасиеттерін қалыптастыру, оқытушы мен студенттер арасында ынтымақтастық қарым-қатынас қалыптасуына жағдай жасау сияқты міндеттер орындалады

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінде Математикалық талдау пәнін оқыту барысында, студенттердің жалпы математикалық білімдерін тереңдетуге, қалыптастыруға, дамытуға және қолданбалылығын нығайтуға бағытталған келесідей жобаларды орындау кеңінен орын алған:

- Шектерді есептеуде стандартты асимптотикалық жіктеулер;
- Шектерді есептеуде рационал түрлендірулерді қолдану;
- Сызықты асимптоталарды табуда асимптотика элементтері;
- Алгебралық және трансцендент қисықтар;
- Екі еселі интегралдардың қолданбалылығы;
- Үш еселі интегралдардың қолданбалылығы;
- Эйлер интегралдары және арнайы функциялар;
- Қисық сызықты интегралдардың қолданбалылығы;
- Өрістер теориясында аналитикалық геометрия әдістері.

Бірнеше жылдық тәжірибелерімізге сүйене отырып жобалау-зерттеу жұмыстары жаратылыстану – ғылыми бағытындағы математик бакалаврларды дайындауда маңызды рөл атқаратынын көрсету мақсатында келесі жобаның орындалуы туралы мәліметтер беруді жөн көрдік.

Жоба тақырыбы: Стандарт асимптотикалық жіктеулерден пайдалану арқылы шектерді есептеу.

Жобаның мақсаты: Шектерді есептеуде стандарттық асимптотикалық жіктеулерден пайдалану тәсілдерін үйрену.

Жоба орындалуынан үзінді. Асимптотикалық жіктеулер теориялық және қолданбалы зерттеулерде кең қолданылады. Мысалы маятник тербелісі

$$ml^2\ddot{x} + mgl\sin x = 0 \quad (1)$$

мұнда m – маятник массасы, l – оның ұзындығы, g – еркін түсу үдеуі, x – тепе-теңдік орнынан ауытқу бұрышы, теңдеуімен сипатталады. (1) теңдеудің нақты шешімін табу мүмкін емес, өйткені оның құрамында сызықты емес $\sin x$ функциясы қатысқан. Егер, $\sin x$ -тің орнына x –ты қойсақ келесі, оңай шешілетін теңдеуді аламыз:

$$ml^2\ddot{x} + mgl \cdot x = 0, \quad (2)$$

$\cos\varphi_0 = B/\sqrt{A^2 + B^2}$ $\sin\varphi_0 = A/\sqrt{A^2 + B^2}$ (A, B – тұрақтылар) теңдіктер жүйесінен анықталатын алғашқы фазасы φ_0 болатын

$$x = x(t)\sqrt{A^2 + B^2} \sin(\sqrt{g/l} \cdot t + \varphi_0),$$

функциясы (1) теңдеуінің шешімі болатыны көрініп тұр. моделден қарапайым (2) моделіне өту x –тің жеткілікті аз мөндерінде орынды, өйткені

$$\sin x = x + o(x) \quad (x \rightarrow 0) \quad (3)$$

асимптоталық формула орынды. Мұнда $o(x)$ – функция x айнымалыға қарағанда нөлге жылдам ұмтылатын кейбір функция.

Осылайша, (3) асимптотикалық формулалар әр түрлі физикалық процестерді зерттеуде маңызды роль атқарады. Осындай формулалардың көмегімен түрлі теңдеулерді ықшамдауға, шектерді есептеуге болады [6, 7].

Мысал 1. Шекті есептеңіз: $P = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sqrt{1+x^2} - 1}{\cos(e^x - 1) - 1}$.

Шешуі. $P = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sqrt{1+x^2} - 1}{\cos(e^x - 1) - 1} = \left(\frac{0}{0} \right) =$

$$= \left[\frac{\sqrt{1+x^2} - 1}{\cos(e^x - 1) - 1} \right] =$$

$$= \left[\frac{\sqrt{1+x^2} - 1}{\cos(1 + \frac{x^2}{2} + o(x^2)) - 1}, \quad e^x = 1 + x + o(x) (x \rightarrow 0) \right] =$$

$$= \lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 + \frac{x^2}{2} + o(x^2) - 1}{\cos(1 + x + o(x)) - 1} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\frac{x^2}{2} + o(x^2)}{\cos(x + o(x)) - 1} =$$

$$= \left[\frac{\cos = 1 - \frac{u^2}{2} + o(u^2), \quad u = x + o(x) (x \rightarrow 0)}{\cos(x + o(x)) - 1} \right] =$$

$$= \lim_{x \rightarrow 0} \frac{x^2/2 + o(x^2)}{1 - 2^{-1}(x + o(x))^2 + o((x + o(x))^2)} - 1 =$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x^2/2 + o(x^2)}{-x^2/2 + o(x^2)} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{1/2 + o(1)}{-1/2 + o(1)} = -1.$$

Мысал 2. Шекті есептеңіз: $P = \lim_{x \rightarrow 0} (\cos x)^{1/(1-3^x)}$.

Шешуі. $x \rightarrow 0$ ұмтылғандағы шекке өту 1^∞ анықталмаған түрге алып келеді. Сол себепті есептеуді экспоненциал функцияға өту арқылы жасау ыңғайлы

$$P = \lim_{x \rightarrow 0} e^{\frac{1}{1-3^x} \ln \cos x} = e^{\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\ln \cos x}{1-3^x}}$$

Енді экспонента көрсеткішінде тұрған шекті есептесек жеткілікті

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\ln \cos x}{13^x} = \left(\frac{0}{0} \right) = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\ln(1 - x^2/2 + o(x^2))}{1 - (1 + x \ln 3 + o(x))} = \\
 &= \lim_{x \rightarrow 0} \frac{-x^2/2 + o(x^2) + o(-x^2/2 + o(x^2))}{-x \ln 3 + o(x^2)} = \\
 &= \left[\ln(1 + u) = u + o(u), u = -x^2/2 + o(x^2) \rightarrow 0 \right] = \\
 &= \lim_{x \rightarrow 0} \frac{-x^2/2 + o(x^2) + o(-x^2/2 + o(x^2))}{-x \ln 3 + o(x^2)} = \\
 &= \left[o(g(x) + o(g(x))) = o(g(x)), g(x) = -\frac{x^2}{2} \right] = \\
 &= \lim_{x \rightarrow 0} \frac{-x^2/2 + o(x^2) + o(-x^2/2)}{-x \ln 3 + o(x)} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{-x^2/2 + o(x^2)}{-x \ln 3 + o(x)} = \\
 &= \lim_{x \rightarrow 0} \frac{x^2(-1/2 + o(1))}{-x(\ln 3 + o(1))} = 0.
 \end{aligned}$$

Олай болса, бастапқы шек $P = e^{P_1} = e^0 = 1$ тең болады.

Мысал 3. Шекті есептеңіз: $P = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x - \operatorname{tg} x}{x^3}$.

Шешуі. Егер бірден $\sin x = x + o(x)$, $\operatorname{tg} x = x + o(x)$ ($x \rightarrow 0$) асимптотикалық жіктеулерден пайдалансақ, онда P шегінің мәніне байланысты $P = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{o(x)}{x^3}$ шекті аламыз.

Дәлірек асимптоталық жіктеу алу үшін $\operatorname{tg} x = \sin x / \cos x$ формула-сын пайдаланамыз. Онда

$$\begin{aligned}
 f(x) &= \sin x - \frac{\sin x}{\cos x} = \frac{\sin x(\cos x - 1)}{\cos x} = \frac{1}{\cos x} \cdot \sin x(\cos x - 1) = \\
 &= \left[\frac{1}{\cos x} = 1 + o(1), \sin x = x + o(x), \cos x = 1 - \frac{x^2}{2} + o(x^2)(x \rightarrow 0) \right] = \\
 &= (1 + o(1))(x + o(x))\left(-\frac{x^2}{2} + o(x^2)\right) = (1 + o(1))x(1 + o(1))\left(-\frac{x^2}{2}\right)(1 + o(1)) = \\
 &= -\left(\frac{x^3}{2}\right)(1 + o(1)) = -\frac{x^3}{2} + o(x^3)(x \rightarrow 0).
 \end{aligned}$$

Сонымен, $f(x)$ функциясының негізгі бөлігі $-x^3/2$ ге тең. Ол $f(x)$ функциясын нақтырақ жуықтайды. Жасалынған амалдардан соң алғашқы шекті келесі түрде есептейміз:

$$P = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{-x^3/2 + o(x^3)}{x^3} = \lim_{x \rightarrow 0} \left(-\frac{1}{2} + o(1) \right) = -\frac{1}{2}$$

ҚОРЫТЫНДЫ

Сонымен, студенттердің жобалау-зерттеушілік іс-әрекеттері барысында: рефлексивтік, ізденушілік, коммуникативтік, көрнекілік, танымдылық (оқулықпен, ғылыми әдебиетпен жұмыс, кесте құру, өз ойын жеткізу, өзін-өзі қадағалау және бағалау), арнайы (материалдарды меңгеру), зерттеушілік (мақсатты тұжырымдау, бағдарлама және зерттеу жоспарын құру, құбылысты сипаттау, болжамды тұжырымдау, берілгендерді интегралдау, заңдылақтарды сипаттау үшін математикалық аппаратты қолдау, тұжырым жасау) және т.б. күзінеттіліктері қалыптасады. Жобалау-зерттеушілік іс-әрекеттердің негізгі нәтижесі - студенттің зерттеу жұмысында көрсететін белгілі бір пәндік салада жаңа білімі мен білігіне сүйенетін интеллектуалды жаңа өнім.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Александрова, Е. С.** Педагогическое проектирование как средство ценностного согласования во взаимодействии субъектов образовательного процесса : Дисс. ... канд. пед. наук. – СПб., 2000. – 219 с.

2 **Алексеев, Н. Т.** Проектное сознание: Руководство по программированию и проектированию в образовании для систем стратегического управления. – М. : Институт учебника Paideia, 1997. – С. 38.

3 **Булан, И. Г.** Опыт организации проектно-исследовательской деятельности студентов при изучении математики в условиях дистанционного обучения // Молодой ученый 2015. – № 4. – С. 549-552.

4 **Долгодворова, Т. И.** Проектно-исследовательская деятельность учителя как средство самореализации в педагогической карьере: Дисс. канд. ... пед. наук. – Омск, 2000. – 150 с.

5 **Сотник, В. Г.** Формирование исследовательской компетентности студентов в процессе организации самостоятельной проектно-исследовательской деятельности: Автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – СПб., 2006. – 18 с.

6 **Бугров А. С., Никольский С. М.** Дифференциальное и интегральное исчисление. – М. : Наука, 1980. – 432 с.

7 **Рождественский Б. Л.** Лекции по математическому анализу. – М. : Наука, 1972. – 504 с.

Материал 15.09.16 баспаға түсті.

Б. Т. Калимбетов, И. М. Омарова

Проектно-исследовательская деятельность студентов при изучение математического анализа

Международный казахско-турецкий университет имени Х. А. Ясави, г. Туркестан.

Материал поступил в редакцию 15.09.16.

B. Kalimbetov, I. Omarova

Project and research activities of students at studying of mathematical analysis

A. Yesevi International Kazakh-Turkish University, Turkestan.

Material received on 15.09.16.

В статье рассматриваются вопросы планирования и осуществление проектно-исследовательской деятельности студентов, позволяющие повысить самообразование и исследовательские способности.

The article deals with the planning and implementation of the project and research activity of the students, allowing to increase the self-education and research abilities.

УДК 004

Д. С. Найманова¹, Б. Р. Кажмуратова²

¹к.п.н., ²магистр информатики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

e-mail: ¹dina_m_c@mail.ru, ²kaj_bayan@mail.ru

О ВОПРОСЕ ОПИСАНИЯ ИНТЕРФЕЙСА И СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ ПО ИНФОРМАТИКЕ

Статья посвящена вопросу описания интерфейса, содержания и структуры электронной энциклопедии по информатике. Теоретической значимостью является разработка многофункционального электронного учебного пособия, удовлетворяющего основным дидактическим и педагогическим требованиям.

Ключевые слова: учебное электронное издание, электронная энциклопедия, информатика, учебно-методическое обеспечение учебного процесса, программа.

ВВЕДЕНИЕ

Активное применение компьютерных технологий в процессе обучения привело к возникновению разнообразных электронных форм учебно-методического обеспечения учебного процесса. Среди учебных электронных изданий перспективным является электронная энциклопедия. Электронная энциклопедия по информатике – это учебное издание, содержащее систематическое изложение учебной дисциплины ее раздела, части, соответствующее государственному стандарту и учебной программе.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Электронная энциклопедия информатика создана с целью внедрения новых информационных технологий в учебный процесс, существенно расширяющих возможности преподавателя и обучающегося. Материалы энциклопедии могут быть использованы в процессе преподавания курса информатики в университете. В электронном учебном издании содержатся термины и определения предметной области информатика, в виде текста, звука, видеоизображения, графического изображения и анимации. Возможен переход по ссылкам. Электронную энциклопедию состоящую из 9 разделов и 214 подразделов можно дополнять новыми материалами из курса

информатики. Для разработки электронной энциклопедии использовалась программа Adobe Flash CS6 и Borland Delphi 7. Для работы с программным продуктом используется простой, интуитивно понятный интерфейс. Последовательность работы с объектами формы определяется доступностью командных кнопок.

При запуске файла на экране появляется окно загрузки программы. После загрузки окна заставки открывается следующая форма (рисунок 1), в этой форме находится анимационный титульный лист.



Рисунок 1 – Титульный лист

Для создания титульного окна, в Delphi 7 использован компонент ShockwaveFlash помещенный на форму, который дает возможность загружать файлы с расширением .swf созданные в программе Adobe Flash CS6. По щелчку кнопки «Далее» на экране появляется основное окно (рисунок 2) с которым работает пользователь.

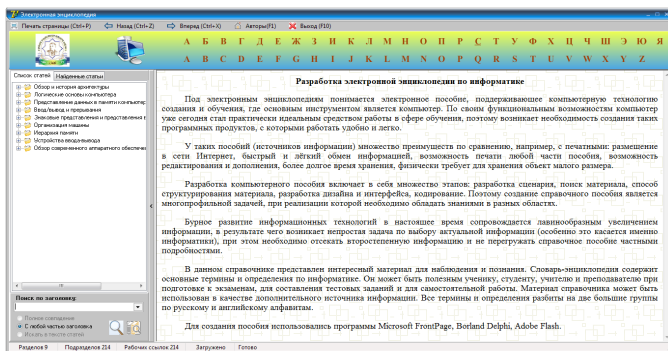


Рисунок 2 – Основное окно

Основное окно программы содержит древовидную структуру, окно для вывода информации, поисковую строку, кнопку поиск, кнопку выход, кнопки вперед и назад.

Основные функции программы:

- выбор и отображение некоторой информации в HTML формате;
- поиск документов с дополнительным построением списка найденных документов;
- печать отображаемой информации.

При создании энциклопедии использовались следующие компоненты:

TreeView служит для показа иерархических данных. Отображение имеет древовидную структуру, в которой можно выбрать необходимый узел или узлы. Информация может быть разнообразной от структуры большого учреждения до структуры простого документа. Каждый узел имеет свои значения и параметры. Данные компонента TreeView содержатся в свойстве компонента Items. На этапе разработки проекта дерево формируется в окне редактора узлов дерева (рисунок 3).

Поиск в широком смысле стремление добиться чего-либо, найти что-либо, действия ищущего, направленные на получение нового или утерянного: новой информации (поиск информации), данных, сведений, знаний, разведку, открытие новых закономерностей.

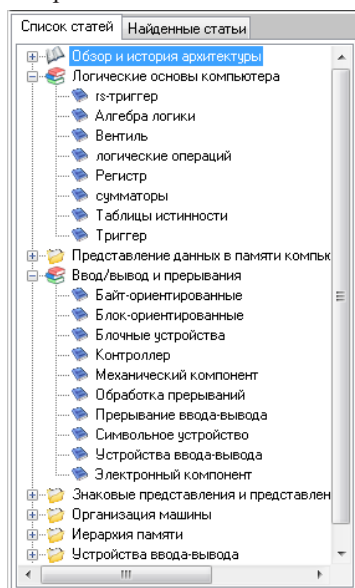


Рисунок 3 – Компонент TreeView

Компонент **ComboBox** помещенный на панели (рисунок 4), который дает пользователю возможность выбрать один элемент из раскрывающегося списка. Компонент ComboBox может быть статическим или редактируемым. Редактируемый компонент ComboBox позволяет вводить текст непосредственно в текстовое поле в начале списка. Если список, открываясь, достигает конца документа, то он открывается не вниз, а вверх. Компонент ComboBox состоит из трех подкомпонентов: BaseButton, TextInput и List.

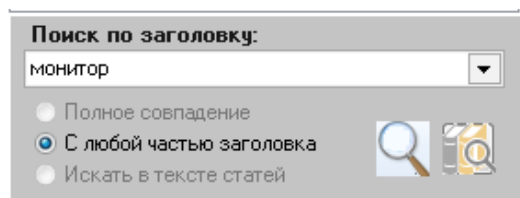


Рисунок 4 – Компонент ComboBox

В редактируемом компоненте ComboBox областью щелчка является только кнопка, а текстовое поле – нет. В статическом ComboBox область щелчка состоит из кнопки и текстового поля. Эта область реагирует на щелчок, открывая или закрывая раскрывающийся список.

Когда пользователь выбирает элемент в списке с помощью мыши или клавиатуры, метка выделения копируется в текстовое поле в начале ComboBox (рисунок 5).

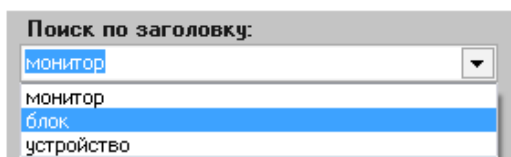


Рисунок 5 – Выбор из списка компонента ComboBox

Поиск по дереву. Дополнительной возможностью данной формы является поиск:

- поиск в самом дереве. При вводе какого-то значения, он вам указывает на узел, который совпадает с введенными критериями;
- поиск по всему дереву, с построением списка. При вводе какого-то значения, приложение пробегает по всем допустимым узлам списка приложения, и при совпадении каких-либо значений, добавляет в новый «отсортированный» список.

После ввода название устройств в компонент ComboBox надо нажать кнопку «Искать везде». Тогда в компоненте **ListView** отображается список найденных названий по базе электронной энциклопедий (рисунок 6).

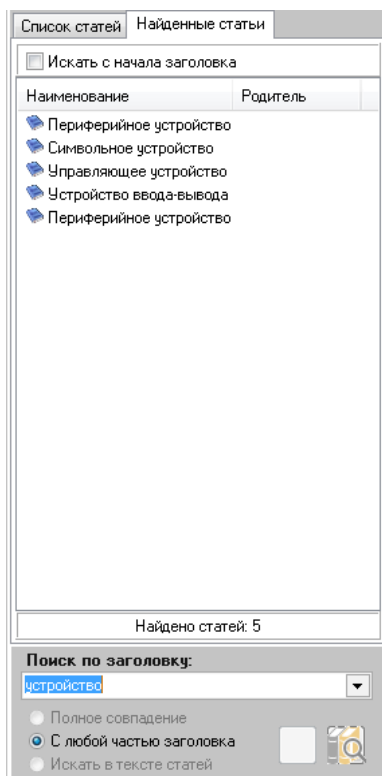


Рисунок 6 – Найденные темы в компоненте ListView

Существует довольно удобный способ прокрутки списков: если пользователь водит курсором мыши по элементам списка с нажатой левой кнопкой, то выделяется тот элемент, над которым находится курсор. А если курсор оказывается выше или ниже списка, то начинается прокрутка.

При щелчке мыши по темам имеющихся в содержании в левой части окна подпунктов иерархического дерева, то в правой её части будет отображаться информация, соответствующая выбранной теме, которая выводится на компонент WebBrowser.

Электронное учебное издание адресовано студентам университета, изучающих дисциплину информатика:

– содержит систематизированный материал и обеспечивает активное овладение студентами знаний в этой области.

– это электронное издание является дополнительным средством обучения в процессе обучения. Поскольку электронное издание воспринимается с экрана, то оно имеет свои особенности:

– для лучшего понимания, усвоения и запоминания материала используются технические возможности: анимацию, звук, цвет, иллюстрации. Включение специальных фрагментов помогут смоделировать сложные физические и технические процессы;

– выделены ключевые слова, термины, имена, щелкая по ним кнопкой мыши, вызываются гиперссылки с объяснениями значений этих слов или комментарием на экран компьютера.

ВЫВОДЫ

При создании электронного издания учитывалась совокупность приемов, методов, способов продуцирования графической и аудиовизуальной информации с учетом воспроизведения электронных изданий с локального носителя, локальной сети или из образовательных сайтов Internet. Представлено минимум текстовой информации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Грекул, В. И.** «Проектирование ИС. Курс лекций». – М., 2005. – С. 303.
- 2 [Электронный ресурс] <http://ru.wikipedia.org> – свободная энциклопедия интернет.
- 3 [Электронный ресурс] <http://ru.delphi-prg> – сайт о том как создавать приложения под Windows.
- 4 **Баженова, И. Ю.** «Delphi 7 Самоучитель программиста» – М. : «КУДИЦ-ОБРАЗ», 2003. – С. 448.
- 5 **Глушаков, С. В., Клевцов А. Л.** «Программирование в среде Delphi 7.0». – Харьков «ФОЛИО», 2003. – С. 528.
- 6 **Рубенкинг, Нил Дж.** Язык программирования Delphi для «чайников». Введение в Borland Delphi 2006 – Delphi for Dummies. – М. : Диалектика, 2007. – С. 336.

Материал поступил в редакцию 15.09.16.

Д. С. Найманова, Б. Р. Қажмуратова

Интерфейс және электрондық энциклопедиясы информатика құрылысында мәселері туралы

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 15.09.16 баспаға түсті.

D. Naimanova, B. Kazhmuratova

On the question of the interface description and the electronic encyclopedia structure in informatics

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 15.09.16.

Мақала интерфейс сипаттамасы, электронды энциклопедиялар информатика мазмұны мен құрылымы арналған. Теориялық маңыздылығы дидактикалық және педагогикалық негізгі талаптарына сәйкес келеді, көп функционалды электрондық оқулықтың дамыту болып табылады

The article is devoted to the description of the interface, the content and structure of electronic encyclopedias of Informatics. The theoretical importance is development of the multipurpose electronic manual, meeting the main didactic and pedagogical requirements.

С. М. Сеитова¹, А. Ж. Абдыкаримова²

¹д.п.н., профессор, ²магистр математики

Жетысуский государственного университета имени И. Жансугурова,
г. Талдыкорган

e-mail: ¹m.seitova@mail.ru, ²aizhan83.kz@mail.ru

**ТЕХНОЛОГИЯ НЕЙРОЛИНГВИСТИЧЕСКОГО
ПРОГРАММИРОВАНИЯ (НЛП) В ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ
«ПРАКТИКУМ ПО РЕШЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ»**

В работе исследованы критерии разработки самостоятельных работ по технологии нейролингвистическое программирование, проанализированы преимущества и эффективность данной технологии, которые позволяют осуществить индивидуальный подход к студенту в процессе организации самостоятельных работ.

Ключевые слова: нейролингвистическое программирование, ведущая репрезентативная система, аудиал, визуал, кинестетик, дигитал.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время новая система образования характеризуется глобальными изменениями в педагогической теории и практике учебно-воспитательного процесса. Все большую значимость приобретает работа со студентами, которая направлена на пробуждение у студентов интереса к изучению предмета и развитие творческих способностей будущих специалистов, опираясь при этом на эффективное самостоятельное обучение.

Основная задача обучения в вузе – «научить учиться». «Умение учиться» наиболее полно развивается у студентов во время их самостоятельной работы только посредством самообразования, самоорганизации, самоуправления, самоконтроля, самоанализа и самооценки. Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном

непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов [1].

Технология нейролингвистическое программирование(НЛП) предлагает качественно новый (по сравнению с традиционными методами) подход к студентам. В основе этого подхода лежит идея о том, что каждый человек воспринимает информацию, используя преимущественно один из пяти органов чувств. Затем, «...в нашем мозге сенсорная (полученная органами чувств) информация трансформируется в некоторую репрезентацию (представление) или модель. Эти индивидуальные модели называются репрезентативными системами. В первую очередь мир воспринимается зрительно (визуальная система восприятия), на слух (аудиальная система восприятия) и в ощущениях(кинестетическая система). Система же, которая используется чаще, чем другие, называется предпочитаемой репрезентативной системой человека, а её выбор происходит как на сознательном, так и на бессознательном уровнях....». Из этого следует, что всех студентов можно условно разделить на «визуалов», «аудиалов», «дигиталов» и «кинестетиков», и в соответствии с этим строить занятия, ориентируясь на то, как тот или иной человек лучше воспринимает информацию [2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Организация самостоятельных работ по технологии нейролингвистического программирования по математическим дисциплинам в ВУЗе является эффективной, т.к. НЛП является единственным средством совмещающим работу психолога и педагога и помогающим корректировать трудности в обучении у студентов разных возрастных групп.

Основная задача организации самостоятельной работы студентов (СРС) по технологии НЛП заключается в создании психолого-дидактических условий развития интеллектуальной инициативы и мышления на занятиях любой формы. Основным принципом организации СРС должен стать перевод всех студентов на индивидуальную работу с учетом доминирующего канала восприятия, от формального выполнения определенных заданий при пассивной роли студента к познавательной активности с формированием собственного мнения при решении поставленных проблемных вопросов и задач. Цель СРС – научить студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою квалификацию.

Решающая роль в организации СРС по технологии нейролингвистическое программирование отводится преподавателю, который должен работать

с конкретной личностью, с ее сильными и слабыми сторонами, индивидуальными способностями восприятия окружающего мира. Задача преподавателя - увидеть и развить лучшие качества студента как будущего специалиста высокой квалификации.

Методика организации самостоятельной работы студентов по технологии НЛП зависит от структуры, характера и особенностей изучаемой дисциплины, объема часов на ее изучение, вида заданий для самостоятельной работы студентов, индивидуальных качеств студентов и условий учебной деятельности.

Учебная дисциплина «Практикум по решению математических задач» (ПРМЗ) направлена на подготовку студентов к их будущей профессиональной деятельности – преподаванию математики в школах различного профиля. На занятиях по курсу «Практикум по решению математических задач» отрабатываются навыки решения математических задач.

Самостоятельная работа является важным элементом в эффективном усвоении материала. А по данной дисциплине – в особенности, так как в рамках курса предусмотрено рассмотрение достаточно большого числа математических задач. Для этого студенту необходимо изучать учебники, задачки, а также различные справочники для абитуриентов.

В качестве самостоятельной работы по технологии НЛП по данной дисциплине предполагается: самостоятельное решение задач из школьного курса математики (чаще всего задач повышенной сложности); анализ периодической печати; практическая деятельность по созданию тестов с учетом предъявляемых к ним требований. Результаты этой работы раскрываются на практических и индивидуальных занятиях, что способствует расширению и углублению знаний, выяснению деталей и нюансов изучаемых вопросов и формированию устойчивых профессиональных навыков у студентов.

Одним из условий успешной организации самостоятельной работы студентов с применением технологии НЛП является предварительное диагностическое исследование типов восприятия информации (аудиал, визуал, кинестетик, дигитал) студентов.

Результаты диагностического тестирования студентов физико-математического факультета позволяют спрогнозировать успешность учебной деятельности студентов, выявить какой вид репрезентативной функции является доминирующим.

Остановимся на каждом типе репрезентативной системы студентов и опишем типы заданий для самостоятельных работ, которые можно предложить при изучении дисциплины «Практикум по решению математических задач».

Аудиалы – люди, воспринимающие мир преимущественно посредством звуков. Они обращают внимание не столько на то, что вы говорите, сколько на то, как вы говорите: на высоту голоса, тембр, темп, интонацию.

Визуалы когда думают, в своем сознании рисуют картинки, у них великолепная зрительная память.

У дигиталов восприятие информации происходит в основном через логическое осмысление, с помощью цифр, знаков, логических доводов.

Кинестетики – люди, воспринимающие большую часть информации через другие ощущения (обоняние, осязание и др.) и с помощью движений.[3]

Визуалам можно предложить задания для самостоятельных работ в виде ярко, красочно оформленных карточек:

Самостоятельная работа 1.

Решить тригонометрические уравнения

1. Метод замены переменной

$$2 \cos^2 \frac{x}{4} + 5 \sin \frac{x}{4} - 4 = 0.$$

2. Условия равенства тригонометрических функций

$$\sin \left(6t - \frac{\pi}{3} \right) = \sin \left(2t + \frac{\pi}{4} \right).$$

3. Разложение на множители

$$\sin 2x + \operatorname{tg} x = 2.$$

Аудиалам же необходимо прочитывать задание вслух преподавателю:

Самостоятельная работа 2.

Решить тригонометрические уравнения

1. Метод замены переменной

$$\sin^4 x + 2 \sin^2 x \cos^2 x + \cos^4 x - 2 \sin^2 x \cos^2 x = \sin 2x + 0,5.$$

2. Условия равенства тригонометрических функций

$$\cos(x^2) = \cos(4x - 3).$$

3. Разложение на множители

$$\cos 2x - \cos 8x + \cos 6x = 1.$$

Кинестетику можно предложить задания самостоятельных работ, направленные нахождение нескольких способов решения, исследование, задания с четкими инструкциями по их выполнению:

Самостоятельная работа 3.

Решить тригонометрические уравнения

1. Метод замены переменной

$$2 \sin^3 x = \cos x.$$

2. Условия равенства тригонометрических функций

$$2 \sin^2 x + \sin(x^2) = 1.$$

3. Разложение на множители

$$\cos^2 x + \sin x \cdot \cos x = 1.$$

Дискретам или дигиталам предложить задания повышенной сложности и нестандартные методы решений задач, т.к. восприятие информации происходит через логическое осмысление, с помощью цифр, знаков, логических доводов:

Самостоятельная работа 4.

Решить тригонометрические уравнения

1. Метод замены переменной

$$\sin 2x - \sin x - \cos x = 1 + \sqrt{2}.$$

2. Условия равенства тригонометрических функций

$$\sin(\pi \cos x) = \cos(\pi \sin x).$$

3. Разложение на множители (двумя способами)

$$\sin x + \cos x = 1.$$

Задания для дискретов или дигиталов, отличаются тем, что требуют дополнительной проверки решения [4].

Исследования результатов самостоятельных работ по технологии нейролингвистическое программирование показаны в таблице 1. В диагностическом исследовании принимали участие две группы, первая выполняла самостоятельные работы по технологии нейролингвистическое программирование, а другая стандартным образом. У студентов первой группы наблюдаются более высокие средние баллы по всем проведенным самостоятельным работам.

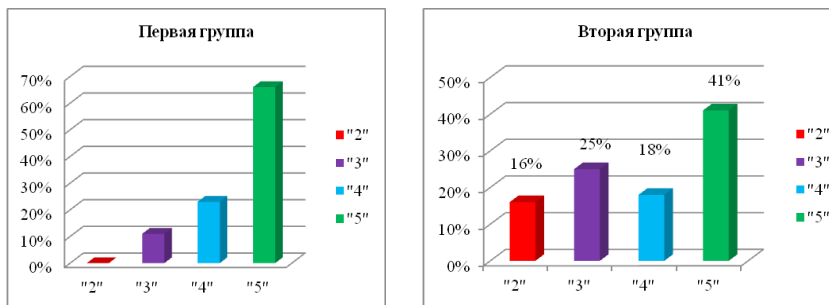


Рисунок 1 – Распределение оценок по самостоятельным работам по курсу «Практикум по решению математических задач»

Нетрудно заметить, что студенты первой группы освоили объем самостоятельных работ в полной мере, а 16 % студентов второй группы получили неудовлетворительные баллы по самостоятельной работе. При

этом больше половины студентов первой группы получили «отличные» оценки, а во второй группе таких студентов оказалось лишь 41 %.

ВЫВОДЫ

Таким образом, используя хотя бы некоторые техники и подходы нейролингвистического программирования в организации самостоятельных работ можно добиться того, чтобы СРС и СРСП стали интересны всем студентам, а не только визуалам, аудиалам, дигиталам или кинестетикам, следовательно, повысится уровень усваивания материала и общая успеваемость.

Исследование способов восприятия и обработки информации студентами позволяет осуществить индивидуальный подход к студенту в процессе организации самостоятельных работ таким образом, чтобы добиться максимальной эффективности восприятия учебного материала. Аналогичный подход может быть использован и в других, в том числе нематематических, дисциплинах.

Если серьезно отнестись к вопросу внедрения НЛП в образование, это станет одной из лучших и эффективных инноваций, созданных за последнее время. Ведь применение подобных техник не только повысит уровень знаний учащихся, но и в целом повысит интеллектуальный уровень государства и нации [5, 6].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Жук, О. Л. и др.** Педагогические основы самостоятельной работы студентов. – Минск, 2005.

2 **Шевелькова, В. В.** Оценка применения методов нейролингвистического программирования (НЛП) в образовании // Журнал Современные наукоемкие. – 2005. – № 1. – С. 77-79 с.

3 **Сеитова, С. М., Кожашева Г. О., Гетало Е. Н., Абдыкаримова, А. Ж.,** Результаты диагностического исследования по технологии нейролингвистическое программирование // Журнал Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 5-6. – 2015.

4 **Вересова, Е. Е., Денисова, Н. С., Полякова, Т. Н.** Практикум по решению математических задач. – М. : Просвещение, 1979.

5 **Абдыкаримова, А. Ж., Сеитова, С. М.** Эффективность организации самостоятельных работ по курсу математического анализа с использованием нейролингвистического программирования // «Путь науки» международный научный журнал – №1(11). – 2015.

6 Сеитова, С. М., Абдыкаримова, А. Ж. Эффективность применения технологии НЛП при обучении математике // Материалы международной научно-практической интернет-конференции «Современные актуальные проблемы естественных наук» – «(Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова). – 2014.

Материал поступил в редакцию 15.09.16.

С. М. Сеитова, А. Ж. Абдыкаримова

Нейролингвистикалық бағдарламау технологияның «Математикалық есептерді шешу практикумы» бойынша өздік жұмыстарды ұйымдастыру

I. Жансүгіров атындағы Жетісу мемлекеттік университеті,
Талдықорған қ.

Материал 15.09.16 баспаға түсті.

S. M. Seitova, A. Zh. Abdykarimova

The technology of neurolinguistic programming in the organisation of independent work on the course «Workshop on solving mathematical problems»

I. Zhansugurov Zhetysu State University, Taldykorgan.

Material received on 15.09.16.

«Математикалық есептерді шығару бойынша жаттықтыру сабағы» курсы бойынша өздік жұмыстарын ұйымдастыру» жұмысында нейролингвистикалық бағдарламалау технологиясы бойынша өздік жұмыстарын дайындау өлшемдері зерттелген, осы технологияның артықшылығы мен тиімділігі талдалған.

There are analysed the criteria for the development of independent work on neuro-linguistic programming techniques, the benefits and effectiveness of this technology, which allow to carry out an individual approach to the student in the process of organising independent work.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА

«**ВЕСТНИК ПГУ. Серия физико-математическая**»

Редакционная коллегия просит авторов при подготовке статей для опубликования в журнале руководствоваться следующими правилами.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала, должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Статьи должны быть поданы для опубликования в строгом соответствии со следующими правилами:

1. ПО СТРУКТУРЕ САМОЙ СТАТЬИ:

В журнал принимаются статьи набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с межстрочным интервалом 1,5, с полями 30 мм со всех сторон листа, электронный носитель со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для WINDOWS».

Статья должна содержать:

УДК по таблицам универсальной десятичной классификации (шрифт 14 кегль, не жирными заглавными буквами)

Сведения об авторах статьи должны содержать И. О. Фамилия на следующей строке ученую степень, ученое звание, место работы (учебы), город (страна для зарубежных авторов)

на следующей строке e-mail:

(ФИО прописными буквами жирным шрифтом, абзац 1 см по левому краю, шрифт 14 кегль; остальное не жирным шрифтом)

Заголовок статьи должен отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В заголовок статьи необходимо вложить информативность, привлекательность и уникальность научного творчества автора (не более 12 слов, заглавными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см по центру, шрифт 14 кегль, на трех языках: русский, казахский, английский)

Аннотация – краткая характеристика назначения, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна отражать основные и ценные, по мнению автора, этапы, объекты, их признаки и выводы проведенного исследования. (рекомендуемый объем аннотации – 30-60 слов, прописными буквами, нежирным шрифтом 12 кегль, абзацный отступ слева и справа 1 см, на трех языках: русский, казахский, английский)

Ключевые слова – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования. (Рекомендуемое количество ключевых слов – 5-7, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3, оформляется как аннотация, на одном языке – языке статьи).

Основной текст статьи излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

слово ВВЕДЕНИЕ / КІРІСПЕ / INTRODUCTION (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре)

Необходимо отразить результаты предшествующих работ ученых, что им удалось, что требует дальнейшего изучения, какие есть альтернативы (если нет предшествующих работ – указать приоритеты или смежные исследования). Освещение библиографии позволит отгородиться от признаков заимствования и присвоения чужих трудов. Любое научное изыскание опирается на предыдущие (смежные) открытия ученых, поэтому обязательно ссылаться на источники, из которых берется информация. Также можно описать методы исследования, процедуры, оборудование, параметры измерения, и т.д. (нежирными прописными буквами, шрифт 14 кегль, не более 1 страницы)

– слова ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ / НЕГІЗГІ БӨЛІМ / MAIN PART (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре)

Это отражение процесса исследования или последовательность рассуждений, в результате которых получены теоретические выводы. В научно-практической статье описываются стадии и этапы экспериментов или опытов, промежуточные результаты и обоснование общего вывода в виде математического, физического или статистического объяснения.

При необходимости можно изложить данные об опытах с отрицательным результатом. Затраченные усилия исключают проведение аналогичных испытаний в дальнейшем и сокращают путь для следующих ученых. Следует описать все виды и количество отрицательных результатов, условия их получения и методы его устранения при необходимости.

Проводимые исследования предоставляются в наглядной форме, не только экспериментальные, но и теоретические. Это могут быть таблицы,

схемы, графические модели, графики, диаграммы и т.п. Формулы, уравнения, рисунки, фотографии и таблицы должны иметь подписи или заголовки. *(нежирными прописными буквами, шрифт 14 кегль, не более 3-8 страниц, формулы следует набирать в Microsoft Equation Editor; иллюстрации, перечень рисунков представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.)*

– слово **ВЫВОДЫ / ҚОРЫТЫНДЫ / CONCLUSION** *(нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре)*

Собираются тезисы основных достижений проведенного исследования. Они могут быть представлены как в письменной форме, так и в виде таблиц, графиков, чисел и статистических показателей, характеризующих основные выявленные закономерности. Выводы должны быть представлены без интерпретации авторами, что дает другим ученым возможность оценить качество самих данных и позволит дать свою интерпретацию результатов *(нежирными прописными буквами, шрифт 14 кегль, не более 1 страницы).*

– слова **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ / REFERENCES** *(Нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре, не более 5-20 ссылок: книг, статей, интернет-сайтов используемых в статье. Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье, затем дополнительные источники, на которых нет ссылок – т.е. источники, которые не имели место в статье, но рекомендованы вами для кругозора читателям, как смежные работы, проводимые параллельно.)*

2. ПО СЕКЦИЯМ:

СЕКЦИЯ «МАТЕМАТИКА» – принимаются статьи теоретического и прикладного характера узкой направленности. К ним, например, относятся статьи следующего характера: доказательства полученных новых утверждений или новые способы доказательств известных утверждений, обобщение результатов, их сравнение и анализ; получение новых решений известных задач математики или формулировка (постановка) новых задач и способов их решения; приложение известных теоретических и практических математических исследований в смежных отраслях как физика, информатика, биология, химия и т.д.

СЕКЦИЯ «ФИЗИКА» – принимаются статьи теоретического и прикладного характера. К ним, например, относятся статьи следующего характера: построение математической и компьютерной модели физических процессов, новых методов решения; обобщение известных результатов, их

сравнение и анализ; физическое описание или сравнение явлений природы, встречающихся в астрономии, биологии, химии, инженерии и т.д.

СЕКЦИЯ «ИНФОРМАТИКА». К ним, например, относятся статьи следующего характера: компьютерная реализация математических задач, физических, экономических, химических, биологических и т.п. процессов; составление программных продуктов для реализации социальных, экологических, демографических и других прсектов.

СЕКЦИЯ «НАУЧНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОТРАСЛЯМ» (не путать с методикой преподавания). К ним относятся статьи следующего характера: отслеживание, анализ, сравнение теоретических и прикладных исследований в области ма-тематики, физики, информатики; обзор и разработка программных средств, форм организации обучения для развития и стимулирования научной деятельности в образовательных учреждениях и т.п.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Все статьи должны сопровождаться двумя рецензиями доктора или кандидата наук.

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. При необходимости статья возвращается автору на доработку. За содержание статьи несет ответственность Автор. Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются. Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления.

Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально).

Статью (бумажная, электронная версии, оригинал квитанции об оплате) следует направлять по адресу: 140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137.

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147), факс: 8 (7182) 67-37-05.

E-mail: kereku@psu.kz

kkk"j YgbL "dg " _n

..... Оплата за публикацию в научном журнале составляет 5000 (Пять
..... тысяч) тенге.

Наши реквизиты:

РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654	РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654
АО «Цеснабанк» ИИК KZ57998FTB00 00003310 БИК TSESKZK A Кбе 16 Код 16 КНП 861	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861

ОБРАЗЦЫ ОФОРМЛЕНИЯ БИБЛИОГРАФИИ

ОПИСАНИЕ КНИГ

К-во авторов	Примеры
1	1 Эльсгольц, Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационные исчисления: [учебник]. – М. : Наука, 1965. – 424 с. 2 Фихтенгольц, Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления: [учебник]. В 3-х томах. Т. 1. – 7-е изд. стер. – М. : Наука, 1970. – 607 с.
2 и более	1 Луговая, Г. Д. Функциональный анализ. Специальные курсы: [учебное пособие] / Г. Д. Луговая, А. Н. Шерстнев. – М. : ЛКИ, 2008. – 255 с. 2 Канторович, Л. В. Функциональный анализ: [учебник] / Л. В. Канторович, Г. П. Акилов. – 2-е изд., перераб. – М. : Наука, 1977. – 741 с. 3 Виленкин, Н. Я. Дифференциальные уравнения: [учебное пособие] / Н. Я. Виленкин, М. А. Доброхотова, А. Н. Сафонов. – М. : Просвещение, 1984. – 176 с.

ОПИСАНИЕ СТАТЬИ ИЗ НАУЧНОГО ЖУРНАЛА

К-во авторов	Примеры
1	1 Рахимжанова, А. К. О политике безопасности компьютерных сетей в корпоративных инфраструктурах // Вестник ПГУ. Серия физико-математическая. – 2013. – №2. – С. 98-103.
2 и более	1 Зацепин, П. М. Комплексная безопасность потребителей экс-плуатационных характеристик строений / П. М. Зацепин, Н. Н. Теодорович, А. И. Мохов // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 3. – С. 42.

ОПИСАНИЕ СТАТЬИ ИЗ
СБОРНИКА НАУЧНЫХ ТРУДОВ КОНФЕРЕНЦИЙ

К-во авторов	Примеры
1	1 Тургумбаев, М. Ж. О коэффициентах двойных рядов Фурье по мультипликативным системам // Материалы III Республиканской научной конференции по теории приближения и вложения функциональных пространств. – Караганда, 1998. – С. 140-144.
2 и более	1 Данилова, Н. Е. Моделирование процессов в следящем приводе с исполнительным двигателем постоянного тока при независимом возбуждении / Н. Е. Данилова, С. Н. Ниссенбаум // Инновации в образовательном процессе: сб. тр. науч.-практич. конф. – Чебоксары: ЧПИ (ф) МГОУ, 2013. – Вып. 11. – С. 158-160.

ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАГЫРОВА
(«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,
«КРАЕВЕДЕНИЕ»)

Редакционная коллегия журналов «Вестник ПГУ», «Наука и техника Казахстана» и «Краеведение» в своей работе придерживается международных стандартов по этике научных публикаций и учитывает информационные сайты авторитетных международных журналов.

Редакционная коллегия журнала, а также лица, участвующие в издательском процессе в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, во избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (использование недостоверных сведений, изготовление данных, плагиат и др.), обеспечения общественного признания научных достижений обязаны соблюдать этические нормы и стандарты, принятые международным сообществом и предпринимать все разумные меры для предотвращения таких нарушений.

Редакционная коллегия ни в коем случае не поощряет неправомерное поведение (плагиат, манипуляция, фальсификация) и приложить все силы для предотвращения наступления подобных случаев. В случае, если редакционной коллегии станет известно о любых неправомерных действиях в отношении опубликованной статьи в журнале или в случае отрицательного результата экспертизы редколлегий статья отклоняется от публикации.

Теруге 15.09.16 ж. жіберілді. Басуға 18.09.2016 ж. кол қойылды.
Пішімі 70x100 $\frac{1}{16}$. Кітап-журнал қағазы.
Шартты баспа табағы 5,06. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген М. А. Шрейдер
Корректорлар: А. Р. Омарова, Б. Б. Ракишева
Тапсырыс № 2955

Сдано в набор 15.09.2016 г. Подписано в печать 18.09.2016 г.
Формат 70x100 $\frac{1}{16}$. Бумага книжно-журнальная.
Усл.печ.л. 5,06. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка М. А. Шрейдер
Корректоры: А. Р. Омарова, Б. Б. Ракишева
Заказ № 2955

«Кереку» баспасынан басылып шығарылған
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«КЕРЕКУ» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
e-mail: kereku@psu.kz
www.vestnik.psu.kz