

МИР СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ®

№ 3(31) 2015 г.

Научный журнал

ISSN 2218–6832

МИР СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

ISSN 2218–6832

Издательство «Перо»

109052, Нижегородская ул., д. 29-33,
стр. 27, комн.105
(495) 973-72-28, 665-34-36
(с 9 до 17 ч, без обеда)
E-mail: pero-print@yandex.ru
www.pero-print.ru

Учредитель

ООО «Издательство «Перо»

Генеральный директор **Лукашук Х.С.**
Исполнительный директор **Сальников А.В.**
Компьютерный набор и верстка **Юхнов Д.А.**

Ответственность за содержание статей несут авторы статей. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Издание зарегистрировано
Федеральной службой по надзору в сфере
связи, информационных технологий и
массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-39610 от 29 апреля 2010 г.
Индекс по каталогу агентства
«Роспечать» - 11300

Подписано в печать 23.06.2015

Заказ № 369

Формат 60 x 90/8

Объем 6,75 печ. л.

Тираж 1000 экз.

Состав редакционного совета научного журнала:

Председатель редакционного совета:

Середа Владимир Васильевич – доктор технических наук, профессор. Начальник ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России».

Заместитель председателя редакционного совета:

Магсумов Тимур Альбертович – канд. ист. наук, профессор РАЕ, академик Международной академии социальных технологий, представитель Татарстанского регионального отделения Союза краеведов России в г. Набережные Челны, член Российского союза молодых учёных, доцент кафедры истории и социально-гуманитарных дисциплин, член научно-методического совета ФГБОУ ВПО "Набережночелнинский институт социально-педагогических технологий и ресурсов".

Члены редакционного совета:

Медведева Елена Алексеевна – доктор психологических наук, профессор, действительный член профессиональной психотерапевтической лиги, профессор кафедры психолого-педагогических основ специального образования Института специального образования и комплексной реабилитации МГПУ.

Гришин Николай Николаевич – доктор технических наук, профессор Главный научный сотрудник ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России».

Арский Александр Александрович – кандидат экономических наук. Доцент кафедры «Маркетинг и логистика» Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации».

Жильцова Ольга Николаевна – кандидат экономических наук. Доцент кафедры «Маркетинг и логистика» Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации».

3/2015

Корнилова Ирина Валерьевна – кандидат исторических наук, профессор РАЕ, доцент кафедры исторических, правовых и экономических дисциплин (Казанский (Приволжский) федеральный университет (филиал в г. Елабуга)).

Тарасова Фануза Харисовна – доктор филологических наук, доцент, и. о. ректора Института развития образования (г. Казань).

Титова Светлана Владимировна – кандидат педагогических наук, декан факультета менеджмента, доцент кафедры менеджмента (Набережночелнинский филиал Института экономики, управления и права (г. Казань)).

Гайфутдинов Азат Минабутдинович – кандидат педагогических наук, доцент, декан естественно-географического факультета, зав. кафедрой географии и методики преподавания (Набережночелнинский институт социально-педагогических технологий и ресурсов).

Чиркова Светлана Владимировна – кандидат философских наук, проректор по воспитательной работе, доцент кафедры истории и социально-экономических дисциплин (Набережночелнинский институт социально-педагогических технологий и ресурсов).

Зубанова Светлана Геннадиевна – профессор кафедры социальной работы и социального права Филиала РГСУ в г. Люберцы. Доктор исторических наук, Профессор.

Кузнецова Наталья Викторовна – доцент кафедры социальной работы и социального права Филиала РГСУ в г. Люберцы, кандидат философских наук.

Ресянский Сергей Иванович – доктор исторических наук, профессор, академик РАЕН, Профессор РУДН.

Лаза Валентина Дмитриевна – доктор философских наук, профессор ПГЛУ (Пятигорского государственного лингвистического университета).

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Издательство "Перо" предлагает Вам опубликовать научные статьи на страницах наших журналов, а также издать научные труды, монографии, учебные пособия.

Публикации научных статей:

В журналах *«Современный гуманитаризм»*, *«Аспекты современной науки»*, *«Мир современной науки»* и *«Вестник технических и естественных наук»* издательство публикует статьи аспирантов, соискателей, докторантов и научных работников по различным наукам. Все журналы имеют международные номера ISSN.

Требования к публикации научных статей: необходимо предоставить статью в электронном виде и в распечатанном либо прислать материалы по электронной почте.

Формат – А4, кегль – 14, интервал – 1.5, поля с каждой стороны листа – по 2 см.

Издание монографий, научных трудов и учебных пособий:

Издательство "Перо" официально издает монографии, брошюры и различного вида книги.

Тиражам присваиваются ISBN номера и выходные данные издательства. По законодательству РФ 16 экземпляров рассылаются по библиотекам.

Издательство также может осуществить изготовление вашего макета: набор текста, верстку и корректуру.

Цена каждого заказа индивидуальна. Рассчитать стоимость издания Вашей книги Вы можете, позвонив в редакцию или прислав запрос по электронной почте.

Требования к оформлению макетов: формат страницы А4, поля со всех сторон 2 см, одинарный интервал, кегль шрифта 16, номера страниц проставляются внизу посередине с 3-й страницы основного текста.

ООО «Издательство "Перо"»

Юридический адрес: 109052, г. Москва, ул. Нижегородская, д. 29-33, стр. 15, этаж 4, комн. 431.

Фактический адрес: 109052, г. Москва, ул. Нижегородская, д. 29-33, стр. 27, комн. 105.

р/счет №40702810200000005615 в АКБ «Легион» (ЗАО),

БИК 044583373, к/счет №30101810200000000373

ИНН/КПП 7722711479/772201001

ОКВЭД – 22.11

ОКОНХ – 19400

ОКПО – 65298453

ОКАТО – 45290578000

Генеральный директор – Лукашук Христина Сергеевна.

Главный бухгалтер – Наймушина Наталья Александровна.

Наш адрес: 109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 27, офис 105
на территории "ВНИИЭТО"

м. Марксистская, далее – троллейбус № 63, 16, 26 автобус № 51 до остановки
"Улица Верхняя Хохловка".

Не забудьте взять с собой паспорт!

Тел: (495) 973-72-28, 8-926-779-28-21

E-mail: pero-print@yandex.ru

пн.-пт. (с 10 до 17) без обеда

сб. (с 10 до 16)

С уважением, редакция

2/2015

СОДЕРЖАНИЕ:

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МАТЕМАТИКА

Андреев А. И.

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ БИОРТОГОНАЛЬНЫХ ВЕКТОРОВ7

Андреев А. И.

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ТЕНЗОРНОГО ПРОИЗВЕДЕНИЯ МАТРИЦ В ТЕОРИИ ГРУПП10

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ

Фильчев Э. Г.

АБИССАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДИОФАНТОВЫХ УРАВНЕНИЙ14

ФИЗИКА

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Тайланов Н. А., Ахмаджанова У. Т., Ахмедов Э. Р., Самадов М.Х., Тухтамишев И.Т.

ТЕРМОМАГНИТНАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ В СВЕРХПРОВОДНИКАХ16

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Лохвицкий В.А., Калининченко С.В., Нечай А.А.

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ В БАЗУ ДАННЫХ ДЛЯ ЕЁ СВОЕВРЕМЕННОЙ АКТУАЛИЗАЦИИ20

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Наумова Е.А., Белов Н.А., Хомутов М.Г., Никитин Б.К., Громов А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ AL-CA-MG-ZN.....24

Наумова Е.А., Васина М.А., Малиновская О.С.

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПАКТНЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ ШТАМПОВКИ С КРУЧЕНИЕМ33

ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ И АРХЕОЛОГИЯ

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ИСТОРИЯ

Амочаев П.А.

КАНЦЕЛЯРСКИЕ СЛУЖАЩИЕ РУССКОЙ АРТИЛЛЕРИИ В 1720-Е ГОДЫ.....42

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

Арский А. А.

*ИНФОРМАЦИОННАЯ ЛОГИСТИКА ВО ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....49*

АННОТАЦИИ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ.....52

SUMMARY.....54

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МАТЕМАТИКА

Андреев А. И.,
кандидат физико-математических наук,
e-mail: andranatoliy@yandex.ru

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ БИОРТОГОНАЛЬНЫХ ВЕКТОРОВ

Решение прикладных задач часто приводит к определению систем векторов, взаимно ортогональных между собой.

Целью предлагаемой работы является изложение фундаментальной теории биортогональных векторов.

Определение. Система векторов $t_k(n)$, $s_m(n)$ называется биортогональной, если выполняется:

$t_k(n) \cdot s_m(n) = t_k \cdot s_m = \delta_{km}$, где символ Кронекера $\delta_{k=m} = 1$, $\delta_{k \neq m} = 0$, $k, m = 1, 2, \dots, n$.

Генератором систем биортогональных векторов часто являются спектральные задачи для матриц $A(n, n)$. С каждой матрицей $A(n, n)$ в алгебре связано несколько спектральных задач.

В спектральной задаче $A(n, n) s(n) = \lambda s(n)$ или $As = \lambda s$ определяют собственные векторы $s(n)$ матрицы $A(n, n)$, которые при умножении на матрицу $A(n, n)$ не меняют своего исходного направления.

С каждой матрицей $A(n, n)$ связана сопряженная матрица $A^*(n, n)$ и соответствующая спектральная задача для сопряженной матрицы $A^*(n, n) t(n) = \lambda t(n)$. Собственные значения λ_k исходной и сопряженной матриц совпадают.

С матрицей $A(n, n)$ связана спектральная задача определения собственных строк $p_*(n)$ матрицы

$$p_*(n) A(n, n) = \lambda p_*(n) \text{ или } p_* A = \lambda p_*.$$

В операции $A(n, n)s(n) = As$ вектор $s(n)$ является правым операндом матрицы. Вектор не может быть левым операндом матрицы (исключая тензорное произведение векторов и матриц). Строка элементов

$p_*(n)$ может быть только левым операндом матрицы $p_* A$.

В векторном анализе определено скалярное произведение векторов $a(n) \cdot b(n) = a \cdot b$, скалярное произведение строки $p_*(n)$ и вектора $x(n)$ согласно $p_*(n) x(n) = p_* x$, скалярное произведение строк $p_* \cdot t_* = p_* t$. Скалярное произведение строки $a_*(n)$ на вектор $b(n)$ является числом (скаляром α): $a_* b = \alpha$. Произведение вектора $a(n)$ на строку $b_*(n)$ является матрицей $A(n, n)$ ранга единица: $a b_* = A(n, n)$.

Скалярному произведению векторов $a \cdot b$ в матричной форме соответствует произведение $a \cdot b = a^* b$, где $*$ – символ комплексного или вещественного транспонирования вектора в строку. В скалярном произведении строк $p_* \cdot t_*$ правый операнд t_* транспонируется в вектор t : $p_* \cdot t_* = p_* t$.

С каждой спектральной задачей связана матрица собственных векторов. Для полносной матрицы $A(n, n)$ спектральная задача $A(n, n) s(n) = \lambda s(n)$ приводит к матрице собственных векторов $S(n, n) = [s_1 s_2 s_3 \dots s_n]$. Матрица $A(n, n)$ называется **полноосной (простой)**, если в спектральной задаче ей соответствует невырожденная квадратная матрица собственных векторов $S(n, n) = [s_1 s_2 s_3 \dots s_n]$.

Любая унитарная матрица $U(n, n)$ является полносной [1], [2].

Спектральная задача $A^*(n, n) t(n) = \lambda t(n)$ для сопряженной матрицы $A^*(n, n)$

приводит к матрице собственных векторов $T(n,n) = [t_1 \ t_2 \ t_3 \dots t_n]$.

Задача определения собственных строк $p_*(n)$ матрицы $A(n,n)$ согласно $p_*(n) A(n,n) = \lambda p_*(n)$ приводит к матрице $P(n,n)$ собственных строк:

$$P(n,n) = \begin{bmatrix} p_{1*} \\ p_{2*} \\ \dots \\ p_{n*} \end{bmatrix}.$$

Матрицы собственных векторов и собственных строк $S(n,n)$, $T(n,n)$, $P(n,n)$ определенным образом связаны. Эту связь отражают соответствующие теоремы.

С любой матрицей $A(n,n)$ связано **фундаментальное тождество** спектральных матриц:

$A(n,n) S(n,n) = S(n,n) D(n,n)$ или $AS = SD$, где $S(n,n)$ – матрица собственных векторов, $D(n,n)$ – диагональная матрица собственных значений.

В общем случае в тождестве $AS = SD$ матрица $S = S(n,m)$ для неполноосных матриц $A(n,n)$ может быть прямоугольной, т.е. $m < n$, соответственно $D = D(m,m)$, $m < n$. Например, матрица $A(n,n)$ в форме жордановой клетки при любой ее размерности n имеет только одно собственное значение λ и только один собственный вектор $s(n)$. Фундаментальное тождество спектральных матриц для любой матрицы $A(n,n)$ в форме жордановой клетки имеет вид:

$$A(n,n) S(n,1) = S(n,1) D(1,1)$$

ТЕОРЕМА. Собственные векторы $s_m(n)$ исходной матрицы $A(n,n)$ и собственные векторы $t_k(n)$ сопряженной матрицы $A^*(n,n)$ биортогональны:

$$t_k(n) \bullet s_m(n) = t_k \bullet s_m = \delta_{km}, \text{ где } \delta_{k=m} = 1, \delta_{k \neq m} = 0, \quad k, m = 1, 2, \dots, n.$$

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Рассмотрим две спектральные задачи для полноосной матрицы $A(n,n)$ и соответствующие тождества спектральных матриц типа $AS = SD$:

$$A(n,n) s(n) = \lambda s(n), \quad A(n,n) S(n,n) = S(n,n) D(n,n) \text{ или } AS = SD,$$

$$A^*(n,n) t(n) = \lambda t(n), \quad A^*(n,n) T(n,n) = T(n,n) D(n,n) \text{ или } A^*T = TD.$$

Умножим обе части равенства $AS = SD$ слева на матрицу $T^*(n,n) = T^*$:

$$T^*AS = T^*SD.$$

Транспонируем обе части равенства $A^*T = TD \rightarrow T^*A = DT^*$, учитывая $D^* = D$ для вещественной матрицы $D(n,n)$. Затем обе части равенства $T^*A = DT^*$ умножим справа на матрицу S :

$$T^*AS = DT^*S.$$

В равенствах $T^*AS = T^*SD$ и $T^*AS = DT^*S$ левые части T^*AS равны, поэтому равны и правые части:

$$T^*SD = DT^*S.$$

В полученном равенстве $T^*SD = DT^*S$ диагональная матрица D коммутирует с матрицей (T^*S) . Диагональная матрица может коммутировать только с другой диагональной матрицей. Поэтому матрица (T^*S) диагональная. Обозначим строки матрицы T^* символами $t_{k*}(n)$, а символами $s(n)$ столбцы матрицы $S(n,n)$. Тогда каждый элемент диагональной матрицы (T^*S) равен скалярному произведению строки $t_{k*}(n)$ на вектор $s_m(n)$:

$$(T^*S)_{km} = t_{k*} s_m = \delta_{k \neq m} = 0.$$

Матрица (T^*S) диагональная, все недиагональные элементы $(T^*S)_{k \neq m} = t_{k*} s_m$ нулевые. Поэтому равенство $t_{k*} s_m = \delta_{k \neq m} = 0$ справедливо.

Равенство для собственных векторов исходной и сопряженной матриц

$$T^*(n,n) S(n,n) = T^*S = D(n,n)$$

является **фундаментальным тождеством** в теории спектральных задач исходной и сопряженной матриц.

Согласно равенству $T^*(n,n) S(n,n) = T^*S = D(n,n)$ каждый собственный вектор $t_k(n)$ сопряженной матрицы $A^*(n,n)$ ортогонален собственному вектору $s_m(n)$ исходной матрицы $A(n,n)$, т.е. $t_k \bullet s_m = \delta_{k \neq m} = 0$ при условии $k \neq m$. Значение произведения $t_m \bullet s_m$ при одинаковых индексах $k = m$ зависит от принятой нормировки собственных векторов t_m, s_m .

Отметим особенности ортогональных векторов. Если векторы $a(n)$, $b(n)$ ортогональны, т.е. $a \bullet b = 0$, тогда они остаются ортогональными при любой нормировке или перенормировке. Действительно, из условия $a \bullet b = 0$ следует $(\alpha a) \bullet (\beta b) = (\alpha \beta)(a \bullet b) = 0$, где

α, β – любые вещественные числа. Умножение вектора $\mathbf{a}(n)$ на скаляр α не меняет его направления в трехмерном или n -мерном пространстве. Свойство ортогональности векторов не зависит от их длины, от нормировки или перенормировки.

Рассмотрим особенности диагональных элементов $\mathbf{t}_m^* \mathbf{s}_m$ в **фундаментальном тождестве** спектральных матриц $\mathbf{T}^* \mathbf{S} = \mathbf{D}$:

$$\mathbf{t}_m^* \mathbf{s}_m \equiv \mathbf{t}_m \cdot \mathbf{s}_m = d_{mm}, \quad m = 1, 2, \dots, n.$$

В общем случае часть собственных векторов $\mathbf{t}_k, \mathbf{s}_m$ исходной и сопряженной матриц, как показывают вычисления, не ортогональна, т.е. $\mathbf{t}_m^* \mathbf{s}_m = p \neq 0$. Для не ортогональных векторов $\mathbf{t}_m \cdot \mathbf{s}_m = p \neq 0$ допустима перенормировка:

$$(\mathbf{t}_m/p \cdot \mathbf{s}_m) = (\mathbf{t}_m \cdot \mathbf{s}_m/p) = 1/p(\mathbf{t}_m \cdot \mathbf{s}_m) = 1.$$

Перенормировка собственных векторов сохраняет их ортогональность, но меняет значение скалярного произведения не ортогональных векторов. Поэтому не ортогональные собственные векторы $\mathbf{t}_k, \mathbf{s}_m$ всегда допустимо перенормировать к единичному скалярному произведению $\mathbf{t}_m \cdot \mathbf{s}_m = \delta_{km}$.

Необходимо **подчеркнуть**: в теории биортогональных векторов нормируют на единицу не исходные неортогональные векторы спектральной задачи $\mathbf{t}_k(n), \mathbf{s}_m(n)$, а их скалярные произведения **не ортогональных** векторов $\mathbf{t}_m \cdot \mathbf{s}_m = \delta_{mm} = 1$.

Применим перенормировку не ортогональных собственных векторов $\mathbf{t}_m \cdot \mathbf{s}_m = p \neq 0 \rightarrow \mathbf{t}_m \cdot \mathbf{s}_m = \delta_{mm} = 1$ в фундаментальном тождестве спектральных матриц $\mathbf{T}^* \mathbf{S} = \mathbf{D}(n, n)$. В результате перенормировки получим: $\mathbf{T}^* \mathbf{S} = \mathbf{D}(n, n) \rightarrow \mathbf{T}^* \mathbf{S} = \mathbf{E}(n, n)$.

В алгебре матрица $\mathbf{B}(n, n)$ при условии $\mathbf{B}(n, n) \mathbf{A}(n, n) = \mathbf{E}(n, n)$ называется обратной к матрице $\mathbf{A}(n, n)$, т.е. $\mathbf{B} \equiv \mathbf{A}^{-1}$ и $\mathbf{A} \mathbf{A}^{-1} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{A} = \mathbf{E}$.

Из теоремы о биортогональности собственных векторов исходной и сопряженной матрицы $\mathbf{T}^*(n, n) \mathbf{S}(n, n) = \mathbf{E}(n, n)$ следует, что матрица $\mathbf{T}^*(n, n)$ является обратной к матрице $\mathbf{S}(n, n)$: $\mathbf{T}^*(n, n) = \mathbf{S}^{-1}(n, n)$. Применим к обоим

частям равенства $\mathbf{T}^*(n, n) = \mathbf{S}^{-1}(n, n)$ или $\mathbf{T}^* = \mathbf{S}^{-1}$ операцию транспонирования:

$$(\mathbf{T}^*)^* = (\mathbf{S}^{-1})^* \text{ или } \mathbf{T} = (\mathbf{S}^{-1})^* = (\mathbf{S}^*)^{-1}.$$

В выражении $\mathbf{T} = (\mathbf{S}^{-1})^*$ матрица $(\mathbf{S}^{-1})^*$ называется контраградиентной по отношению к матрице $\mathbf{T}(n, n)$. Поэтому матрица собственных векторов $\mathbf{T}(n, n)$ сопряженной матрицы $\mathbf{A}^*(n, n)$ – это контраградиентная к матрице собственных векторов $\mathbf{S}(n, n)$ исходной матрицы $\mathbf{A}(n, n)$.

Линейное (матричное) представление групп часто приводит к контраградиентным матрицам.

Отметим особенности ортогональных и биортогональных векторов на примерах. Базисные векторы $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3$ декартовой системы координат ортогональны и нормированы на единицу: $\mathbf{e}_1 \cdot \mathbf{e}_2 = \mathbf{e}_2 \cdot \mathbf{e}_3 = \mathbf{e}_3 \cdot \mathbf{e}_1 = 0$, $\mathbf{e}_1 \cdot \mathbf{e}_1 = \mathbf{e}_2 \cdot \mathbf{e}_2 = \mathbf{e}_3 \cdot \mathbf{e}_3 = 1$.

Рассмотрим базис косоугольных координат $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \mathbf{a}_3$ и связанный с ним взаимный базис $(\mathbf{a}_1 \times \mathbf{a}_2)/V = \mathbf{t}_3, (\mathbf{a}_2 \times \mathbf{a}_3)/V = \mathbf{t}_1, (\mathbf{a}_3 \times \mathbf{a}_1)/V = \mathbf{t}_2$, где $V = \mathbf{a}_3 \cdot (\mathbf{a}_1 \times \mathbf{a}_2)$ – объем базисного параллелепипеда. Базисные векторы $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \mathbf{a}_3$ и $\mathbf{t}_1, \mathbf{t}_2, \mathbf{t}_3$ не нормированы на единицу и не ортогональны, но образуют систему биортогональных векторов согласно условию $\mathbf{a}_k \cdot \mathbf{t}_m = \delta_{km}$.

В общем случае в системе биортогональных векторов часть векторов ортогональна, а часть векторов не ортогональна.

В частном случае матриц $\mathbf{A}(n, n)$ в форме жордановой клетки исходная матрица $\mathbf{A}(n, n)$ имеет единственный собственный вектор $\mathbf{s}(n)$. Сопряженная матрица $\mathbf{A}^*(n, n)$ имеет также единственный собственный вектор $\mathbf{t}(n)$, ортогональный вектору $\mathbf{s}(n)$: $\mathbf{s} \cdot \mathbf{t} = 0$. При этом условие биортогональности $\mathbf{s}_k \cdot \mathbf{t}_k = \delta_{kk} = 1$ не выполнимо.

Предлагаемая работа представляется полезной широкому кругу специалистов по математике и ее прикладным направлениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А.И. Фундаментальная теория симметрии кристаллов. Изд-во ПЕРО, ж. Мир Современной Науки, № 1 (2014), М., 2014.
2. Гантмахер Р. Теория матриц. М., Наука, 1988 г.

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ТЕНЗОРНОГО ПРОИЗВЕДЕНИЯ МАТРИЦ В ТЕОРИИ ГРУПП

В линейной алгебре определено произведение матриц $A(n,m)B(m,k) = C(n,k)$, называемое обычным, и тензорное произведение матриц $A(n,m) \times B(k,p) = C(nk,mp)$.

Целью предлагаемой работы является изложение фундаментальной теории тензорного произведения матриц и векторов, включая их применение в теории групп, в теории однородных функций.

В теории тензорного произведения матриц различают правое $(A \times B)_R$ и левое $(A \times B)_L$ тензорное произведения [2]. В обозначениях $(A \times B)_R$ и $(A \times B)_L$ использованы начальные символы R (Right – правый), L (Left – левый). В общем случае матрицы в тензорном произведении могут быть прямоугольными, любой не согласованной размерности.

Определение. Правое и левое тензорные произведения $(A \times B)_R$, $(A \times B)_L$ матриц $A(n,n)$, $B(m,m)$ определяются выражениями:

$$(A \times B)_R = [a_{ij}B] = \begin{bmatrix} a_{11}B & a_{12}B & \dots & a_{1n}B \\ a_{21}B & a_{22}B & \dots & a_{2n}B \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}B & a_{n2}B & \dots & a_{nn}B \end{bmatrix},$$

$$(A \times B)_L = [Ab_{ij}] = \begin{bmatrix} Ab_{11} & Ab_{12} & \dots & Ab_{1m} \\ Ab_{21} & Ab_{22} & \dots & Ab_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Ab_{m1} & Ab_{m2} & \dots & Ab_{mm} \end{bmatrix}.$$

Тензорное произведение содержит два шага. На первом шаге одна из матриц копируется к каждому элементу второй матрицы, образуя блочно скалярную матрицу.

На втором шаге каждая матрица-копия умножается на свой скаляр согласно $a_{ij}B$ или Ab_{ij} . В некоторых задачах достаточно только первого шага тензорного произведения матриц.

В прикладных направлениях использование правого или левого тензорного произведения матриц приводит к одинаковым результатам. Поэтому в общей теории обычно не уточняют использование правого или левого тензорного произведения.

Тензорное произведение матриц отличается универсальностью. Обычное произведение матриц определено только для согласованных по размерности матриц, например, $A(2,3)B(3,7) = C(2,7)$. Тензорное произведение определено для любых, не согласованных по размерности матриц $A(n,m) \times B(k,p) = C(nk,mp)$. Например, $A(2,3) \times B(5,7) = C(2 \cdot 5, 3 \cdot 7) = C(10,21)$.

Из определения тензорного произведения матриц следует определение тензорного произведения векторов, строк, вектора на строку и строки на вектор.

Вектор $\mathbf{a}(n)$ является частным случаем матрицы из одного столбца $\mathbf{a}(n) \equiv A(n,1) = A$. Строка элементов $\mathbf{a}^*(n)$ является частным случаем матрицы из одной строки: $\mathbf{a}^*(n) \equiv A(1,n)$. Поэтому определение тензорного произведения матриц является также определением тензорного произведения векторов различной, не согласованной размерности, тензорного произведения строк, вектора на строку и строки на вектор.

Определение. Правое и левое тензорное произведение векторов $\mathbf{a}(n)$, $\mathbf{b}(m)$ определено выражениями:

$$(\mathbf{a} \times \mathbf{b})_R = \begin{bmatrix} a_1 \mathbf{b} \\ a_2 \mathbf{b} \\ \dots \\ a_n \mathbf{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 b_1 \\ a_1 b_2 \\ \dots \\ a_n b_m \end{bmatrix},$$

$$(\mathbf{a} \times \mathbf{b})_L = \begin{bmatrix} a \mathbf{b}_1 \\ a \mathbf{b}_2 \\ \dots \\ a \mathbf{b}_m \end{bmatrix}.$$

Операция тензорного произведения векторов обобщается на случай произвольной последовательности элементов, для которых определена операция умножения элементов. Например, для последовательности элементов группы $G(n) = G(g_k)$ существует тензорное произведение элементов группы $G \times G$ с элементами $g_k g_m$.

С тензорным произведением матриц связан ряд теорем. Среди них фундаментальной является теорема о связи тензорного и обычного произведения матриц.

Предварительно отметим некоторые особенности операций с матрицами. Любую матрицу $A(m,n)$ можно определить как матрицу столбцов $\mathbf{a}_k(m)$ или строк $\mathbf{a}_{p*}(n)$:

$$A(m,n) = [\mathbf{a}_1 \quad \mathbf{a}_2 \dots \mathbf{a}_n] = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_{1*} \\ \mathbf{a}_{2*} \\ \dots \\ \mathbf{a}_{m*} \end{bmatrix},$$

где символы со звездочкой $\mathbf{a}_{k*}$ обозначают строку элементов в отличие от столбца $\mathbf{a}_k$.

Фундаментальное тождество тензорного и обычного произведения матриц $A(n,n)$, $B(n,n)$, $C(m,m)$, $D(m,m)$:

$$(AB) \times (CD) = (A \times C)(B \times D).$$

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Тензорные произведения $(A \times C)_R$ и $(B \times D)_R$ определим в виде:

$$(A \times C)_R = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_{1*} C \\ \mathbf{a}_{2*} C \\ \dots \\ \mathbf{a}_{n*} C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_{1*} \\ \mathbf{a}_{2*} \\ \dots \\ \mathbf{a}_{n*} \end{bmatrix} C,$$

$$(B \times D)_R = [\mathbf{b}_1 D \quad \mathbf{b}_2 D \dots \mathbf{b}_n D] = [\mathbf{b}_1 \quad \mathbf{b}_2 \dots \mathbf{b}_n] D,$$

$$(A \times C)(B \times D) = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_{1*} C \\ \mathbf{a}_{2*} C \\ \dots \\ \mathbf{a}_{n*} C \end{bmatrix} [\mathbf{b}_1 D \quad \mathbf{b}_2 D \dots \mathbf{b}_n D] =$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{a}_{1*} \mathbf{b}_1 & \mathbf{a}_{1*} \mathbf{b}_2 \dots \mathbf{a}_{1*} \mathbf{b}_n \\ \mathbf{a}_{2*} \mathbf{b}_1 & \mathbf{a}_{2*} \mathbf{b}_2 \dots \mathbf{a}_{2*} \mathbf{b}_n \\ \dots & \dots \\ \mathbf{a}_{n*} \mathbf{b}_1 & \mathbf{a}_{n*} \mathbf{b}_2 \dots \mathbf{a}_{n*} \mathbf{b}_n \end{bmatrix} (CD) = ((AB) \times (CD))_R.$$

Полученное равенство $(AB) \times (CD) = (A \times C)(B \times D)$ доказывает теорему.

Следствием из фундаментального тождества тензорного и обычного произведения матриц является фундаментальное тождество тензорного произведения матриц $A \times B$ и тензорного произведения векторов $\mathbf{a}(n,n) \times \mathbf{b}(m,m) = \mathbf{a} \times \mathbf{b}$.

Фундаментальное тождество тензорного произведения матриц $A(n,n) \times B(m,m) = A \times B$ и векторов $\mathbf{a}(n,n) \times \mathbf{b}(m,m) = \mathbf{a} \times \mathbf{b}$:

$$(Aa) \times (Bb) = (A \times B)(a \times b).$$

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. В тензорном произведении $(AB) \times (CD) = (A \times C)(B \times D)$ матриц $A(n,n)$, $B(n,n)$, $C(m,m)$, $D(m,m)$: заменим часть матриц векторами $B \rightarrow \mathbf{a}(n)$, $D \rightarrow \mathbf{b}(m)$:

$$(AB) \times (CD) = (A \times C)(B \times D) \rightarrow (Aa) \times (Cb) = (A \times C)(a \times b).$$

Полученное равенство $(Aa) \times (Cb) = (A \times C)(a \times b)$ доказывает тождество.

Тождество тензорного произведения матриц и векторов часто используется в теории линейного преобразования векторов, в теории групп. С линейным преобразованием векторов $\mathbf{x}(n)$, $\mathbf{y}(m)$ матрицами

$$A(n, n)x(n) = x'(n),$$

$B(m, m)y(m) = y'(m)$ связано тензорное произведение исходных и преобразованных векторов.

Из тождества тензорного произведения векторов и матриц следует:

$$(Ax) \times (By) \equiv x' \times y' = (A \times B)(x \times y).$$

Теория тензорного произведения матриц и векторов является составной частью теории групп. Теория тензорных произведений групп изложена ниже.

ТЕНЗОРНЫЕ ПРОИЗВЕДЕНИЯ ГРУПП.

Группой $G = G(n) = G(g_k)$ называется множество элементов g_k , $k = 1, 2, \dots, n$, для которых определена замкнутая групповая операция $g_i g_j = g_m$, $i, j, m = 1, 2, \dots, n$. Всевозможные произведения элементов группы $g_i g_j = g_m$ определяют две последовательности:

- таблицу определения групповой операции – квадрат Кейли,

- тензорное произведение групп $G \times G$.

Определим последовательность элементов группы $G = G(n) = G(g_k)$ в форме

$$\text{столбца элементов } G = \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ \dots \\ g_n \end{bmatrix}. \text{ Определим}$$

произведения типа

$$Gg_k = \begin{bmatrix} g_1 g_k \\ g_2 g_k \\ \dots \\ g_n g_k \end{bmatrix} = G_k, k = 1, 2, \dots, n.$$

Последовательность столбцов $[Gg_1, Gg_2, \dots, Gg_n] = [G_1, G_2, \dots, G_n]$ представляет таблицу умножения элементов группы – квадрат Кейли.

Произведение столбца элементов группы $G(n)$ на себя по правилу левого тензорного произведения векторов определим в форме

$$(G \times G)_L = \begin{bmatrix} Gg_1 \\ Gg_2 \\ \dots \\ Gg_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_1 g_1 \\ g_2 g_1 \\ \dots \\ g_n g_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ \dots \\ G_n \end{bmatrix}.$$

Квадрат Кейли $[G_1, G_2, \dots, G_n]$ и тензорное произведение элементов группы $G \times G$ содержат одни и те же произведения $g_i g_j$ элементов группы, но в разной последовательности.

С каждой группой связано линейное (обычно матричное) представление группы. Фундаментальной особенностью групповой операции является ее замкнутость. Групповая операция не создает новых элементов группы и не исключает существующих, всегда возвращает элемент исходной группы. В групповой операции может быть несколько элементов исходной группы. Например, таблица умножения 48 элементов группы симметрии кубической сингонии содержит $48^2 = 2304$ элемента, из них не тождественными являются только 48 элементов исходной группы [1].

Линейное (матричное) представление элементов группы часто бывает взаимно однозначным, т.е. $g_k \leftrightarrow A_k(n, n)$, где $\leftrightarrow$ символ взаимно однозначного соответствия.

При взаимно однозначном матричном соответствии столбцу элементов $G(n)$ соответствует столбец матриц $A_k(p, p)$, $k = 1, 2, \dots, n$. Например, группа кристаллов кубической сингонии содержит 48 элементов симметрии, называемых геометрическими поворотами. В линейном представлении 48 элементам симметрии соответствует 48 матриц $A_k(3, 3)$.

С тензорным произведением элементов группы $G \times G$ связано тензорное произведение матриц $A_k(3, 3)$ линейного представления группы: $G \times G \leftrightarrow A \times A$.

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ТЕНЗОРНОГО ПРОИЗВЕДЕНИЯ ОДНОРОДНЫХ ФУНКЦИЙ.

Однородные функции часто используются в приложениях. Последователь-

ность функций $C_k X_1^k X_2^{n-k}$, $k = 0, 1, 2, \dots, n$ с нормирующим множителем C_k называется однородной. В приложениях часто используются однородные функции с нормировкой

$$f_m = \frac{S_1^{j+m} S_2^{j-m}}{\sqrt{(j+m)!(j-m)!}},$$

$$m = -j, -j+1, \dots, j,$$

$$g_k = \frac{V_1^{p+k} V_2^{p-k}}{\sqrt{(p+k)!(p-k)!}},$$

$$k = -p, -p+1, \dots, p.$$

Определим векторы $f(2j+1)$, $g(2p+1)$ однородных функций переменных s_i, v_i :

$$f^T(2j+1) = [f_{-j} \quad f_{-j+1} \quad \dots \quad f_j],$$

$$g^T(2p+1) = [g_{-p} \quad g_{-p+1} \quad \dots \quad g_p].$$

Определим всевозможные произведения функций $w_{mk} = f_m v_k$ в форме тензорного произведения векторов (столбцов) $f \times g = w$.

Фундаментальной особенностью однородных функций $C_k X_1^k X_2^{n-k}$ является их явная зависимость от своих переменных. При линейном (унитарном) преобразовании переменных x_1, x_2 однородные функции также преобразуются линейно (унитарно при соответствующей нормировке функций). Унитарное преобразование переменных имеет вид:

$$s' = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \end{bmatrix} = u s = u \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix},$$

$$v' = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = u v = u \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix},$$

$$x' = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = u x = u \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix},$$

$$\text{где } u(2,2) = \begin{bmatrix} a & b \\ -b^* & a^* \end{bmatrix} - \text{унитарная}$$

матрица.

Унитарному преобразованию переменных соответствует унитарное преобразование однородных функций

$$f(2j+1) = U_1(2j+1, 2j+1)f(2j+1),$$

$$g(2p+1) = U_2(2p+1, 2p+1)g(2p+1).$$

Матрицы U_1, U_2 унитарны, тензорное произведение унитарных матриц является также унитарной матрицей: $U_1 \times U_2 = U$ согласно [3].

Тензорное произведение $f \times g$ исходных однородных функций и тензорное произведение $f' \times g'$ линейно (унитарно) преобразованных функций $f' = U_1 f$, $g' = U_2 g$ связаны фундаментальным тождеством тензорного произведения матриц и векторов

$$f' \times g' = (U_1 f) \times (U_2 g) = (U_1 \times U_2)(f \times g) = U(f \times g).$$

Представленная теория тензорного произведения матриц и векторов и применение ее в теории групп, в теории однородных функций соответствует основному направлению в развитии теории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев А.И. Фундаментальная теория симметрии кристаллов. Изд-во ПЕРО, ж. Мир Современной Науки, № 1 (2014), М., 2014.
2. Проскуряков И.В. СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЕ. М., НАУКА, 1984.

3. Смирнов В.И. КУРС ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ, том 3, часть 1 Изд-во ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, М., 1956 г.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ

Фильчев Э. Г.,
e-mail: fgg-fil1@yandex.ru

АБИССАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДИОФАНТОВЫХ УРАВНЕНИЙ

Эту работу можно отнести к десятой проблеме Гильберта. В комментариях к десятой проблеме Гильберта Ю.И.Хмелевский пишет, что для системы уравнений

$$\begin{aligned} X^2 + aY^2 &= U^2 \\ X^2 - aY^2 &= V^2 \end{aligned}$$

до сих пор неизвестен алгоритм (алгоритм), распознающий по данному целому a , имеет ли система целочисленные решения или нет. [Проблемы Гильберта. Наука. М. 1969. Стр.149].

Задача. Решить систему уравнений (1)
 $X^2 + 90Y^2 = U^2, \quad X^2 - 90Y^2 = V^2$

Рассмотрим таблицу 1

Таблица 1					
24 7 25	120 119 169	240 161 289	527 336 625	1081 840 1369	
1519 720 1681	2520 1241 2809	3479 1320 3721	3696 2047 4225	5280 721 5329	

В этой таблице представлены ПТ, у которых гипотенуза равна квадрату целого числа.

Пусть имеем ПТ(1519, 720, 1681).
Здесь $1681 = 41^2$, $720 = 2^4 \cdot 3^2 \cdot 5$, $1519 = 49 \cdot 31$.

Здесь, число $720 = 180 \cdot 2^2 = 80 \cdot 3^2 = 20 \cdot 6^2$. $\rightarrow a_1 = 180, a_2 = 80, a_3 = 20$. Поэтому, можно записать следующие уравнения

$$41^2 + 720 = 49^2 \quad 41^2 - 720 = 31^2$$

Записав число 720 в виде произведения двух множителей, получим три варианта числа a . В Системе mn параметров для четного числа имеем формулу

$N = 2m(m + n)$. $\rightarrow 720 = 2m(m + n)$.
Пусть $720 = 180 \cdot 2^2$. Примем $2m = 2^2$

Решение

1. Умножим между собой левые и правые части этих двух уравнений. Тогда

$$\begin{aligned} (X^2 \cdot 90Y^2) \cdot (X^2 - 90Y^2) &= (U \cdot V)^2 \\ \rightarrow (X^2)^2 - (90Y^2)^2 &= (U \cdot V)^2 \rightarrow (X^2)^2 = \\ &= (U \cdot V)^2 + (90Y^2)^2 \end{aligned}$$

Получили пифагорову тройку где

1. Один из катетов равен произведению двух сомножителей $(U \cdot V)$

2. Второй катет равен произведению исходного числа a на квадрат целого числа.

$$\begin{aligned} \rightarrow m = 2, (m + n) &= 180 \rightarrow (2 + n) = \\ 180 \rightarrow n &= 178. \text{ Определим элементы ПТ.} \end{aligned}$$

$$\rightarrow X = 2m(m + n) = 2 \cdot 2 \cdot 180 = 720$$

$$\rightarrow Y = n^2 + 2mn = 178^2 + 712 = 32396$$

$\rightarrow Z = 32396 + 8 = 32400$, т.е. получили ПТ(32396, 720, 32400).

Теперь, в соответствии с системой (1), можно записать

$$32400 + 720 = 33120 = 182^2 \rightarrow U = 182$$

$$32400 - 720 = 31680 = 178^2 \rightarrow V = 178$$

$\rightarrow 32400^2 - 720^2 = (182 \cdot 178)$, т. е. в полном соответствии с формой исходных уравнений. Задача решена! Аналогично решаются варианты $720 = 80 \cdot 3^2$ и $720 = 20 \cdot 6^2$.

Вывод: Уравнения, рассмотренные Ю.И.Хмелевским, имеют множество решений для заданного значения элемента, содержащего число a .

Предлагаю решить несколько задач.

Условия: 1. Найти несколько решений уравнений вида (1).

2. Не использовать формулы Системы mn параметров.

$$X^2 + a \cdot Y^2 = U^2, \quad X^2 - a \cdot Y^2 = V^2$$

Задача 1. Решить систему уравнение

$$X^2 + 29295 \cdot Y^2 = U^2$$

$$X^2 - 29295 \cdot Y^2 = V^2$$

Задача 2. Решить систему уравнение

$$X^2 + 3885 \cdot Y^2 = U^2$$

$$X^2 - 3885 \cdot Y^2 = V^2$$

Задача 3. Решить систему уравнение

$$X^2 + 19610 \cdot Y^2 = U^2$$

$$X^2 - 19610 \cdot Y^2 = V^2$$

Задача 4. Решить систему уравнение

$$X^2 + 1131 \cdot Y^2 = U^2$$

$$X^2 - 1131 \cdot Y^2 = V^2$$

Задача 5. Решить систему уравнение

$$105 \cdot X^2 = U^2 - Y^2$$

$$357 \cdot X^2 = Y^2 - E^2$$

$$105 \cdot X^2 = W^2 - E^2$$

$$357 \cdot X^2 = U^2 - W^2$$

Задача 6. Решить систему уравнение

$$210 \cdot X^2 = U^2 - Y^2$$

$$483 \cdot X^2 = Y^2 - E^2$$

$$210 \cdot X^2 = W^2 - E^2$$

$$483 \cdot X^2 = U^2 - W^2$$

Задача 7. Решить систему уравнение

$$630 \cdot X^2 = U^2 - Y^2$$

$$4557 \cdot X^2 = Y^2 - E^2$$

$$630 \cdot X^2 = W^2 - E^2$$

$$4557 \cdot X^2 = U^2 - W^2$$

Задача 8. Решить систему уравнение

$$615 \cdot X^2 = U^2 - Y^2$$

$$12495 \cdot X^2 = Y^2 - E^2$$

$$615 \cdot X^2 = W^2 - E^2$$

$$12495 \cdot X^2 = U^2 - W^2$$

Задача 9. Решить систему уравнение

$$X^3 + 15281 \cdot Y^2 = U^2$$

$$X^3 - 15281 \cdot Y^2 = V^2$$

Задача 10. Решить систему уравнение

$$X^3 + 10593 \cdot Y^2 = U^2$$

$$X^3 - 10593 \cdot Y^2 = V^2$$

Задача 11. Решить систему уравнение

$$X^3 + 412895 \cdot Y^2 = U^2$$

$$X^3 - 412895 \cdot Y^2 = V^2$$

ФИЗИКА

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Тайланов Н. А.,
доцент,
Джизакский Политехнический Институт, Узбекистан,
e-mail: maks_moskow@bk.ru
Ахмаджанова У. Т.,
соискатель,
Джизакский Политехнический Институт, Узбекистан,
e-mail: maks_moskow@bk.ru
Ахмедов Э. Р.,
соискатель,
Джизакский Политехнический Институт, Узбекистан,
e-mail: maks_moskow@bk.ru
Самадов М.Х.,
соискатель,
Джизакский Политехнический Институт, Узбекистан,
e-mail: maks_moskow@bk.ru
Тухтамишев И.Т.,
доцент,
Джизакский Политехнический Институт, Узбекистан,
e-mail: maks_moskow@bk.ru

ТЕРМОМАГНИТНАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ В СВЕРХПРОВОДНИКАХ

Хорошо известно, что терромагнитная неустойчивость типа скачка магнитного потока в сверхпроводниках обусловлена взаимодействием тепловых и электромагнитных малых возмущений. Такой скачок, как правило, приводит к переходу сверхпроводника в нормальное состояние [3]. Явление терромагнитной неустойчивости критического состояния или скачка магнитного потока было обнаружено как в низкотемпературных, так и высокотемпературных сверхпроводящих образцах [1,11]. динамика устойчивости критического состояния по отношению к скачкам магнитного потока в жестких и композитных сверхпроводниках была обсуждена в теоретических и экспериментальных рабо-

тах [3-9]. Общая концепция устойчивости критического состояния в сверхпроводниках - II рода была развита в литературе [7, 9]. В работе [9] изучена динамика развития малых тепловых и электромагнитных возмущений и соответствующие условия устойчивости критического состояния в сверхпроводниках в режиме вязкого течения потока. динамика устойчивости критического состояния в сверхпроводниках в режиме крипа потока с нелинейной вольт-амперной характеристикой была рассмотрена в [6,8]. В нашей предыдущей работе динамика малых тепловых и электромагнитных возмущений была изучена в рамках модели вязкого течения потока. где вольтамперная характеристика сверхпро-

водника T_c линейна в достаточно больших значениях электрического поля [2]. Однако, малоисследованным остается вопрос о динамике развития малых терромагнитных возмущений в режиме крипа потока с нелинейной вольтамперной характеристикой сверхпроводника.

Цель работы

Целью настоящей работы является теоретическое изучение динамики пространственного и временного распределения тепловых и электромагнитных возмущений в сверхпроводнике в режиме крипа потока.

Формулировка задачи

Как известно, для моделирования процесса эволюции возмущений температуры и электромагнитного поля в сверхпроводниках II-рода широко используется система дифференциальных уравнений макроскопической электродинамики [7, 9]. При этом распределение магнитной индукции и транспортного тока в сверхпроводнике определяются следующим уравнением

$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 \vec{j} \quad (1)$$

Взаимосвязь между магнитной индукцией $\vec{B}$ и электрическим полем $\vec{E}$ устанавливается уравнениями Максвелла

$$\text{rot } \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt} \quad (2)$$

Соответственно, распределение температуры в образце определяется уравнением теплопроводности

$$\nu \frac{dT}{dt} = \Delta [\kappa(T) \Delta T] + \vec{j} \vec{E} \quad (3)$$

где ν и κ - коэффициенты теплоемкости и теплопроводности образца, соответственно. Зависимость $j(E, T, B)$ определяется следующим уравнением критического состояния

$$\vec{j} = \vec{j}_c(T, \vec{B}) + \vec{j}(\vec{E})$$

Далее, получим решение системы уравнений (1)-(3) в предположении, что критическая плотность тока не зависит от индукции магнитного поля $\vec{B}$ и воспользуемся моделью Бина

$$j_c = j_c(T, B_e) = j_0 - a(T_c - T_0)$$

где B_e - значение внешней магнитной индукции; $a = j_0 / (T_c - T_0)$; j_0 - равновесная плотность тока, T_0 и T_c - начальная и критическая температура образца, соответственно [9]. Систему дифференциальных уравнений (1)-(3) следует дополнить вольтамперной характеристикой сверхпроводника $j(E)$. В режиме крипа потока вольтамперная характеристика сверхпроводников существенно является нелинейной, обусловленной тепло-активационным движением вихрей [3, 10]. Зависимость $j(E)$ в режиме крипа потока описывается выражением [3]

$$j = j_c \left[\frac{E}{E_c} \right]^{1/n} \quad (4)$$

где E_c - значение напряженности электрического поля при $j \approx j_c$ [9]; постоянный параметр n зависит от механизмов пиннинга [8]. В случае, когда $n=1$ соотношение (4) описывает вязкое течение потока [7]. При достаточно больших значениях n , последнее равенство определяет критическое состояние Бина $j \propto j_c$ [1]. Когда $1 < n < \infty$, соотношение (4) описывает нелинейный крип потока [9]. В этом случае дифференциальная проводимость определяется равенством

$$\sigma = \frac{dj}{dE} = \frac{j_c}{n E_b} \quad (5)$$

Согласно равенству (5) дифференциальная проводимость нарастает с увеличением фонового электрического поля E_b и существенно зависит от значения скорости изменения магнитной индукции согласно равенству $E_b \propto \dot{B}_e x$. Следовательно, критерий устойчивости также зависит от значения дифференциального сопротивления σ . Для типичных значений $j_1 = 10^3 \text{ A/cm}^2$, $E_b = 10^{-7} \text{ V/cm}$ мы имеем $\sigma = 10^{10} \text{ 1/}\Omega \text{ cm}$. Откуда следует, что [1, 5] дифференциаль-

ная проводимость имеет определяющей роль при определении устойчивости критического состояния и динамику развития малых тепловых и электромагнитных возмущений в сверхпроводнике.

Основные уравнения

Сформулируем основные уравнения, описывающие динамику развития тепловых и электромагнитных возмущений для простого случая - сверхпроводящего плоского полубесконечного образца $x \geq 0$. Предполагаем, что внешнее магнитное поле $\vec{B}=(0,0,B_e)$ направлено по оси z и скорость магнитного поля является постоянной $B_e=\text{const}$. Согласно уравнению Максвелла (2), в образце имеется вихревое электрическое поле $\vec{E}=(0,E_e,0)$. Здесь E_e амплитуда фонового электрического поля. Из концепции критического состояния непосредственно следует параллельность плотности тока и электрического поля $\vec{j} \uparrow \vec{E}$. Для такой геометрии пространственное и временное распределения малых тепловых $\delta T(x, t)$ и электромагнитных возмущений $\delta E(x, t)$ описываются следующими уравнениями

$$v \frac{d\delta T}{dt} = \kappa \frac{d^2 \delta T}{dx^2} + \vec{j}_c \delta \vec{E} \quad (6)$$

$$\frac{d^2 \delta E}{dx^2} = \mu \left[\frac{j_c}{nE_b} \frac{d\delta E}{dt} - \frac{dj_c}{dT} \frac{d\delta T}{dt} \right] \quad (7)$$

Представим решение системы (6), (7) в виде

$$\delta T(x, t) = (T_c - T_0) \Theta(z) \exp \left[\frac{\gamma t}{t_0} \right] \quad (8)$$

$$\delta E(x, t) = E_c \varepsilon(z) \exp \left[\frac{\gamma t}{t_0} \right] \quad (9)$$

где γ подлежащее определению собственное число задачи. Из последней системы уравнений видно, что характерное время развития тепловых и электромагнитных возмущений порядка $t \propto t_0/\gamma$. Мы

ввели следующие обозначения $z=x/l$, $t_0=\sigma v a/j_c$, $l=va/\mu_0 j_c$.

Наибольший практический интерес представляет адиабатический случай, когда $\tau \ll 1$, i.e., диффузия магнитного потока происходить быстрее, чем развития малых тепловых возмущений [7, 9]. Это позволяет существенно упростить процедуру получения критерия устойчивости сверхпроводящего состояния в образце. В этом приближении, решая систему уравнений (6), (7) можно получить следующее дифференциальное уравнение для распределения электромагнитного поля

$$\varepsilon = \frac{n\Theta}{T_c - T_0}$$

Подставляя последнее решение в уравнение теплопроводности, получаем в квазистационарном приближении [9] следующее уравнение

$$z \frac{d^2 \varepsilon}{dz^2} = \gamma \frac{\vec{j}_c}{n\sigma B_e l} \varepsilon - z \varepsilon \quad (10)$$

Так как, при выводе последнего уравнения мы пренебрегли тепловыми эффектами, лишь электродинамические граничные должны быть поставлены в (10)

$$\frac{d\varepsilon(0,t)}{dz} = 0; \varepsilon(1, t) = 0 \quad (11)$$

Критерий неустойчивости фронта потока определяется с положительными значениями $\text{Re} \gamma \geq 0$. Решение уравнения (10) можно представить в следующем виде

$$\varepsilon(z) = c_1 W_{\frac{iz-1}{2}, \frac{1}{2}}(2iz) + c_2 W_{\frac{iz-1}{2}, \frac{1}{2}}(-2iz) \quad (12)$$

Где W - функция Уиттекера, постоянные интегрирования c_1 и c_2 определяются из электродинамических граничных условий (11). После несложных преобразований получим следующий критерий неустойчивости

$$B_c = \frac{4\pi j_c}{c} \sqrt{\frac{\kappa(T_c - T_0)}{j_c n B_e}}$$

Легко увидеть, что пороговое значение B_c термомангнитной неустойчивости, в основном зависит от вида фонового электри-

ческого поля, инициированного изменением внешней магнитной индукции $E_b \approx \dot{B}_e$.

Значение поля B_c монотонно уменьшается с ростом скорости индукции внешнего магнитного поля по образцу [6].

Заключение

Таким образом, на основе линейного анализа системы дифференциальных уравнений для распределения температуры и электромагнитного поля было показано,

что при определенных условиях возможно возникновение терромагнитной неустойчивости в сверхпроводнике. Пороговое значение терромагнитной неустойчивости, при этом, в основном зависит от вида фонового электрического поля, индуцированного временным изменением внешнего магнитного поля.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. M. Campbell and J. E. Evetts, Critical Currents in Superconductors (Taylor and Francis, London, 1972) Moscow, 1975.
2. A. Nabialek, M. Niewczas, Physica C, 436 с., (43), 2006.
3. C. P. Bean, Phys. Rev. Lett. 8., 250 с., 1962; Rev. Mod. Phys., 36., 31с., 1964.
4. P. S. Swartz and S.P. Bean, J. Appl. Phys., 39., 4991 с., 1968.
- 5 L. Legrand, I. Rosenman, Ch. Simon, and G. Collin, Physica C, 211., 239 с, 1993.
6. N. A. Tayalanov and A. Elmuradov, Technical Physics, 11., 48 с., 2003.
7. R. G. Mints, and A.L. Rakhmanov, Rev. Mod. Phys., 53, 551, 1981.
8. R. G. Mints, Phys. Rev., B. 53., 12311 с, 1996
9. R. G. Mints and A.L. Rakhmanov, Instabilities in superconductors, Moscow, Nauka, 362 с., 1984.
10. S. L. Wipf, Cryogenics, 31., 936 с., 1961.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

И УПРАВЛЕНИЕ

Лохвицкий В.А.,

кандидат технических наук

доцент кафедры

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военно-космическая академия имени

А.Ф.Можайского» Министерства обороны Российской Федерации,

e-mail: vovan296@mail.ru

Калиниченко С.В.,

кандидат технических наук

старший преподаватель кафедры

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военно-космическая академия имени

А.Ф.Можайского» Министерства обороны Российской Федерации,

e-mail: sergeybka@yandex.ru

Нечай А.А.,

преподаватель кафедры

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военно-космическая академия имени

А.Ф.Можайского» Министерства обороны Российской Федерации,

e-mail: nechayaa@mail.ru

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ В БАЗУ ДАННЫХ ДЛЯ ЕЁ СВОЕВРЕМЕННОЙ АКТУАЛИЗАЦИИ

Актualизация информационных ресурсов любой системы заключается в приведении их в соответствие текущему состоянию предметной области системы. По отношению к базе данных (БД) эта задача сводится к включению и/или удалению кортежей в отношениях базы данных, обновлению значений атрибутов в некоторых кортежах.

Актualизация соответствующих информационных ресурсов производится дискретно, через определенные интервалы времени. Поэтому адекватность состояния модели предметной области и ее состояния

в реальности обеспечивается с временным лагом, величина которого равна продолжительности указанных интервалов. Величина лага может изменяться в довольно широком диапазоне времени и зависит от назначения системы и особенностей ее предметной области.

Величина временного лага в информационно-расчетных системах соответствует разнице между поступлением новой информации и началом процесса решения расчетных задач.

Состав системы актуализации и схема её взаимодействия с базой данных, на примере решения задачи целераспределения, представлены на рис. 1.

В качестве источников новой информации для актуализации данных используются:

- формуляры объектов поражения;
- перечень средств поражения и их ТТХ;

- перечень новых/обновлённых условных знаков.

Для актуализации каждого вида информации необходима программная реализация соответствующих модулей (рис. 1):

- ввода и редактирования информации об объектах противника;
- ввода и редактирования информации о средствах поражения;
- ввода и редактирования условных знаков.

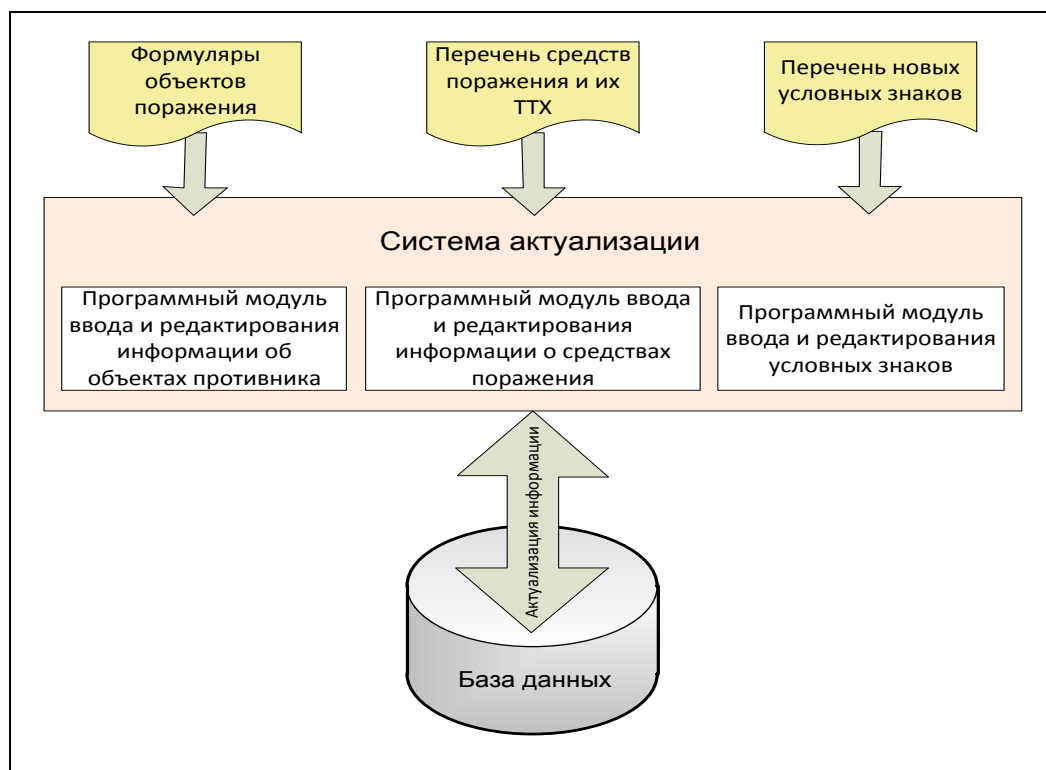


Рисунок 1 – Схема взаимодействия системы актуализации с базой данных.

Автоматизация ввода информации об объектах противника в базу данных

При решении задачи целераспределения данные об объектах противника поступают в печатном виде в табличной форме, что приводит к дополнительным временным затратам на отбор объектов для поражения «в ручном режиме». Для повышения оперативности отбора объектов разработан программный модуль автоматизированного ввода объектов противника.

Для добавления информации об объектах в базу данных необходимо отсканиро-

вать и распознать полученный документ, после чего сохранить его в формате CSV (Comma-Separated Values). Программный модуль автоматизированного ввода объектов позволяет открыть файл с расширением .csv, прочитать его содержимое и вывести на экранной форме, а затем, после визуального анализа и корректировки полученных данных, занести их в БД.

Процесс сканирования и распознавания документа с помощью программного продукта ABBYY FineReader приведен на рисунке 2, а работа программного модуля автоматизированного ввода объектов пред-

ставлена на рисунках 3 и 4.

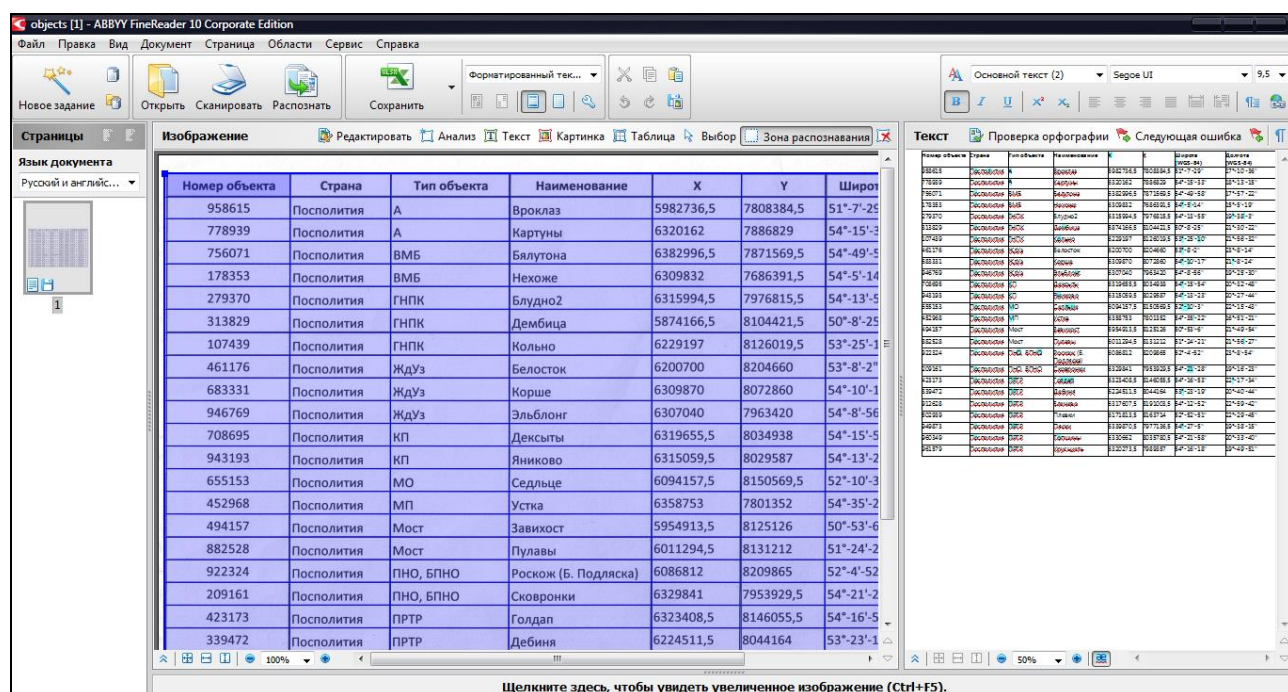


Рисунок 2 – Распознавание документа с данными об объектах противника

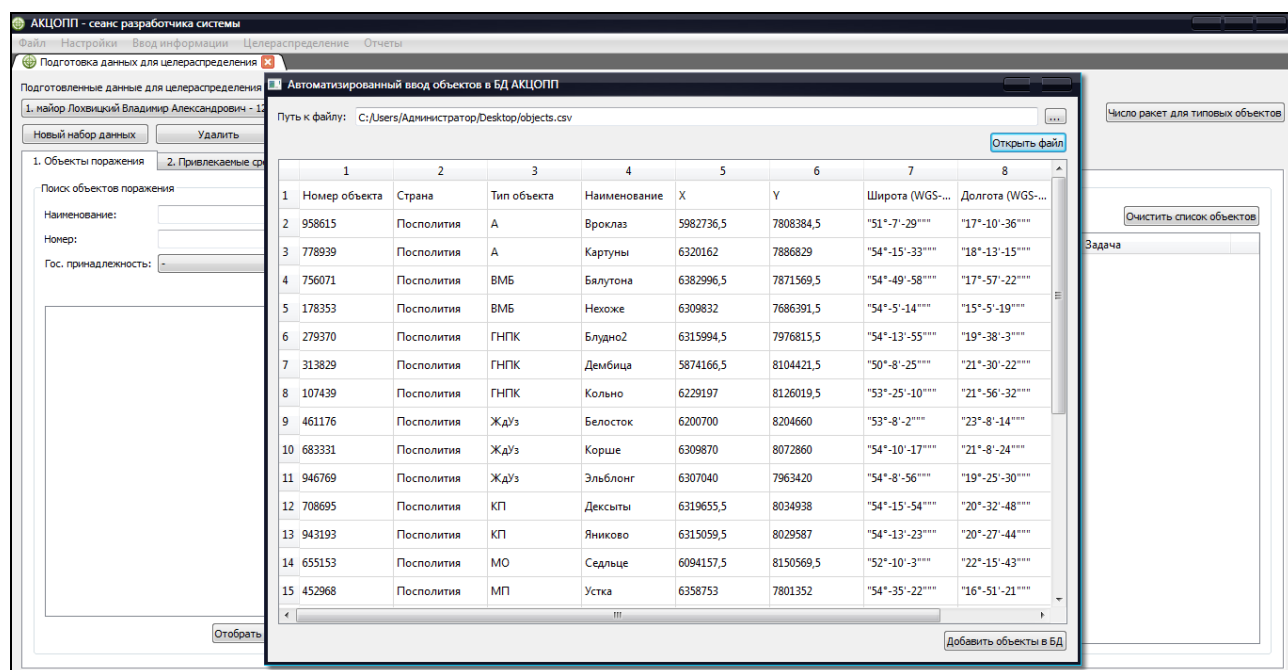


Рисунок 3 – Чтение CSV-файла с информацией об объектах противника

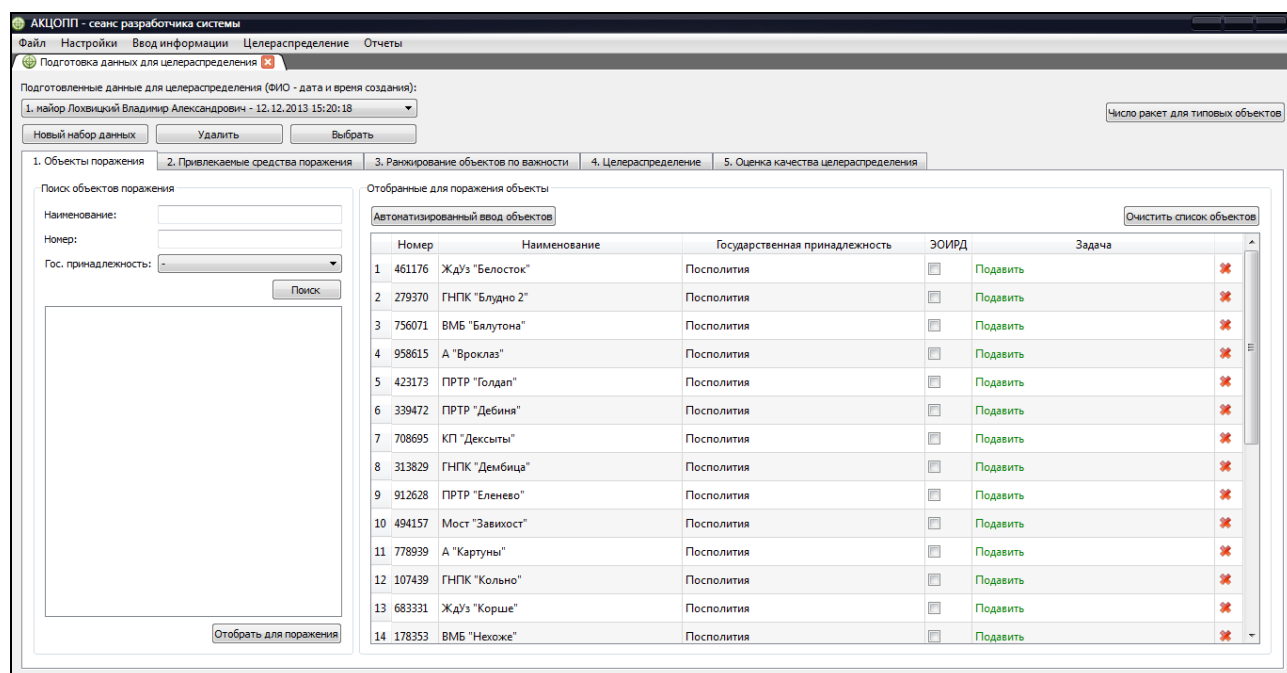


Рисунок 4 – Результат работы модуля автоматизированного ввода объектов

При достаточной степени унификации форм поступающих документов, существует возможность автоматизировать не только отбор объектов для поражения, но и

информацию из формуляров объектов, данные о средствах поражения и другую информацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калиниченко С.В., Хомоненко А.Д. / Подход к поиску и устранению дублированной противоречивой информации при интеграции данных в распределённых автоматизированных системах критического назначения // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2012. № 4. С. 47-60.
2. Хомоненко А.Д., Войцеховский С.В. / Уточнение нечеткого вывода на основе алгоритма мамдани в системе обнаружения вторжений // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2011. № 4. С. 41-48.

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Наумова Е.А.,

доцент,

кандидат технических наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», кафедра материаловедения,

e-mail: jan73@mail.ru

Белов Н.А.,

профессор,

доктор технических наук,

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», кафедра технологии литейных процессов,

e-mail: nikolay-belov@yandex.ru

Хомутов М.Г.,

аспирант,

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», кафедра технологии литейных процессов,

e-mail: khomutov@isis.ru

Никитин Б.К.,

Заведующий лабораторией Прокатки,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», кафедра материаловедения,

Громов А.В.,

Зав. лабораторией металлообработки,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», кафедра материаловедения,

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ AL-CA-MG-ZN

Введение.

В течение многих лет подходы к разработке деформируемых и литейных сплавов сильно различались. Лучшие деформируемые сплавы разработаны на основе легированных твердых растворов, а составы литейных сплавов выбирались ближе к

эвтектической точке [1,2]. Среди алюминиевых литейных сплавов на основе эвтектики пока широко применяются только силумины (сплавы системы Al-Si (Al-Si-Mg, Al-Si-Cu и др.) на основе эвтектики (Al)+Si, где (Al) – твердый раствор на основе алюминия) [3].

3/2015

В настоящее время активно ведутся исследования, направленные на разработку более универсальных сплавов. Из них получают высококачественные отливки, которые затем можно деформировать с большими степенями обжата. Например, авторами работы [4] были созданы сплавы на основе эвтектики (Al)+Al₃Ni (Никалины - АЦ₆Н₄, АЦ₇Мг₃Н₄ и др.), которые, обладая литейными свойствами не хуже, чем у силуминов, заметно превосходят их по прочности. А благодаря тому, что фаза Al₃Ni в эвтектике значительно дисперснее кремниевой фазы в силуминах, способны воспринимать также и значительную пластическую деформацию.

Исследуемый нами сплав системы Al-Zn-Mg-Ca (ему дали название Альцимак) на основе дисперсной эвтектики (Al)+Al₄Ca, дешевле никалинов, поскольку кальций дешевле никеля [5,6]. Однако необходимо провести сравнение этих сплавов по комплексу прочностных и технологических характеристик.

В этой работе была поставлена цель - исследовать возможности применения к сплаву с кальцием пластической деформации. Для этого решались две задачи:

- Оценить принципиальную возможность деформирования композиции Al₉Zn₄Ca₃Mg (Al-9%Zn-4%Ca-3%Mg) в сравнении с известным эвтектическим литейным сплавом. Эталон для сравнения служил никалин АЦ₆Н_{0,5}Ж.

- Подвергнуть реальный образец сплава системы Al-Zn-Ca-Mg прокатке по режимам, установленным в течение предварительных экспериментов.

В настоящее время, в условиях экономии средств на проведение научно-исследовательских работ, актуально использование моделирования различных процессов – физических, химических, механических, термических и т.п. Это позволяет экономить материалы и не задействовать дорогостоящее и малодоступное

промышленное оборудование на начальных этапах исследовательских работ. Так, для оценки деформируемости новой композиции мы использовали установку физического моделирования термомеханических процессов Gleeble 3800, позволяющую при минимальных затратах времени и материальных ресурсов получить информацию о поведении металла и изменении его механических свойств в процессе прокатки,ковки,экструзии,литья,сварки и др., что важно при разработке новых или корректировки уже существующих технологий [7].

Экспериментальные методики

Сплавы Al₉Zn₄Ca₃Mg (Al-9%Zn-4%Ca-3%Mg), Al₁₀Zn_{3,5}Ca₃Mg (Al-10%Zn-3,5%Ca-3%Mg) и АЦ₆Н_{0,5}Ж (Al-6%Zn-0,5%Ni-0,5%Fe) готовили на основе алюминия А99. Легирующие элементы вводили в виде: лигатур Al-18%Ca, Al-20%Ni, Zn и Mg в чистом виде (Mg заворачивали в алюминиевую фольгу). Разливку осуществляли в графитовую форму при температуре расплава 730-740°C, получая плоские отливки с размерами 15x30x180 мм (скорость охлаждения при кристаллизации около 10 °C/с).

Термообработку отливок проводили в муфельных электрических печах SNOL 8,2/1100 с точностью поддержания температуры около 5°C.

Микроструктуру литых, термообработанных и деформированных образцов изучали на оптическом микроскопе Olympus GX51 (ОМ) и сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA 3 (СЭМ). Для приготовления шлифов применяли как механическую, так и электролитическую полировку.

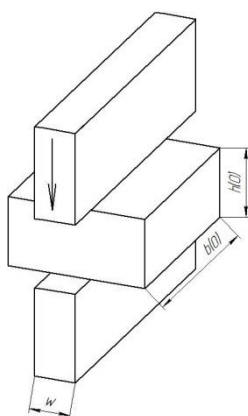
Испытания проводили на модуле Hydrowedge II (Рис.1) комплекса физического моделирования термомеханических процессов Gleeble System 3800.



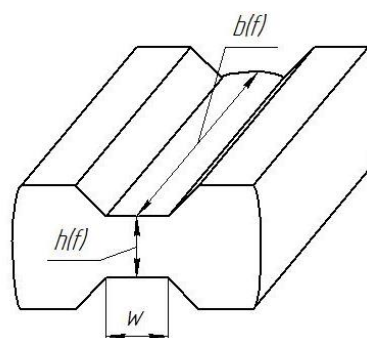
Рис. 1 – Модуль для испытания на плоское деформационное сжатие Hydrowedge II [7].

Образец для испытания изготавливается в виде прямоугольной призмы со сторонами 20x15x10 мм. Для уменьшения поверхностных сил трения на образцы наносили графитовую смазку и затем зажимали их между плоскими бойками прямоугольной формы (Рис.2). Для контроля температуры к образцам приваривали термопару.

Перед деформацией образцы нагревали до температуры испытания со скоростью 5°C/с в низком вакууме ($13,3 \cdot 10^{-1}$ Па) путем прямого пропускания тока и выдерживали в течение одной минуты, затем деформировали на 75% и охлаждали потоком сжатого воздуха (скорость охлаждения 30°C/с).



а



б

Рис.2- Схемы испытания (а) и образца после деформации (б) [7].

После завершения испытания или моделирования результаты автоматически загружались в программу Origin, встроенную в каждую систему Gleeble 3800. Программа Origin может быть настроена таким образом, чтобы загружать данные каждого испытания и мгновенно отображать любое количество диаграмм, обеспечивая тем самым быстрый и удобный анализ каждого

проведенного испытания. Программа строит цветные графики и таблицы. Для построения истинных кривых деформации, рассчитывали поправку на трение между образцами и бойками, а также на боковое расширение [8,9]. После расчета поправок строили графики зависимости истинного напряжения от истинной деформации при одноосном плоском сжатии.

Горячую прокатку осуществляли на лабораторном стане 260. Тип стана **Дуо**, реверсивный, максимальная ширина проката **250мм**, скорость прокатки **0,2 м/с**.

Предел прочности и относительное удлинение прокатанных образцов определяли по ГОСТ 1497-84 на универсальной испытательной машине FP100/1.

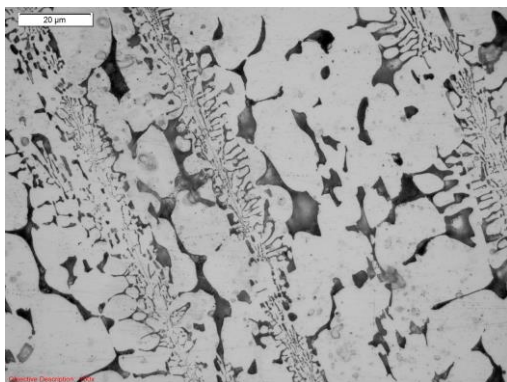
Результаты и их обсуждение.

В работах [4,6] установлено, что для хорошей деформируемости сплавов эвтектического типа, после литья их надо отжечь при температурах 450-600°C в течение 3-х часов с целью получения структуры с равномерно распределенными дисперсными включениями интерметаллидов в алюминиевом твердом растворе. В сплаве Al9Zn4Ca3Mg этим интерметаллидом является фаза Al₄Ca, а в сплаве АЦ6Н0,5Ж – Al₃Ni. Поэтому все экспериментальные сплавы отжигали по режиму 450°C, 3 час. + 540°C, 3 час.; согласно рекомендациям авторов работ [4,6]. Микроструктура сплавов в литом состоянии и перед пластической деформацией представлена на рисунке 3. В литой структуре по границам дендритов алюминиевого твердого раствора располагается эвтектика (Al) + Al₄Ca, где фаза Al₄Ca имеет вид сплошного жесткого каркаса на фоне (Al) (Рис.3а). После термической обработки фрагментированные округлые частицы фазы Al₄Ca располагаются в рамках эвтектических колоний по

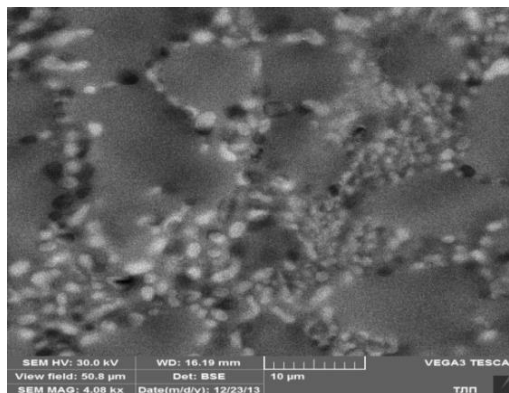
границам дендритов твердого раствора на основе алюминия (Al) (Рис.3б).

Испытаниям на модуле Hydrawedge II подвергали сплавы Al9Zn4Ca3Mg и АЦ6Н0,5Ж при температурах 400 и 450°C и со скоростями 0,1; 0,3 и 1,0 с⁻¹.

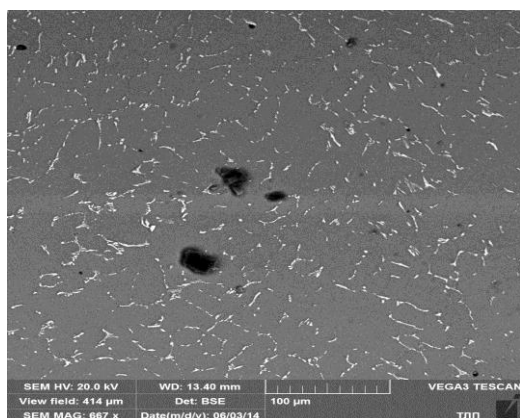
По результатам испытаний строили зависимости напряжение течения – степень деформации (рис.4,5). При всех условиях сплав Al9Zn4Ca3Mg хорошо деформировался. Повышение температуры деформации (Рис.4) и понижение ее скорости (Рис.5) приводит к уменьшению напряжения течения для обоих сплавов. Несколько повышенные значения напряжения течения у Альтимака по сравнению с Никалином можно объяснить более высоким содержанием в его структуре интерметаллидов эвтектического происхождения. В структуре сплава АЦ6Н0,5Ж около 5% фазы Al₃Ni, в то время как в сплаве Al9Zn4Ca3Mg содержится порядка 15% фазы Al₄Ca. На рисунке 6 представлена структура сплава Al9Zn4Ca3Mg вне зоны деформации и в зоне деформации. Если после отжига сферические частицы фазы Al₄Ca расположены в рамках исходных эвтектических колоний, то после деформации они перераспределяются внутри алюминиевой матрицы и выстраиваются в направлении течения металла, не препятствуя деформированию.



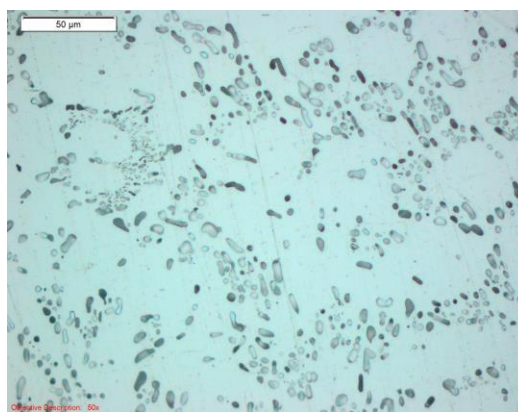
а



б

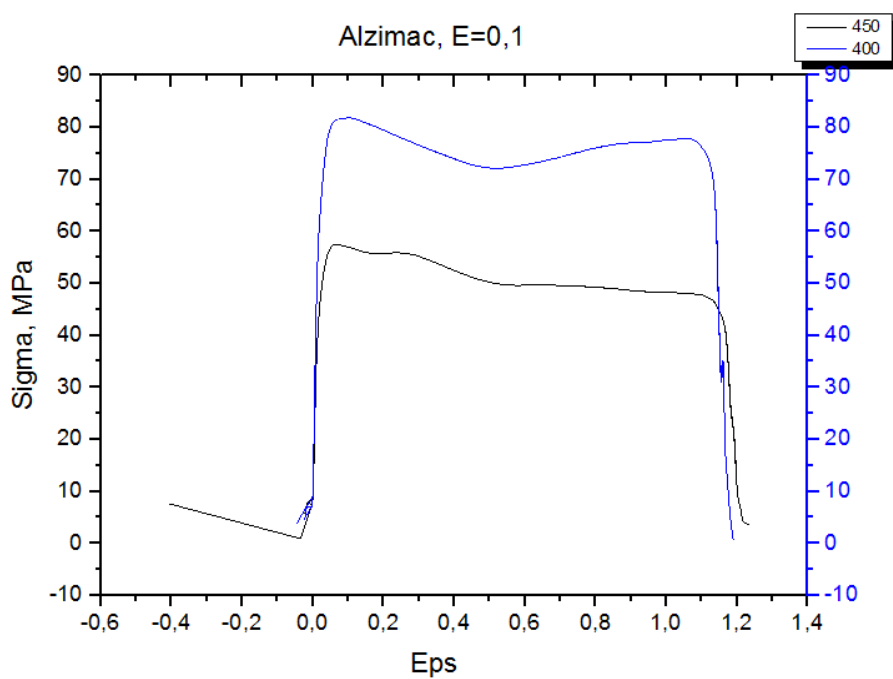


В

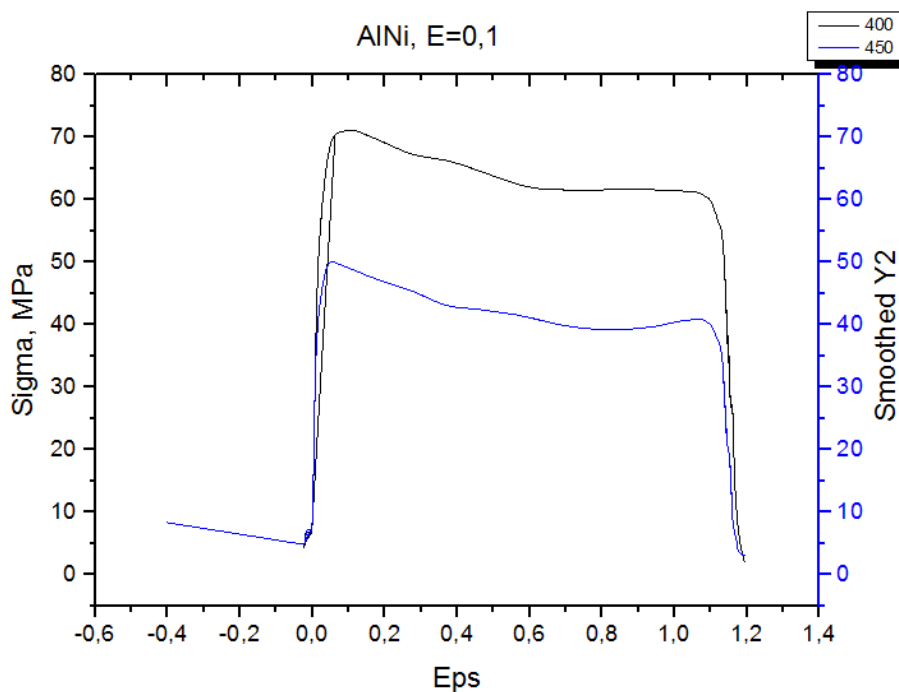


Г

Рис. 3 - Микроструктура сплава $Al9Zn4Ca3Mg$ а) ОМ, литой, $\times 1000$; б) после отжига $450^{\circ}C+540^{\circ}C$: СЭМ, $\times 4000$; в) $Al26H0,5Ж$, литой, СЭМ, $\times 700$; г) $Al10Zn3,5Ca3Mg$ после отжига $450^{\circ}C+540^{\circ}C$, ОМ, $\times 1000$



а



б

Рис. 4. Зависимость напряжение течения – степень деформации сплавов $Al9Zn4Ca3Mg$ (а) и $АЦ6Н0,5Ж$ (б) при скорости деформации $0,1 \text{ с}^{-1}$ и разных температурах.

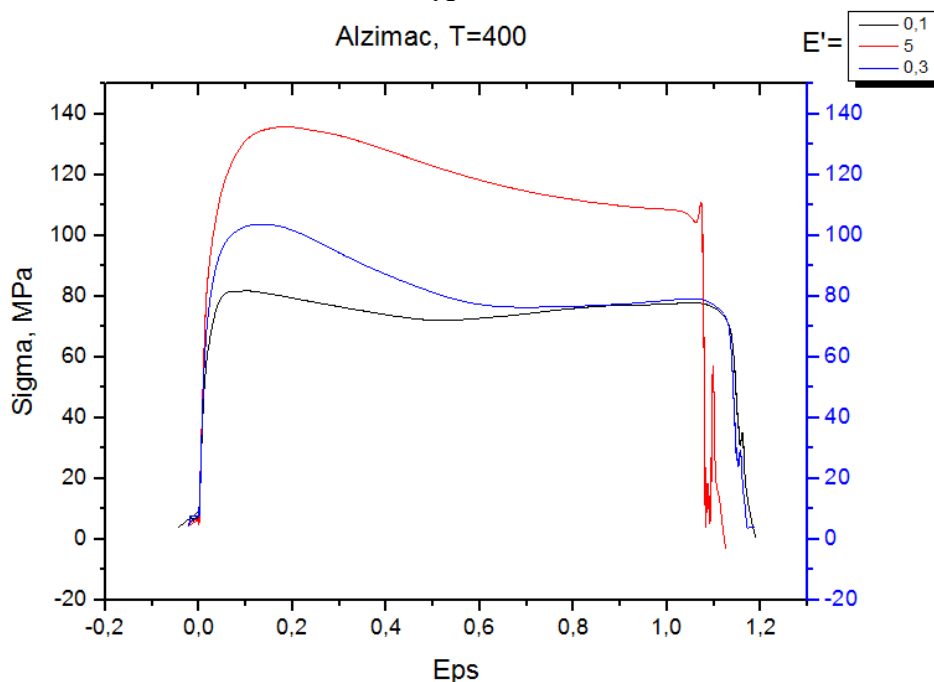


Рис. 5 - Зависимость напряжение течения – степень деформации сплава $Al9Zn4Ca3Mg$ при 400°C и разных скоростях деформации

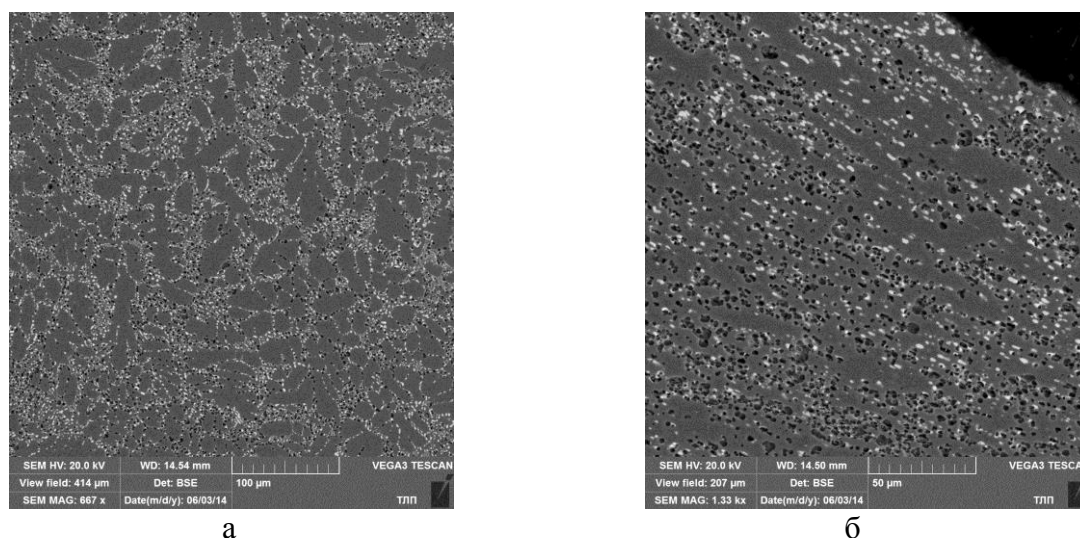


Рис. 6. Микроструктура сплава $Al_9Zn_4Ca_3Mg$, СЭМ: а) вне зоны деформации; б) в зоне деформации.

Таким образом, наиболее мягкими условиями деформации (когда напряжение течения наименьшее и не возникает трещин при деформировании) сплава с большой объемной долей эвтектики можно считать температуру $450^{\circ}C$ и скорость деформации $\dot{\epsilon}'=0.1 \text{ с}^{-1}$.

Предварительные испытания на усталовке физического моделирования термомеханических процессов Gleeble 3800 показали принципиальную возможность деформирования сплавов системы Al-Zn-Ca-Mg. С учетом полученных результатов был изготовлен сплав Al-10%Zn-3,5%Ca-3%Mg с уточненным химическим составом. В нем было снижено содержание кальция для уменьшения доли эвтектической составляющей и увеличено содержание цинка для усиления эффекта дисперсионного твердения в процессе упрочняющей термической обработки – закалки и искусственного старения. Его также отжидали по режиму $450^{\circ}C, 3 \text{ час.} + 540^{\circ}C, 3 \text{ час.}$

(Рис.3г). В структуре этого сплава частицы фазы Al_4Ca немного крупнее и более равномерно распределены в алюминиевой матрице по сравнению со сплавом $Al_9Zn_4Ca_3Mg$ после термообработки по такому же режиму.

Плоские отливки с размерами $10 \times 15 \times 180 \text{ мм.}$ деформировали при температуре $450^{\circ}C$. Степень деформации при проходах составляла от 10 до 50% (задаваемое расстояние между валками от 13,2 до 2,4 мм, соответственно). Толщина образца экспериментального сплава после прокатки – 3,22 мм. Максимальная общая деформация составила 78,5%.

Микроструктура образца после прокатки в продольном направлении представлена на рисунке 7. Частицы фазы Al_4Ca равномерно распределены в твердом растворе на основе алюминия (Al).

Значения твердости до и после прокатки – 123НВ и 112НВ соответственно.

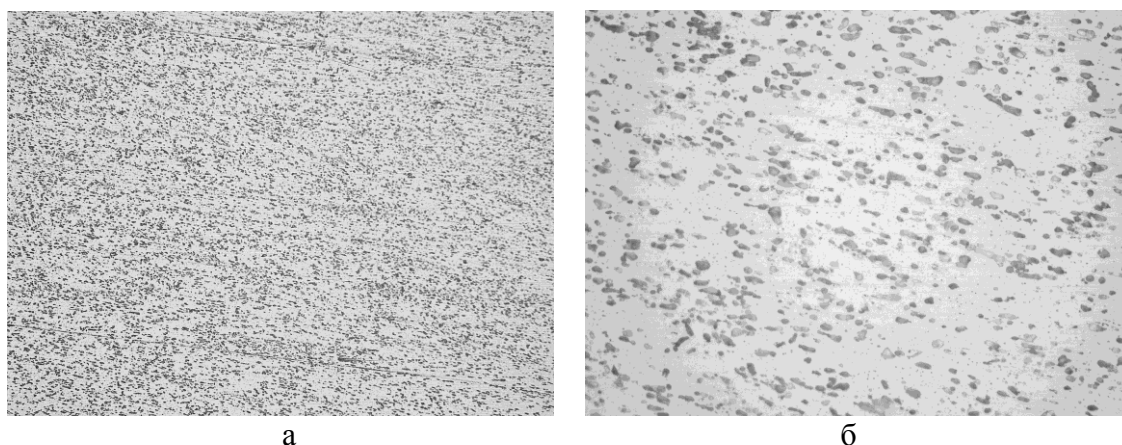


Рис. 7. Микроструктура сплава Al-10%Zn-3,5%Ca-3%Mg после прокатки (продольное направление), ОМ: а) $\times 200$; б) $\times 1000$

Прочностные характеристики проката исследовали на образцах, вырезанных в продольном и поперечном направлениях после термической обработки по режиму:

закалка 500°C , 3 час. и искусственное старение при 170°C , 3 час. (режим Т6) (Таблица 1).

Таблица 1.

Прочность сплава Al-10%Zn-3,5%Ca-3%Mg после прокатки и термической обработки

Направление	После прокатки		После закалки		После закалки и иск. старения (Т6)	
	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %
Долевое	361	13,1	-	-	584	3,2
Поперечное	353	9,0	395	2,5	465	1,85

После прокатки и термической обработки по режиму Т6 прочность экспериментального сплава находится на уровне высокопрочных деформируемых сплавов типа В95 ($\sigma_{\text{в}}=470-490\text{МПа}$, $\delta=2-4\%$) [11]. А поскольку высокая объемная доля эвтектики предполагает хорошую технологичность также и при литье, можно назвать экспериментальный сплав Al-10%Zn-3,5%Ca-3%Mg в технологическом смысле универсальным высокопрочным алюминиевым сплавом нового типа.

Выводы.

1. Проведены испытания сплава Al-4%Ca-9%Zn-3%Mg (Альцимак) ме-

тодом одноосного сжатия на модуле Hydrawedge II комплекса физического моделирования термомеханических процессов Gleeble System 3800 при температурах 400 и 450°C со скоростями $0,1$; $0,3$ и $1,0 \text{ c}^{-1}$. Установлено, что сплав пригоден для деформационной обработки и практически не уступает в технологичности высокопрочному никалину. Для последующих испытаний термопластических технологических процессов можно рекомендовать температуру $T=400^{\circ}\text{C}$ при скорости деформации $\dot{\epsilon}=0,1 \text{ c}^{-1}$ или температуру $T=450^{\circ}\text{C}$ при скорости деформации $\dot{\epsilon}=0,2-0,3 \text{ c}^{-1}$, когда

- сплав Al-4%Ca-9%Zn-3%Mg деформируется без разрушения и зарождения трещин.
2. Проведена прокатка сплава Al-10%Zn-3,5%Ca-3%Mg на лабораторном стане 260 при температуре 450⁰C и скорости деформации $\dot{\epsilon}=0.2 \text{ с}^{-1}$. Установлено, что сплав выдерживает суммарную деформацию более 70%.
 3. Установлено, что после прокатки и термической обработки по режиму Т6 прочность экспериментального сплава Al-10%Zn-3,5%Ca-3%Mg составляет 465-584МПа, что соответствует высокопрочным деформируемым алюминиевым сплавам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов Н.А., Золоторевский В.С. Курс лекций Алюминиевые сплавы: металлосведение, применение, стандарты. – 120 с.
2. Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А., Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. Учебник для ВУЗов – 3-е изд., перераб. и доп. – М. «МИСИС», 2001.-416с.
3. Белов Н.А., Савченко С.В., Белов В.Д.. Атлас микроструктур промышленных силуминов- М.: Издательский Дом МИСИС, 2009, 204 с.
4. Белов Н.А., Золоторевский В.С. Литейные сплавы на основе алюминиево-никелевой эвтектики (никалины) как возможная альтернатива силуминам, Цветные металлы, 2003, №2. – С.99-105.
5. Свойства элементов: Справ.изд. Кн. 1/ Под ред. Дрица М.Е.- 2 изд, М.: Металлургия, ГУП журнал «Цветные металлы» 1997, 432 с.
6. Н.А.Белов «Высокопрочный сплав на основе алюминия с добавкой кальция». Патент РФ № 2478132, публ. 27.03.2013, бюл.№9.
7. Система Gleeble 3800 . Режим доступа: <http://gleebleru.leeble.com/index.php/2012-05-22-13-54-47/gleeble-3800.html> (дата обращения 05.12.2014).
8. Deiter G.E., Kuhn H.A., and Semiatin S.L., Handbook of workability and Process Design, - P. 61-67.
9. Silk N. J. and van der Winden M.R. Materials Science and Technology, Vol. 15, March 1999. - 295 p.
- 10.Белов Н.А. Фазовый состав промышленных и перспективных алюминиевых сплавов - М.: Издательский Дом МИСИС, 2010, 511 с.
- 11.Плиты из алюминия и алюминиевых сплавов ГОСТ 17232-99

Наумова Е.А.,

доцент,

кандидат технических наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», кафедра материаловедения,

e-mail: jan73@mail.ru

Васина М.А.,

аспирант,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», кафедра материаловедения,

e-mail: mariavasina90@gmail.com

Малиновская О.С.,

ведущий научный сотрудник,

кандидат физико-математических наук

ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»,

e-mail: tikkireya@yandex.ru

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПАКТНЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ ШТАМПОВКИ С КРУЧЕНИЕМ

Введение

Технологии получения изделий из гранулированных сплавов в настоящее время широко применяются в промышленности. Это позволяет повысить комплекс эксплуатационных характеристик деталей и полуфабрикатов за счет повышения уровня легированности сплавов и существенного диспергирования их структуры.

В 60-е годы прошлого века у нас в стране активно начала развиваться металлургия титановых, а в 70-е годы - никелевых гранул [1-2]. Получение изделий из быстрозакристаллизованных сплавов этих металлов представлялось возможным после создания газостатических установок. Предел прочности заготовок из сплавов системы Ti-Al-Mo, охлажденных со скоростями порядка 10^6 - 10^7 К/с после горячего изостатического прессования (ГИП) составлял 1137, относительное сужения 30%, а в обычной литой заготовке - 896 МПа и 12%, соответственно [1].

Производство изделий для газотурбинных двигателей - заготовок дисков, валов,

лабиринтов и других из гранул жаропрочных никелевых сплавов позволило заметно повысить их механические и жаропрочные характеристики, что увеличило ресурс их работы в 4-5 раз [2].

Не отставали и разработчики быстрозакристаллизованных алюминиевых сплавов. В книге [3], написанной в 1995 году, собраны и обобщены результаты более чем тридцатилетних исследований в этой области. Созданы высокопрочные и жаропрочные сплавы, превосходящие по комплексу свойств их аналоги, изготовленные традиционными методами.

Несколько позднее, в 80-90-е годы прошлого столетия, были начаты исследования в области металлургии магниевых гранул. К сожалению, в литературе мало опубликовано работ по этой теме, хотя первые полученные результаты были многообещающими. Быстрозакристаллизованные магниевые сплавы по абсолютным значениям прочностных характеристик соответствуют полуфабрикатам из деформируемых алюминиевых сплавов, превосходя

3/2015

их по удельным значениям этих параметров в 1,4 – 1,6 раза [4]. Например, временное сопротивление разрыву полуфабрикатов из сплавов МА14гр и МА2-1гр, созданных на базе известных деформируемых сплавов, на 15-20% выше, чем у полуфабрикатов, полученных из слитков. Заметный эффект получен также по пределу текучести при растяжении (20-25 %), при сжатии (до 40%) и по ударной вязкости (увеличение в 3-5 раза). Скорость охлаждения при изготовлении составила порядка 10^2 - 10^3 К/с [5].

Один из важнейших этапов гранульной технологии – получение компактных заготовок. Традиционно гранулы брикетируют, спекают и подвергают горячей и холодной деформациям. Нагревы при спекании и деформации осуществляются в интервале температур 400-450⁰С, а суммарная выдержка составляет несколько часов. Это вызывает различные изменения в исходной структуре гранул и может привести к равновесному состоянию – коагуляции интерметаллидных фаз и укрупнению зерна [3]. Поэтому желательно применять такие технологические схемы, при которых время выдержки гранул в условиях высоких температур будут минимально.

Автор работ [4.6] разработал технологию изготовления горячепрессованных труб из гранулированных магниевых сплавов, которая заключалась в прессовании полуфабрикатов непосредственно из гранул без предварительного нагрева и уплотнения. Суть технологии состояла в засыпке холодных (+20 °С) гранул сплава МА2-1 в горячий контейнер прессы с последующим деформированием в прутки или тру-

бу. Эта схема прессования непосредственно из гранул без предварительного компактирования обеспечивала получение полуфабрикатов с хорошим схватыванием гранул и механическими свойствами, несколько превышающими свойства подобных изделий, полученных по серийной технологии. Однако, эта технология не позволяет получить полностью беспористые изделия, а значит, обеспечить максимально возможный уровень механических свойств при использовании быстроохлажденных сплавов.

Целью данной работы являлось получение компактной заготовки из гранулированного сплава МА2-1 методом штамповки с кручением. Основанием для подобного эксперимента послужили исследования авторов [7,8].

По ходу работы необходимо было решить следующие задачи:

- Изучить структуру и состояние поверхностных слоев исходных гранул с целью выбора из них наиболее подходящих;
- Подготовить оснастку для получения брикета из гранул;
- Получить компактную заготовку из спрессованного брикета и исследовать её структуру и свойства.

1. Материалы и методики

Исходные гранулы из сплава МА2-1 (Табл.1) были изготовлены в ООО «Производственная компания Метатран» [4]. Их получали непрерывным разбрызгиванием струи жидкого металла непосредственно при помощи вращающегося диска, изготовленного из меди, в среде жидкого азота или гелия.

Таблица 1. Химический состав гранулированного магниевого сплава МА2-1гр [4].

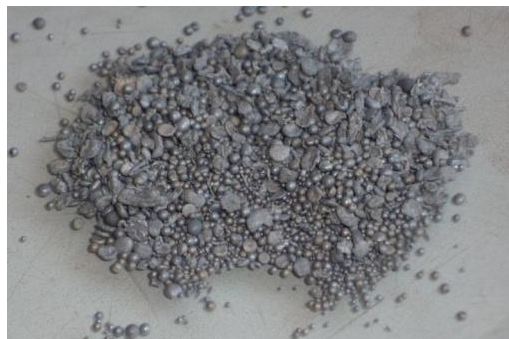
Марка сплава		МА2-1гр					
Химический состав в %	Элемент	Mg	Al	Zn	Mn	O ₂	N ₂
	пределы	основа	3,8 – 5,0	0,8 – 1,5	0,3 – 0,7	0,02 – 1,5	0,003 – 0,2
	Примеси	Cu	Ni	Si	Fe	Be	Сумма прочих
	не более	0,05	0,004	0,1	0,04	0,002	0,3

Внешний вид гранул представлен на рис. 1. Размеры гранул, отлитых в жидкий азот, варьировались от 0,5 до 5,0 мм в диаметре (они были разделены на 6 фракций: самые крупные – фракция №1, самые

мелкие – фракция №6). Гранулы, отлитые в гелий, имели более правильную округлую форму и не сильно различались по размеру. Их диаметр не превышал 1,0 мм.



а)



б)

Рис. 1. Внешний вид гранул сплава гранул МА2-1гр.: а) отлитых в жидкий азот; б) отлитых в гелий

Исследование микроструктуры образцов проводили с помощью металлографического микроскопа Olympus GX51 и растрового электронного микроскопа Vega Tescan.

Для исследования термической стабильности структуры гранул проводили технологические нагревы в камерной печи сопротивления СНО 6.10.6/6.

Элементный и химический анализ поверхности образцов гранул исследовали с помощью рентгеновского фотоспектрометра PHI Quantera.

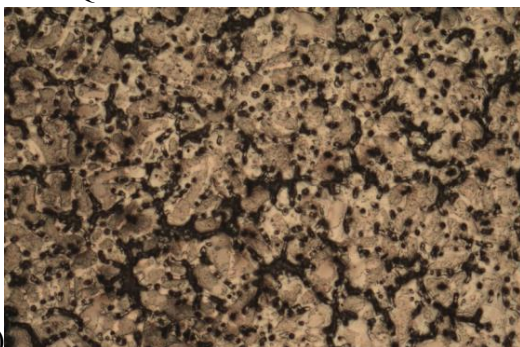
Для измерения микротвёрдости использовали прибор Emkotech DuraScan 70.

Прессование гранул в брикет проводилось с помощью испытательной машины Instron Satec Series, работающей на сжатие.

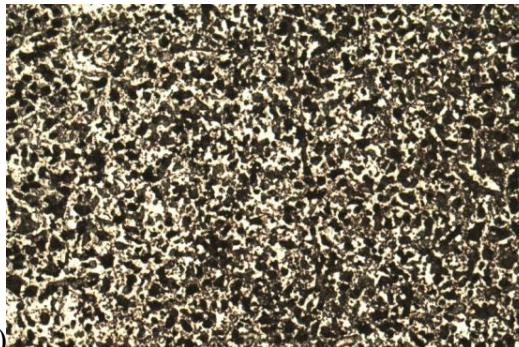
Для штамповки с кручением использовали винтовой пресс фирмы ЗИЛ (установка находится на кафедре машиностроения МГИУ).

2. Результаты и обсуждения

Структура исследованных гранул представлена на рисунке 2.



а)



б)

Рис. 2. Структура: а) гранул сплава МА 2-1гр., отлитых в жидкий азот (самая мелкая фракция); б) гранул сплава МА 2-1гр., отлитых в гелий; увеличение x200.

Одним из факторов, влияющих на свойства и качество материала из гранул, является состояние поверхности исходных гранул, в частности, состав и толщина поверхностных пленок. Толщина образующихся оксидных пленок весьма мала, что

требует применения для их изучения методов анализа поверхности, способных давать информацию о чрезвычайно тонких поверхностных слоях.

В этой работе мы исследовали состав и толщину поверхностных слоев гранул

сплава МА2-1гр. с помощью рентгенофотоспектрального (РФС) анализа. Исследование состава поверхностных слоев гранул сплава МА2-1, отлитых в жидкий азот и гелий, показало их идентичность. Поверхность гранул представляет собой оксид

магния, а также небольшое загрязнение углеродом (табл. 3; рис.3), возникшее вследствие хранения образцов не в герметичной упаковке. Толщина оксида более 60 нм.

Таблица 3. Элементный состав поверхности гранул МА2-1, отлитых в гелий и азот

	МА2-1, отлитые в гелий	МА2-1, отлитые в азот
Элементы	Атомный %	
О	64,3	58,1
С	19,5	22,9
Mg	16,2	17,4

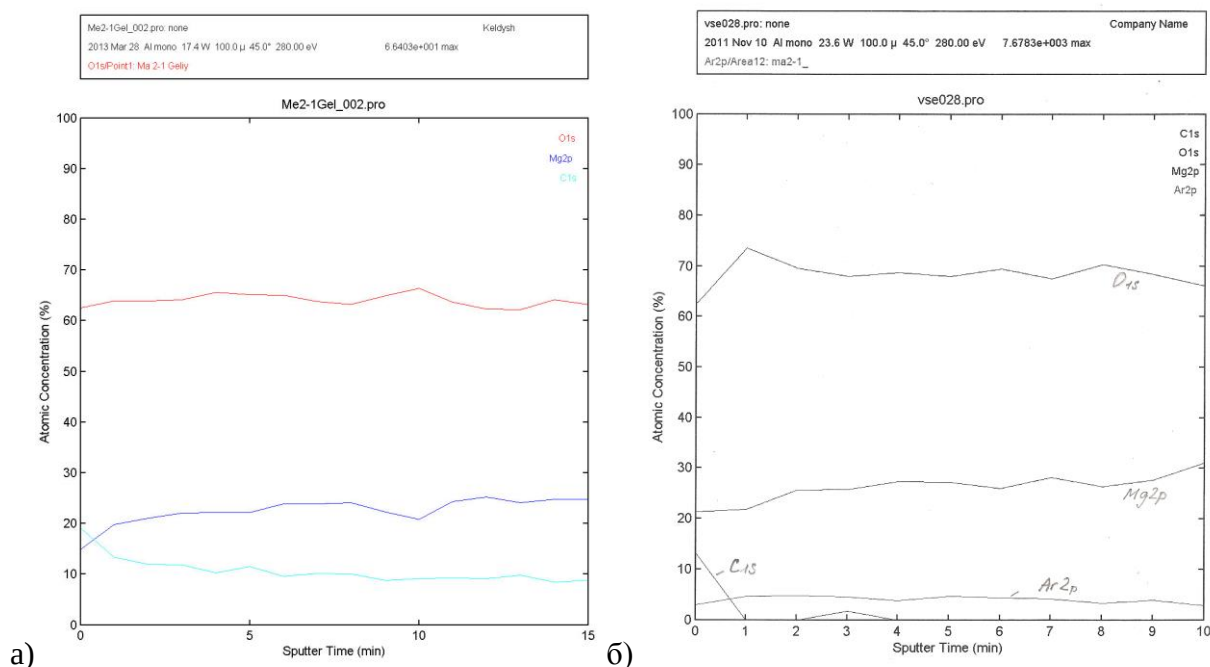


Рис. 3. Профилирование поверхности гранулы – зависимость концентрации элементов О, Mg и С от времени травления: а) гранул МА2-1, отлитых в гелий, б) гранул МА2-1, отлитых в жидкий азот.

В гранулах, охлаждённых в гелий, толщина окисного слоя почти в 2 раза меньше (~4 мкм), чем в гранулах, охла-

ждённых в жидкий азот (~8-10 мкм) (рис. 4).

а

)

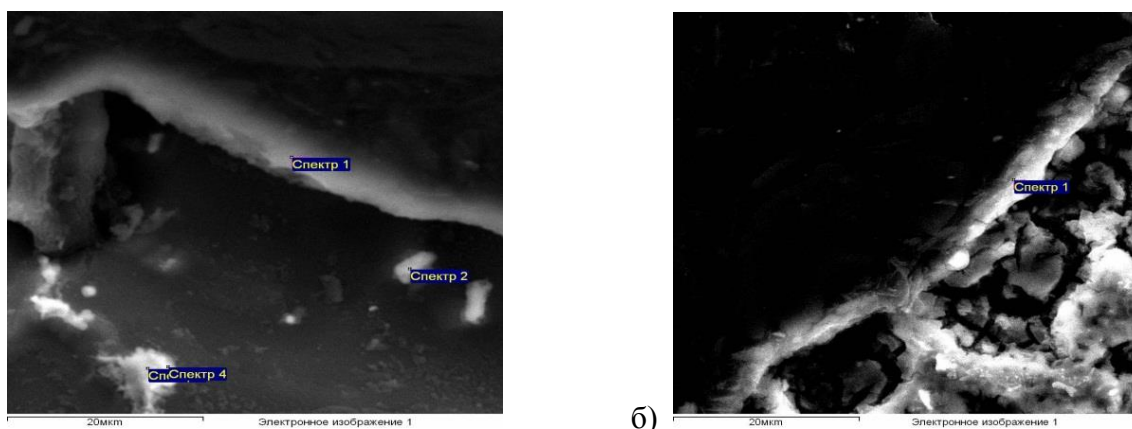


Рис. 4. Граница гранулы: а) сплава МА2-1 самой мелкой фракции, распылённой в жидкий азот; б) сплава МА2-1, распылённой в гелий; увеличение $\times 4000$.

Спектр	Mg	Al	Si	Zn	Итог
Спектр 1	84.11	11.28	4.62	0.00	100.00
Спектр 2	60.17	22.27	0.84	16.72	100.00
Спектр 3	71.48	22.85		5.67	100.00
Спектр 4	73.71	19.65		6.64	100.00

*Все результаты в весовых %

С помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ) авторами исследовалась структура гранул, в частности, распределение элементов по дендриту и по линии (табл.4,5; рис. 5). Можно сказать, что сплав МА2-1 представляет собой α - твердый раствор, аномально пресыщенный алюминием и

цинком, с тонкой прослойкой γ - фазы ($Mg_{17}Al_{12}$) по границам дендритных ячеек твердого раствора. Цинк, по-видимому, входит в состав этой фазы, замещая атомы Mg и Al. С ростом диаметра гранулы укрупняются интерметаллидные включения по границам дендритных ячеек. Распределение интерметаллидных фаз неоднородно.

Таблица 4. Распределение элементов по дендриту гранулы сплава МА2-1, распылённого в гелий.

Спектр	Mg	Al	Zn	Итог
Спектр по линии 1	94.45	3.81	1.74	100.00
Спектр по линии 2	93.29	6.71	-	100.00
Спектр по линии 3	93.51	6.49	-	100.00
Спектр по линии 4	93.58	6.42	-	100.00
Спектр по линии 5	96.70	3.30	-	100.00
Спектр по линии 6	93.57	5.20	1.22	100.00

Таблица 5. Распределение элементов по линии в грануле фракции 6 сплава МА2-1, распылённого в жидкий азот.

Спектр	Mg	Al	Zn	Итог
Спектр по линии 1	92.19	4.84	2.97	100.00
Спектр по линии 2	96.32	3.68	-	100.00
Спектр по линии 3	97.15	2.85	-	100.00
Спектр по линии 4	97.05	2.95	-	100.00
Спектр по линии 5	95.37	4.15	0.48	100.00

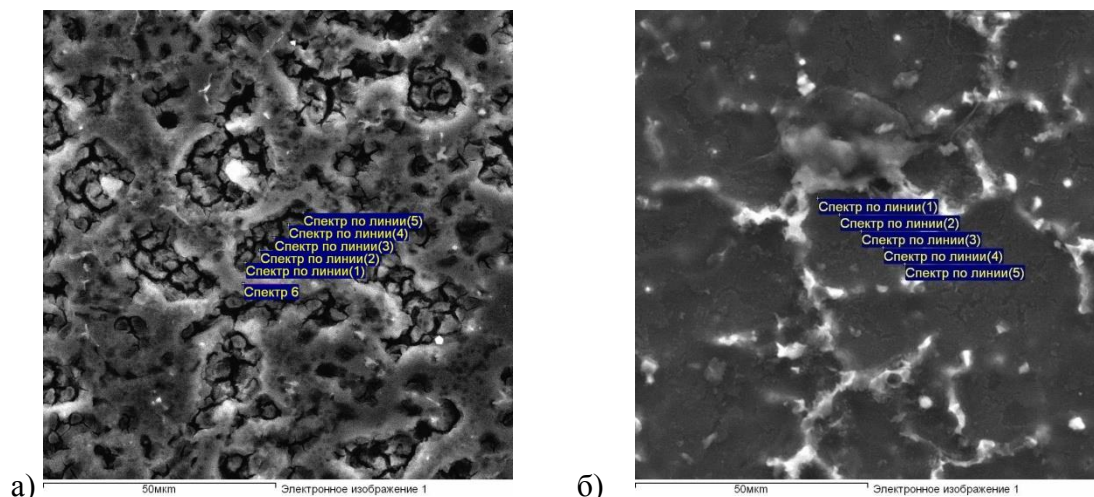


Рис. 5. Распределение спектров а) по дендриту гранулы сплава МА2-1, распылённого в гелий, увеличение $\times 2000$; б) по линии в грануле самой мелкой фракции сплава МА2-1, распылённого в жидкий азот, увеличение $\times 1000$

В гранулах сплава МА2-1, охлаждённых в гелий, легирующие элементы распределены менее равномерно по дендритной ячейке по сравнению с гранулами, отлитыми в азот.

На схватывание гранул магниевых сплавов при прессовании оказывает влияние их фракционный состав и толщина окисного слоя, которая должна быть как можно меньше. Исходя из этого, мы

предполагаем, что более подходящими для изготовления полуфабрикатов могут быть гранулы, охлажденные в среде гелия.

Значения микротвёрдости гранул сплава МА2-1гр всех фракций близки между собой (табл.6). Различие в свойствах гранулированных сплавов, охлаждённых с разной скоростью, можно ожидать, по-видимому, только у готовых полуфабрикатов при испытании на растяжение.

Таблица 6. Значения микротвёрдости гранул сплава МА2-1 в зависимости от образцов при нагрузке 50 г и увеличении $\times 40$.

Образец	Значение микротвердости, НВ
Гранулы сплава МА 2-1гр., отлитые в жидкий азот	88,86
Гранулы сплава МА2-1гр., отлитые в гелий	78,3

Термическую стабильность структуры гранул изучали при температурах от 100 до 500°C, времени отжига 1,2 и 5 часов и охлаждении до комнатной температуры на

воздухе. По результатам был сделан вывод о том, что нагревы до 500 °С в течение 5 часов заметно не влияют на микротвердость гранул.

Исходя из этого, более подходящими для изготовления полуфабриката были признаны гранулы сплава, отлитые в гелий (рис.16).

На первом этапе получения компактных заготовок проводилось предварительное брикетирование гранул. Для этого изготавливалась специальная оснастка из теплостойкой стали 5ХНМ. Она состояла из матрицы и 2-х пуансонов. Оснастку с засыпанными внутрь гранулами помещали в разогретую до 200°C печь на 20 мин, а

затем проводили прессование гранул в брикет.

Из-за отсутствия схватывания, сила сцепления между отдельными гранулами брикета сравнительно невелика и обуславливается в основном механическим зацеплением гранул. Излом брикета подтверждает отсутствие сварки между отдельными гранулами. Однако последующие деформационные усилия обеспечивают необходимое схватывание гранул.

На полученный брикет изготавливался специальный бандаж из меди (рис.6).

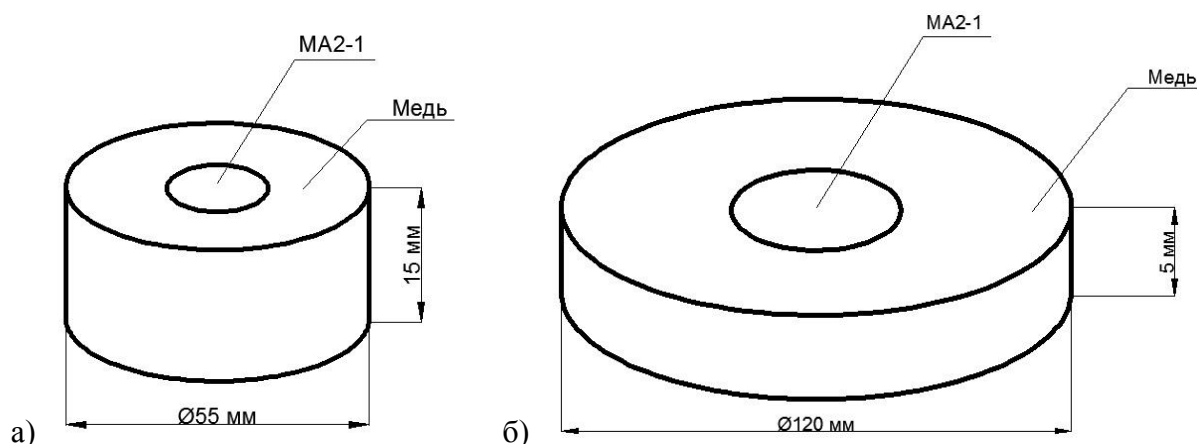


Рис.6. Схема заготовки: а) до штамповки; б) после штамповки.

Штамповку осуществляли при усилии 100 тонн и обороте штампа 180° [7]. Оснастку предварительно нагревали до температуры 440 °С.

Образцы для исследования вырезали из периферийной и центральной частей штамповки. Микроструктура представлена на рис. 7. В центральной части структура несколько более дисперсна, но значения микротвердости центральной и периферийной областей практически одинаковы, порядка 86HV.

Для сравнения: микротвердость образцов, вырезанных из трубы, полученной по технологии [4,6] в продольном направлении составила около 80 HV, а в поперечном - 71 HV.

Недостатком получаемых в настоящее время труб по технологии [4.6] из сплава МА2-1 является повышенная пористость (1,5-2%) и анизотропия свойств. Пористость образцов, полученных данным методом штамповки с кручением, оценивалась количественными методами и составила 0,5%.

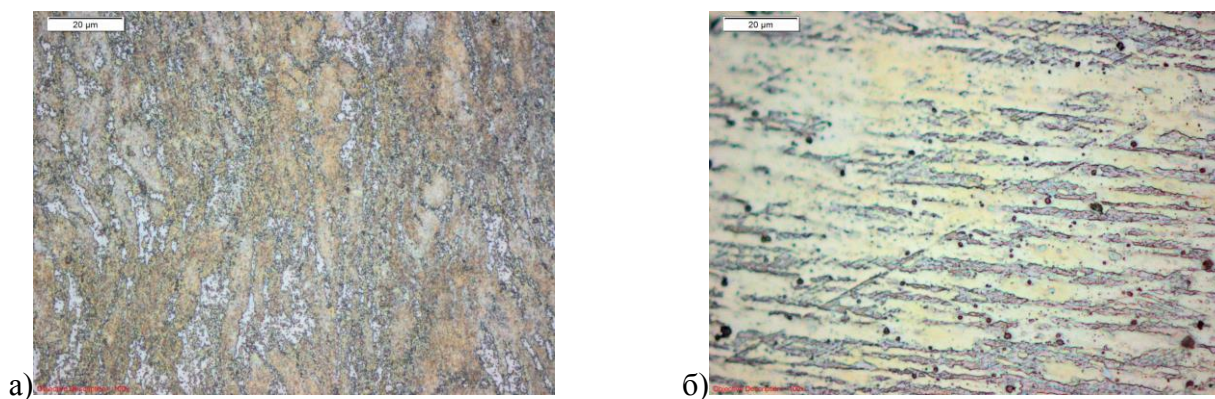


Рис. 7. Микроструктура полуфабрикатов: а) микроструктура заготовки, полученной штамповкой с кручением; б) микроструктура трубы, полученной по технологии [4], поперечное сечение, $\times 1000$.

Таким образом, показана принципиальная возможность получения высококачественных заготовок из гранулированных магниевых сплавов методом штамповки с кручением, при котором интенсивные сдвиговые деформации в материале сочетаются с необходимым давлением.

Заключение

1. Исследованы особенности микроструктуры быстрозакристаллизованных сплавов МА2-1, отлитых в жидкий азот и гелий. Структура всех гранул дендритная, размер дендритных ячеек различается по сечению гранулы из-за неравномерности охлаждения. Более быстрое охлаждение по периферии и более медленное в центре. С ростом диаметра гранулы укрупняются интерметаллидные включения по границам дендритных ячеек.
2. Структура гранул сплава МА2-1, распылённых в гелий, более дис-

персная, чем гранул того же сплава, но распылённых в жидкий азот. В гранулах, охлаждённых в гелий, легирующие элементы распределены менее равномерно по дендритной ячейке, а толщина окисного слоя почти в 2 раза меньше (~ 4 мкм), чем в гранулах, охлаждённых в жидкий азот ($\sim 8-10$ мкм).

3. Технологические нагревы, вплоть до 500°C заметно не влияют на структуру и свойства гранул МА2-1. Это должно обеспечить запас стабильности структуры гранул при переработке их в полуфабрикаты.
4. При изготовлении компактных полуфабрикатов предпочтительнее использовать гранулы сплава МА2-1, отлитые в гелий. Полученный методом штамповки с кручением полуфабрикат практически изотропен и имеет минимальную пористость (0,5%).

ЛИТЕРАТУРА

1. Демченков Г.Г., Мусиенко В.Т. Металлургия гранул титановых сплавов: перспективы и пути развития. //Технология лёгких сплавов, 2001, №5-6, С. 132-137.
2. Гарибов Г.С. Металлургия гранул в авиадвигателестроении. //Технология лёгких сплавов, 2001, №5-6, С. 138-148.
3. Добаткин В. И., Елагин В. И., Федоров В. М. – Быстрозакристаллизованные

алюминиевые сплавы. – М.: ВИЛС, 1995, 245с.

4. ООО «ПК «Метагран»» [Электронный ресурс] / Новые конструкционные материалы и изделия из сплавов на основе магния методом высокоскоростной кристаллизации. Электрон. дан. (33 файла) - М., [2003-2007]. – Режим доступа: <http://www.metagran.com/> - Загл. с экрана.

5. Волкова Е.Ф. – Современные деформируемые сплавы и композиционные материалы на основе магния (обзор). – МИТОМ, 2006, №11. С.20-23.

6. Шанин Н.Д. – Исследование и разработка технологии изготовления полуфабрикатов и корпусных деталей из гранулированного магниевого сплава: Автореферат диссертации канд. техн. наук. - М.,1991.-14с.

7. А. М. Шнейберг, О. С. Кошелев, Ф. П. Михаленко Экспериментальное исследование процесса компактирования хрупкой и пластичной стружки по схеме сжатие плюс вращение // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением, 2014, № 9, С. 8-12.

8. В.Н. Субич, В.А.Дёмин, Н.А.Шестаков, А.В.Власов – Штамповка с кручением. - М.: изд. МГИУ, 2008, 389с.

ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ И АРХЕОЛОГИЯ

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ИСТОРИЯ

*Амочаев П.А.,
преподаватель*

*Колледж государственного университета морского и речного флота имени адмирала
С.О. Макарова, Россия, Санкт-Петербург.*

e-mail: amochayeff@yandex.ru

КАНЦЕЛЯРСКИЕ СЛУЖАЩИЕ РУССКОЙ АРТИЛЛЕРИИ В 1720-Е ГОДЫ

Процесс модернизации, начатый реформами Петра I, затронул все сферы жизни русского общества, в том числе и сферу управления вооружёнными силами. Коллегиальный принцип, внедрявшийся повсеместно, вводился и в армии. Особую значимость в такой ситуации приобретала канцелярия и её непосредственная глава – секретарь [7.с.23]. Именно канцелярии вменялось в обязанность претворять в жизнь решения президента коллегии и его советников. Однако, как гласил «Генеральный регламент», советникам и асессорам коллегии «над Канцеляриею и Канторами, и над делами и трудами оных особое надзирание дается» [8.с.145].

Артиллерия, как особый род войск, имела собственную канцелярию, однако находилась в подчинении Военной коллегии [3.с.10]. Формально это выражалось в том, что один или несколько артиллерийских чиновников являлись советниками или асессорами Военной коллегии. Таким образом, канцелярия Главной артиллерии действовала под надзором Военной коллегии, хотя надзор этот осуществлялся самими же артиллерийскими офицерами, что придавало этой канцелярии большую самостоятельность.

Учитывая важную роль деятельности канцелярии Главной артиллерии в обеспе-

чении обороноспособности Российской империи, представляется крайне полезным исследовать этот вопрос подробнее. Для выполнения поставленной цели необходимо в первую очередь рассмотреть структуру и функции канцелярии, а также выяснить, с какими трудностями в работе ей приходилось сталкиваться и как она с ними справлялась, что поможет выявить степень эффективности её деятельности.

До введения коллегиальной системы русская артиллерия управлялась пушкарским приказом, который в 1701 году Пётр I переименовал, на западный манер, в артиллерийский [2.с.5]. Если в допетровские времена пушкарский приказ и остальные приказы военного профиля пользовались равным статусом и их взаимосвязь проявлялась лишь в том, что чаще всего их возглавлял один и тот же человек, то артиллерийский приказ возглавлялся генерал-фельдцейхмейстером, равным по рангу генерал-аншефу, следовательно находившимся рангом ниже генерал-фельдмаршала. Тем не менее, в царствование Петра I, генерал-фельдцейхмейстеры, не смотря на подчинённое положение армейскому начальству, пользовались известной самостоятельностью, так как один из них был царского происхождения (Александр Арчилович

Имеретинский), другой – ближайшим сподвижником царя (Яков Виллимович Брюс).

Во время учреждения коллегий Я.В. Брюс не только получил в своё ведение сразу две из них (берг- и мануфактур-коллегии), но и сохранил за собой чин генерал-фельдцейхмейстера, хотя ещё в 1718 году перепоручил фактическое управление артиллерией своему помощнику И.Я. Гинтеру. При этом Брюс не только не стал добиваться преобразования артиллерийского приказа в артиллерийскую коллегию, но и исходатайствовал для Гинтера место советника в Военной коллегии, что ставило артиллерию в ещё более подчинённое положение. На это указывает и новое название артиллерийского ведомства: оно перестало быть приказом, но не стало коллегией, а получило расплывчатое название – Главная артиллерия, которое и сохраняло до 1729 года, когда, наконец, прояснилось его место в системе военного управления и оно получило более точное наименование – канцелярия Главной артиллерии и фортификации.

Канцелярия была учреждена около 1705 года как походная администрация генерал-фельдцейхмейстера, а поскольку последний ведал всеми делами касающимися артиллерии, то все они проходили через его канцелярию. После того как в 1714 году канцелярия осела в Санкт-Петербурге, к ней постепенно переходит большинство функций приказа артиллерии, а сам приказ, оставшийся в Москве, имеет дело лишь с копиями бумаг присылаемых из канцелярии [2.с.57]. Наконец, в 1720 году, с переходом к коллегиальной системе, канцелярия становится центральным административным органом артиллерийского ведомства, а то, что осталось от московского приказа артиллерии, получает статус московской канторы [6.с.682], главной компетенцией которой становится московский арсенал. Позднее, были основаны обер-кригскаммиссарская контора, для управления снабжением артиллерии, обер-цейхвартерская контора, для заведования производством, хранением и распределением материальной части, а также казначейская и обер-контролёрская конторы, для

управления финансами. Кроме того, собственным штатом канцелярских служащих необходимо было обеспечить артиллерийский полк, все гарнизоны, заводы и арсеналы, а так же генералитет. Например, генерал-фельдцейхмейстеру полагалось иметь личного секретаря, переводчика, канцеляриста и двух писарей. Генерал-лейтенанту полагалось по одному канцеляристу и писарю, а генерал-майору – лишь один писарь [11.л.174].

Сама канцелярия должна была состоять из трёх повытий, в которых, кроме секретаря, должно было нести службу трое старых подьячих, трое подьячих средней руки и девять подьячих молодых. Однако, дефицит квалифицированных кадров приводил к тому, что должности старых подьячих подолгу пустовали. Их недостатку артиллерийское руководство компенсировало повышением количества средних и молодых подьячих. В феврале 1720 года канцелярия рапортовала Я.В. Брюсу о том, что в ней несут службу четверо подьячих средней руки (вместо трёх) и двенадцать молодых подьячих (вместо девяти), но ни одного старого подьячего [9.л.95об].

Переход на коллегиальную систему управления артиллерийским ведомством, отразился на его канцелярии не только тем, что подьячие теперь стали называться канцеляристами, подканцеляристами и копиястами, но и появлением новых должностей, таких как протоколист, регистратор или бухгалтер. Так в списке служащих канцелярии к концу 1725 года значилось двое секретарей, протоколист, регистратор, трое канцеляристов, пятнадцать подканцеляристов и семнадцать копиистов [11.л.137].

Такое резкое расширение администрации требовало увеличения численности канцелярских служащих, что ставило перед артиллерийским ведомством серьёзную проблему. Количество образованных людей в России в начале XVIII-го века было крайне невелико, их едва хватало, чтобы заполнить вакансии в центральных ведомствах, остальным приходилось искать свои пути выхода из подобных затруднений.

Положение осложнялось возросшим документооборотом. Дело в том, что приказная система не предусматривала чёткой специализации канцелярских служащих, в то время, как деятельность коллегий была полностью подчинена положениям «Генерального регламента», который требовал точно определить круг обязанностей каждого должностного лица. И это требование не было праздным, так как многие «артиллерийские служители», получая новое назначение, терялись в догадках: что они теперь обязаны делать и за что отвечать. Показательным, в данном отношении, является доношение Родиона Скворцова, отправленное в марте 1727 года в обер-цейхвартерскую кантору: «Прошлого 1721 года марта 21 дня... велено мне отправлять в Выборге за цейхвартера,.. а инструкции мне не дано и по се число, как бы мне отправить цейхвартерское дело»[15.л.1]. Причина, того что в течение шести лет Скворцов не мог добиться от Санкт-Петербурга инструкции, одна – таковую инструкцию ещё только предстояло создать. И, хотя указ Главной артиллерии о составлении «регламента всем чинам» был разослан во все подчинённые ей подразделения ещё в 1725 году, с требованием окончить эту работу в две недели[12.л.58об], однако, как можно видеть, и к 1727 году эта работа закончена не была. И это не удивительно, так как эту работу должны были выполнять те же канцеляристы, которым вменялось в обязанность составлять регулярные отчёты о приходе и расходе артиллерийских припасов, вести роспись личного состава и всё текущее делопроизводство.

Можно было бы предположить, что артиллерийское ведомство всего лишь пытается раздуть штаты, но документы беспристрастно свидетельствуют, что недостаток канцелярских служащих привёл к серьёзным упущениям в системе учёта материальных ценностей, что, в свою очередь, создавало почву для всевозможных злоупотреблений. Приведём лишь несколько случаев воровства.

В октябре 1727 года мастеровой партикулярной верфи поймал мужика несшего

«мартирку», при осмотре которой выяснилось, что похищена она с пушечного литейного двора: «...А каким образом она мартирка ис под караула с пушечного литейного двора пропала, о том я неведом» – оправдывался цейхвартер Подошвенников[22.л.1]. А вот другому цейхвартеру – Антропову – оправдаться не удалось и в марте 1730 года он был взят под арест «за похищение ис того цейхгауза артиллерийских припасов»[24.л.1]. Ещё одним изворотливым проходимцем оказался комиссар Тебеньков, которому в июне 1728 года приказано было продать обрезки сукна оставшиеся после пошива мундиров солдатам артиллерийского полка, а вырученные деньги передать в казначейскую кантору. Лишь в мае 1730 года выяснилось, что денег он так и не передал: «...А допросами Тебеньков показал, что из семи кулей покровей передал Кухтину (купцу-покупателю – П.А.) четьре, по цене 160 рублей 87 копеек и из оных денег была покупка разным припасам (каким неизвестно)»[26.л.118]. Комиссару не поверили и велели вернуть в казну всё сполна, но обращает на себя внимание тот факт, что недостача обнаружилась лишь спустя два года.

А вот другой случай. В феврале 1730 года некий крестьянин сообщил, что на новгородском тракте найдена пушка, которая по осмотру оказалась калибром 25 с половиной фунтов и по словам того же крестьянина утеряна в 1724 году при перевозке из Новгорода в Санкт-Петербург[23.л.114]. Припрятал ли её подрядчик, нанятый для перевозки, чтобы потом продать или просто потерял, но, то что в Главной артиллерии шесть лет не замечали пропажи такого крупнокалиберного и дорогостоящего орудия, свидетельствует об уровне запущенности канцелярских дел в артиллерийском ведомстве.

Не мудрено, что жалобы о нехватке канцелярских служащих лились в Главную артиллерию из всех её подразделений нескончаемым потоком. Вот как, например, описывает свои бедствия вышеупомянутый цейхвартер Санкт-Петербургского арсенала Подошвенников: «...При цейхвартерских

делах письменное немалое правление; а имянно прием и отпуск всяким артиллерийским припасом и материалом; к литью пушек, мортир, гаубиц и прочей артиллерии и по присылаемым указам сочинение всяких ведомостей и рапортов и годовых счетных списков и прочее, а он де в правлении всего вышеписанного обретается один, да при нем для письменного исправления цейхшребер один, писарь один же... и ныне как в счетных так и в протчих письменных делах за малолюдством приказных людей чинится немалое упущение»[24.л.172]. Ему вторит промемория, присланная из Ревельского гарнизона: «...А присланные из оной конторы приходные и расходные книги за шнуром и за артиллерийской печатью ещё писать не зачаты, для того что обретающиеся при артиллерийских писменных делах писарь один, из учеников за писаря один же, которые ещё люди молодые и дела прямого знать не могут, как письменное произведение вести, а в ревельской артиллерии подъячего не имеется, а без подъячего во всяких делах чинится остановка и помешательство, о чем и неоднократно требовано от Главной артиллерии подъячего хотя б из молодых прислать, которого и доднесь в присылке не имеется»[17.л.5]. Не лучше дело обстояло и в Москве: «...Обретающийся в Москве цейхвартер Никифор Суитин требует от оной конторы для письма и сочинения табелей как приходу так и расходу пушек, мортир и артиллерийской арматуры из артиллерийских служителей писать умеющего одного человека»[20.л.1].

Однако Главная артиллерия объективно не в силах была помочь всем страждущим: «...А что она (Московская – П.А.) контора требует о присылке канцелярских служителей для исправления инженерного дела и оных за недовольством ныне при канцелярии Главной артиллерии и фортификации послать некого; а понеже в прошлых 726-м, 727-м и 728-м годах посланными из Главной артиллерии в Герольдмейстерскую контору промемориями требовано о присылке канцелярских служителей из оставшихся за штатом от коллегий и канцелярий... и про-

тив того требования еще не прислано 22 человека»[24.л.16].

О том, как высоко ценило артиллерийское ведомство квалифицированные кадры, говорит уже тот факт, что оно даже готово было платить за них деньги, помогая им выкупиться из крепостной зависимости. В феврале 1730 года Московской конторе было указано «по челобитью канцеляриста Алексея Яковлева на искупление его от бывшего его помещика вице-губернатора Вельяминова-Зернова из холопства в зачет его Яковлева жалования выдать из той конторы денег сто рублей»[23.л.30]. Но этот случай – скорее исключение: не так уж много было в России образованных крепостных, поэтому вряд ли можно считать этот источник кадров основным.

Но и Герольдмейстерская контора не была единственным источником кадров для артиллерийской канцелярии, артиллерийское ведомство использовало и другие возможности пополнения штата. Например, активно задействовался ресурс грамотных служащих из других структур Главной артиллерии. Так в 1727 году писарем в оберцейхвартерскую контору был назначен ученик колёсного мастера Пётр Мечковский[19.л.1], а писарем Санкт-Петербургского арсенала – бомбардир Иван Синельников[16.л.1]. Другой писарь оберцейхвартерской конторы – Степан Бобров – был произведён из селитряных учеников охтинских пороховых заводов[18.л.1]. Привлекались и военнослужащие из других родов войск: в апреле 1730 года переводчиком в канцелярию был назначен солдат Ладожского пехотного полка Пилюгин[25.л.162]. Неизвестно, где и как простой солдат выучился немецкому языку, но вполне объяснимо, что осознав выгоду своего положения, он решил не подставлять больше лоб под пули, а сделать карьеру более безопасным способом. Но, когда и этот резерв был исчерпан, приходилось прибегать к поиску грамотных людей среди рекрут. В марте того же 1730 года приказано было «определить в цейхдинеры двух, в цейхшреберы и в писари четырех, итого шесть человек из воротников или казенных извозчи-

ков»[24.л.238]. Зачастую брали людей и во все со стороны, как это произошло 1 сентября 1722 г., когда были определены «к сант питер бурхским канцелярским делам в копейсты ис посторонних Фёдор Мезенцев, Иван Ушаков, Иван Поморцов»[10.л.110об].

Данный способ пополнения кадров, скорее был вынужденным и регламентировался лишь указанием Я.В. Брюса от 29 июля 1721 г.: «Подьячих ежели кого можете приискать нарочитых людей и оных во артиллерию принять и усмотря ево дело жалование определить...»[9.л.132].

Однако такие кадры не всегда были надёжны. Зачастую им просто не хватало квалификации. Например, в декабре 1726 года был издан указ «о определении определенного в Санкт-Петербургский арсенал цейхшребера Василия Хворова в Тобольский гарнизон капралом; понеже он к вышеписанной цейхшреберской должности незаобыкновенен; и никогда при таких письменных делах не бывал; и той должности и такого великого трудного правления за старостью снести не может»[14.л.147]. Кроме того, серьёзную проблему составлял тот факт, что большинство артиллерийских офицеров, в данный период, были иностранцами, а работа в канцелярии предусматривал хорошее владение русским языком. По этой причине, в 1722 г., для заполнения вакансии обер-контролёра в артиллерию был прислан майор Смоленского пехотного полка Фёдор Палибин[10.л.176]. А в 1724 г. долгое время не могли подобрать офицера на должность казначей: «...понеже оные более из иноземцов а штапных русских (кроме шталмейстера) никаво нет»[11.л.142об]. Для выхода из ситуации, снова пришлось обратиться в Военную коллегию.

Впрочем, гораздо чаще канцелярских служащих уличали в более традиционных российских грехах: пьянстве и недисциплинированности. В феврале 1730 года вахмистр Метлин доложил, что денщик канцелярии Степан Ершов «от канцелярии отбывает без позволения и пьянствует непрестанно»[23.л.55], за что несчастного денщика тут же перевели в фузилеры и отпра-

вили в Низовой корпус. За прогулы же предписывалось штрафовать: «Понеже Главной артиллерии канцелярские служители во отправлении положенных на них канцелярских дел прилежания не имеют и многия в указные часы в канцелярию не ходят, а другие немалое время в канцелярии не бывают, а отговариваются якобы за болезнью им идти не можно, и от того в канцелярских делах чинится немалая остановка и запустение, и сего августа пятого дня по его императорского величества указу в Главной артиллерии определено. Ежели впредь оные канцелярские служители в канцелярию в указные часы ходить не будут, то у оных из жалования чинить вычеты по регламенту, а которые не будут ходить якобы за болезнями то для осмотру оных посылать артиллерийских лекарей и ежели по свидетельству их кто явится что болезни не имеет и обогнал тем Главной артиллерии напрасно, то об оных велеть им представлять Главной артиллерии без всякого прикрытия, и за оное по тем их представлениям тем канцелярским служителям чинить вычет же из их жалования по регламенту, а имянно за первый случай за две недели, за второй за месяц, за третий чинить телесное наказание без всякой пощады»[21.л.1].

Поставщиком более качественных кадров призвана была стать артиллерийская школа. Учениками школы становились дети солдат, мастеровых и канцелярских служащих. Обучение состояло из трёх ступеней. На первой учили грамматике, на второй арифметике, а вот третья ступень, где изучались основы алгебры и тригонометрии, предназначалась только для дворянских отпрысков и готовила будущих офицеров. Но даже на второй ступени уровень подготовки был достаточно высоким, чтобы выпускник мог претендовать на высокую должность в канцелярии. Например, в июне 1725 года школа рапортовала: «Кузьма Семионов учил дроби простые и мая 31 дня указом Ея величества государыни императрицы взят во артиллерийскую контору ко регистраторской должности для записи»[13.л.235].

Об уровне подготовки можно судить, в частности, и по тому, что далеко не все уче-

ники в состоянии были успешно закончить обучение. Были и такие, что обучаясь по 3-4 года так и не могли усвоить материал: «Из них же есть некоторые с летами немалые и уже к науке склонны и понятны быть не могут. Того ради по указу Ея Императорского Величества канцелярия Главной артиллерии и фортификации, означенных школьников кроме тех которые обретаются в геометрии разобрать и определить по рассмотрению оной конторы которые писать умеют тех в писари а прочих в другую службу в какой кто быть способны... А которые учат геометрию и оных написать в колесные и лафетные ученики»[24.л.201]. Если же отчисляемый ученик не мог быть определён в службу по малолетству, то его определяли в барабанщики при артиллерийском полку или в денщики к офицеру[27.л.140].

Таким образом, учреждение артиллерийской школы можно считать наиболее эффективным способом пополнения канцелярии личным составом высокой квалификации. Однако необходимо учитывать, что школа должна была выпускать не только канцелярских служащих, но и командный состав артиллерии и мастеровых. Поэтому необходимо признать, что проблема дефицита кадров в данный период оставалась для артиллерии неразрешённой, не смотря на то, что артиллерийское ведомство использовало все доступные ему средства для разрешения данной задачи.

С целью стимулирования служащих и оптимизации расходов артиллерийская канцелярия применяла гибкую систему оплаты труда. Не смотря на то, что штатом предусматривались твёрдые оклады: канцеляристам по 120 рублей в год, подканцеляристам по 80, а копиистам по 30; руководство канцелярии сознательно шло на нарушение этого положения. Вновь поступившие служащие, особенно прибранные со стороны, поначалу получали лишь подённую плату по 5 копеек в день. Так служил сын подьячего Перфилий Шестаков с 1719 по 1721 год[9.л.129] и дети подьячий Алексей Данилов и Фёдор Иванов[9.л.132]. Если работнику удавалось зарекомендовать себя, то он мог рассчитывать войти в состав штатных

служащих, но с половинным окладом. Например уже упомянутый Перфилий Шестаков удостоился такого повышения с 1 июля 1721 года, а его коллега Алексей Яковлев с 9 марта[9.л.132]. И только следующей ступенькой в карьере было получение полного оклада. Аргументировалось такое положение дел следующим образом: «...а понеже приказные люди все равного состояния быти не могут, ибо есть такие, которые в делах пред другими искуснее и в трудах прилежнее, того ради каждой коллегии и канцелярии определённую сумму по чину приказных служителей разделять всякому по трудам и по заслугам по своему рассмотрению»[11.л.161]. При этом артиллерийская канцелярия не только экономила на низкоквалифицированных работниках, но не забывала и поощрять трудолюбивых. Так в 1723 году из 13 копиистов, числившихся при канцелярии Главной артиллерии, только один получал оклад в 30 рублей, из остальных четверо получали по 36 рублей, четверо по 42 и ещё четверо по 48[11.л.135об].

Тем не менее, именно в это время артиллерийское делопроизводство выходит на новый уровень, о чём можно судить по архивным данным[1.с.8]. Строгая отчётность и четкое ведение документации, возобладавшие в артиллерии после 1730 года, без сомнения были достигнуты благодаря переменам, произошедшим в артиллерийской администрации между 1720 и 1729 годами. Этот период можно назвать переходным от приказного к коллегиальному управлению.

Успешность этих преобразований обусловлена, в том числе, и тем фактом, что во главе артиллерийского ведомства, в этот непростой для него период, оказался Иван Яковлевич Гинтер. В отличие от своего предшественника Я.В. Брюса, который, по мнению генерала Ратча, не особенно утруждал себя заботами по составлению правил для общего руководства артиллерией, Гинтер, со свойственной немцам педантичностью, оказался, в данном случае, как нельзя кстати: «В служебном отношении, заслуга Гинтера состояла в аккуратности по писменной части, в точности по отчётам, в полноте и предусмотрительности в требо-

ваниях и в заботливости об исправном содержании материальной части, эта заслуга была важная. Гинтер всегда вовремя входил с требованиями и следил за работою деловых дворов»[5.с.152]. Бурная деятельность, развитая Гинтером в связи с переводом артиллерии на новую, более совершенную систему управления, на наш взгляд, убедительно опровергает устоявшееся в отечественной историографии мнение, что «русская артиллерия в послепетровскую эпоху переживала период временного застоя в своём развитии»[4.с.100].

Совершенствование структуры, расширение штата канцелярских служащих, а главное, более чёткое определение круга компетенций каждого должностного лица, способствовали пресечению воровства, борьбе с нарушениями дисциплины и, в конечном итоге, повышению боеспособности всей русской артиллерии. Однако, наравне с положительными, необходимо отметить и отрицательные последствия данных изменений, и, прежде всего, это ещё более осложнившаяся, и без того непростая, ситуация с дефицитом подготовленных кадров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабич М.В. Государственные учреждения России XVIII в. М., Эдиториал УРСС. 1999
2. Бранденбург Н.Е. Материалы для истории артиллерийского управления в России. Спб., Издательство артиллерийского журнала. 1876
3. Данилов Н. А. Развитие военного управления//Столетие военного министерства 1802-1902 гг. Конспекты исторических очерков столетия военного министерства. Т. 1. СПб 1906
4. Прочко И.С. История развития артиллерии. СПб., Полигон. 1994
5. Ратч В.Ф. Пётр Великий, как артиллерист и капитан бомбардирской роты. Начальствовавшие артиллеристы при Петре// Артиллерийский журнал. 1857г. №3.
6. Струков Д. П. Главное артиллерийское управление//Столетие военного министерства 1802-1902 гг. Конспекты исторических очерков столетия военного министерства. Т. 6. СПб 1906
7. Шепелёв Л.Е. Чиновный мир России. XVIII – начало XX в. СПб., Искусство-СПБ. 2001
8. ПСЗРИ. т.VI. №3534. Генеральный Регламент или Устав
9. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. 2, д. 20
10. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. 2, д. 30
11. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. 2, д. 115
12. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. 3, д. 94
13. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. 6, д. 10
14. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. 6, д. 13
15. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. 8, д. 282
16. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. 8, д. 359
17. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. 8, д. 523
18. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. 8, д. 657
19. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. 8, д. 673
20. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. 8, д. 730
21. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. 8, д. 995
22. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. 8, д. 1234
23. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. Ген. повышение, д. 147
24. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. Ген. повышение, д. 148
25. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. Ген. повышение, д. 149
26. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. Ген. повышение, д. 150
27. ВИМАИВиВС, ф. 2, оп. Ген. повышение, д. 151

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

*Арский А. А.,
кандидат экономических наук,
старший преподаватель кафедры «Маркетинг и логистика»
Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»,
e-mail: arskiy@list.ru*

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЛОГИСТИКА ВО ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

На современном этапе развития общества роль информационного обмена является определяющей. «Кто владеет информацией, тот владеет миром» – данное выражение, известное любому менеджеру-профессионалу, принадлежит клану Ротшильдов, чья предприимчивость вошла в историю мировой экономики.

Каковы критерии оценки информации в наши дни? Можно ли оценить логистическую информацию во внешнеэкономической деятельности?

Дадим определение информационной логистике внешнеэкономической деятельности в контексте данной статьи. Информационная логистика это - организация

информационных потоков управленческой, коммерческой, финансовой и аналитической информации, сопровождающих материальный поток товаров и услуг при перемещении их через таможенную границу Таможенного союза.

В Таблице 1. представлены критерии эффективности организации информационной логистики, которые могут использоваться при оценке эффективности логистического менеджмента в части организации информационной логистики внешнеэкономической деятельности.

Таблица 1.

Критерии эффективности информационной логистики

№ п/п	Критерии (требования)	Показатель эффективности	Цель достижения критерия (требования)
1	Истинность, достоверность информации	$f = 1$	Отсутствие искажения и неверной интерпретации информации
2	Оперативность передачи информации	$t \rightarrow 0$	Скорость передачи - максимальна
3	Объем информации достаточен для принятия управленческого решения	$Q \geq 1$	Отсутствие неизвестных величин, факторов
4	Минимальные логистические издержки	$C \rightarrow 0$	Стоимость организации информационного обмена - минимальна

3/2015

Представленные в Таблице 1. качественные и количественные критерии могут быть использованы при проведении факторного анализа качества информационной логистики непосредственно менеджером-разработчиком логистического процесса. Сравнительный анализ, проведенный по представленным критериям, позволяет выявить уязвимости в организации информационного обмена при рассмотрении двух и более моделей информационной логистики.

Особое внимание критериям эффективности информационной логистики уделяется при ведении внешней торговли. Так, например, в случае нарушения условий документарного оформления груза (товара) его выпуск на территорию или с территории Таможенного союза может быть задержан или запрещен. При этом критерий оперативной передачи информации ($t \rightarrow 0$) может быть представлен новым эффективным значением: $t = 0$. Достижение нового эффективного значения возможно при исключении «посредников» в цепи передачи информации (источник – носитель – пользователь), т.е. в сокращении звеньев в этой цепи и передача этой информации по принципу «источник – пользователь»[1].

Минимизация логистических издержек информационной логистики так же может иметь новое эффективное значение, значение близкое к нулю. В данном случае определяющую роль играют условия внешнеторгового договора (Инкотермс) в котором, например условие DDP (delivered duty paid) предполагает отсутствие информационного обмена в контексте контроля над проведением логистического процесса, так как ответственность по контролю несет поставщик товара, равно как логистический аутсорсер[2].

Информационный обмен наряду с использованием эффективных средств обработки и передачи данных, предполагает наличие высокого уровня квалификации специалистов-разработчиков логистических процессов, готовых в конкретных

условиях среды модернизировать процесс информационного обмена в динамической логистической системе[3].

Актуальность совершенствования процессов информационной логистики связана и с текущими задачами, которые стоят перед экономикой страны. Амбициозные проекты, реализуемые в нашей стране в области модернизации отечественной логистической инфраструктуры, направлены на получение конкурентных преимуществ при использовании транзитного географического положения Российской Федерации для организации автомобильных и железнодорожных перевозок между КНР и Европейским союзом. К данным проектам можно отнести, прежде всего, Транссибирскую магистраль и маршрут, проходящий через территорию Республики Казахстан – «Западная Европа – Западный Китай» общей протяженностью 8445 км. (ввод в эксплуатацию 2019-2020г.). Данные проекты приобретают особую актуальность в свете развития взаимоотношений в формате Единого экономического пространства – приемника ЕврАзЭС.

Последним, но одним из самых важных аспектов построения эффективной информационной логистики является защита информации. В наши дни, дни бурного научно-технического прогресса сохранить что-либо от конкурентов в тайне практически невозможно. Для чего нужно защищать информацию? Как ей могут воспользоваться конкуренты или мошенники? В первую очередь раскрытие информации вредит торгово-распределительной деятельности организации, т.е. конкурент может знать об источниках снабжения вашей организации, ассортименте продукции, которую вы планируете импортировать на территорию Таможенного союза, а так же о структуре логистического процесса, о ваших партнерах-аутсорсерах, выполняющих по вашему поручению транспортирование. Проецируя раскрытие подобной информации на оперативную деятельность своей организации, читатель-бизнесмен без труда найдет уязвимые места по кото-

рым конкурент может нанести удар (экономический).

Подводя итоги можно сделать вывод о том, что процесс совершенствования любой системы – бесконечен. Теория управления информационной логистикой долж-

на «содействовать практике» в решении повседневных задач, только в этом случае отечественные организации могут эффективно конкурировать на международных рынках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арский А.А. Современные методы анализа логистической деятельности предприятия // Вестник университета (Государственный университет управления). Государственный университет управления. – М.: № 14, 2010. С. 17-21.

2. Арский А.А. Механизм взаимодействия таможенных органов с участниками внешнеэкономической деятельности с использованием услуг транспортно-логистических компаний. Диссертация

кандидата экономических наук: 08.00.05 [Место защиты: Российская таможенная академия]. – М., 2011. –154 С.

3. Арский А.А. Совершенствование профессиональной подготовки специалистов таможенных органов // Вестник университета (Государственный университет управления). Государственный университет управления. – М.: № 21, 2011. С. 132-134

АННОТАЦИИ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

Андреев А. И.

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ БИОРТОГОНАЛЬНЫХ ВЕКТОРОВ

Работа является изложением фундаментальной теории биортогональных векторов. Предлагаемая работа представляется полезной широкому кругу специалистов по математике и ее прикладным направлениям.

Ключевые слова: биортогональные вектора, фундаментальное тождество, полноосная матрица.

Андреев А. И.

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ТЕНЗОРНОГО ПРОИЗВЕДЕНИЯ МАТРИЦ В ТЕОРИИ ГРУПП

Работа является изложением фундаментальной теории тензорного произведения матриц и векторов с применением тензорного произведения в теории групп, в теории однородных функций.

Ключевые слова: тензорное произведение матриц, тензорное произведение групп, теория групп.

Фильчев Э. Г.

АБИССАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДИОФАНТОВЫХ УРАВНЕНИЙ

В статье автор рассматривает абиссальные системы диофантовых уравнений и способы их решения.

Ключевые слова: системы диофантовых уравнений, десятая проблема Гильберта.

Тайланов Н. А., Ахмаджанова У. Т., Ахмедов Э. Р., Самадов М.Х., Тухтамишев И.Т. **ТЕРМОМАГНИТНАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ В СВЕРХПРОВОДНИКАХ**

Проведено теоретическое исследование процесса развития терромагнитной неустойчивости типа скачка магнитного потока в сверхпроводнике II-рода, находящегося в плоском полубесконечном образце в рамках модели критического состояния Бина.

Ключевые слова: терромагнитная неустойчивость, критическое состояние, вязкое течение потока

Лохвицкий В.А., Калинин С.В., Нечай А.А.

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ В БАЗУ ДАННЫХ ДЛЯ ЕЁ СВОЕВРЕМЕННОЙ АКТУАЛИЗАЦИИ

В статье рассматривается подход к построению системы автоматизированной интеграции информации в базу данных. Приводится состав системы актуализации и схема ее взаимодействия с базой данных на примере решения задачи целераспределения.

Ключевые слова: база данных, актуализация информации, адекватность состояния модели, задача целераспределения, система актуализации, формуляр объекта.

Наумова Е.А., Белов Н.А., Хомутов М.Г., Никитин Б.К., Громов А.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ AL-CA-MG-ZN

С целью оценки поведения литейного алюминиевого сплава с высокой объемной долей эвтектики при деформировании были проведены высокотемпературные испытания сплава Al-9%Zn-3%Mg-4%Ca методом одноосного сжатия на модуле Hydrawedge II комплекса физического моделирования термомеханических процессов Gleeble System 3800. Проведена прокатка сплава Al-10%Zn-3,5%Ca-3%Mg на лабораторном стане. Исследованы его структура и свойства в деформированном и термически обработанном состояниях.

Ключевые слова: физическое моделирование, термомеханические испытания, одноосное сжатие, напряжение течения, прокатка, деформация.

Наумова Е.А., Васина М.А., Малиновская О.С.

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПАКТНЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ ШТАМПОВКИ С КРУЧЕНИЕМ

В работе всесторонне исследованы микроструктура, состав поверхностных слоев и термическая стабильность гранул сплава МА2-1, распыленных в среде жидкого азота и гелия. Проведено сравнение гранул, полученных в разных условиях, с точки зрения возможности получения из них деформированных полуфабрикатов. Получены полуфабрикаты методом штамповки с кручением из сплава МА2-1, отлитого в гелий.

Ключевые слова: быстрозакристаллизованные сплавы, гранулы, магниевые сплавы, микроструктура, дендриты, фракционный состав, микротвердость, термическая стабильность, получение полуфабрикатов, обработка металлов давлением, штамповка с кручением.

Амочаев П.А.

КАНЦЕЛЯРСКИЕ СЛУЖАЩИЕ РУССКОЙ АРТИЛЛЕРИИ В 1720-Е ГОДЫ

Данная работа является попыткой всестороннего анализа процесса смены системы управления артиллерийским ведомством российской армии с приказной на коллегиальную. С этой целью автор рассматривает такие вопросы, как структура канцелярии Главной артиллерии, способ комплектования её приказными служащими, организация их обучения и трудовой деятельности, проблемы делопроизводства. Опираясь на документы, хранящиеся в архиве Петербургского Военно-исторического музея артиллерии, инженерных войск и войск связи, автор пытается показать с какими трудностями пришлось столкнуться артиллерийской администрации в связи с резким расширением штата приказных служащих и повышением требований к их квалификации.

На основании исследованных фактов автор делает вывод о том, что, несмотря на ряд объективных трудностей, эффективность деятельности канцелярии Главной артиллерии, в изучаемый период, в целом серьёзно возросла.

Ключевые слова: русская артиллерия, артиллерийский приказ, канцелярия Главной артиллерии, генерал-фельдцейхмейстер, подъячий, Яков Брюс, Гинтер.

Арский А. А.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЛОГИСТИКА ВО ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В статье предлагаются качественные критерии оценки эффективности информационного обмена в логистических системах международной торговли, применяемые в области логистического менеджмента

Ключевые слова: логистика, таможня, информационная логистика, Таможенный союз.

3/2015

SUMMARY

Andreev A.I.

FUNDAMENTAL THEORY OF BIORTHOGONAL VECTORS

The work is a statement of the fundamental theory of bi-orthogonal vectors. The proposed work seems useful to a wide range of experts in mathematics, and its application areas.

Key words: biorthogonal vector, fundamental identity, polnoosnaya matrix.

Andreev A.I.

FUNDAMENTAL THEORY TENSOR PRODUCT OF MATRICES IN GROUP THEORY

Jobs introduces math matrix interpolation theory of discrete functions and their derivatives, characterized by simplicity and economy.

Key words: tensor product of matrices, the tensor product groups, group theory.

Filchev E.G.

ABYSSAL SYSTEM OF DIOPHANTINE EQUATIONS

The author considers the abyssal system of Diophantine equations and their solutions.

Key words: system of Diophantine equations, Hilbert's tenth problem.

Taylanov N.A., Ahmadjanova U.T., Ahmedov E.R., Samadov M.H., Tuhtamishev I.T.

THERMOMAGNETIC INSTABILITY IN SUPERCONDUCTORS

A theoretical study of the process of thermomagnetic instability of the jump of the magnetic flux in the superconductor II-kind, located in a semi-infinite flat pattern in the model of the critical state of the Bean.

Key words: thermomagnetic instability, a critical state, the viscous flow stream.

Lokhvitskiy V.A., Kalinichenko S.V., Nechay A.A.

APPROACH TO CONSTRUCTION OF SYSTEM OF THE AUTOMATED INFORMATION INTEGRATION IN THE DATABASE FOR ITS TIMELY UPDATING OF

The article discusses an approach to construction of system of the automated integration of information into the database. Shows the composition of the system update and the scheme of its interaction with the database on the solution of the tasks of target setting is considered.

Key words: database, updating of information, the adequacy of the model's state, the task of target setting is considered, the system of updating, the form object.

Naumova E.A., Belov N.A., Chomutov M.G., Nikitin B.K., Gromov A.V.

STUDY DEFORMABLE CASTING ALLOY BASED ON THE SYSTEM AL-CA-MG-ZN

In order to assess the behavior of cast aluminum alloy with a high volume fraction of the eutectic in the high-temperature deformation were carried out tests of the alloy Al-9% Zn-3% Mg-4% Ca by uniaxial compression by module Hydrawedge II of installation of physical modeling of thermomechanical processes Gleeble System 3800.

Authors were carried rolling alloy Al-10% Zn-3,5% Ca-3% Mg on a laboratory rolling installation. Then investigated structure and properties of objects after rolling and after heat-treatment.

Key words: physical simulation, thermomechanical tests, uniaxial compression, flow stress, deformation.

Naumova E.A., Vasina M.A., Malinovskaya O.S.

BLANKS PREPARING COMPACT GRANULAR MAGNESIUM ALLOYS STAMPED WITH TORSION

In this paper it is comprehensively studied microstructure, composition of the surface layers and thermal stability of MA2-1 the alloy granules sprayed into liquid nitrogen and helium. A comparison of the granules in different conditions is obtained in terms of the possibility of getting deformed semifinished products. Semifinished products were obtained by stamping with torsion method.

Key words: high rapid crystallized alloys, granules, magnesium alloys, microstructure, dendrites, fractional composition, microhardness, thermal stability, obtaining semifinished products, metal forming, stamping with torsion.

Amochaev P.A.

OFFICES CLERKS OF RUSSIAN ARTILLERY IN 1720-S YEARS

Many reforms was implemented in Russia by Peter the Great, some of them concerned management of the artillery. Czar aspired to change outdated state bodies to new and more effective ones. The main difference of these new departments was using collective method of decision-making. For this reason, it was named college. Army was managed by Military college, but artillery had some independence. She was managed by own body, which was named The Main Artillery Office. This department used the collective method of decision-making too. In this case the office clerks had big importance. They decides which questions will be consider by heads of artillery and which method will be used to carry out of them decisions.

The author of this article set to himself the task to investigate the question of how the business of The Main Artillery Office had been put. To reach this point the author considers such questions, as structure of the Main Artillery Office, ways of recruiting new employees and the methods of their training. As a result, the author came to conclusion that the reform of artillery management brought to the rise of its efficiency.

Key words: Russian artillery, main artillery office, General Feldzeugmeister, artillery management, artillery clerks.

Arskiy A.A.

INFORMATION LOGISTICS IN FOREIGN TRADE

The article offers quality criteria for evaluating the effectiveness of information exchange in international trade logistics systems used in logistic management

Key words: logistics, customs, information logistics, Customs Union