$$K_d = \frac{\Delta N_{ss}}{\Delta P \cdot A_{US}}$$

Mazkur koeffitsient mexanik bosim va ultratovush ta'siri ostida sirt holatlari zichligining o'zgarish darajasini tavsiflaydi. Tajriba natijalari K_d ning o'zgarishi sirt holatlari zichligining pasayishi va zaryad relaksatsiyasi jarayonlarining barqarorlashuvi bilan bog'liqligini ko'rsatdi. Bu koeffitsiyent ushbu tadqiqot doirasida taklif etilgan yangi parametr bo'lganligi sababli uning o'ziga [1;11-b.] havolasini qo'yish kerak emas. Aksincha, formuladan keyin uning fizik ma'nosini o'zingizning natijalaringiz asosida tushuntirish to'g'ri.

Xulosa. Mazkur ishda metall–shisha–yarimo'tkazgich strukturalarda mexanik bosim va ultratovushning alohida hamda birgalikdagi ta'siri ostida sirt holatlari zichligi va zaryad tashuvchilar relaksatsiyasi tajribaviy tadqiq etildi. Natijalar mexanik bosim ortishi bilan sirt holatlari zichligi kamayishi, ultratovush ta'sirida esa zaryad relaksatsiyasi tezlashib, xarakterli vaqt konstantalari qisqarishini ko'rsatdi. Mexanik bosim va ultratovushning birgalikdagi ta'sirida sirt holatlari zichligining alohida ta'sirlarga nisbatan kuchliroq kamayishi kuzatilib, sinergetik effekt aniqlandi. Bu hodisa interfeysdagi atomlararo bog'lanishlar va defektlarning qayta konfiguratsiyalanishi bilan izohlanadi. Chegara sohasi holatini miqdoriy baholash uchun dinamik barqarorlik koeffitsiyenti taklif etildi. U sirt holatlari zichligi va tashqi ta'sir intensivligi o'rtasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Olingan natijalar MSHY strukturalarning elektrofizik xossalarini mexanik va akustik ta'sirlar yordamida boshqarish mumkinligini ko'rsatdi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

[1]. B.Kuchkarov, O.Mamatkarimov, A.Abdulkhayev. "Influence of the ultrasonic irradiation on characteristic of the structures metal-glass-semiconductor". IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., vol. 614, 012027, 2020.

[2]. A.Gorb, O.A.Korotchenkov, O.Y.Olikh, A.O.Podolian, R.G.Chupryna. "Influence of γ-irradiation and ultrasound treatment on current mechanism in Au-SiO_2-Si structure," Solid-State Electron., vol. 165, 107712, 2020.

[3]. S.Z.Zainabidinov, S.I.Vlasov, D.E.Nazirov. "Influence of Pressure on the Properties of Metal-Glass-Semiconductor Structures Based on Silicon Doped with Gadolinium," Science and World, vol. I, № 12(88), 2020.

[4]. W.Rzodkiewicz, K.Roman. "The physical parameters of MOS structures in the presence of local mechanical stress." Measurement, vol. 235, 115009, 2024.

[5]. M.Chaturvedi, S.Dimitrijev, D.Haasmann, H.Amini Moghadam, P.Pande, U.Jadli. "Quantified density of performance-degrading near-interface traps in SiC MOSFETs." Sci. Rep., vol. 12, 4076, 2022.

[6]. Z Wang, Z.Lin, M.Si, P.D.Ye. "Characterization of Interface and Bulk Traps in Ultrathin Atomic Layer-Deposited Oxide Semiconductor MOS Capacitors with HfO_2/In_2O_3 Gate Stack by C-V and Conductance Method." Front. Mater., vol. 9, 850451, 2022.

[7]. Y.Yan, V.Kilchytska, D.Flandre, J.-P.Raskin. "Investigation and optimization of traps properties in Al_2O_3/SiO_2 dielectric stacks using conductance method." Solid-State Electron., vol. 194, 108347, 2022.

[8]. Y.Yan, V.Kilchytska, D.Flandre, J.-P.Raskin. "Analysis of trap distribution and NBTI degradation in Al_2O_3/SiO_2 dielectric stack." Solid-State Electron., vol. 207, 108675, 2023.

[9]. L.Wu, J.Liang, M.Zhang, M.Liu, T.Zhang, G.Yang, X.Song. "An approach for extracting the SiC/SiO_2 SiC MOSFET interface trap distribution and study during short circuit." Mater. Sci. Semicond. Process., vol. 163, 107581, 2023.

[10]. Y.Raffel, R.O.Revello Olivo, M.Simon, L.Vieler, R.Hoffmann, S.De, T.Kämpfe, K.Seidel, M.W. Lederer. "Importance of temperature dependence of interface traps in high-k metal gate stacks for silicon spin-qubit development." Appl. Phys. Lett., vol. 123, 034002, 2023.

[11]. E.Brzozowski, M.Kaminski, A.Taube, O.Sadowski, K.Krol, M.Guziewicz. "Carrier Trap Density Reduction at SiO_2/4H-Silicon Carbide Interface with Annealing Processes in Phosphoryl Chloride and Nitride Oxide Atmospheres." Materials, vol. 16, 4381, 2023.

Матякубов Зокирбек Кадамбевич (доцент кафедры «Математический анализ» Ургенчского государственного университета имени Абу Райхана Беруни, ORCID iDs: https://orcid.org/0009-0003-2310-1410; E-mail: zokirbekmatyakubov@gmail.com)

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТИПА КАРЛЕМАНА В МАТРИЧНЫХ ПОЛИКРУГАХ

Аннотация. *В данной статье доказана интегральная формула типа Карлемана для матричного поликруга, состоящего из декартова произведения классических областей III типа. На основе свойств ядра Коши–Сегё и автоморфизмов областей изучена задача голоморфного продолжения для матриц четной и нечетной размерности. Полученные формулы служат для решения некорректных задач Коши для эллиптических систем в пространстве кососимметрических матриц.*

Ключевые слова: *матричный поликруг, классическая область, граница Шилова, автоморфизм, формула Карлемана, ядро Коши–Сеге, голоморфная функция.*

MATRITSAVIY POLIDOIRADA KARLEMAN TIPIDAGI INTEGRAL FORMULALAR

Annotatsiya. *Ushbu maqolada III tip klassik sohaning dekart ko'paytmasidan tashkil topgan matritsaviy polidoira uchun Karleman tipidagi integral formula isbotlangan. Koshi–Sege yadrosining xossalari hamda soha avtomorfizmlaridan foydalangan holda, juft va toq o'lchamli matritsalar uchun golomorf davom qildirish masalasi o'rganilgan. Olingan formulalar kososimmetrik matritsalar fazosida elliptik sistemalar uchun nokorrekt Koshi masalalarini yechishga xizmat qiladi.*

Kalit so'zlar: *matritsaviy polidoira, klassik soha, Shilov chegarasi, avtomorfizm, Karleman formulasi, Koshi–Sege yadrosi, golomorf funksiya.*

CARLEMAN-TYPE INTEGRAL REPRESENTATIONS IN MATRIX POLYDISKS

Annotation. *In this paper, a Carleman-type integral formula is proven for a matrix polydisc composed of the Cartesian product of classical domains of Type III. By utilizing the properties of the Cauchy–Szegő kernel and domain automorphisms, the problem of holomorphic continuation is studied for both even- and odd-dimensional matrices. The derived formulas serve to solve ill-posed Cauchy problems for elliptic systems in the space of skew-symmetric matrices.*

Keywords: *Matrix polydisc, classical domain, Shilov boundary, automorphism, Carleman formula, Cauchy–Szegő kernel, holomorphic function.*

1. Введение. Известно, что формулы в духе Карлемана решают задачу восстановления голоморфной функции в области D, достаточно хорошо себя ведущей при подходе к границе ∂D, по ее значениям на некотором множестве единственности $M \subset \partial D$, не содержащей границу Шилова. Первые результаты в этом направлении были получены Т.Карлеманом в 1926 году (см. [1]), поэтому все формулы данного типа принято называть формулами Карлемана.

Дальнейшее развитие этого направления связано с работами Г.М.Голузина и В.И.Крылова (см. [2]), предложивших общий метод получения формул Карлемана в одномерном комплексном анализе.

В данной работе мы исследуем явное восстановление функций в единичном поликруге $U^n = \{z = (z_1,....,z_n) \in \mathbb{C}^n : |z_j| < 1, j = 1, ...,n\}$, используя его остова Δ^n.

Пусть $M \subset \Delta^n$ – измеримое подмножество с положительной мерой Лебега $\mu_n(M) > 0$. Мы используем структурное расслоение переменных путем слоения остова. Для фиксированной внутренней точки $a = (a_1,...,a_n) \in U^n$, элемента $\xi' = (\xi_2,....,\xi_n) \in \Delta^{n-1}$ и параметра $\lambda \in \mathbb{C}$ с $|\lambda| = 1$ мы определяем параметризованный граничный слой $M_{a,\xi'}$ следующим образом:

$$M_{a,\xi'} = \left\{ z \in M : z_1 = \frac{\lambda + a_1}{1 + \overline{a}_1 \lambda},\ z_j = \frac{\xi_1(\lambda - |a_j|^2) + a_j(1-\lambda)}{\overline{a}_j \xi_j (\lambda - 1) + 1 - \lambda |a_j|^2},\ j = 2,....,n, |\lambda| = 1 \right\}. \qquad (1.1)$$

В силу теоремы Фубини этот слой измерим относительно одномерной меры Лебега μ_1 для почти всех a и ξ'. Следовательно, проекционное множество $M'_a = \left\{ \xi' \in \Delta^{n-1} : \mu_1(M_{a,\xi'}) > 0 \right\}$ удовлетворяет условию $\mu_{n-1}(M'_a) > 0$.

Используя эту геометрическую конфигурацию, мы определяем многомерную гасящую функцию $\varphi_a(z) = \exp(\psi_a(z))$, где показатель степени определяется через интеграл:

$$\psi_a(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{M_{a,\xi'}} \frac{z_1(1 - \overline{a}_1 \eta) + \eta - a_1}{\eta + a_1 - z_1(1 + \overline{a}_1 \eta)} \frac{d\eta}{\eta},$$

при структурном ограничении, связывающем z и ξ', как определено в (1.1). Эта структурная основа позволяет нам сформулировать основную теорему о многомерном восстановлении в пространствах Харди:

Теорема 1.1. [2] *Пусть* $f \in H^1(U^n)$, $M \subset \Delta^n$, $\mu_n M > 0$, *тогда для* $a \in U^n$

$$f(a)=\frac{1}{\int\limits_{M_a'}\prod\limits_{j=2}^{n}P(\xi_j,a_j)d\mu_{n-1}}\lim_{j\to\infty}\frac{1}{(2\pi i)^n}\int\limits_M f(z)\left[\frac{\varphi_a(z)}{\varphi_a(a)}\right]^j\frac{d\xi}{z-a},$$

где $P(\xi_j,a_j)=\dfrac{1-|a_j|^2}{|\xi_j-a_j|^2}$ *ядро Пуассона для единичного круга.*

В данной работе мы рассматриваем аналог интегральной формулы Карлемана для матричных поликругов, построенных как декартово произведение классических областей III типа.

Мы определяем класс $H^p(D)\quad(p>0)$ как множество всех функций f, голоморфных в D, для которых

$$\sup_{0<r<1}\int\limits_{S(D)}|f(rU)|^p\,d\mu<+\infty,$$

где $d\mu-$ нормированная мера Лебега на $S(D)$.

2. Основные результаты. Классическая область III типа (в смысле Э. Картана) – это область, состоящая из всех кососимметричных комплексных матриц Z порядка m, удовлетворяющих условию:

$$\Re_3=\left\{Z\in\mathbb{C}[m\times m]: I-ZZ^*>0,\ Z'=-Z\right\},$$

где $I-$ единичная матрица порядка m, а неравенство означает, что матрица $I-ZZ^*$ является положительно определенной.

Остов классической области состоит из всех кососимметричных комплексных матриц Z порядка m, удовлетворяющих условию:

$$S_3=\left\{Z\in\mathbb{C}[m\times m]: I-ZZ^*=0,\ Z'=-Z\right\}.$$

Пусть $Z=(Z^1,Z^2,\ ...,Z^n)\in\mathbb{C}^n[m\times m]$ – вектор, составленный из квадратных матриц порядка m над $\mathbb{C}$. Матричный единичный поликруг T_n в пространстве $\mathbb{C}^{\frac{nm(m-1)}{2}}$ определяется как:

$$T_n=\Re_3^n=\left\{Z=(Z^1,Z^2,\ ...,Z^n): Z^j\in\Re_3,\left(Z^j\right)'=-Z^j,\ j=1,2,...,n\right\}$$

Остов матричного единичного поликруга есть $S_n=S_3\ \times\ ...\ \times S_3$.

Пусть $E=(E^1,E^2,\ ...,E^n)\subset S$ и $\mu E>0$. Обозначим проекцию S_n в $\mathbb{C}^{n-1}[m\times m]$ через S_{n-1} с точками $\xi'=(\xi^2,\ ...,\xi^n)$.

Определим множества:

$$E_{0,\xi}=\left\{Z: Z\in E,\Phi_0^1(Z^1)=\theta,\Phi_0^j(Z^j)=\theta\Phi_0^j(\xi^j),\ j=2,...,n,\theta\in S_3\right\},$$

$$\tilde{E}_0=\left\{Z\in E:\mu_1E_{0,\xi}>0\right\}.$$

Имеет место $E=E_{0,\xi}\times\tilde{E}_0$. Введем $\varphi_0=\exp\psi_0$, , где

$$\psi_0(\xi)=\frac{1}{2\pi i}\int\limits_{E^1_{0,\xi^1}}\frac{\eta+\lambda}{\eta-\lambda}\frac{d\eta}{\eta}.$$

Множество E^1_{0,ξ^1} определяется так же, как в Лемме 24.6 монографии [2], а его декартово произведение с множеством $\tilde{E}_{0,\xi}$ дает множество $E_{0,\xi}$, то есть $E^1_{0,\xi^1}\times\tilde{E}_{0,\xi}=E_{0,\xi}$.

Лемма 2.1. *Пусть* $f\in H^1(T_n),E\subset S_n,\mu(E)>0$. *Тогда справедлива следующая формула:*

$$f(0)=\frac{m}{\int\limits_{\tilde{E}_0} d\mu_{n-1}\int\limits_{\tilde{E}_{0,\xi}} d\mu_0}\lim_{l\to\infty}\int\limits_E f(Z)\left[\frac{\varphi_0(\xi)}{\varphi_0(0)}\right]^l d\mu. \tag{2.1}$$

Доказательство. Пусть $E\subset S_n, \mu(E)>0$. Рассмотрим проекцию E на S_3, обозначаемую $E_{0,\xi}$. Согласно Лемме 24.7 [2]:

$$f(0)=\frac{m}{\int\limits_{\tilde{E}_{0,\xi}} d\mu_0}\lim_{l\to\infty}\int\limits_{E_{0,\xi}} f(\xi)\left[\frac{\varphi_0(\xi)}{\varphi_0(0)}\right]^l d\mu_1.$$

Интегрируя обе части по $\tilde{E}_0$:

$$\int\limits_{\tilde{E}_0} f(0)d\mu_{n-1}=\int\limits_{\tilde{E}_0}\left(\frac{m}{\int\limits_{\tilde{E}_{0,\xi}} d\mu_0}\lim_{l\to\infty}\int\limits_{E_{0,\xi}} f(\xi)\left[\frac{\varphi_0(\xi)}{\varphi_0(0)}\right]^l d\mu_1\right)d\mu_{n-1}.$$

Так как

$$\left|\int\limits_{E_{0,\xi}} f(\xi)\left[\frac{\varphi_0(\xi)}{\varphi_0(0)}\right]^l d\mu_1\right|\le|f(0)|+\int\limits_{S_3}|f(\xi)|d\mu_1,$$

подынтегральное выражение ограничено. Из этого и по теореме Лебега имеем:

$$f(0)=\frac{m}{\int\limits_{\tilde{E}_0} d\mu_{n-1}\int\limits_{\tilde{E}_{0,\xi}} d\mu_0}\lim_{l\to\infty}\int\limits_{\tilde{E}_0}\left(\int\limits_{E_{0,\xi}} f(\xi)\left[\frac{\varphi_0(\xi)}{\varphi_0(0)}\right]^l d\mu_1\right)d\mu_{n-1}.$$

Согласно определению, $E=E_{0,\xi}\times\tilde{E}_0$. По теореме Фубини получаем формулу (2.1). Здесь мы использовали тот факт, что $\varphi_0(Z)$ является гасящей функцией, и формула Коши–Сеге справедлива для f в $\Re_3$. Лемма доказана.

Формула (2.1) восстанавливает значение функции f в точке 0 по ее значениям на E. Теперь, используя эту формулу, мы докажем формулу, восстанавливающую значение f в произвольной точке области T_n.

Рассмотрим автоморфизм T_n, переставляющий точки A в 0:

$$\Phi_A(Z)=\left(\Phi_A^1(Z^1),\ldots,\Phi_A^n(Z^n)\right),$$

где

$$\Phi_A^j(Z^j)=Q^j(Z^j-A^j)(I+\overline{A}^jZ^j)^{-1}(\overline{Q}^j)^{-1},$$

и

$$\overline{Q}^j(I+A^j\overline{A}^j)(Q^j)'=I.$$

Обозначим $\xi'=(\xi^2,\ldots,\xi^n)$ и рассмотрим множество

$$E_{A,\xi'}=\left\{Z: Z\in E,\Phi_A^1(Z^1)=\theta,\Phi_A^j(Z^j)=\theta\Phi_A^j(\xi^j),j=2,\ldots,n,\theta\in S_3\right\}.$$

Это множество измеримо относительно меры μ_1 для почти всех A и ξ'. Обозначим множество $\left\{\xi':\xi'\in S(T_{n-1}),\mu_1(E_{A,\xi'})>0\right\}$ через $\tilde{E}_A$. Очевидно, $E_{A,\xi'}\times\tilde{E}_A=E$.

Из теоремы Фубини (см. [4]) следует, что $\frac{m(m-1)(n-1)}{2}$ – мерная мера Лебега этого множества положительна. Аналогично предыдущему введем вспомогательную функцию $\varphi_A = \exp\psi_A$, здесь

$$\psi_A(\xi) = \frac{1}{2\pi i}\int_{E_{A^1,W^1}} \frac{\eta+\lambda}{\eta-\lambda}\frac{d\eta}{\eta},$$

$$E_{A^1,W^1} = \left\{\xi^1 \in E^1, \xi = \Phi_{A^1}^{-1}(\lambda\Phi_{A^1}^{-1}(W)), |\lambda| = 1\right\}, W \in \Phi_{A^1}(SU(m))$$

и $SU(m)$ обозначает специальную унитарную группу (группу унитарных матриц размера $m \times m$ с определителем 1).

Теорема 2.1. *Пусть* $f \in H^1(T_n), E \subset S_n, \mu(E) > 0$. *Тогда для четного* m *и для каждой точки* $A \in T_n$ *справедлива следующая формула Карлемана:*

$$f(A) = \frac{m}{\mu_{\frac{(m-1)(n-1)}{2}}\left(\Phi_A^{-1}(\tilde{E}_A)\right)\mu\left(\Phi_A^{-1}(\tilde{E}_{A,\xi})\right)}\lim_{l\to\infty}\int_E f(Z)\left(\frac{\varphi_A(Z)}{\varphi_A(A)}\right)^l\prod_{j=1}^n H(A^j,\overline{Z}^j)d\mu(Z)$$

где $H(A^j,\overline{Z}^j) = \det\left(I^{(m)} - A^j\overline{Z}^j\right)^{-\frac{m-1}{2}}$ *– ядро Коши–Сеге для классического область третьего типа.*

Теорема 2.2. *Пусть* $f \in H^1(T_n), E \subset S_n, \mu(E) > 0$. *Тогда для нечетного* m *и для каждой точки* $A \in T_n$ *справедлива формула Карлемана:*

$$f(A_1) = \frac{m}{\mu_{\frac{(m+1)(n-1)}{2}}\left(\Phi_A^{-1}(\tilde{E}_A)\right)\mu\left(\Phi_A^{-1}(\tilde{E}_{A,\xi})\right)}\lim_{l\to\infty}\int_E f(Z_1)\left(\frac{\varphi_A\begin{pmatrix}0 & 0\\ 0 & Z_1\end{pmatrix}}{\varphi_A(A)}\right)^l\prod_{j=1}^n H(A^j,\overline{Z}^j)d\mu(Z) \quad (2.2)$$

где $A = \begin{pmatrix}0 & 0\\ 0 & A_1\end{pmatrix}$ *– матрица порядка* $(m+1)$, *и*

$$\tilde{E} = \left\{\begin{pmatrix}0 & P\\ -P' & Z_1\end{pmatrix} : Z_1 \in E, P \in F\right\},$$

где F *состоит из* m *векторов, удовлетворяющих условиям*

$$PP^* = 1, PZ_1^* = 1 \text{ и } P'P + ZZ_1^* = I.$$

Доказательство этой теоремы основано на рекурсивной структуре классических областей третьего типа для нечетных и четных размерностей, как обсуждалось в [2,3,5]. Для нечетного m любая матрица $Z \in \Re_3^{(m+1)}$ может быть разложена на блочные формы, включающие вектор и подматрицу порядка m. В частности, мы используем свойство, согласно которому, если m нечетное, матрица $Z \in \Re_3^{(m+1)}$ может быть представлена в виде:

$$Z = \begin{pmatrix}0 & P\\ -P' & Z_1\end{pmatrix},$$

где $Z_1 \in \Re_3^{(m)}$ и P – вектор-строка длины m. Для точки $A = diag(0, A_1)$, где $A_1 \in \Re_3^{(m)}$, мы анализируем определитель ядра Коши–Сеге:

$$\det(I^{(m+1)} + A\overline{Z}) = \left[\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & I^{(m)} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & A_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & \overline{P} \\ \overline{P}' & \overline{Z}_1 \end{pmatrix} \right] =$$

$$= \det \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -A_1\overline{P}' & I^{(m)} + A_1\overline{Z}_1 \end{pmatrix}.$$

Используя свойства блочно-треугольных матриц, это упрощается до $\det(I^{(m)} + A_1\overline{Z}_1)$. Это показывает, что ядро $H(A,\overline{Z})$ для случая порядка $(m+1)$ сводится именно к ядру $H(A_1\overline{Z}_1)$ для случая порядка m:

$$H(A,\overline{Z}) = \det(I^{(m+1)} + A\overline{Z})^{-\frac{(m+1)-2}{2}} = \det(I^{(m+1)} + A_1\overline{Z}_1)^{-\frac{m-1}{2}} = H(A_1,\overline{Z}_1).$$

Вводя $f_A(\xi) = f(\Phi_A^{-1}(\xi))$, мы применяем основополагающие принципы восстановления из Леммы 2.1. Гасящая функция φ_A определяется путем расслоения над слоем F, описанным в формулировке теоремы. Интегрирование по границе Шилова $S_3^{(m+1)}$ включает разложение Фубини на подматрицу Z_1 и вектор слоя P. При $l \to \infty$ отношение $\left[\frac{\varphi_A(Z_1)}{\varphi_A(A_1)}\right]^l$ концентрирует значение интеграла на множестве E. Вслед за нормировкой мер и преобразованием Якобиана, полученным в Теореме 2.1, мы восстанавливаем значение функции $f(A_1)$. Доказательство проводится покомпонентно для каждой матрицы Z^j в поликруге T_n, следуя той же логике, что и в представлении меньшей размерности. Таким образом, формула (2.2) устанавливается путем понижения размерности, что завершает доказательство.

3. Заключение. В результате проведённого исследования получены интегральные представления типа Карлемана для матричного поликруга, представляющего собой декартово произведение классических областей III типа. Установлено, что использование свойств ядра Коши–Сегё, структуры границы Шилова и автоморфизмов рассматриваемых областей позволяет восстанавливать значения голоморфной функции во внутренних точках области по её значениям на подмножестве границы положительной меры.

Для матриц чётной и нечётной размерности получены соответствующие формулы Карлемана. В случае нечётной размерности применение блочного представления кососимметрических матриц и принципа понижения размерности позволило свести задачу к случаю меньшего порядка. Тем самым показано, что предложенный подход применим к матричным областям различной размерности и обеспечивает единый механизм восстановления голоморфных функций.

Полученные результаты развивают методы интегрального представления функций многих комплексных переменных в классических матричных областях и могут быть использованы при исследовании задач аналитического продолжения. Практическая значимость полученных формул определяется возможностью их применения к решению некорректных задач Коши для эллиптических систем в пространствах кососимметрических матриц.

Список использованной литературы:

(1). Carleman T. Les fonctions quasi-analytiques. Paris, Gauthier-Villars, 1926.

(2). Айзенберг Л.А. Формулы Карлемана в комплексном анализе. Новосибирск, “Наука”, 1990.

(3). Кытманов А.М., Никитина Т.Н. Аналоги формулы Карлемана для классических областей. Мат. заметки, 1989, т. 45, № 3, с. 87–93.

(4). Натансон И.П. Теория функций вещественной переменной. Москва, “Наука”, 1974.

(5). Хуа Ло-кен. Гармонический анализ функций нескольких комплексных переменных в классических областях. М., ИЛ, 1959, Providence, AMS, 1963.

(6). Shaimkulov B.A., Bozorov J.T. Carleman's Formula for a Matrix Polydisk. J. Sib. Fed. Univ. Math. Phys., 2015, vol. 8, № 2, p. 371–374. DOI: https://doi.org/10.17516/1997-2015-8-3-371-374

(7). Rakhmonov U.S., Matyakubov Z.K. Carleman's formula for the matrix domains of Siegel. Chebyshevskii Sb., 2022, vol. 23, № 4, p. 126–135. DOI: https://doi.org/10.22405/2226-8383-2022-23-4-126-135

(8). Abdullayev J.Sh., Ruzmetov K.Sh., Matyakubov Z.K. Carleman's Integral Formula in Cartesian Product of Matrix Upper Half-Plane. Azerbaijan J. Math., 2024, vol. 14, № 2, p. 36–48. DOI: https://doi.org/10.59849/2218-6816.2024.2.36.

(9). Z.K.Matyakubov, U.S.Rakhmonov, J.Sh.Abdullayev, Kh.Kuromboev. On the Carleman Formula for an Unbounded Matrix Domain Associated with the Classical Domain of the Second Type, Boletim da Sociedade Paranaense de Matematica, v. 2026 (44) 3: 1–8. doi:10.5269/bspm.79871

Олимов Косим (Заведующий лабораторией ФВЭ д.ф.-м.н. профессор, Физико-технический институт АН РУз.; E-mail olimov1951@mail.ru),
Баходиров Шамсиддин Шавкат угли (Базовый докторант Физико-технического института АН РУз.; E-mail: shamsiddinfizika@gmail.com),
Нуралиев Достон Баходир угли (учитель физики ННО «Jizzakh Best School»; E-mail: nuraliyevdostonzver95@gmail.com)

ОБ ОДНОЙ ВОЗМОЖНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ МНОГОПРОТОННЫХ СОСТОЯНИЙ В АДРОН-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

Аннотация. *В работе представлен обобщённый анализ экспериментальных данных по исследованию многопротонных резонансных состояний в адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействиях при высоких энергиях. Рассмотрены двух, трёх состояния, включая реакции $^{12}C^{12}C$ при энергиях 3.37–4.2 А ГэВ. Показано, что узкие дипротонные состояния преимущественно наблюдаются в реакциях перезарядки и ядро-ядерных столкновениях. Подтверждено существование трёхпротонного резонансного состояния с массой $M_{(ppp)}$=2920 МэВ и малой шириной, проявляющегося в событиях с четырьмя протонами. Полученные результаты поддерживают интерпретацию многопротонных состояний как короткоживущих адронных молекул, связанных с фрагментацией α-кластеров ядра-мишени.*

Ключевые слова. *многопротонные резонансные состояния, дипротон, трёхпротонное состояние, четырёхпротонное состояние, адронные молекулы, адрон-ядерные взаимодействия, ядро-ядерные соударения.*

Olimov Kosim (O'zRFA Fizika-texnika instituti YEF laboratoriyasi mudiri, f.-m.f.d., professor; E-mail:olimov1951@mail.ru),
Baxodirov Shamsiddin Shavkat o'g'li (O'zRFA Fizika-texnika instituti tayanch doktoranti; E-mail: shamsiddinfizika@gmail.com),
Nuraliyev Doston Bahodir o'g'li (Fizika o'qituvchisi "Jizzakh Best School" NTM; E-mail: nuraliyevdostonzver95@gmail.com)

ADRON–YADRO O'ZARO TA'SIRLARIDA KO'P PROTONLI HOLATLAR HOSIL BO'LISH TALQINI

Annotatsiya. *Ishda yuqori energiyalarda adron–yadro va yadro–yadro o'zaro ta'sirlarida ko'p protonli rezonans holatlarini tadqiq qilish bo'yicha eksperimental ma'lumotlarning umumlashtirilgan tahlili keltirilgan. 3.37–4.2 A GeV energiyalardagi $^{12}C^{12}C$ to'qnashuvlari, jumladan, ikki va uch protonli holatlar ko'rib chiqilgan. Tor diproton holatlari, asosan, zaryad almashinish reaksiyalari va yadro–yadro to'qnashuvlarida kuzatilishi ko'rsatilgan. Massasi $M_{(ppp)}$=2920 MeV bo'lgan va kichik kenglikka ega uch protonli rezonans holatining mavjudligi to'rtta proton hosil bo'ladigan hodisalarda tasdiqlangan. Olingan natijalar ko'p protonli holatlarni nishon yadrosidagi α-klasterlarning parchalanishi bilan bog'liq bo'lgan qisqa umrli adron molekulalari sifatida talqin qilishni qo'llab-quvvatlaydi.*

Kalit so'zlar: *ko'p protonli rezonans holatlari, diproton, uch protonli holat, to'rt protonli holat, adron molekulalari, adron–yadro o'zaro ta'sirlari, yadro–yadro to'qnashuvlari.*

Olimov Kosim (Head of the HEP laboratory Physical-Technical Institute AS RUz.; E-mail: olimov1951@mail.ru),
Bakhodirov Shamsiddin o'g'li (Basic doctoral student at the Physical-Technical Institute of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan; E-mail: shamsiddinfizika@gmail.com),
Nuraliyev Doston Bahodir o'g'li (Physics Teacher at "Jizzakh Best School" NGEI; E-mail: mailto:nuraliyevdostonzver95@gmail.com)

POSSIBLE INTERPRETATION OF THE FORMATION OF MULTIPROTON STATES IN HADRON–NUCLEUS INTERACTIONS

Annotation. *This work presents a generalized analysis of experimental data on the investigation of multiproton resonant states in hadron–nucleus and nucleus–nucleus interactions at high energies. Two- and three-proton states are considered, including $^{12}C^{12}C$ collisions at energies of 3.37–4.2 A GeV. It is*