Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Р. Ф. Шамоян, О коэффициентных мультипликаторах пространств ВМОА, *Матем. заметки*, 2005, том 77, выпуск 4, 630–636

DOI: <https://doi.org/10.4213/mzm2522>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 52.23.180.231

26 апреля 2023 г., 12:49:36

УДК 519

О КОЭФФИЦИЕНТНЫХ МУЛЬТИПЛИКАТОРАХ ПРОСТРАНСТВ ВМОА

Р. Ф. Шамоян

Полностью описаны коэффициентные мультипликаторы, действующие в классах ВМОА в поликруге и из ВМОА в классы Харди H^p . Описаны также мультипликаторы указанного выше типа в пространствах голоморфных в поликруге функций со смешанными нормами.

Библиография: 16 названий.

Введение. Пусть $\mathbf{D} = \{z : |z| < 1\}$ – единичный круг, $T = \{z : |z| = 1\}$ – его граница, $H(\mathbf{D})$ – множество всех голоморфных в $\mathbf{D}$ функций.

Хорошо известно, что введенные в работах [1] и [2] классы ВМО(T) и их аналитические подпространства ВМОА($\mathbf{D}$) играют существенную роль при решении различных задач комплексного анализа (см. [3], [4]).

В настоящее время исследование свойств пространств ВМОА и их многомерных аналогов интенсивно продолжается (см., например, [5], [6]).

Цель сообщения – описание некоторых пространств коэффициентных мультипликаторов классов ВМОА в поликруге $\mathbf{D}^n$. Отметим также, что в последние годы появилось большое количество работ, посвященных описанию пространств мультипликаторов, действующих из X в Y , где X и Y – те или иные подпространства класса $H(\mathbf{D})$ (см. [7]–[11] и имеющуюся там библиографию).

Описание пространств коэффициентных мультипликаторов, действующих из тех или иных классов в ВМОА, было начато в работе [12] и продолжено в [13], [14]. Результаты о коэффициентных мультипликаторах в поликруге $\mathbf{D}^n$ начали появляться недавно (см. [8]–[10], [4]).

1. Определения и формулировки результатов. Для формулировки результатов заметки приведем некоторые определения и обозначения. В дальнейшем $\mathbf{D}^n = \{z = (z_1, \dots, z_n), |z_j| < 1, j = 1, \dots, n\}$ – единичный поликруг комплексного пространства $\mathbb{C}^n$; $T^n = \{z = (z_1, \dots, z_n), |z_j| = 1, j = 1, \dots, n\}$ – его остов; $H(\mathbf{D}^n)$ – пространство всех голоморфных в $\mathbf{D}^n$ функций; $dm_n(\xi)$ и $dm_{2n}(z)$ – нормированные меры Лебега на остове T^n и в поликруге $\mathbf{D}^n$; $I^n = [0, 1]^n$; $dR = dR_1 \cdots dR_n$; $rz = (r_1 z_1, \dots, r_n z_n)$,

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 01-01-00992.

$$z = (z_1, \dots, z_n) \in \mathbb{C}^n, r \in I^n;$$

$$|1 - z|^\gamma = \prod_{k=1}^n |1 - z_k|^\gamma, \quad z \in \mathbb{C}^n, \quad -\infty < \gamma < \infty, \quad z_k \neq 1, \quad k = 1, \dots, n;$$

$$\mathbb{Z}_+^n = \mathbb{Z}_+ \times \dots \times \mathbb{Z}_+, \quad \mathbb{Z}_+ = \mathbb{N} \cup \{0\};$$

$$M_p(f, r) = \left(\int_{T^n} |f(R\xi)|^p dm_n(\xi) \right)^{1/p}, \quad 0 < p \leq \infty,$$

H^p – классы Харди в поликруге (см. [4]). Всюду в дальнейшем через $c, c_1, c_2, \dots$ мы будем обозначать различные положительные константы, зависящие от параметров $p, q, \alpha, \dots$.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ. Пусть X и Y – подпространства $H(\mathbb{D}^n)$. Скажем, что последовательность комплексных чисел $\{(c_k)_{k \in \mathbb{Z}_+^n}\}$ является *мультипликатором*, действующим из X в Y , если для любой функции $f, f \in X, f(z) = \sum_{k \in \mathbb{Z}_+^n} a_k z^k$, следует, что функция $g, g(z) = \sum_{k \in \mathbb{Z}_+^n} c_k a_k z^k$, принадлежит Y . Множество таких последовательностей, образующих пространство мультипликаторов, мы обозначим через $M_T(X, Y)$.

С каждой функцией $f, f \in H(\mathbb{D}^n), f(z) = \sum_{k \in \mathbb{Z}_+^n} a_k z^k$, свяжем функцию $(D^\alpha f)(z)$ – оператор дробного дифференцирования:

$$(D^\alpha f)(z) = \sum_{k \in \mathbb{Z}_+^n} \frac{\Gamma(k + \alpha + 1)}{\Gamma(\alpha + 1)\Gamma(k + 1)} a_k z^k,$$

где

$$\alpha \geq 0, \quad \Gamma(k + \alpha + 1) = \prod_{j=1}^n \Gamma(k_j + \alpha + 1).$$

Легко видеть, что $(D^\alpha f)(z) \in H(\mathbb{D}^n)$, если $f \in H(\mathbb{D}^n)$. Далее введем классы голоморфных в полидиске функций:

$$\text{ВМОА}_s(\mathbb{D}^n) = \{f \in H^1(\mathbb{D}^n) : \|f\|_{\text{ВМОА}_s(\mathbb{D}^n)} < \infty, 1 \leq s < \infty\},$$

$$\|f\|_{\text{ВМОА}_s(\mathbb{D}^n)} = \sup_{|z_j| < 1} \left(\int_{T^n} \frac{|f(\xi) - f(z)|^s}{|1 - z\bar{\xi}|^2} dm_n(\xi) (1 - |z|) \right)^{1/s},$$

$$F_\alpha^{p,q}(\mathbb{D}^n) = \{f \in H(\mathbb{D}^n) : \|f\|_{F_\alpha^{p,q}}^p < \infty, 0 < p, q, \alpha < \infty\},$$

$$\|f\|_{F_\alpha^{p,q}}^p = \int_{T^n} \left(\int_{I^n} |f(R\xi)|^q (1 - R)^{\alpha q - 1} dR \right)^{p/q} dm_n(\xi),$$

$$A_\alpha^{p,q}(\mathbb{D}^n) = \{f \in H(\mathbb{D}^n) : \|f\|_{A_\alpha^{p,q}}^q < \infty, 0 < p, q, \alpha < \infty\},$$

$$\|f\|_{A_\alpha^{p,q}}^q = \int_{I^n} M_p^q(f, R) (1 - R)^{\alpha q - 1} dR.$$

В дальнейшем $\widetilde{\text{ВМОА}}(\mathbb{D}^n) = (H^1(\mathbb{D}^n))^*$, где X^* – сопряженное к X пространство. Заметим, что классы $A_\alpha^{p,q}(\mathbb{D}^n)$ при $n = 1$ изучались в работах многих авторов (см. [7] и [4]). Свойства функций из пространства голоморфных функций Лизоркина–Трибеля

$F_{\alpha}^{p,q}$ подвергаются интенсивному изучению в последние годы (см. [10], [15], [6]). Отметим также, что аналоги одномерных пространств ВМОА в $\mathbf{D}^n$ можно вводить и другими способами (см. [4]), опираясь на другие характеристики пространств ВМОА. Одна из целей заметки – подобрать подходящие для описания мультипликаторов классы в $\mathbf{D}^n$. Задача такого рода рассматривается вперые.

Легко видеть (см. [3]), что при $n = 1$ $\text{ВМОА}_s(\mathbf{D}) = \text{ВМОА}(\mathbf{D})$, а норма $\|f\|_{\text{ВМОА}(\mathbf{D})}$ – известная норма Гарсия пространства ВМОА (см. [5]).

ТЕОРЕМА 1. Пусть $g \in H(\mathbf{D}^n)$, $g(z) = \sum_{k \in \mathbb{Z}_+^n} c_k z^k$, $0 < p, q \leq 1$. Тогда следующие условия равносильны:

- 1) $\{(c_k)_{k \in \mathbb{Z}_+^n}\} \in M_T(X_{\alpha}^{p,q}(\mathbf{D}^n), \text{ВМОА}_s(\mathbf{D}^n))$, $X_{\alpha}^{p,q} = A_{\alpha}^{p,q}(\mathbf{D}^n)$ или $F_{\alpha}^{p,q}(\mathbf{D}^n)$;
- 2)

$$\sup_{R \in I^n} \left(\sup_{z \in \mathbf{D}^n} \int_{T^n} |D^{\beta} g_R(\xi) - D^{\beta} g_R(z)|^s \frac{(1 - |z|^2)}{|1 - \bar{z}\xi|^2} dm_n(\xi) \right)^{1/s} (1 - R)^{\beta - \alpha - 1/p + 1} < \infty, \quad (1)$$

где β – любое число, $\beta > \alpha + 1/p - 1$, $1 \leq s < \infty$, $g_R(z) = g(Rz)$, $R \in I^n$.

ТЕОРЕМА 2. Пусть $g \in H(\mathbf{D}^n)$, $g(z) = \sum_{k \in \mathbb{Z}_+^n} c_k z^k$, $1 \leq s < \infty$. Тогда

- 1) $\{(c_k)_{k \in \mathbb{Z}_+^n}\} \in M_T(H^p(\mathbf{D}^n), \text{ВМОА}_s(\mathbf{D}^n))$, $0 < p < 1$, в том и только том случае, если

$$\sup_{R \in I^n} \left(\sup_{z \in \mathbf{D}^n} \int_{T^n} |D^{\beta} g_R(\xi) - D^{\beta} g_R(z)|^s \frac{(1 - |z|)^2}{|1 - \bar{z}\xi|^2} dm_n(\xi) \right)^{1/s} (1 - R)^{\beta - 1/p + 1} < \infty, \quad (2)$$

где β – любое число, $\beta > 1/p - 1$;

- 2) если $\{(c_k)_{k \in \mathbb{Z}_+^n}\} \in M_T(H^p(\mathbf{D}^n), \widetilde{\text{ВМОА}}(\mathbf{D}^n))$, $1 < p < \infty$, то выполнено условие

$$\sup_{r \in I^n} M_{p'}(D^{\beta} g, r)(1 - r)^{\beta} < \infty, \quad \beta > 0, \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = 1. \quad (3)$$

Обратно, если выполнено условие

$$\sup_{r \in I^n} M_{p'}(D^{\beta} g, r)(1 - r)^{\beta - \varepsilon} < \infty, \quad g(z) \in H(\mathbf{D}^n), \quad g(z) = \sum_{k \in \mathbb{Z}_+^n} c_k z^k, \quad (3')$$

где ε любое, $\varepsilon > 0$, $\beta > \varepsilon$, то

$$\{(c_k)_{k \in \mathbb{Z}_+^n}\} \in M_T(H^p(\mathbf{D}^n), \widetilde{\text{ВМОА}}(\mathbf{D}^n)), \quad 1 < p < \infty.$$

ЗАМЕЧАНИЕ 1. Отметим примыкающий тесно к теореме 2 результат М. Мателевича и М. Павловича для круга (см. [12]): $\{(c_k)_{k \in \mathbb{Z}_+}\} \in M_T(H^1, \text{ВМОА})$ в том и только том случае, если функция из класса Блоха $g \in \text{Bl}$; а также следующее “одномерное” утверждение – следствие результатов Харди–Литтлвуда и Фейффермана (см. [12]):

$$\{(c_k)_{k \in \mathbb{Z}_+}\} \in M_T(H^p, \text{ВМОА}), \quad 1 < p \leq 2, \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1,$$

тогда и только тогда, когда

$$M_q(r, g') \leq \frac{c}{1 - r}.$$

ЗАМЕЧАНИЕ 2. При $n = 1$ описание пространств мультипликаторов

$$M_T(H^p, \text{ВМОА}), \quad p \in (0, 1) \quad \text{и} \quad M_T(A_{1/p}^{p,p}, \text{ВМОА}), \quad p \in (0, 1],$$

было установлено в работе М. Новак (см. [13]). Опираясь на результаты работы [16] нетрудно установить, что эти описания совпадают с полученными выше при $n = 1$.

Введем далее пространства

$$F_s^{\infty, q}(\mathbf{D}^n) = \{f \in H(\mathbf{D}^n) : \|f\|_{F_s^{\infty, q}}^q < \infty\},$$

$$\|f\|_{F_s^{\infty, q}}^q = \sup_{w \in \mathbf{D}^n} \left\{ \int_{\mathbf{D}^n} \frac{|D^k f(z)|^q (1 - |z|)^{(k-s)q-1}}{|1 - \bar{w}z|^{N+1}} dm_{2n}(z) (1 - |w|)^N \right\},$$

где

$$(1 - |z|)^\alpha = \prod_{k=1}^n (1 - |z_k|)^\alpha, \quad \alpha \in \mathbb{R}, \quad z \in \mathbf{D}^n,$$

k любое, $k > s$, $s \in \mathbb{R}$, $0 < q < \infty$.

Пространства $F_s^{\infty, q}$ при $n = 1$, $q = 2$, $s = 0$ совпадают с классическим пространством ВМОА (см. [4]). В шаре B^n комплексного пространства $\mathbb{C}^n$ они были изучены в [6]. При $q = \infty$, $p = \infty$ введем класс

$$A_{\alpha, \beta}^{\infty, \infty}(\mathbf{D}^n) = \left\{ f \in H(\mathbf{D}^n) : \sup_{r \in I^n} (M_\infty(D^\alpha f, r))(1 - r)^\beta < \infty \right\},$$

где $\alpha \geq 0$, $\beta \geq 0$.

ТЕОРЕМА 3. А) Пусть $g \in H(\mathbf{D}^n)$, $g(z) = \sum_{|k| \geq 0} c_k z^k$, $s \geq 0$, $q \leq p \leq \tilde{q}$, $q \geq 2$. Тогда следующие условия равносильны:

- 1) $\{(c_k)_{k \in \mathbb{Z}_+^n}\} \in M_T(X, F_s^{\infty, \tilde{q}}(\mathbf{D}^n))$, где $X = A_{1/p}^{p, q}(\mathbf{D}^n)$ или $F_{\alpha}^{p, q}(\mathbf{D}^n)$;
- 2)

$$\sup_{r \in I^n} M_{p'}(D^\gamma g, r)(1 - r)^{\gamma - s - \alpha} < \infty, \quad (4)$$

где γ любое, $\gamma > \alpha + s$, $1/p' + 1/p = 1$.

Б) Пусть $g \in H(\mathbf{D}^n)$, $g(z) = \sum_{|k| \geq 0} c_k z^k$, $s \geq 0$, $2 < q < \infty$, $\alpha, \beta > 0$. Тогда следующие условия равносильны:

- 1)
- 2) $\{(c_k)_{k \in \mathbb{Z}_+^n}\} \in M_T(F_s^{\infty, q}, A_{\alpha, \beta}^{\infty, \infty}(\mathbf{D}^n));$ (5)

$$\sup_{r \in I^n} M_1(D^{\gamma + \alpha} g, r)(1 - r)^{\gamma + \beta + s} < \infty,$$

где γ любое, $\gamma > -(\beta + s)$.

ЗАМЕЧАНИЕ 3. Утверждение теоремы 3 – обобщение теорем Новак (см. [13]) в различных направлениях – описание классов $M_T(A_{1/p}^{p,p}, F_0^{\infty, 2})$, $M_T(\text{Вл}, F_0^{\infty, 2})$ в круге было установлено в [13], где Вл – известный класс Блоха (см. [13]). В следующей теореме при $2 \leq p \leq \tilde{q}$ описан класс $M_T(H^p, F_s^{\infty, \tilde{q}}(\mathbf{D}^n))$. В круге при $\tilde{q} = 2$, $s = 0$ этот результат был установлен в [12].

ТЕОРЕМА 4. Пусть $g \in H(\mathbf{D}^n)$, $g(z) = \sum_{|k| \geq 0} c_k z^k$, $s < -1/p$, $2 \leq p \leq \tilde{q}$, $0 < \tilde{q} < \infty$. Тогда следующие условия равносильны:

$$1) \{(c_k)_{k \in \mathbb{Z}_+^n}\} \in M_T(H^p(\mathbf{D}^n), F_s^\infty, \tilde{q});$$

2)

$$\sup_{r \in I^n} M_{p'}(D^\gamma g, r)(1-r)^{\gamma-s} < \infty, \quad (6)$$

где γ любое, $\gamma > s$, $1/p' + 1/p = 1$.

2. Краткие схемы доказательств теорем 1–4. Доказательство необходимости условий (1)–(6) проходит стандартно (см., например, [5]). Необходимо использовать теорему о замкнутом графике и подобрать подходящую функцию. Действительно, легко видеть, что если последовательность $\{(c_k)_{k \in \mathbb{Z}_+^n}\}$ – мультипликатор из X в Y (X и Y – те или иные пространства, фигурирующие в формулировках теорем), то из теоремы о замкнутом графике следует, что “оператор” $T_g: \{(a_k)_{k \in \mathbb{Z}_+^n}\} \rightarrow \{(c_k a_k)_{k \in \mathbb{Z}_+^n}\}$ ограничен из X в Y и, следовательно, $\|T_g f\|_Y \leq c \|f\|_X$. Для получения условий (1)–(6) остается положить

$$f_R(z) = \frac{1}{(1 - Rz)^{\beta+1}}$$

и учесть, что $(T_g f_R)(z) = D^\beta g_R(z)$, $\beta > 0$, $R \in I^n$, $g(z) = \sum_{k \in \mathbb{Z}_+^n} c_k z^k$. При этом необходимо использовать следующие леммы.

ЛЕММА 1. Пусть

$$f_R(z) = \frac{1}{(1 - Rz)^{\beta+1}}, \quad \beta > 0, \quad R \in I^n.$$

Тогда справедливы оценки

$$\|f_R(z)\|_{H^p(\mathbf{D}^n)} \leq \frac{c_1}{(1 - R)^{\beta-1/p+1}}, \quad \beta > \frac{1}{p} - 1, \quad 0 < p < \infty,$$

$$\|f_R(z)\|_{X_\alpha^{p,q}(\mathbf{D}^n)} \leq \frac{c_2}{(1 - R)^{\beta-\alpha-1/p+1}},$$

$$X_\alpha^{p,q} = A_\alpha^{p,q}(F_\alpha^{p,q}).$$

Доказательство необходимости условия (3) вытекает из следующей леммы.

ЛЕММА 2. 1) Имеет место оценка

$$\sup_{z \in \mathbf{D}^n} |D^\beta f(z)| (1 - |z|)^\beta \leq c \|f\|_{(H^1(\mathbf{D}^n))^*}, \quad \beta > 0.$$

2) Пусть

$$g(z) = \sum_{k \in \mathbb{Z}_+^n} c_k z^k, \quad g \in H(\mathbf{D}^n).$$

Тогда $\{(c_k)_{k \in \mathbb{Z}_+^n}\} \in M_T(H^p(\mathbf{D}^n), \text{Bl}(\mathbf{D}^n))$, $1 < p < \infty$, в том и только том случае, если выполнено условие (3), где

$$\text{Bl}(\mathbf{D}^n) = \left\{ f \in H(\mathbf{D}^n) : \sup_{r \in I^n} M_\infty(Df, r)(1-r) < \infty \right\}.$$

ЗАМЕЧАНИЕ 4. Утверждения леммы 2 при $n = 1$ известны (см. [4] и [7] соответственно).

Доказательство необходимости условий (4)–(6) опирается в частности на следующее утверждение и проще, чем в [13].

ЛЕММА 3. 1) *Имеют место оценки*

$$\|f\|_{A_{k,k-s}^{\infty,\infty}} \leq c \|f\|_{F_s^{\infty,q}},$$

где k любое, $k > s$, $q \in (0, \infty)$, $s \in \mathbb{R}$;

$$\left\| \frac{1}{(1-wz)^{m+1}} \right\|_{F_s^{\infty,q}} \leq \frac{c_1}{|1-wz_0|^{m+s+1}},$$

где $m \in \mathbb{N}$, $w \in \mathbf{D}^n$, $z_0 \in T^n$.

$$2) \|f_w(z)\|_{X_\alpha^{p,q}(\mathbf{D}^n)} \leq \frac{c_2}{(1-|w|)^{\beta-\alpha-1/p+1}|1-wz_0|^\beta}, \text{ где}$$

$$f_w(z) = \frac{1}{(1-wz)^{2\beta+1}}, \quad w \in \mathbf{D}^n,$$

$X_\alpha^{p,q} = A_\alpha^{p,q}$ или $F_\alpha^{p,q}$, $\beta > \alpha + 1/p - 1$.

При доказательстве достаточности условий (1)–(6) используются в основном методы, предложенные автором в работах [8] и [14], и поликруговые аналоги вложений, установленных в важной работе [6]. Мы приведем два утверждения, на которые опираются доказательства достаточности условий (1)–(3') и (4)–(6) соответственно.

Всюду ниже $h \in H(\mathbf{D}^n)$,

$$h(r\xi) = \left(\frac{1}{2\pi}\right)^m \int_{T^n} f(\sqrt{r}\xi\bar{t})g(\sqrt{r}t) dm_n(t), \quad r \in I^n, \quad \xi \in T^n. \quad (7)$$

ЛЕММА 4. 1) *Для любой функции h , $h \in H(\mathbf{D}^n)$, вида (7) и любой функции g , для которой выполнены условия (1) и (2), соответственно верны оценки*

$$\|h_{R^2}\|_{\text{ВМОА}_s(\mathbf{D}^n)} \leq \left(\frac{c(m,n)}{R^{2mn}}\right) \int_{\mathbf{D}^n} |f(w)|(1-|w|)^{1/p+\alpha-2} dm_{2n}(w),$$

$f \in A_\alpha^{p,q}$ или $F_\alpha^{p,q}$, $0 < p, q, \alpha < \infty$, $R \in I$, $\alpha + 1/p > 1$, $h_{R^2}(z) = h(R^2 z_1, \dots, R^2 z_n)$,

$$\|h_{R^2}\|_{\text{ВМОА}_s(\mathbf{D}^n)} \leq \left(\frac{c_1(m,n)}{R^{2mn}}\right) \int_{\mathbf{D}^n} |f(w)|(1-|w|)^{1/p-2} dm_{2n}(w),$$

$f \in H^p$, $p < 1$, $R \in I$.

2) *Условие*

$$\sup_{r \in I^n} M_{p'}(D^\beta g, r)(1-r)^{\beta-\varepsilon} < \infty,$$

где ε любое, $\varepsilon > 0$, $\beta > \varepsilon$, достаточно для включения $\{(c_k)_{k \in \mathbb{Z}_+^n}\} \in M_T(H^1(\mathbf{D}^n), H^{p'}(\mathbf{D}^n))$, где $1 < p' < \infty$, $g(z) = \sum_{|k| \geq 0} c_k z^k$.

Существенную роль в доказательстве условий (4)–(6) играют вложения, приведенные ниже.

ЛЕММА 5. 1) *Пусть $\alpha > 0$, $q \leq p$. Тогда $X_\alpha^{p,q} \subset A_\alpha^{p,p}$, где $X_\alpha^{p,q} = A_\alpha^{p,q}$ или $F_\alpha^{p,q}$.*

2) *Если $D^m f \in A_m^{\infty,p}$, то $f \in F_s^{\infty,\tilde{q}}$, $s \geq 0$, $\tilde{q} \in (0, \infty)$, $p \leq \tilde{q}$.*

СПИСОК ЦИТИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] John F., Nirenberg L. On functions of bounded mean oscillation // *Comm. Pure Appl. Math.* 1961. V. 14. P. 415–426.
- [2] Fefferman C., Stein E. H^p spaces of several variables // *Acta Math.* 1972. V. 129. № 3–4. P. 137–173.
- [3] Гарнет Дж. Ограниченные аналитические функции. М.: Мир, 1984.
- [4] Шведенко С. В. Классы Харди и связанные с ними пространства аналитических функций в единичном круге, поликруге и шаре // *Итоги науки и техники. Матем. анализ.* Т. 23. М., 1985. С. 3–123.
- [5] Ortega J., Fabrega J. Pointwise multipliers and corona type decomposition in BMOA // *Ann. Inst. Fourier (Grenoble)*. 1996. V. 46. P. 111–137.
- [6] Ortega J. M., Fabrega J. Hardy inequality and embeddings in holomorphic Triebel–Lizorkin spaces // *Illinois J. Math.* 1999. V. 43. № 4. P. 733–751.
- [7] Jevtić M., Pavlović M. Coefficient multipliers on spaces of analytic functions // *Acta Sci. Math.* 1998. V. 64. P. 531–545.
- [8] Шамоян Р. Ф. О мультипликаторах из пространств типа Бергмана в пространства Харди в поликруге // *Укр. матем. ж.* 2000. № 10. С. 1405–1415.
- [9] Тригуб Р. М. Мультипликаторы класса $H^p(\mathbf{D}^m)$ при $p \in (0, 1)$ и аппроксимативные свойства методов суммирования степенных рядов // *Докл. РАН.* 1994. Т. 335. № 6. С. 697–699.
- [10] Шамоян Р. Ф. Непрерывные функционалы и мультипликаторы степенных рядов одного класса аналитических в поликруге функций // *Изв. вузов. Матем.* 2000. № 7. С. 67–69.
- [11] Blasco O. Multipliers on spaces of analytic functions // *Canad. J. Math.* 1995. V. 47(1). P. 44–64.
- [12] Mateljević M., Pavlović M. Multipliers of H^p and BMOA // *Pacific J. Math.* 1990. V. 146. P. 71–89.
- [13] Novak M. Coefficient multipliers of spaces of analytic functions // *Ann. Univ. Mar. Sklod. Lublin.* 1998. V. 52. P. 108–119.
- [14] Shamoyan R. F. Multipliers of power series Toeplitz operators and space embeddings // *Izv. Nat. Acad. Nauk Arm.* 1999. V. 34. № 4. P. 43–59.
- [15] Ortega J. M., Fabrega J. Holomorphic Triebel–Lizorkin spaces // *J. Funct. Anal.* 1997. V. 151. P. 177–212.
- [16] Djakonov K. M. Besov spaces and outer functions // *Michigan Math. J.* 1997. V. 121. P. 117–129.