ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ЖАС ҒАЛЫМДАР КЕҢЕСІ

Студенттер мен жас ғалымдардың **«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2016»** атты XI Халықаралық ғылыми конференциясының БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XI Международной научной конференции студентов и молодых ученых **«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2016»**

PROCEEDINGS of the XI International Scientific Conference for students and young scholars **«SCIENCE AND EDUCATION - 2016»**

2016 жыл 14 сәуір
Астана

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Студенттер мен жас ғалымдардың «Ғылым және білім - 2016» атты XI Халықаралық ғылыми конференциясының БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XI Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2016»

PROCEEDINGS of the XI International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2016»

2016 жыл 14 сәуір

Астана

ӘӨЖ 001:37(063)
КБЖ 72:74
Ғ 96

Ғ96 «Ғылым және білім – 2016» атты студенттер мен жас ғалымдардың XI Халық. ғыл. конф. = XI Межд. науч. конф. студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2016» = The XI International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2016» . – Астана: http://www.enu.kz/ru/nauka/ nauka-i-obrazovanie/, 2016. – .... б. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-764-4

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

ӘОЖ 001:37(063)
КБЖ 72:74

ISBN 978-9965-31-764-4

3. E.D. Nursultanov, S. Tikhonov. Net Spaces and Boundedness of Integral Operators // J. Geom. Anal., Vol. 21, № 4, 2011, P. 950-981.
4. Копежанова А.Н., Нурсултанов Е.Д. О неравенствах для преобразования Фурье функций из пространств Лоренца // Математические заметки, 2011, Т. 90, № 5, С. 784-787.

УДК 519.63

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕНЗОРНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛОВ К КВАДРАТУРНЫМ ФОРМУЛАМ КОРОБОВА

Сайдазимова Альфия Мирзаахмед кизи
saydazimova_alfiya@mail.ru
Магистрант 2-го курса ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, СНС института ИТМ и НВ ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан
Научный руководитель – Н. Темірғалиев

С. А. Смоляком в [1-2] был предложен метод, позволяющий распространить результаты аппроксимативного содержания с меньших размерностей пространств на большие. Однако, как нам представляется, возможности метода были неоправданно сужены тем обстоятельством, что сфера применения была ограничена тензорным произведением классов, что отражено в названии статьи [1].

Общая формула переноса утверждений о приближениях функционалов $B^{(j)}$ агрегатами по полным ортонормированным на $E_j \subset R^{d_j}$ системам $\left\{\varphi^{(j)}_{m_j}\left(x_j\right)\right\}_{m_j \in M_j}$, $j=1,...,s$, на случай полных кратных ортонормированных систем $\left\{\left(\varphi^{(1)}_{m_1}\varphi^{(2)}_{m_2}...\varphi^{(s)}_{m_s}\right)\right\}$ на $E \equiv E_1 \times \ldots \times E_s \subset R^d$ $\left(d=d_1+...+d_s\right)$ заключается в следующем (см., напр. [1-2]).

Пусть даны целые положительные числа s, $d_1,...,d_s$ и пусть для каждого $j\left(j=1,...,s\right)$ задана ортогональная (быть может, с весом) и нормированная на измеримом (здесь и всюду ниже – в смысле Лебега) множестве E_j, $E_j \subset R^{d_j}$ полная система $\left\{\varphi^{(j)}_{m_j}\left(x_j\right)\right\}_{m_j \in M_j}$, где $M_j \subset Z^{d_j}$.

Пусть для каждого j на множестве, составленном из всех функций соответствующей ортонормированной системы, задан функционал $B^{(j)}$.

Тогда согласно [3-4], определенный на всех функциях ортонормированной на $E \equiv E_1 \times \ldots \times E_s \subset R^d$ $\left(d=d_1+...+d_s\right)$ полной системы

$$\Phi_m\left(x\right) \equiv \Phi_{m_1,...,m_s}\left(x_1,...,x_s\right) \equiv \prod_{j=1}^{s} \varphi^{(j)}_{m_j}\left(x_j\right) \quad \left(m \equiv \left(m_1,...,m_s\right) \in M_1 \times ... \times M_s \equiv M\right),$$

функционал

$$B\left(\Phi_m\right) = B\left(\Phi_{m_1,...,m_s}\right) = \prod_{j=1}^{s} B^{(j)}\left(\varphi^{(j)}_{m_j}\right)$$

называют *тензорным произведением функционалов* $B^{(1)},...,B^{(s)}$ и обозначают

$$B = B^{(1)} \otimes \ldots \otimes B^{(s)} \equiv \otimes \prod_{j=1}^{s} B^{(j)} .$$

Всюду ниже, без каких-либо дополнительных сообщений, все привлекаемые к рассмотрению функции, вообще говоря, комплекснозначные, будут предполагаться измеримыми в смысле Лебега, интеграл будет пониматься в смысле Лебега, каждая ортонормированная система будет предполагаться полной (быть может, соответствующим весом). Таким образом, с каждой функцией, допускающей разложение по такой системе в ряд Фурье-Лебега, с точностью до почти всюду будет связан единственный набор коэффициентов Фурье по этой системе.

Далее функционал B допускает распространение на множество, составленное из всех функций f, определенных на E, для которых абсолютно сходится числовой ряд $\sum_{m\in M}\langle f,\Phi_m\rangle B(\Phi_m)$, где $\langle\,,\rangle$- скалярное произведение (в весовом случае с весом, обеспечивающим ортогональность), если принять в качестве $B(f)$ значение суммы этого ряда.

Ясно, что множества определения функционалов $B^{(j)}$ также могут быть расширены в этом же смысле.

Пусть для каждого $j=1,...,s$ имеется последовательность функционалов $\theta^{(j)}_{t_j}\left(t_j\in Z, t_j\geq t_j^{(0)}\geq 0\right)$, определенных (по крайней мере) на всех функциях системы $\left\{\varphi^{(j)}_{m_j}(x_j)\right\}_{m_j\in M_j}$ и такая, что для каждой функции этой системы имеет место равенство

$$\sum_{t_j\geq t_j^{(0)}}\theta^{(j)}_{t_j}\left(\varphi^{(j)}_{m_j}\right)=B^{(j)}\left(\varphi^{(j)}_{m_j}\right), \tag{1}$$

или, что, то же самое, для частичных сумм

$$\alpha^{(j)}_{\mu_j}\left(\varphi^{(j)}_{m_j}\right)=\sum_{t_j^{(0)}\leq t_j\leq\mu_j}\theta^{(j)}_{\nu_j}\left(\varphi^{(j)}_{m_j}\right)$$

выполнено

$$\lim_{\mu_j\to\infty}\alpha^{(j)}_{\mu_j}\left(\varphi^{(j)}_{m_j}\right)=B^{(j)}\left(\varphi^{(j)}_{m_j}\right).$$

Тогда для функции $f(x)$, определенной на $E\subset R^N$, в предположении, что все действия законны (например, все встречающиеся ряды сходятся абсолютно), будем иметь $\left(\mathrm{Z}^s_{t^{(0)}}\equiv\left\{(t_1,...,t_s)\in Z^s: t_j\geq t_j^{(0)}\geq 0\ (j=1,...,s)\right\}\right)$

$$Bf=\left(B^{(1)}\otimes\ldots\otimes B^{(s)}\right)(f)=\sum_{m\in M}\langle f,\Phi_m\rangle\prod_{j=1}^{s}B^{(j)}\left(\varphi^{(j)}_{m_j}\right)=$$

$$=\sum_{m\in M}\langle f,\Phi_m\rangle\prod_{j=1}^{s}\left(\sum_{t_j\geq t_j^{(0)}}\theta^{(j)}_{t_j}\left(\varphi^{(j)}_{m_j}\right)\right)=$$

$$=\sum_{(t_1,...,t_s)\in Z^s_{t^{(0)}}}\ \sum_{m\in M}\langle f,\Phi_m\rangle\prod_{j=1}^{s}\theta^{(j)}_{t_j}\left(\varphi^{(j)}_{m_j}\right).$$

Заметим, что внутреннюю сумму можно записать и по-иному:

$$\sum_{m\in M}\langle f,\Phi_m\rangle\prod_{j=1}^{s}\theta^{(j)}_{\nu_j}\left(\varphi^{(j)}_{m_j}\right)=\sum_{m\in M}\langle f,\Phi_m\rangle\left(\theta_{\nu_1}\otimes\ldots\otimes\theta_{\nu_s}\right)(\Phi_m)=$$

$$=\left(\theta^{(1)}_{\nu_1}\otimes\ldots\otimes\theta^{(s)}_{\nu_s}\right)\left(\sum_{m\in M}\langle f,\Phi_m\rangle\Phi_m\right)=\left(\theta^{(1)}_{\nu_1}\otimes\ldots\otimes\theta^{(s)}_{\nu_s}\right)(f).$$

Тогда, в условиях приведенных определений и обозначений имеет место основное в рассматриваемом круге вопросов равенство, заключенное в следующей теореме.

Теорема А (см. [3])**.** *Пусть даны вектор* $t^{(0)}=\left(t_1^{(0)},...,t_s^{(0)}\right)$ *с целыми неотрицательными компонентами и конечное множество* Ω, $t^{(0)}\in\Omega\subset\mathrm{Z}^s_{t^{(0)}}\equiv\left\{(t_1,...,t_s)\in Z^s: t_j\geq t_j^{(0)}\geq 0\ (j=1,...,s)\right\}$. *Тогда для всякой функции f(x), определенной на измеримом множестве* $E\subset R^d$, *имеет место равенство*

$$\left(B^{(1)}\otimes\ldots\otimes B^{(s)}\right)(f)-\sum_{(t_1,...,t_s)\in\Omega}\left(\theta^{(1)}_{t_1}\otimes\ldots\otimes\theta^{(s)}_{t_s}\right)(f)=$$

$$= \sum_{(t_1,\dots,t_s)\in Z^s_{t(0)}\setminus\Omega} \sum_{m\in M} \langle f,\Phi_m\rangle \prod_{j=1}^{s} \theta^{(j)}_{t_j}\left(\varphi^{(j)}_{m_j}\right) = \sum_{m\in M} \langle f,\Phi_m\rangle \sum_{(t_1,\dots,t_s)\in Z^s_{t(0)}\setminus\Omega} \prod_{j=1}^{s} \theta^{(j)}_{\nu_j}\left(\varphi^{(j)}_{m_j}\right), \qquad (2)$$

если только все ряды в (1) *и* (2) *сходятся абсолютно.*

Выписанное равенство позволяет переносить результаты о приближениях функционалов меньших размерностей на большие.

Здесь в модельной ситуации $s = d_1 = d_2 = 2$ в теоретическом аспекте изучим задачу численного интегрирования.

Перейдем к следующей конкретизации в (1) ортонормированной системы и функционалов: Для каждого $j(j=1,2)$ положим $\varphi^{(j)}_{m_{2j-1},m_{2j}}\left(x_{2j-1},x_{2j}\right) = \left\{e^{2\pi i\left(m_{2j-1}x_{2j-1}+m_{2j}x_{2j}\right)}\right\}$, $E_j = [0,1]^2$.

Тогда

$$\varPhi_m(x) \equiv \varPhi_{m_1,m_2,m_3,m_4}(x_1,x_2,x_3,x_4) \equiv \prod_{j=1}^{2} \varphi_{m_{2j-1},m_{2j}}\left(x_{2j-1},x_{2j}\right) = e^{2\pi i(m_1x_1+m_2x_2+m_3x_3+m_4x_4)}.$$

$$\left(m \equiv ((m_1,m_2),(m_3,m_4)) \in Z^2\times Z^2 \equiv Z^4\right).$$

Через $L(E)$ обозначим пространство Лебега всех суммируемых на E функций и для функции $f(x_1,x_2,x_3,x_4)\in L(E_1\times E_2)$ и $m=(m_1,m_2,m_3,m_4)\in Z^4$ через $\hat f(m)$ будем обозначать тригонометрические коэффициенты Фурье-Лебега:

$$\hat f(m) = \hat f(m_1,m_2,m_3,m_4) = \int_{[0,1]^4} f(x_1,x_2,x_3,x_4) e^{-2\pi i(m_1x_1+m_2x_2+m_3x_3+m_4x_4)} dx_1dx_2dx_3dx_4.$$

Функционалы $B^{(1)}$ и $B^{(2)}$ определим соответственно на $L(E_1)$ и $L(E_2)$ следующими равенствами:

$$B^{(1)}\left(f^{(1)}\right) = \int_{E_1} f^{(1)}(x_1,x_2)dx_1dx_2$$

и

$$B^{(2)}\left(f^{(2)}\right) = \int_{E_2} f^{(2)}(x_3,x_4)dx_3dx_4 .$$

Тогда, по определению тензорных произведений функционалов для каждой функции $f(x_1,x_2,x_3,x_4): E_1\times E_2 \to C$ с абсолютно сходящимся рядом Фурье-Лебега, с учетом

$$B^{(1)}\left(\varphi_{m_1,m_2}(x_1,x_2)\right) = B^{(1)}\left(e^{2\pi i(m_1x_1+m_2x_2)}\right) = \int_{[0.1]^2} e^{2\pi i(m_1x_1+m_2x_2)}dx_1dx_2 = \begin{cases} 1, & \text{если } m_1=m_2=0 \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases},$$

$$B^{(2)}\left(\varphi_{m_3,m_4}(x_3,x_4)\right) = B^{(2)}\left(e^{2\pi i(m_3x_3+m_4x_4)}\right) = \int_{[0.1]^2} e^{2\pi i(m_3x_3+m_4x_4)}dx_3dx_4 = \begin{cases} 1, & \text{если } m_3=m_4=0 \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

имеем

$$B(f) \overset{def}{=} \left(B^{(1)}\otimes B^{(2)}\right)(f) = \left(B^{(1)}\otimes B^{(2)}\right)\left(\sum_{(m_1,m_2,m_3m_4)\in Z^4} \hat f(m_1,m_2,m_3,m_4)\varPhi_{m_1,m_2,m_3,m_4}(x_1,x_2,x_3,x_4)\right) =$$

$$= \sum_{(m_1,m_2,m_3m_4)\in Z^4} \hat f(m_1,m_2,m_3,m_4) B^{(1)}\otimes B^{(2)}\left(\varPhi_{m_1,m_2,m_3,m_4}(x_1,x_2,x_3,x_4)\right) =$$

$$\sum_{(m_1,m_2,m_3,m_4)\in Z^4} \hat f(m_1,m_2,m_3,m_4) B^{(1)}\left(\varphi_{m_1,m_2}(x_1,x_2)\right)\cdot B^{(2)}\left(\varphi_{m_3,m_4}(x_3,x_4)\right) = \hat f(0,0,0,0) =$$

$$= \int_{E_1\times E_2} f(x_1,x_2,x_3,x_4)dx_1dx_2dx_3dx_4.$$

В качестве функционалов $\alpha^{(j)}_{t_j}\left(f_j\right)$ возьмем

$$\alpha_{t_j}(f_j)=\frac{1}{p_{v_{t_j}}^{(j)}}\sum_{k_j=1}^{p_{v_{t_j}}^{(j)}} f_j\left(\frac{k_j}{p_{v_{t_j}}^{(j)}},\left\{\frac{a\left(p_{v_{t_j}}^{(j)}\right)k_j}{p_{v_{t_j}}^{(j)}}\right\}\right)$$

– квадратурные формулы с равными весами и по сетке Коробова [5-7] с $p_{v_{t_j}}^{(j)}$ узлами, где $\left\{p_{v_{t_j}}^{(j)}\right\}_{t_j=1}^{\infty}$ – подпоследовательность строго возростающей последовательности простых чисел $\{p_v\}_{v=1}^{\infty}$, таких, что $p_v \equiv 1 \bmod(3)$ $(v=1,2,\ldots)$ и $\left\lfloor \log p_{v_{t_j}}^{(j)}\right\rfloor < \left\lfloor \log p_{v_{t_{j+1}}}^{(j)}\right\rfloor$.

Положим

$$\begin{cases}\theta_1^{(1)}=\alpha_1^{(1)}\\ \theta_{t_1}^{(1)}=\alpha_{t_1}^{(1)}-\alpha_{t_1-1}^{(1)},\ t_1\ge 2\end{cases}\qquad \begin{cases}\theta_1^{(2)}=\alpha_1^{(2)}\\ \theta_{t_2}^{(2)}=\alpha_{t_2}^{(2)}-\alpha_{t_2-1}^{(2)},\ t_2\ge 2\end{cases}$$

Пусть дано $c>0$. Через $\Omega_q^{(c)}$ обозначим непустое множество

$$\left\{(t_1,t_2)\in Z^2: t_1\ge 1, t_2\ge 1, \left\lfloor \log p_{v_{t_1}}^{(1)}\right\rfloor+\left\lfloor \log p_{v_{t_2}}^{(2)}\right\rfloor \le q,\ \exists\,(t_1',t_2')\in Z^2: q-c\le \left\lfloor \log p_{v_{t_1'}}^{(1)}\right\rfloor+\left\lfloor \log p_{v_{t_2'}}^{(2)}\right\rfloor\le q\right\},$$

где $q\in N$ и $q\ge \left\lfloor \log p_{v_1}^{(1)}\right\rfloor+\left\lfloor \log p_{v_1}^{(2)}\right\rfloor$.

Таким образом, параметр q, $q\ge \left\lfloor \log p_{v_1}^{(1)}\right\rfloor+\left\lfloor \log p_{v_1}^{(2)}\right\rfloor$ будет также зависит от с и, разумеется, от последовательностей $\left\{p_{v_{t_j}}^{(j)}\right\}_{t_j=1}^{\infty}$. Такие q мы будем называть *с-допустимыми*.

Для $t_j\ge 1$, положив $\alpha_0^{(j)}=0$, на основе вышеизложенных определений и утверждений, получим следующую квадратурную формулу

$$\Lambda_q(f)=\sum_{\Omega_q\subset Z^2}\theta_{t_1}^{(1)}\otimes\theta_{t_2}^{(2)}(f)=\sum_{(t_1,t_2)\in\Omega_q^{(c)}}\left(\left(\alpha_{t_1}^{(1)}-\alpha_{t_1-1}^{(1)}\right)\otimes\left(\alpha_{t_2}^{(2)}-\alpha_{t_2-1}^{(2)}\right)\right)(f)=$$

$$=\sum_{(t_1,t_2)\in\Omega_q^{(c)}\subset Z^2}\left(\sum_{\varepsilon_1=0}^{1}\sum_{\varepsilon_2=0}^{1}(-1)^{\varepsilon_1+\varepsilon_2}\alpha_{t_1-\varepsilon_1}^{(1)}\otimes\alpha_{t_2-\varepsilon_2}^{(2)}\right)(f)=$$

$$=\sum_{(v_1,\ldots,v_s)\in\Omega_q^{(c)}}\sum_{\varepsilon_1=0}^{1}\sum_{\varepsilon_2=0}^{1}(-1)^{\varepsilon_1+\varepsilon_2}\left(\prod_{j=1}^{2}p_{v_{t_j}-\varepsilon_j}^{(j)}\right)^{-1}\sum_{k_1=1}^{p_{v_{t_1}-\varepsilon_1}^{(1)}}\sum_{k_2=1}^{p_{v_{t_2}-\varepsilon_2}^{(2)}} f\left(\frac{k_1}{p_{v_{t_1}-\varepsilon_1}^{(1)}},\left\{\frac{a^{v_{t_1}-\varepsilon_1}k_1}{p_{v_{t_1}-\varepsilon_1}^{(1)}}\right\},\frac{k_2}{p_{v_{t_2}-\varepsilon_2}^{(2)}},\left\{\frac{a^{v_{t_2}-\varepsilon_2}k_2}{p_{v_{t_2}-\varepsilon_2}^{(2)}}\right\}\right).$$

Пусть s - целое положительное число, $r>0$. Класс Соболева с доминирующей смешанной производной $SW_2^r(0,1)^s$ есть множество всех 1- периодических по каждой переменной функций $f(x)=f(x_1,\ldots,x_s)$, представимых в виде

$$f(x)=\sum_{m\in Z^s}\hat f(m)e^{2\pi i(m,x)},\ \sum_{m\in Z^s}\left|\hat f(m)\right|^2\left(\overline{m}\right)^{2r}\le 1\ .$$

Справедлива следующая

Теорема. *Пусть даны* $r>1$ *и* $c>0$. *Тогда для всех* c*- допустимых* q *справедливо неравенство*[1]

$$\sup_{f\in SW_2^r}\left|\int_{[0,1]^4} f(x)dx-\Lambda_q(f)\right| << \frac{(\ln N)^{3r+\frac{3}{2}}}{N^r}$$

где $N=N_q$ - количество узлов в квадратурной формуле Λ_q, для которого имеет место неравенства $2^q << N_q << 2^q q^2$.

---

[1] Здесь и всюду ниже, при положительном A и B любого знака, запись $B \underset{\alpha,\beta,\ldots}{<<} A$ будет означать $|B|\le c(\alpha,\beta,\ldots)A$, где $c(\ldots)$- некоторая константа, зависящие лишь от указанных в скобках параметров.

Список пользованных источников

1. Смоляк С. А. Квадратурные и интерполяционные формулы на тензорных произведениях некоторых классов функций // Докл. АН СССР, 148:5, 1963, С. 1042–1045.
2. Смоляк С. А. Об оптимальном восстановлении функций и функционалов от них. Дис. канд. физ.-матем. наук. - М.: МГУ, 1965.
3. Темиргалиев Н. Классы $U_s(\beta,\theta,\alpha;\psi)$ и квадратурные формулы // Докл. РАН, 2003, Т. 393, № 5, С. 605-608.
4. Темиргалиев Н., Кудайбергенов С.С., Шоманова А.А. Применение тензорных произведений функционалов в задачах численного интегрирования // Изв. РАН сер. матем., 2009, Т. 73, № 2, С. 183-224.
5. Коробов Н.М. Теоретико-числовые методы в анализе.- М.: Физматгиз, 1963.
6. Темиргалиев Н., Баилов Е.А., Жубанышева А.Ж. Об общем алгоритме численного интегрирования периодических функций многих переменных // Докл. РАН, 2007, Т. 416, № 2, С. 169-173.
7. Жубанышева А.Ж., Темиргалиев Н., Темиргалиева Ж.Н. Применение теории дивизоров к построению таблиц оптимальных коэффициентов // ЖВМ и МФ, 2009, Т. 49, № 1, С. 14-25.

УДК 517.95

СИНГУЛЯРЛЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ЕКІНШІ РЕТТІ ТЕҢДЕУДІҢ ШЕШІЛУ ШАРТТАРЫ

Сарбаева Шолпан Хадыловна
sholpan_0292@mail.ru
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің,
механика – математика факультетінің 2 курс магистранты, Астана, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – Қ. Оспанов

Коэффициенттері айнымалы дифференциалдық теңдеулерді зерттеу кезінде көңіл бөлетін басты мәселелерді келесі үш категорияның (санаттың) біріне жатқызуға болады. Олар - шешімнің табылуы, жалғыз болуы және сапалық қасиеттері. Бұлардың алғашқы екеуі теңдеудің нақты процеске математикалық модель ретінде сәйкес келуіне жауап берсе, үшінші мәселе процестің жүру сипаты (табиғаты) жайында ақпарат алу үшін қажет. Сондықтан, сызықты және сызықты емес дифференциалдық теңдеулердің шешімдерінің сапалық қасиеттерін зерттеу маңызды болып табылады. Шешімдерінің сапалық қасиеттерін зерттеу кезінде бізді келесі сұрақтар қызықтырады:

1) шешімдердің тегістігі;
2) шешімдердің әр түрлі салмақты кеңістіктердің нормаларындағы бағалаулары;
3) шешімдердің жуықталу мүмкіндіктері.

Екінші ретті нұқсанды дифференциалдық теңдеу деп аталатын

$$Ly = -y'' + r(x)y' = f(x) \qquad (1)$$

теңдеуін қарастырамыз. Осы жерде және алдағы уақытта $x \in (-\infty;+\infty) \equiv R$, $f \in L_p(R)$, $1 < p < +\infty$.