

УДК 539.3

О ПРИРОДНОМ ВИРУСЕ КАК СЛАБОМ ВОЗМУЩЕНИИ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Бабешко В. А., Евдокимова О. В., Бабешко О. М.

ABOUT THE NATURAL VIRUS AS A WEAK PERTURBATION OF THE MULTIPARAMETER SYSTEMS

Babeshko V. A. *, Evdokimova O. V. **, Babeshko O. M. *

* Kuban State University, Krasnodar, 350040, Russia

** Southern Scientific Center RAS, Rostov-on-Don, 344006, Russia
e-mail: babeshko41@mail.ru

Abstract. Some multiparameter natural and technical processes can be subjected to different external impacts including weak ones. In some cases conduct of processes can lead to untypical or irregular phenomena. Sometimes such phenomena turn out to be extremely unexpected, and quite often they cause financial or other damage. But in contrast to strong perturbations such as typhoons, tornados, cyclones and anticyclones that induce in nature forecasting process, which correspond to a strong type of perturbation, weak perturbations become invisible. The questions of showing weak perturbations and the ways of their disclosure are discussed in the work in multiparameter natural and technical systems. The analysis was given of the weak perturbations in mechanics, in the theory of the mixed problems and in the problem of the weather. The examples of the analogical events which take place in natural and in the theory are presented in the paper. The block element method and the method of the integral equations are in the basis of study.

Keywords: localization, anomaly natural process, natural virus, boundary-value problems, differential equations integral equations

Обсуждается вопрос поведения некоторых многопараметрических природных и технических систем, которые могут подвергаться различным внешним воздействиям. В ряде случаев их поведение оказываются таким, что приводит к нетипичным или аномальным явлениям. Иногда такие явления оказываются крайне неожиданными, а нередко наносят материальный или иной ущерб. Важно заметить, что подобные явления возникают в, казалось бы, благоприятных и спокойных условиях, ничем не предвещающих, каких-либо изменений, тем более — опасности.

По мнению авторов статьи, такие события случаются в многопараметрических системах, поведение которых при различных значениях

параметров недостаточно исследовано. Эти системы могут обладать такими свойствами, что взаимозависящие параметры могут, даже при малых своих возмущениях, консолидироваться так, что выведут систему на совершенно нетипичный режим поведения, встречающийся крайне редко. Одним из таких примеров служат хорошо известные «вирусы вибропрочности» [1]. Они были обнаружены чисто теоретически в результате строгого математического анализа решений граничных задач для полуграниченных упругих тел при вибрации на них штампов либо при наличии в них трещин.

В полуграниченных телах типа слоистой среды или упругого слоя, закрепленных по

Бабешко Владимир Андреевич, академик РАН, д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой математического моделирования Кубанского государственного университета, директор Научно-исследовательского центра прогнозирования и предупреждения геоэкологических и техногенных катастроф Кубанского государственного университета, заведующий лабораторией Южного федерального университета; e-mail: babeshko41@mail.ru

Евдокимова Ольга Владимировна, д-р физ.-мат. наук, главный научный сотрудник Южного научного центра РАН; e-mail: evdokimova.olga@mail.ru

Бабешко Ольга Мефодиевна, д-р физ.-мат. наук, главный научный сотрудник Научно-исследовательского центра прогнозирования и предупреждения геоэкологических и техногенных катастроф Кубанского государственного университета; e-mail: babeshko49@mail.ru

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ (14-08-00404, 13-01-12003-м, 13-01-96502, 13-01-96505, 13-01-96508, 13-01-96509, 15-01-01379, 15-08-01377), гранта Президента РФ НШ-1245.2014.1, Программы Президиума РАН № 3 и № 43.

нижнему основанию на жесткой подложке, при возбуждении колебаний верхней границы штампом конечной ширины возникают бегущие на бесконечность волны. Этот процесс начинается с некоторой частоты, называемой критической. До ее наступления полугограниченное упругое тело ведет себя подобно конечному, без поглощения энергии. Считалось, что на закритических частотах волны всегда существуют и уносят энергию на бесконечность. Оказывается, это не так. Существуют редкие сочетания параметров: частоты, ширины штампов и толщины слоя, при которых система вновь становится безволновой. В этом случае бегущие волны исчезают и в зоне штампа может возникнуть локализация процесса и даже резонанс, как в случае ограниченного тела. Обнаружение вируса вибропрочности стало возможным благодаря развитию математических методов, позволивших более углубленно исследовать свойства интегральных уравнений смешанных граничных задач. Разработка особо точного метода блочного элемента, позволяющего аналитически исследовать многие свойства решений для трехмерных граничных задач в произвольных областях, позволила выявить и новые свойства решений интегральных уравнений.

Как показано в [2], метод является конвергентным, объединяющим несколько подходов. Именно благодаря его применению в [3] установлена возможность локализации энергии в некоторых процессах и выявлен ряд свойств поведения природных и технических систем, которые ради краткости пояснения были названы проявлением «природного вируса».

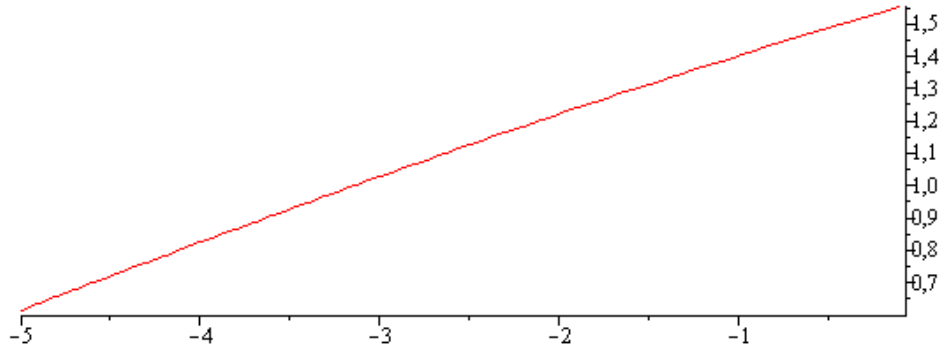
Это и есть то редкое сочетание параметров в многопараметрической системе, которое может приводить к локализациям процессов, причем с разной степенью интенсивности. Пример применения теории природного вируса приведен в [4].

Возникает вопрос — а все ли возможные локализации в атмосфере исчерпываются визуально наблюдаемыми тайфунами и смерчами, гигантскими циклонами и антициклонами, последствия которых легко объяснимы? Не существуют ли более слабые локализации, которые на фоне вышеуказанных циркуляций незаметны? Ответы на эти вопросы, наверное, сейчас может давать только строгая математика, отправляющаяся к исследованиям природных процессов в условиях полных штилей, но с учетом источника энергии — температурных аномалий. По-видимому, именно здесь

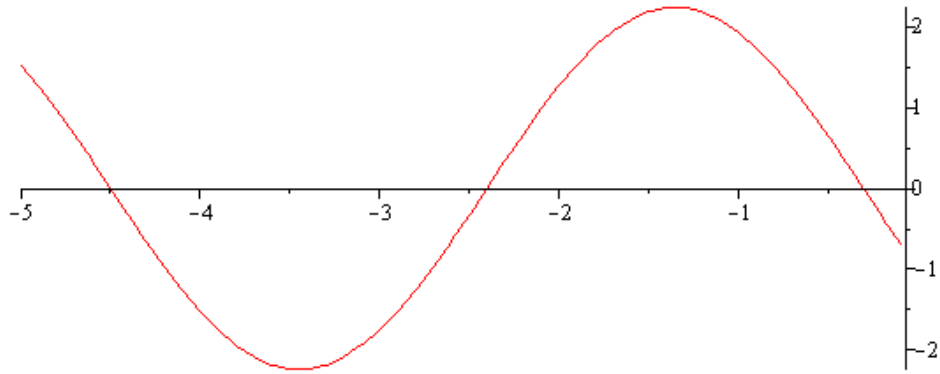
могут зарождаться более слабые локализации, проявляющие себя лишь при благоприятных условиях отсутствия сильных циркуляционных движений воздушных масс, скрывающих слабую локализацию, что и показано в [4]. Результаты математических исследований возможных локализаций могут проверяться на реально наблюдаемых природных явлениях.

Удобным примером сопоставления математических результатов с практическими наблюдениями является следующее хорошо известное явление. В природе известно аномальное состояние, выражающееся в приходе теплой погоды ранней осенью обязательно после резкого похолодания. Оно называется «бабьим летом» в России, «Altweibersommer» в Германии и «индианским летом» (indian summer) в США. Лишь изредка данное явление отсутствует, например, в 2012 г. в Москве его не было. Любопытно объяснение этого явления в гидрометеорологической литературе: устойчивый антициклон. Но почему этот антициклон образуется примерно в одно и то же время в отсутствие описанных выше мощных локализаций и наблюдается повсеместно? Единственное строгое объяснение этому явлению дает математический результат, получаемый из анализа смешанной задачи для уравнения теплопроводности с учетом разнотипности нагрева территорий и общего похолодания окружающей среды [4]. Из математических построений получаются и дополнительные признаки свойств «бабьего лета». Так, чем более резкое и глубокое похолодание случается ранней осенью, тем продолжительнее будет это потепление. И еще один, состоящий в том, что вдоль линии зон бабьего лета, с юга на север, может иметь место волнообразное поведение температур при переходе из одной зоны в следующую. Поведение температур приближенно описывается функцией

$$\begin{aligned}
 f_{\lambda 0}(x_1, \alpha_2, m_0) = & \sum_{m=1}^{m_1} \sum_{\nu=1}^{m_1} A_{m\nu} R_{m\nu} \times \\
 & \times \left[F_c^+(z_\nu, \alpha_2) \cos(x_1 \xi_m + \varphi_{m\nu}) + \right. \\
 & \left. + F_s^+(z_\nu, \alpha_2) \sin(x_1 \xi_m + \varphi_{m\nu}) \right] + \\
 & + \sum_{m=m_1+1}^{\infty} \sum_{\nu=m_1+1}^{\infty} B_{m\nu} \Psi(\xi_m, z_\nu, \alpha_2) \exp(-ix_1 \xi_m), \\
 & x_1 < 0, \quad m_0 = m_1,
 \end{aligned}$$



$$A_1 = 1; B_1 = 2; \xi_1 = 0,1; \varphi_{11} = 0,1\pi$$



$$A_1 = 1; B_1 = 3; \xi_1 = 1,5; \varphi_{11} = \pi$$

Рис. 1

$$\Psi(\xi_m, z_\nu, \alpha_2) = \frac{N_-(\xi_m, \alpha_2)}{N_-(z_\nu, \alpha_2)} + \frac{N_-(-\xi_m, \alpha_2)}{N_-(-z_\nu, \alpha_2)},$$

Здесь приняты обозначения

$$F^+(z_\nu, \alpha_2) = F_c^+(z_\nu, \alpha_2) + iF_s^+(z_\nu, \alpha_2),$$

$$F^{+*}(z_\nu, \alpha_2) = F_c^+(z_\nu, \alpha_2) - iF_s^+(z_\nu, \alpha_2),$$

$$A_{m\nu} = \frac{1}{2N_-^{-1'}(\xi_m, \alpha_2)N'_-(z_\nu, \alpha_2)(\xi_m - z_\nu)},$$

$$\frac{iM_-(\xi_m, \alpha_2)}{M_-(z_\nu, \alpha_2)} = C_{m\nu} + iD_{m\nu},$$

$$B_{m\nu} = \frac{F^+(z_\nu, \alpha_2)}{2M_-^{-1'}(\xi_m, \alpha_2)M'_-(z_\nu, \alpha_2)(z_\nu - \xi_m)},$$

$$K_1(\alpha_1, \alpha_2) = M(\alpha_1, \alpha_2)N(\alpha_1, \alpha_2),$$

$$N(\alpha_1, \alpha_2) = \prod_{n=1}^{m_0} \frac{(z_n^2 - \alpha_1^2)}{(\xi_n^2 - \alpha_1^2)},$$

$$K_1(\alpha_1, \alpha_2) = K_{1+}(\alpha_1, \alpha_2)K_{1-}(\alpha_1, \alpha_2),$$

$$(C_{m\nu} + iD_{m\nu}) = 2R_{m\nu} \exp(-i\varphi_{m\nu}),$$

$$F_c^+(z_\nu, \alpha_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{\infty} f_\lambda(x_1, x_2, m_0) \times \\ \times \cos\left(\sqrt{z_\nu^2 - \alpha_2^2}x_1 + \alpha_2 x_2\right) dx_1 dx_2,$$

$$F_s^+(z_\nu, \alpha_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{\infty} f_\lambda(x_1, x_2, m_0) \times \\ \times \sin\left(\sqrt{z_\nu^2 - \alpha_2^2}x_1 + \alpha_2 x_2\right) dx_1 dx_2.$$

На рис. 1 (справа налево) изображены рассчитанные возможные поведения вариаций температур. Причина такого явления в рамках излагаемой теории заключается в возникновении у природного вируса при быстром похолодании на этапе осень–зима вещественных нулей и полюсов, т.е. в этом случае природный вирус ведет себя как вирус вибропрочности до локализации. Пример из области технической представляет исследование, выполненное в [5]. Некоторый фундамент или плоское

крепление деформируемого тела, будучи в контакте с деформируемым объектом, может практически незаметно разрушиться. Это связано с тем, что при определенных внешних нагрузках (размерах объектов и форме перемещений в зоне контакта) могут возникнуть условия, при которых образуются осциллирующие по длине зоны контакта нагрузки сжатия–растяжения, разрушающие контактное соединение. Это связано со свойствами решений систем интегральных уравнений

$$\begin{aligned} \mathcal{K}\varphi &= \\ &= \iint_{\Omega} \mathbf{k}(x_1 - \xi_1, x_2 - \xi_2) \mathbf{q}(\xi_1, \xi_2) d\xi_1 d\xi_2 = \\ &= \mathbf{g}(x_1, x_2), \end{aligned}$$

$$x_1, x_2 \in \Omega, \quad \mathbf{q} = \{q_1, q_2, q_3\},$$

$$\mathbf{k}(x_1, x_2) = \frac{1}{4\pi^2} \iint_{-\infty}^{\infty} \mathbf{K}(a_1, a_2) e^{-i\langle ax \rangle} da_1 da_2,$$

$$\langle ax \rangle = a_1 x_1 + a_2 x_2.$$

Матрица-функция в векторном случае имеет вид

$$\mathbf{K} = \begin{pmatrix} \alpha_1^2 M + \alpha_2^2 N & \alpha_1 \alpha_2 (M - N) & i \alpha_1 P \\ \alpha_1 \alpha_2 (M - N) & \alpha_1^2 N + \alpha_2^2 M & i \alpha_2 P \\ -i \alpha_1 P & -i \alpha_2 P & K \end{pmatrix},$$

$$\begin{aligned} M^+(u) &\equiv M(u, \text{sh}, \text{ch}) = \\ &= \frac{-0,5 \chi_2^2 \sigma_2 \text{ch} \sigma_1 \text{ch} \sigma_2}{u^2 \Delta^+(u)}, \end{aligned}$$

$$N^+(u) \equiv N(u, \text{sh}, \text{ch}) = \frac{2 \text{cth} \sigma_2}{u^2 \sigma_2},$$

$$\begin{aligned} P^+(u) &\equiv P(u, \text{sh}, \text{ch}) = \\ &= \frac{(u^2 - 0,5 \chi_2^2) \text{sh} \sigma_2 \text{ch} \sigma_1 - \sigma_1 \sigma_2 \text{sh} \sigma_1 \text{ch} \sigma_2}{\Delta^+(u)}, \end{aligned}$$

$$R^+(u) \equiv R(u, \text{sh}, \text{ch}) = \frac{-0,5 \chi_2^2 \sigma_1 \text{sh} \sigma_1 \text{sh} \sigma_2}{\Delta^+(u)},$$

$$\begin{aligned} \Delta^+(u) &\equiv \Delta(u, \text{sh}, \text{ch}) = \\ &= (u^2 - 0,5 \text{ch} i_2^2)^2 \text{ch} \sigma_1 \text{sh} \sigma_2 - \\ &\quad - u^2 \sigma_1 \sigma_2 \text{sh} \sigma_1 \text{ch} \sigma_2, \end{aligned}$$

$$\chi_1^2 = \rho(\lambda + 2\mu)^{-1} \omega^2, \quad \chi_2^2 = \rho \mu^{-1} \omega^2,$$

$$\sigma_n = \sqrt{u^2 - \chi_n^2}, \quad u = \sqrt{\alpha_1^2 + \alpha_2^2}, \quad n = 1, 2.$$

Статический случай этой же задачи приводит к элементам вида

$$M^+(u) \equiv \frac{4(1-v) \text{ch}^2 u}{u^3 (\text{sh} 2u + 2u)},$$

$$P^+(u) \equiv -\frac{(1-2v) \text{sh} 2u - 2u}{u^2 (\text{sh} 2u + 2u)},$$

$$N^+(u) \equiv \frac{2 \text{ch} u}{u^3 \text{sh} u},$$

$$R^+(u) \equiv \frac{4(1-v) \text{sh}^2 u}{u (\text{sh} 2u + 2u)}.$$

В обозначениях работы [5] решения имеют вид

$$q_m(x) = p_m(x) + \varphi_m(x), \quad m = 1, 2, \dots, R.$$

$$p_m(x) = \mathbf{F}^{-1} \Pi^{-1} \times$$

$$\times \left\{ \left\{ \sum_{r=1}^R \frac{p_{1mr} \Theta_r}{p_{2mr} p_{1rr}} \right\}_{\Omega}^+ + (\mathbf{K}_0^{-1} \mathbf{f})_m \right\},$$

$$\varphi_m(x) = \left\{ \mathbf{F}^{-1} p_{1mm}^{-1}(\alpha_1, \alpha_2, S) \int_{\partial\Omega} \theta_m \right\}_{\Omega}^+,$$

$$\left\{ \mathbf{F}^{-1} p_{1mm}^{-1}(\alpha_1, \alpha_2, S) \int_{\partial\Omega} \theta_m \right\}_{\Omega}^- = 0,$$

$$\left\{ \mathbf{F}^{-1} \Pi^{-1} \left\{ \left\{ \sum_{r=1}^R \frac{p_{1mr} \Theta_r}{p_{2mr} p_{1rr}} \right\}_{\Omega}^+ + (\mathbf{K}_0^{-1} \mathbf{f})_m \right\} \right\}_{\Omega}^- = 0.$$

Их анализ приводит к сделанным выше заключениям.

Более сложные многопараметрические системы, доступные для подобного анализа, возникают в граничных задачах, учитывающих совместное взаимодействие различных физических параметров. Например, к их числу относятся термоэлектроупругие граничные задачи [6]. Возможность исследования этих

задач на предмет проявления природных вирусов открывает конвергентный метод блочного элемента, позволяющий исследовать системы дифференциальных уравнений в частных производных любого порядка, а также задачу Гильберта–Винера для систем интегральных уравнений, решенную в [7] для мероморфных символов любого порядка.

Литература

1. Бабешко В.А. «Вирусы» вибропрочности // Известия вузов. Сев.-Кавк. регион. 1994. Спец. выпуск. С. 90–91.
2. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М., Горшкова Е.М., Зарецкая А.В., Мухин А.С., Павлова А.В. О конвергентных свойствах блочных элементов // ДАН. 2015. Т. 465. № 3. С. 298–301.
3. Бабешко В.А., Ритцер Д., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. О локализации энергии природных процессов и природные вирусы // ДАН. 2013. Т. 448. № 4. С. 406–409.
4. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. Об одной смешанной задаче для уравнения теплопроводности в полуграниченной области // Журнал прикладной механики и технической физики. 2015. № 6. С. 6–13.
5. Евдокимова О.В., Бабешко В.А., Бабешко О.М. К проблеме скрытого разрушения конструкций // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2015. № 3. С. 38–43.
6. Ворович И.И., Бабешко В.А., Прякина О.Д. Динамика массивных тел и резонансные явления в деформируемых средах. М.: Наука, 1999. 246 с.
7. Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М. Об одной факторизационной задаче Гильберта–Винера и методе блочного элемента // ДАН. 2014. Т. 459. № 5. С. 557–561.
8. Sev.-Kavk.region [Proc. of the Universities. North-Caucasus Region], 1994, Spec. Iss., pp. 90–91. (In Russian)
9. Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M., Gorshkova E.M., Zaretskaya A.V., Mukhin A.S., Pavlova A.V. O konvergentnykh svoystvakh blochnykh elementov [On convergence properties of block-level elements]. *Doklady Akademii nauk* [Rep. of the Academy of Sciences], 2015, vol. 465, no. 3. pp. 298–301. (In Russian)
10. Babeshko V.A., Rittser D., Evdokimova O.V., Babeshko O.M. O lokalizatsii energii prirodnnykh protsessov i prirodnye virusy [On the localization of energy of natural processes and natural viruses]. *Doklady Akademii nauk* [Rep. of the Academy of Sciences], 2013, vol. 448, no. 4, pp. 406–409. (In Russian)
11. Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M. Ob odnoy smeshannoy zadache dlya uravneniya teploprovodnosti v poluogranichennoy oblasti [On a mixed problem for the heat equation in a semi-infinite region]. *Zhurnal prikladnoy mekhaniki i tekhnicheskoy fiziki* [J. of Applied Mechanics and Technical Physics], 2015, no. 6, pp. 6–13. (In Russian)
12. Evdokimova O.V., Babeshko V.A., Babeshko O.M. K probleme skrytogo razrusheniya konstruktсий [On the problem of hidden destruction of structures]. *Ekologicheskiiy vestnik nauchnykh tsentrov Chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva* [Ecological Bulletin of Research Centers of the Black Sea Economic Cooperation], 2015, no. 3, pp. 38–43. (In Russian)
13. Vorovich I.I., Babeshko V.A., Pryakhina O.D. *Dinamika massivnykh tel i rezonansnye yavleniya v deformiruemykh sredakh* [The dynamics of massive bodies and resonance phenomena in deformable environments]. Moscow, Nauka Publ., 1999, 246 p. (In Russian)
14. Babeshko V.A., Evdokimova O.V., Babeshko O.M. Ob odnoy faktorizatsionnoy zadache Gil'berta–Vinera i metode blochnogo elementa [On a factorization problem of Hilbert–Wiener method and a block element]. *Doklady Akademii nauk* [Rep. of the Academy of Sciences], 2014, vol. 459, no. 5, pp. 557–561. (In Russian)

References

1. Babeshko V.A. “Virussy” vibroprochnosti [“Viruses” of vibration strength]. *Izvestiya vuzov*.