

# ПОРТЫ, ПОРТОВОЕ ХОЗЯЙСТВО И ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА

УДК 656.1

*А. Л. Кузнецов, А. В. Галин*

## КИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ МОРСКИХ ПОРТОВ

На основе анализа существующих моделей развития порта обоснована потребность в создании математической модели, способной в руках управляющего персонала быть действенным инструментом, определяющим направление развития порта. Порт рассматривается как целостная система, состоящая из множества параметров, произведена их классификация. Параметры, воздействующие на порт как на единую систему, определены как управляющие и возмущающие, подробно описаны принципы их воздействия. Сформулирована задача управления для сложной системы, находящейся под воздействием многих сил, предложено решение проблемы с помощью особой отрасли математики – кибернетики. Это решение состоит в использовании принципа обратной связи. Определены схемы с «положительной» и «отрицательной» обратной связью, использование которых позволит прогнозировать и эффективно управлять развитием порта. Утверждается, что кибернетический метод является наиболее подходящим для управления изменениями (развитием) сложной системы, которой является современный порт.

**Ключевые слова:** развитие порта, математическая модель, управляющие и возмущающие воздействия, кибернетика, обратная связь.

### **Введение**

Направление развития портов и терминалов зависит от влияния множества факторов различной природы. Все они тесно связаны между собой, образуя сложную совокупность систем, называемую в науке «ансамблем взаимодействующих систем» [1]. Внутри каждой из них действующие факторы приобретают более структурированный причинно-следственный характер, являясь последовательно разворачивающимися во времени взаимодействующими процессами. Традиционно понимаемое развитие портов, представляя собой один из таких «выделенных» потоков событий, в полной мере относится к подобной категории взаимодействующих систем [2]. Система развития порта отражает всю сложную картину причинно-следственных зависимостей, порождаемых развитием технологии транспортировки и обработки грузов, состоянием мировой финансово-экономической системы, уровнем развития средств связи и информационных технологий, состоянием мировой торговли и политической обстановкой, глобальной и региональной. Направление развития порта в большей или меньшей степени определяется динамикой всех указанных подсистем, а иногда в значительной мере само становится определяющим фактором развития последних. Игнорирование тех или иных аспектов, связей и факторов, определяющих перспективность возможных направлений развития, может стать фатальной ошибкой для судьбы порта. Так, например, окончили свой многовековой успешный путь развития и пополнили коллекцию музейных объектов порты Лондона и Ливерпуля, чьи позиции на мировой сцене веками казались незыблемыми. Напротив, понимание этих факторов и их обдуманное использование при планировании и выборе функционального профиля позволили превратить рыбацкие деревушки, ранее даже не отмеченные на картах, в крупнейшие грузовые центры: Феликстоу, Гилбери, Сингапур [3].

Многочисленные и объективно востребованные, но формальные и нерезультативные попытки выстроить все возможные варианты развития в некоторые понятные и потому предсказуемые пространственно-временные шаблоны продемонстрировали свою несостоятельность [4]. Если бы теория развития портов была исключительно исторической наукой и имела целью объяснить, как

и почему тот или иной порт достиг своего состояния, проблем бы не возникало. Но на практике, помимо объяснения причин создавшейся ситуации и влияния их на характеристики того или иного порта, требуется формулирование конкретных рекомендаций по оптимальным направлениям развития и ограничениям его возможностей.

Таким образом, на рубеже XX–XXI вв. появилась потребность в разработке методических основ прогнозирования развития портов.

### Параметры и факторы в задаче управления развитием портов

Если порт представить как целостную систему множества различных параметров, то изменение этих параметров во времени называется поведением или развитием системы, т. е. развитием порта, а значение параметров в конкретный момент времени является изображающей точкой, характеризующей положение системы в пространстве выбранных параметров. Параметры, описывающие поведение системы, обычно называют *выходными* параметрами.

В то же время существует другой класс параметров, которые воздействуют на поведение системы и не изображаются на фазовой плоскости описывающих это поведение параметров. В свою очередь, этот класс воздействий делится на два подкласса: *управляющие* и *возмущающие*.

Управляющие воздействия представляют собой факторы, находящиеся под управлением лиц, принимающих решения относительно функционирования и развития изучаемой системы [5]. Несмотря на это, конкретная реакция на то или иное управляющее воздействие может быть достаточно сложной, неоднозначной, непредсказуемой, влияющей на многие параметры в разной степени и в разном направлении. Управляющие воздействия, с помощью которых принимающие решения лица могут тем или иным образом влиять на выходные параметры (т. е. на поведение системы или порта), называются *входными* параметрами.

Возмущающие воздействия также непредсказуемым образом (по времени и по результату) влияют на поведение системы, но не находятся под управлением лиц, принимающих системные решения. Возмущающие воздействия, наряду с входными параметрами влияющие на поведение системы, но не находящиеся под контролем принимающих решения лиц и появляющиеся случайным образом, называются *помехами* [6, 7].

Обозначим совокупность (вектор) входных переменных системы как  $X(t) = \{x_i(t)\}$ , вектор выходных как  $Y(t) = \{y_j(t)\}$ , вектор помех как  $Z(t) = \{z_k(t)\}$ . Можно утверждать, что векторная переменная  $Y(t)$  является некоторой обобщенной функцией  $F$  от векторных переменных  $X(t)$  и  $Z(t)$ , или  $Y(t) = F[X(t), Z(t)]$ , что условно показано на рис. 1.

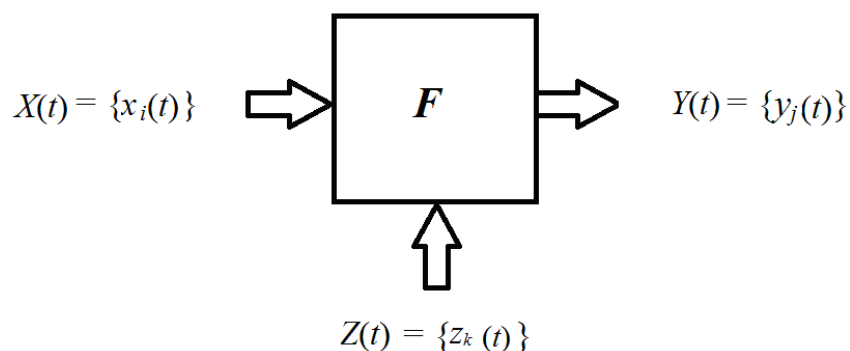


Рис. 1. Входные, выходные и возмущающие воздействия на систему

Задача управления для рассматриваемых систем может быть сформулирована следующим образом: пусть нам известно некоторое желаемое (заданное) поведение системы, т. е. изменение ее выходных параметров во времени  $Y_0(t)$ . Каково должно быть управляющее воздействие на систему  $X(t)$ , обеспечивающее это желаемое поведение в условиях действия возмущающих воздействий  $Z(t)$ ?

Из курса математики известно, что решением подобной задачи могла бы являться обратная функция, т. е.  $X(t) = F^{-1}[Y_0(t), Z(t)]$ . Проблема состоит в том, что сама обобщенная функция  $F$  нам может быть неизвестна, обратная функция от нее может не существовать, значение  $Z(t)$  является

случайным. Таким образом, в рамках классической математики найти решение этой задачи в общем случае невозможно [8, 9]. Решение проблемы было найдено в особой отрасли математики – кибернетике, оно состоит в использовании принципа обратной связи.

Пусть мы имеем возможность измерять выходные параметры системы  $Y(t)$ . В этом случае мы можем сравнить, насколько далеко расходится это наблюдаемое поведение системы  $Y(t)$  с желаемым поведением  $Y_0(t)$ , путем вычисления разницы между ними, или невязки  $\varepsilon = \|Y(t) - Y_0(t)\|$ . Новый системный элемент, выполняющий это сравнение, называется «сумматором»: он складывает величину  $Y(t)$  с величиной  $-Y_0(t)$ . Чем больше будет разница между наблюдаемым и желаемым поведением, тем больше будет значение невязки  $\varepsilon$ . В случае совпадения желаемого и наблюдаемого поведения  $\varepsilon = 0$  и никакого воздействия не требуется. Чем больше значение невязки  $\varepsilon$ , тем большее воздействие требуется на систему, но осуществлять это воздействие следует в направлении, противоположном появившейся невязке [10]. Следовательно, искомый закон формирования управляющего воздействия есть  $X(t) = -\varepsilon = -\|Y(t) - Y_0(t)\|$ . Систему кибернетического управления с отрицательной обратной связью иллюстрирует рис. 2.

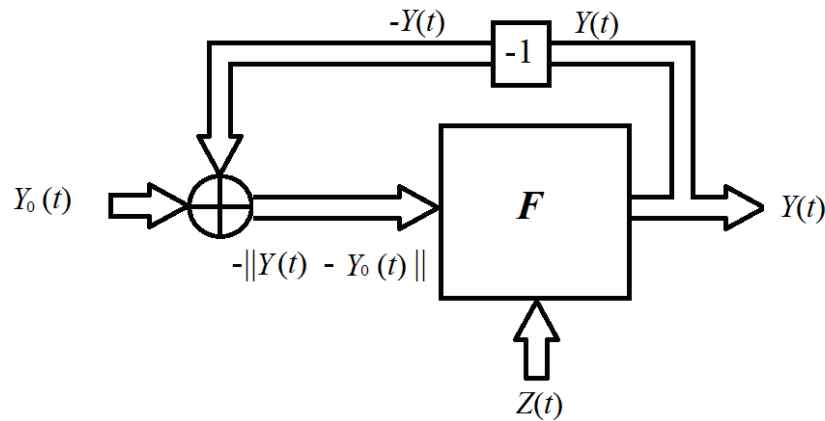


Рис. 2. Система управления с отрицательной обратной связью

Отрицательная обратная связь понимается в том смысле, что вычисленное управляющее воздействие  $X(t) = -\varepsilon$  направлено в сторону, противоположную возникающей невязке. На саму систему «отрицательная» обратная связь влияет как раз положительно [11].

Действительно, если обратная связь была бы положительной, т. е.  $X(t) = \varepsilon$ , то небольшие отклонения поведения системы от желаемого усилились бы, приводя к еще большему рассогласованию, – система быстро пошла бы «вразнос». Следует подчеркнуть, что такая «положительная связь» (отрицательно влияющая на систему) может появиться непреднамеренно – например, вследствие неточности измерения значений, задержки передачи измененных значений, задержки формирования управляющих воздействий, неудачного сочетания динамических свойств системы, пороговых значений срабатывания и пр. Система с положительной обратной связью показана на рис. 3.

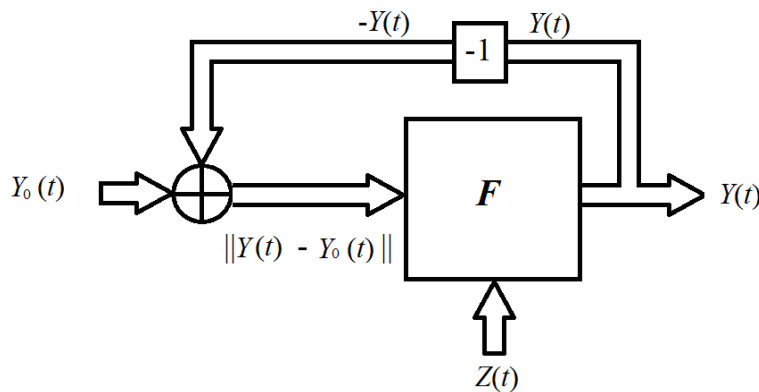


Рис. 3. Система управления с положительной обратной связью

Очень часто такие системы не конструируются специально, и слишком высокая чувствительность системы к самым малым управляющим воздействиям, делающим невозможным достижение желаемого поведения, возникает вследствие появления каких-то «паразитных» обратных связей, поиск и выявление которых может стать сложной самостоятельной задачей.

### Выводы

На основе анализа существующих моделей развития порта обоснована потребность в создании математической модели развития порта, способной быть действенным инструментом, определяющим направление развития порта.

Порт представлен и рассмотрен как целостная система, определяемая множеством параметров, произведена классификация этих параметров.

Сформулирована задача управления сложной системой, находящейся под воздействием многих сил, и предложено решение, связанное с использованием принципа обратной связи.

Определены схемы с «положительной» и «отрицательной» обратной связью, использование которых позволит прогнозировать и эффективно управлять развитием порта.

Установлено, что кибернетический подход является эффективным методом управления изменениями (развитием) сложной системы, какой является современный порт.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Sustainable development strategies for cities and ports: monographs.* United Nation, Geneva: UNCTAD, 1996. 125 p.
2. *Галин А. В.* Обобщенная имитационная модель процессов развития портов // Вестн. гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2015. № 6 (34). С. 43–51.
3. *Beresford A. K. C., Gardner B. M., Pettit S. J., Naniopoulos A., Wooldridge C. F.* The UNCTAD and WORKPORT models of port development: evolution or revolution? // *Maritime Policy & Management.* 2004. Vol. 31, iss. 2. P. 93–107. DOI: 10.1080/0308883042000205061.
4. *Кузнецов А. Л., Галин А. В.* Генезис моделей развития портов в современной транспортной науке // Вестн. гос. ун-та мор. и реч. флота им. адм. С. О. Макарова. 2015. № 2 (30). С. 141–153.
5. *Port development.* New York: UNCTAD, 1985. 228 p.
6. *Росс У. Э.* Введение в кибернетику. М.: «Книга по требованию», 2013. 425 с.
7. *Фетисов В. А.* Основы системного анализа. Л.: ЛИАП, 1988. 55 с.
8. *Поспелов Д. А.* Ситуационное управление. Теория и практика. М.: Наука, 1986. 288 с.
9. *Анохин П. К.* Узловые вопросы теории функциональных систем. М.: Наука, 1980. 536 с.
10. *Поспелов Д. А.* Нечеткие множества в моделях управления и искусственном интеллекте. М.: Наука, 1986. 312 с.
11. *Поспелов Д. А.* Фантазия или наука: на пути к искусственному интеллекту. М.: Наука, 1982. 226 с.

Статья поступила в редакцию 12.04.2016

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Кузнецов Александр Львович** – Россия, 198035, Санкт-Петербург; Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова; г-р техн. наук, профессор; профессор кафедры портов и грузовых терминалов; thunder1950@yandex.ru.

**Галин Александр Валентинович** – Россия, 198035, Санкт-Петербург; Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова; канд. техн. наук, доцент; профессор кафедры управления транспортными системами; galinav@gumrf.ru.



A. L. Kuznetsov, A. V. Galin

## CYBERNETIC METHOD OF MANAGEMENT OF DEVELOPMENT OF SEA PORTS

**Abstract.** Based on the analysis of the existing models of port development the need for creating a mathematical model, being an effective tool determining the direction of port development for the port managers, is substantiated. The port is represented as an integral system, consisting of different parameters, their classification is made. The parameters affecting the port as a single system are defined as managing and disturbing, the principles of their effects are described in detail. Management objective for the complex system affected by many forces is formulated and the solution to the problem by using a special branch of mathematics-cybernetic is proposed. This solution is to use the feedback principle. The schemes with "positive" and "negative" feedback, the use of which will allow predicting and effectively managing the development of the port, are defined. It is stated that the cybernetic method is the most appropriate method to control the changes (development) of the complex system, which is represented as a modern port.

**Key words:** port development, mathematical model, managing and disturbing effects, cybernetics, feedback.

### REFERENCES

1. *Sustainable development strategies for cities and ports*. United Nation, Geneva: UNCTAD, 1996. 125 p.
2. Galin A. V. Obobshchennaiia imitatsionnaia model' protsessov razvitiia portov [Generalized simulation model of the processes]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2015, no. 6 (34), pp. 43–51.
3. Beresford A. K. C., Gardner B. M., Pettit S. J., Naniopoulos A., Wooldridge C. F. The UNCTAD and WORKPORT models of port development: evolution or revolution? *Maritime Policy & Management*, 2004, vol. 31, iss. 2, pp. 93–107. DOI: 10.1080/0308883042000205061.
4. Kuznetsov A. L., Galin A. V. Genezis modelei razvitiia portov v sovremennoi transportnoi nauke [Genesis of the models of port development in the modern transport science]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova*, 2015, no. 2 (30), pp. 141–153.
5. *Port development*. New York: UNCTAD, 1985. 228 p.
6. Ross U. E. *Vvedenie v kibernetiku* [Introduction to cybernetics]. Moscow, Kniga po trebovaniu Publ., 2013. 425 p.
7. Fetisov V. A. *Osnovy sistemnoy analiza* [The bases of the system analysis]. Leningrad, LIAP Publ., 1988. 55 p.
8. Pospelov D. A. *Situatsionnoe upravlenie. Teoriia i praktika* [Situational control. Theory and practice]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 288 p.
9. Anokhin P. K. *Uzlovye voprosy teorii funktsional'nykh sistem* [Key issues of the functional system theory]. Moscow, Nauka Publ., 1980. 536 p.
10. Pospelov D. A. *Nechetkie mnozhestva v modeliakh upravleniia i iskusstvennom intellekte* [Fuzzy numbers in the control models and artificial intellect]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 312 p.
11. Pospelov D. A. *Fantaziia ili nauka: na puti k iskusstvennomu intellektu* [Fiction or science: toward the artificial intellect]. Moscow, Nauka Publ., 1982. 226 p.

The article submitted to the editors 12.04.2016

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Kuznetsov Alexander Lvovich** – Russia, 198035, Saint-Petersburg; State University of Maritime and Inland Shipping named after Admiral Makarov; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Ports and Cargo Terminals; thunder1950@yandex.ru.

**Galina Alexander Valentinovich** – Russia, 198035, Saint-Petersburg; State University of Maritime and Inland Shipping named after Admiral Makarov; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Professor of the Department of Transport System Control; galinav@gumrf.

