

Построение метода управления функционированием предприятия

Д. А. Канаметова

Институт прикладной математики и автоматизации –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, г. Нальчик, ул. Шортанова, 89 А

Аннотация. В работе рассматривается подход к построению модели управления предприятием. Для решения поставленной задачи предлагается рассмотреть систему управления предприятием на основе обратной связи. Задача заключается в том, чтобы можно было принимать правильные решения для требуемого выпуска продукции на каждом этапе производства. В качестве управляющих элементов системы предлагается рассмотреть подходы к управлению предприятием, позволяющие ликвидировать ошибку, которая может возникнуть при функционировании предприятия. В работе рассматриваются подходы к управлению предприятием в случаях, когда надо уметь реагировать не только на ошибку управления, но и на скорость ее изменения, а также способы управления для исключения статических ошибок, возникающих во время выпуска продукции. Предлагаются методы подбора коэффициентов модели управления. Делается вывод о перспективах комбинированных подходов.

Ключевые слова: математическая модель, управление, системы с обратной связью, пропорциональное управление, пропорционально-дифференциальное управление, методы настройки коэффициентов

Поступила 07.11.2022, одобрена после рецензирования 24.11.2022, принята к публикации 09.12.2022

Для цитирования. Канаметова Д. А. Построение метода управления функционированием предприятия // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 6(110). С. 99–105. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-6-110-99-105

MSC: 93 D23

Original article

Construction of a method for managing the functioning of an enterprise

D.A. Kanametova

Institute of Applied Mathematics and Automation –
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
360000, Russia, Nalchik, 89 A Shortanov street

Abstract. The paper considers an approach to building an enterprise management model. To solve this problem, it is proposed to consider an enterprise management system based on feedback. The challenge is to get the right solutions for the required output at each stage of production. As the control elements of the system, it is proposed to consider the proportional management of the enterprise to eliminate the error that may occur during the operation of the enterprise. Proportional-differential management of an enterprise, when it is necessary to be able to respond not only to a management error, but also to the rate of its change. Integral control must eliminate the static error of the enterprise. Methods for selecting the coefficients of the control model are considered. The conclusion is made about the prospects of the combined approach.

Keywords: mathematical model of enterprise control, feedback system, proportional control of an enterprise, proportional-differential control of an enterprise, integral control, intelligent methods for setting coefficients

Submitted 07.11.2022,

approved after reviewing 24.11.2022,

accepted for publication 09.12.2022

For citation. Kanametova D.A. Construction of a method for managing the functioning of an enterprise. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2022. No. 6(110). Pp. 99–105. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-6-110-99-105

ВВЕДЕНИЕ

В этой работе излагается модель управления предприятием на основе принципа обратных связей. Существующие математические модели управления предприятием, как правило, не отражают влияние обратных связей, хотя наличие таких связей на практике подразумевается априорно. Предлагается математическая модель для комплексного управления предприятием, основанная на теории автоматического управления (ТАУ), в которую вводятся обратные связи. Подобные идеи были развиты А. Плониковым, Ю. Балашовой, В. Трофимовым [1–3].

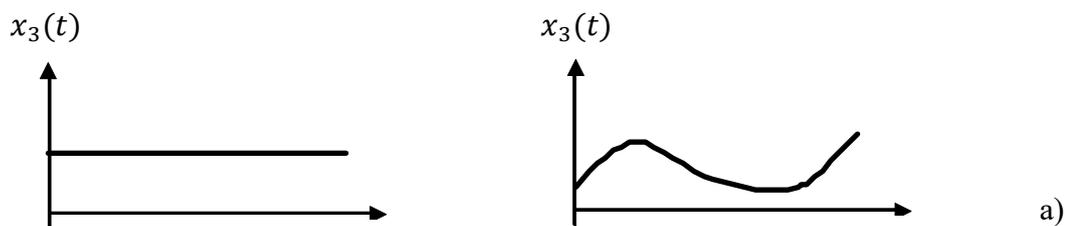
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Пусть у нас есть некоторое предприятие, которое должно выпускать соответствующую продукцию качественно и без сбоев. Для решения этой задачи нужно построить модель управления. При функционировании любого предприятия рано или поздно может возникнуть ряд проблем, из-за которых появится опасность срыва планового выпуска продукции. Причин тому множество: поставщики, недостаточное финансирование, проблемы с оборудованием, человеческий фактор и т. д. Особенно задача построения управляющей модели усложняется тогда, когда выпуск продукции предполагает серьезный технологический процесс.

Для достижения планового и бесперебойного выпуска продукции создадим специальную систему управления предприятием на основе обратной связи. На каждом этапе технологического процесса необходимо найти решения для полного обеспечения требуемого выпуска продукции.

Рассмотрим стандартную модель управления с обратной связью, которая представляет собой управляющий объект, объект управления, на который оказывает воздействие управляющий объект, обратную связь от объекта управления к управляющему объекту [4]. Тогда входной сигнал управления обозначим как $x_3(t)$, а выходной сигнал обозначим через $y(t)$. Например, если требуется, чтобы предприятие работало в заданных конкретных условиях, то $x_3(t)$ будет величиной постоянной. Если же условия работы предприятия поменялись, то $x_3(t)$ будет представлена соответствующей функцией, где t – время.

Выходной сигнал $y(t)$ будет определять, например, качество выпускаемой продукции. Наша задача управления состоит в том, чтобы у нас была такая модель управления, в которой выход $y(t)$ соответствует задающему воздействию $x_3(t)$ (заданы условия работы – значит, предприятие должно работать в заданных условиях; поменялись условия – значит, должно работать в новых [5]).



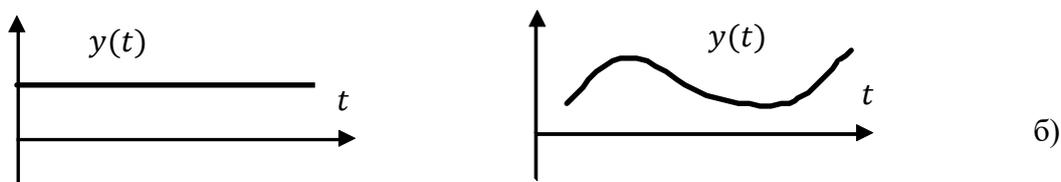


Рис. 1. а) работа в заданных условиях, б) работа в сложных условиях
Fig. 1. a) work under given conditions, b) work in difficult conditions

Задающее воздействие

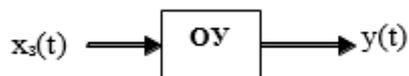


Рис. 2. Предприятие и соответствующая структурная схема
Fig. 2. Enterprise and related structural diagram

Понятно, что предприятие само по себе работать не будет по разным причинам. Совокупность мешающих нормальной работе факторов назовем помехами и обозначим как $z(t)$. Для качественного управления неважно, от чего конкретно произошел сбой в плановой работе. Важно распознать этот сбой и отреагировать на него нужным образом (откорректировать работу соответствующих служб, а в итоге значение выходного сигнала $y(t)$). Для чего необходимо знать, насколько функционирование предприятия отклонялось от требуемого курса (того, что задается величиной $x_3(t)$). Это отклонение называется сигналом ошибки и обозначается как $e(t)$ [6]. На структурной схеме помехи $z(t)$ изображены как воздействие на объект управления.

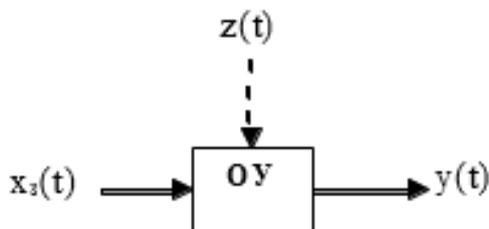


Рис. 3. Помехи и ошибки
Fig. 3. Interference and errors

Будем считать, что для того, чтобы предприятие работало по заданному плану, необходимо уметь определять ошибку в работе на любом технологическом этапе, вызванную различными проблемами. Для этого необходимо отслеживать результаты всех выполняемых работ. Результаты мониторинга необходимо фиксировать для качественного управления. Будем считать, что условное устройство управления (УУ), получая сигнал, определит отклонение и в зависимости от его величины заставит объект управления выдать соответствующий выходной сигнал. По этому сигналу предприятие изменит свой план работы на конкретном этапе, далее определит новую линию поведения относительно плана работы (и новую ошибку) и все повторится сначала. Иными словами, мы получим систему с обратной связью. В данном случае обратная связь – это способ учета ошибок в управлении. Схематически этот процесс представлен на рисунке 4.

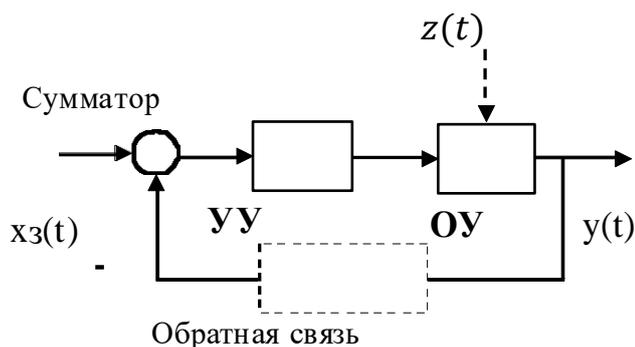


Рис. 4. Структурная схема системы

Fig. 4. Block diagram of the system

Сумматор в предложенной схеме – это устройство, складывающее два сигнала: тот сигнал, что на входе $x_3(t)$, и выходной сигнал $y(t)$. А на условное устройство управления УУ поступает *разность* этих сигналов. Это и есть сигнал ошибки (разность между тем, что планировали, и тем, что получаем реально), на который должно реагировать УУ [7]. Таким образом, для решения задачи управления мы создаем систему с обратной связью, где управление осуществляется по сигналу ошибки $e(t)$:

$$e(t) = x_3(t) - y(t). \quad (1)$$

Подход к управлению предприятием по ликвидации ошибки

Пусть на предприятии зафиксировали отклонение от хода выполнения плана и известна ошибка. Обозначим ее $e(t)$ – в условных единицах расстояние до планируемого результата. Равенство $x_3(t)$ нулю означает, что предприятие не должно отклоняться от выбранной линии выполнения плана. Самый простой вариант – реагировать и принимать решения по корректировке работ в соответствии с ошибкой. Сильно отклонились (ошибка велика) – будем сильно менять стратегию, отклонились чуть-чуть – слегка корректировать. Управление предприятием по ликвидации ошибки является самым простым. Возьмем отклонение (сигнал ошибки) $e(t)$, умножаем его на константу и выдаем его в качестве управляющего воздействия $u(t)$.

Управление с учетом скорости изменения ошибки

Однако часто возникает ситуация, когда надо уметь реагировать не только на ошибку управления, но и на скорость ее изменения, когда нужно знать не только текущую ошибку в ходе выполняемых работ, но и прогнозируемые нарушения. Знание о скорости изменения ошибки и даст нам эту информацию. Предположим, ошибка растет (это и есть скорость изменения ошибки). Тогда надо увеличивать управляющее воздействие, скорее реагировать и исправлять ход работ [8, 9]. Математически такую картину можно представить в виде выражения, в котором нужно умножить разность между текущим значением выходного сигнала и его значением в предыдущий момент времени на какой-то постоянный коэффициент:

$$u_d(t) = k_d * (y(t) - y(t - 1)). \quad (2)$$

Здесь $u_d(t)$ – значение управляющего сигнала, k_d – постоянный коэффициент, $y(t)$ – текущее значение выходного сигнала (в момент времени t), $y(t - 1)$ – предыдущее значение выходного сигнала (в момент времени $t - 1$). Если на выходе у нас постоянная величина ($y(t) = y(t - 1)$), то значение $u_d(t)$ равно нулю и никакого изменения не происходит. Ошибка стабильна, если она есть. Если же что-то начинает меняться ($y(t) - y(t - 1)$ не равно нулю), то соответственно начинает изменяться величина ошибки выбранной линии

производства. При этом чем больше разность между значениями выходного сигнала, тем больше будет вклад этой компоненты.

В итоге для управления ходом работ на предприятии получаем следующую схему управления:

$$u_{pd}(t) = u_p(t) + u_d(t) = k_p * e(t) + k_d * (y(t) - y(t - 1)). \quad (3)$$

Данная схема реагирует не только на величину отклонения от заданного курса $e(t)$, но и на скорость отклонения.

Способы управления для исключения статических ошибок

Однако даже такая схема управления может быть улучшена. Для этого можно просуммировать ошибку, т. е. получить интегральную составляющую ошибок, допущенных в ходе выполнения работ и управления предприятием. Интеграл по времени от величины рассогласования – основная часть статических ошибок. Она пропорциональна этому интегралу [10]. Интегрирующий компонент используется как раз для исключения статической ошибки, поскольку система управления со временем учитывает статическую погрешность.

Таким образом, управление предприятием для четкого и последовательного выполнения хода заявленных работ по выпуску соответствующей продукции будет выглядеть как пропорционально-интегрально-дифференциальная сумма:

$$\begin{aligned} u_{pd}(t) &= u_p(t) + u_i(t) + u_d(t) = \\ &= k_p * e(t) + k_i * \int e(t)dt + k_d * (y(t) - y(t - 1)). \end{aligned} \quad (4)$$

Коэффициенты будут определяться сугубо экспериментальным путем, используя опыт предыдущих ситуаций. Можно предположить, что предприятие будет выпускать продукцию, следить, как идет процесс, и изменять значения коэффициентов до тех пор, пока он не пойдет как надо [11, 12].

Настройка коэффициентов управления для ликвидации ошибки

Для подбора значения коэффициентов установим значение k_p , равное, например, 1. Если с таким коэффициентом предприятие очень медленно выходит на процесс нормального выпуска продукции, то k_p надо увеличивать. Если же начинаются обратные нарушения, то k_p надо уменьшать. Допустим, нарушений нет, тогда увеличиваем это значение в 10 раз, пока не начнутся нарушения. Теперь уменьшаем значение коэффициента k_p , но не в 10 раз, а в 5 раз. И так до тех пор, пока нарушения не прекратятся [13].

Настройка коэффициентов управления для исключения статических ошибок

Интеграл по времени от величины нарушений процесса выпуска продукции – основная часть управления для исключения статических ошибок. В отсутствие внешних причин или нарушений, например со стороны поставщиков, через какое-то время подлежащая регулированию величина будет стабилизирована на правильном значении, когда управление по ликвидации ошибки окажется равной нулю и точность выхода будет целиком обеспечена составляющей статических ошибок.

Значение коэффициента компоненты статических ошибок k_i должно быть мало по сравнению с k_p . В качестве начального значения коэффициента k_i рекомендуется брать число от 0.0001 до 0.01. Процедура поиска (подбора) коэффициента k_i точно такая же, как и коэффициента составляющей управления для ликвидации ошибки (сначала большие шаги, а затем маленькие). Слишком большое значение коэффициента k_i также проявляется в появлении нарушений процесса производства [14].

Настройка коэффициентов управления с учетом скорости изменения ошибки

Для настройки k_d установим значение коэффициента скорости изменения ошибки, равное 0. Далее установим какое-нибудь небольшое значение коэффициента пропорционального звена k_p (например, $k_p = 1$). Главное, что значение k_p должно быть таким, чтобы на предприятии при нулевом значении k_d не совершались ошибки. Далее установим какое-нибудь небольшое начальное значение коэффициента k_d (например, $k_d = 0.1$).

Будем увеличивать коэффициент k_d до тех пор, пока не станут проявляться ошибочные решения при выпуске продукции, вызванные различными появляющимися причинами. Главное в этом процессе – вовремя убедиться в том, что линия поведения предприятия является адекватной, и предприятие выпускает качественную продукцию.

Выводы

В качестве управляющих элементов системы предлагается рассмотреть подходы к управлению предприятием, позволяющие ликвидировать ошибку, которая может возникнуть при функционировании предприятия, уметь реагировать не только на ошибку управления, но и на скорость ее изменения, а также исключить статическую ошибку работы предприятия. Рассматриваются методы подбора коэффициентов модели управления. Такой подход представляется наиболее полным при построении модели управления предприятием и выпуске качественной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балашова Ю.* Эффективные системы управления производством. URL: <http://www.cfin.ru/itm/kis/choose/Manufacturing.shtml> (дата обращения 12.10.2016).
2. *Трофимов В. Б.* Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами. Москва: Инфра-Инженерия, 2016. 232 с.
3. *Плотников А. П.* Развитие методологии управления инновационной деятельностью на основе принципа обратных связей // Вестник СГТУ. 2008. Том. 3. № 1(34). С. 198–207.
4. *Бурков В. Н., Буркова И. В.* Цифровая экономика и умные механизмы управления. 2018. № 2(54). С. 118–124.
5. *Лаврушин О. И.* Теория управления: учебное пособие для вузов. Москва: Наука, 2008. 590 с.
6. *Глуценко Е. В., Захарова Е. В., Тихонравов Ю. В.* Теория управления: учебный курс. Москва: Вестник, 2007. 642 с.
7. *Ерофеев А. А.* Теория автоматического управления: учебник для вузов. СПб.: Политехника, 2018. 302 с.
8. *Воропаев В. И., Гельруд Я. Д.* Обобщенные стохастические сетевые модели для управления комплексными проектами // Управление проектами и программами. 2008. № 1. С. 18–27.
9. *Гельруд Я. Д.* Обобщенные стохастические сетевые модели для управления комплексными проектами // Вестник НГУ. Серия: математика, механика, информатика. 2010. № 4. С. 36–51.
10. *Гельруд Я. Д.* Управление проектами: методы, модели, системы: монография. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. 2015. 331 с.
11. *Голенко-Гинзбург Д. И.* Стохастические сетевые модели планирования и управления разработками. Воронеж: Научная книга, 2010. 410 с.
12. *Зуховицкий С. А., Радчик И. А.* Математические методы сетевого планирования. Москва: Наука, 1965. 296 с.
13. *Казиев В. М.* Введение в анализ, синтез и моделирование систем: учебное пособие. Москва: Бином, 2014. 244 с.
14. *Кремер Н. Ш., Путко Б. А., Тришин И. М., Фридман М. Н.* Исследование операций в экономике: учебное пособие для вузов. Москва: ЮНИТИ, 2005. 407 с.

Информация об авторе

Канаметова Дана Асланбиевна, канд. экон. наук, науч. сотр. лаборатории синергетических проблем, Институт прикладной математики и автоматизации – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. Шортанова, 89 А;

danocha_999@mail.ru

REFERENCES

1. Balashova Yu. *Effektivnyye sistemy upravleniya proizvodstvom* [Effective production management systems]. URL: <http://www.cfi.n.ru/itm/kis/choose/Manufacturing.shtml> (accessed 10/12/2016). (In Russian)
2. Trofimov V.B. *Intellektual'nyye avtomatizirovannyye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi ob'yektami* [Intelligent automated control systems for technological objects]. Moscow: Infra-Inzheneriya, 2016. 232 p. (In Russian)
3. Plotnikov A.P. Development of methodology for managing innovation activities based on the feedback principle. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Saratov state technical university]. 2008. Vol. 1. No. 1(34). Pp. 198–207. (In Russian)
4. Burkov V.N., Burkova I.V. Digital Economy and Smart Management Mechanisms. *Upravleniye proyektami i programmami* [Project and Program Management]. 2018. No. 2(54). Pp. 118–124. (In Russian)
5. Lavrushin O.I. *Teoriya upravleniya* [Management Theory]: textbook for High Schools. Moscow: Nauka, 2008. 590 p. (In Russian)
6. Glushchenko E.V., Zakharova E.V., Tikhonravov Yu.V. *Teoriya upravleniya* [Management Theory]: textbook. Moscow: Vestnik, 2007. 642 p. (In Russian)
7. Erofeev A.A. *Teoriya avtomaticheskogo upravleniya* [Theory of automatic control]: textbook for universities. St. Petersburg: Politekhnik, 2018. 302 p. (In Russian)
8. Voropaev V.I., Gelrud Ya.D. Generalized stochastic network models for managing complex projects. *Upravleniye proyektami i programmami* [Project and Program Management]. 2008. No. 1. Pp. 18–27. (In Russian)
9. Gelrud Ya.D. Generalized stochastic network models for managing complex projects. *Vestnik NGU. Series: mathematics, mechanics, computer science*. 2010. No. 4. Pp. 36–51. (In Russian)
10. Gelrud Ya.D. *Upravleniye proyektami: metody, modeli, sistemy: monografiya* [Project management: methods, models, systems: monograph]. Chelyabinsk: Izdatel'skiy tsentr YUUrGU. [Publishing house of South-Urals State University] 2015. 331 p. (In Russian)
11. Golenko-Ginzburg D.I. *Stokhasticheskiye setevyye modeli planirovaniya i upravleniya razrabotkami* [Stochastic network models of development planning and management]. Voronezh: Nauchnaya kniga, 2010. 410 p. (In Russian)
12. Zukhovitsky S.A., Radchik I.A. *Matematicheskiye metody setevogo planirovaniya* [Mathematical methods of network planning]. Moscow: Nauka, 1965. 296 p. (In Russian)
13. Kaziev V. M. *Vvedeniye v analiz, sintez i modelirovaniye sistem* [Introduction to the analysis, synthesis and modeling of systems]: textbook. Moscow: Binom, 2014. 244 p. (In Russian)
14. Kremer N.Sh., Putko B.A., Trishin I.M., Fridman M.N. *Issledovaniye operatsiy v ekonomike: uchebnoye posobiye dlya vuzov* [Operational research in economics: a textbook for universities]. Moscow: UNITI, 2005. 407 p. (In Russian)

Information about the author

Kanametova Dana Aslanbievna, Candidate of Economic Sciences, Researcher at the Laboratory of Synergetic Problems of the Institute of Applied Mathematics and Automation – branch of the Kabardino-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 89 A Shortanov street;

danocha_999@mail.ru