



УПРАВЛЕНИЕ

УДК 332.5

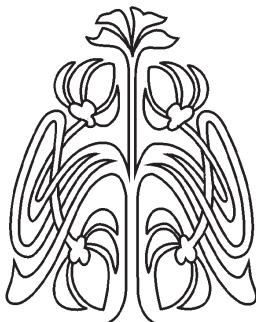
СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

А. П. Плотников

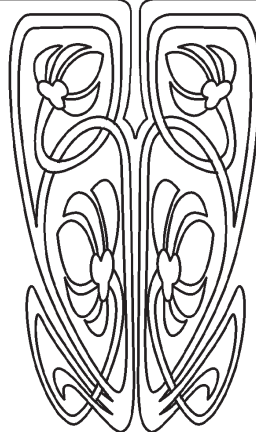
доктор экономических наук, профессор кафедры «Экономическая безопасность и управление инновациями», Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.
E-mail: ebz@sstu.ru

П. А. Плотников

кандидат экономических наук, заместитель начальника отдела инновационных проектов и программ, Министерство промышленности и энергетики Саратовской области
E-mail: plotnikovpa@saratov.gov.ru



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ



Введение. Системы автоматизированного управления производством, позволяющие осуществлять мониторинг текущего состояния производственного процесса, вносить в него необходимые коррективы, а также прогнозировать объемы выпуска продукции в натуральном и стоимостном выражении, являются необходимым управленческим инструментом, обеспечивающим достаточную конкурентоспособность предприятия. Поэтому вопрос развития таких систем является научно и практически значимым. **Теоретический анализ.** К настоящему времени созданы и функционируют разнообразные автоматизированные системы, с помощью которых осуществляется управление различными производственными, технологическими, обслуживающими и бизнес-процессами. Несмотря на доказанную практическую эффективность существующих систем автоматизированного управления производством, сохраняется некоторая проблема, связанная со сложностью прогнозирования производства новой продукции как в материальном, так и в стоимостном эквиваленте, выработки алгоритмов управления производством, позволяющих непосредственно воздействовать на процесс выпуска и реализации продукции. **Результаты.** В предлагаемой системе в определенной степени устранены отмеченные недостатки. Поставленная цель решается тем, что в систему автоматизированного управления производством на основе принципов ТАУ (САУП ТАУ), состоящую из производственного и вспомогательного комплексов, а также вычислительного комплекса с базой данных, связанных через устройства связи с датчиками объектов контроля, интерфейсами, контроллерами, согласно предложенным решениям дополнительно введены программный блок, склад готовой продукции, блок учета продукции. Предложенная система управления позволяет в определенной степени повысить качество, оперативность и достоверность мониторинга текущих параметров производственного процесса, что даст возможность вносить в него необходимые коррективы, а также прогнозировать объемы выпуска продукции в натуральном и стоимостном выражении.

Ключевые слова: предприятие, производство продукции, обратная связь, теория автоматического управления (ТАУ), математическая модель, автоматизированное управление, система автоматизированного управления производством продукции.

DOI: 10.18500/1994-2540-2017-17-1-44-49

Введение

Достаточно жесткие условия конкуренции на рынке высокотехнологичной приборо- и машиностроительной продукции, обусловленные современной экономической ситуацией и возрас-



тающими требованиями заказчиков, побуждают менеджмент предприятий уделять самое пристальное внимание оптимизации и автоматизации технологического процесса. Это касается как модернизации оборудования, обучения персонала, оптимизации финансовых и материальных потоков, так и внедрения новых эффективных технологий управления производством. Системы автоматизированного управления производством, позволяющие осуществлять мониторинг текущего состояния производственного процесса, вносить в него необходимые коррективы, опираясь на принцип обратной связи, а также прогнозировать объемы выпуска продукции в натуральном и стоимостном выражении, являются необходимым управленческим инструментом, обеспечивающим достаточную конкурентоспособность предприятия. Поэтому вопрос развития таких систем является научно и практически значимым.

Теоретический анализ

К настоящему времени созданы и функционируют разнообразные автоматизированные системы, с помощью которых осуществляется управление различными производственными, технологическими, обслуживающими и бизнес-процессами. Данные системы достаточно многообразны по области охвата автоматизацией, широте функций, степени участия человека и т.д., все они имеют разные преимущества и некоторые недостатки. В частности, выделяют следующие автоматизированные системы: управления технологическим процессом (SCADA: пакет программ, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления, там где требуется обеспечивать оперативный контроль за технологическими процессами в режиме реального времени); оперативного управления производством (MES: специализированное прикладное программное обеспечение, предназначенное для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции в рамках какого-либо производства); управления деятельностью предприятия (ERP: система интегрированного управления производством и операциями, трудовыми ресурсами, финансами, активами, ориентированная на непрерывную балансировку и оптимизацию ресурсов предприятия посредством специализированного интегрированного пакета прикладного программного обеспечения, обеспечивающего общую модель данных и процессов для всех сфер деятельности); процесса проектирования (CAD: автоматизированная система, основан-

ная на информационной технологии поддержки функций проектирования, представляющая собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности) [1, 2]. Разумеется, в рамках статьи невозможно провести анализ всего многообразия систем управления с выделением их достоинств и недостатков. Заметим лишь, что, несмотря на доказанную практическую эффективность существующих систем автоматизированного управления производством, сохраняется некоторая проблема, связанная со сложностью прогнозирования производства новой продукции как в материальном, так и в стоимостном эквиваленте, выработки алгоритмов управления производством, позволяющих непосредственно воздействовать на процесс выпуска и реализации продукции.

Описываемая в статье система автоматизированного управления производством, САУП ТАУ, как следует из ее названия, основана на принципах теории автоматического управления, следующих из них схемах и моделях. Достаточно подробно данные принципы и модели, а также возможности и границы применения ТАУ в управлении экономическими системами и производственными процессами изложены в работах [3–6]. В работе [6] разработана исходная математическая модель и предложены рекомендации по применению информационных технологий для управления устойчивостью инновационного развития предприятия, разработана функциональная схема системы автоматизации управления предприятия, определены и выбраны аппаратно-вычислительные компоненты. Дальнейшее развитие эта идея получила в [7], где была предложена виртуальная система управления выпуском однородной продукции предприятия. В данной статье эта система получила дальнейшее развитие за счет уточнения ее функционала, используемого терминологического аппарата и выявления взаимосвязи с указанными математическими моделями.

Результаты

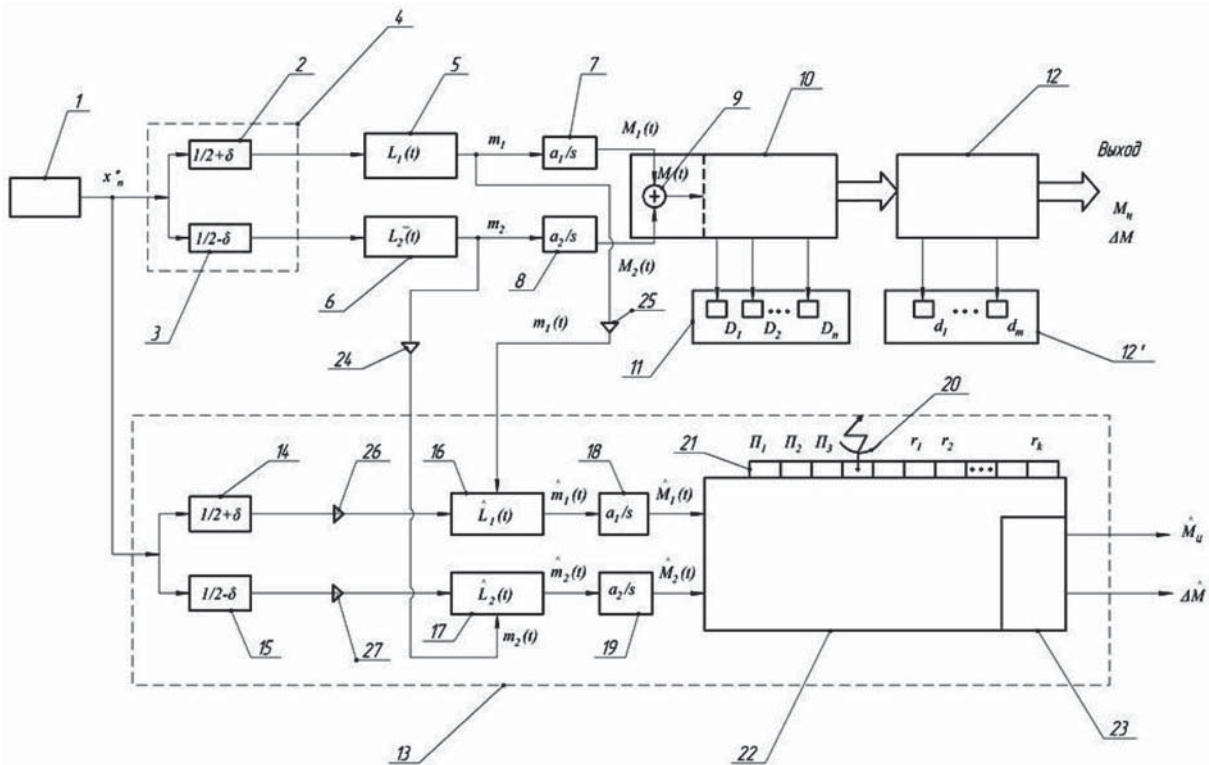
САУП ТАУ состоит из производственного и вспомогательного комплексов, а также вычислительного комплекса с базой данных, связанных через устройства связи с датчиками объектов контроля, интерфейсами, контроллерами. Она отличается от существующих систем тем, что в нее дополнительно введены программный блок, склад, блок учета изделий, при этом производственный комплекс выполнен разделенным на



две равные части, одна с повышенной, а другая – на эту же величину пониженной производительностью выпуска продукции, каждая состоящая из последовательно соединенных частями программного блока, блока производства, выходами которых являются склад готовой продукции с чипами идентификации каждого изделия, в свою очередь, размещенных с возможностью перемещения их в блок сбора изделий с соответствующими чипами идентификации. При этом параллельно производственному комплексу развернут виртуальный комплекс, также состоящий из двух параллельных равных частей, аналогов частей производственного комплекса, каждая состоящая из последовательно соединенных программного, инерционного, накопительного элементов, выходы последних соединены с соответствующими входами центрального компьютера (ЦК). Характерной особенностью является то, что два выхода главного блока, один из которых имеет повышенный, а другой – на такую же величину

пониженный планы производства продукции в единицу времени, соединены с входами поровну разделенного на первую и вторую половины производственного и виртуального модулей. Для обеспечения обратной связи выходы каждой половины производственного модуля, имеющие размерность единиц плана, одними выходами соединены с входами накопителей продукции, а другими, через ячейки с выходами в размерности денежных единиц, соединены через ключи с компьютерными элементами накопления стоимостного выражения произведенной продукции, входящими в состав центрального процессора. С целью обеспечения распознавания информации на каждом изделии произведенной продукции установлен чип идентификации с возможностью связи через интерфейс со считывающим устройством, в свою очередь связанным с портом центрального компьютера.

Структурная схема системы управления представлена на рисунке.



Структурная схема системы автоматизированного управления производством на основе принципов ТАУ

Система автоматизированного управления производством на основе принципов ТАУ (САУП ТАУ) содержит программный блок 1, элементы разветвления 2 и 3 программы (плана) выпускаемой продукции, образующие реальный сегмент 4 общей системы управления, 5 и 6 – ре-

альные компоненты производства непрерывной продукции, описываемые математическими моделями (операторами) $L_1(t)$ и $L_2(t)$ с весовыми коэффициентами a_1 и a_2 (коэффициентами передачи), обозначенные позициями 7 и 8. Позиция 9 – это сумматор произведенной одно-



именной продукции $M = M_1 + M_2$, входящий в состав склада готовой продукции 10, в котором каждое изделие снабжено датчиком – например, радиочастотным идентификатором (РЧИ) или магнитным, входящих в блок идентификации 11; 12 – пункт поставок готовой продукции с датчиками d_1, d_2, \dots, d_m поставляемой продукции, П1, П2, ..., Пn; r_1, r_2, \dots, r_k – 21 интерфейс связи приемника 20, предназначенный для приема сигналов с радиочувствительных датчиков D_1, D_2, \dots, D_n , а интерфейс 21 для передачи этих сигналов в процессор 22 центрального компьютера (ЦК) 13. В состав центрального компьютера входят модули 14 и 15, виртуальные аналоги элементов 2 и 3, 15 и 17 – аналоги компонентов 5, 6, 7, 8 идентификации математических моделей (операторов) $L_1(t)$ и $L_2(t)$. Они же являются блоками моделирования в процессоре 22 ЦК 13 функции, выполняемой реальными элементами 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9; позиции 18 и 19 есть виртуальные аналоги элементов 7 и 8; кроме того, 2 – блок вычисления виртуальных выдержки $M_{ц}$ и прибыли $\Delta \hat{M}$; 24–26 – масштабные коэффициенты перевода физической продукции в денежный эквивалент, так как виртуальный блок оперирует с денежными единицами.

Работа системы осуществляется по двум каналам. Первый канал – это реальное производство однородной продукции, например электронных схмотехнических модулей. Этот канал включает в свой состав элементы, обозначенные позициями с 1 по 12 на фиг. 1. По сравнению со случаем отсутствия виртуального управления в канале реального управления по данной полезной модели введено расщепление производства на две равные части в блоке 4. Первая часть работает по плану, задаваемому элементом 2, равному $(\frac{1}{2} + \delta)x_n^*$, а вторая – по плану, задаваемому элементом 3 и равному $(\frac{1}{2} - \delta)x_n^*$. Суммарный план является равным x_n^* , но первая часть производства работает по повышенному на величину $\delta \cdot x_n^*$ плану, а вторая – по уменьшенному на эту же величину. Очевидно, что производство в первом случае выйдет через переходный процесс (описываемый оператором $L_1(t)$) или, что эквивалентно, оператором $L_1(s)$ (где $s = d/dt$), а $\delta = 0, 1 \dots 0,2$) на установившийся режим за более продолжительный, чем во втором случае, отрезок времени, характеризуемый оператором $L_1(t)$ ($L_1(s)$). Полагая, что производство в полной мере оснащено комплектующими, оборудованием и персоналом, за счет увеличенного плана в первом

случае будет иметь место коэффициент передачи a_1 , а во втором случае – иметь a_2 . За некоторое время работы переходные процессы закончатся, о чем будут свидетельствовать переменные m_1, m_2 , вышедшие на постоянные значения:

$$\begin{aligned} m_1(s) &= L_1(s) \left(\frac{1}{2} + \delta \right) x_n^*(s) = \text{const}, \\ m_2(s) &= L_2(s) \left(\frac{1}{2} - \delta \right) x_n^*(s) = \text{const}. \end{aligned} \quad (1)$$

К этому времени блоки идентификации 16 и 17 произведут оценки операторов $\hat{L}_1(s)$ и $\hat{L}_2(s)$. До этого виртуальный канал системы работал через замкнутые ключи 28 и 29 (например, электронные, входящие в состав контроллера идентификации 31) от реальной информации $m_1(s), m_2(s)$. Виртуальный канал вырабатывает всю информацию в денежных единицах, поэтому масштабные устройства 24, 25, 26, 27, 33 переводят реальную продукцию в стоимостное выражение. После того как условия (1) выполнены и получены с помощью программного обеспечения Matlab (или другого), оценки операторов $\hat{L}_1(s)$ и $\hat{L}_2(s)$ будут присвоены блокам 16 и 17, ключ 32 с помощью контроллера 31 будет замкнут, ключи 28 и 29 разомкнуты, и система перейдет в режим виртуального управления. Для определения степени линейности характеристики реального канала производства могут быть проведены еще одно-два ступенчатых изменения значений δ , в том числе $\delta = 0$.

Реальные блоки 7 и 8 и их виртуальные аналоги 18 и 19 накапливают информацию выпускаемой продукции. Она накапливается в блоке 9 на складе готовой продукции 10, а информация о ней – в процессорном блоке 22 – в сумматоре (не показан). Каждое изделие на складе (10) снабжается датчиками, например RFIDV2 – чипами, т.е. идентификаторами радиочастотного действия D_1, \dots, D_n , составляющими блок чипов 11. Изделия, поступающие со склада на пункт 12 их поставки, идентифицируются и учитываются по сигналам датчиков – чипов d_1, \dots, d_m , и составляют выходную продукцию $M_{ц}$.

Считывание информации с датчиков D_1, \dots, D_n производится через устройство 20 (например PHL-2700) с интерфейсом 21 (ячейки n_1, \dots, n_k) или r_1, \dots, r_m , распознающими информацию по поставленным изделиям с их чипами d_1, \dots, d_m . Процессор 22 определяет произведенную стоимость \hat{M} и выручку \hat{M}_y от поставленной продукции, а модуль 23 определяет прибыль $\Delta \hat{M}$ от произведенной продукции.



Таким образом, можно видеть, что данная система позволяет оперативно осуществлять контроль за производством продукции на ключевых стадиях производственного процесса, а также, в известной мере, за реализацией продукции, ее себестоимостью и получаемой прибылью, что отличает данную систему от большинства существующих.

Предложенная система управления позволяет в определенной степени повысить качество, оперативность и достоверность мониторинга текущих параметров производственного процесса, что позволит вносить в него необходимые корректирующие воздействия, а также прогнозировать объемы выпуска продукции в натуральном и стоимостном выражении.

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 автоматизирован-

ные системы управления технологическими объектами. М.: Инфра-Инженерия, 2016. 232 с.

3. Плотников А. П. Развитие методологии управления инновационной деятельностью на основе принципа обратных связей // Вестн. СГТУ. 2008. № 3 (34). С. 32–38.
4. Плотников А. П., Казакова Ф. А. Модели повышения устойчивости инновационного развития микропроизводственных систем // Инновационная деятельность. 2015. № 2 (33). С. 39–47.
5. Нахов С. Ф., Плотников П. К., Плотников А. П. Совершенствование оперативного планирования деятельности приборостроительного предприятия на основе математической интерпретации его динамики // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Экономика. Управление. Право. 2015. Т. 15, вып. 3. С. 285–290.
6. Плотников П. А. Оценка устойчивости инновационного развития микроэкономических производственных систем : автореф. дис. ... канд. экон. наук. Саратов, 2012. 24 с.
7. Виртуальная система управления процессом выпуска однородной продукции предприятия : пат. 2571598. Рос. Федерация. № 2014144764 ; заявл. 05.11.2014 ; опубл. 20.12.2015, Бюл. № 36. 11 с.

Образец для цитирования:

Плотников А. П., Плотников П. А. Система автоматизированного управления производством продукции на основе принципов теории автоматического управления // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Экономика. Управление. Право. 2017. Т. 17, вып. 1. С. 44–49. DOI: 10.18500/1994-2540-2017-17-1-44-49.

The System of Automatic Control of Production Based on the Principles of Automatic Control Theory

A. P. Plotnikov

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
77, Politechnicheskaya str., Saratov, 410054, Russia
E-mail: ebz @sstu.ru

P. A. Plotnikov

Ministry of Industry and Energy of Saratov Region,
72, Moskovskaya str., Saratov, 410042, Russia
E-mail: plotnikovpa@saratov.gov.ru

Introduction. Computer aided production management, allowing monitoring of the current state of the production process, make the necessary adjustments, and to predict the volume of output in natural and cost expression are necessary management tool to ensure sufficient competitiveness. Therefore, the issue of development of such systems is scientifically and practically meaningful.

Theoretical analysis. To the present point in time set up and operate a variety of automated systems which control the various industrial, technological, service and business processes. Despite the proven practical effectiveness of existing systems of automated control of the production, there remains a problem with the difficulty of forecasting new products in both material and value terms, production control algorithms for manufacturing

that directly affect the process of production and sales. **Results.** In the proposed system to some extent remedied the deficiencies noted. The goal is solved in that in the system of automated production control on the basis of principles of TAU (SUP TAU), consisting of the production and auxiliary facilities, as well as computer system database connected through communication devices with sensors of control objects, interfaces, controllers, according to the proposed solutions additionally introduced a software unit, a warehouse of finished products, the unit of account products. The proposed control system allows to some extent to improve the quality, efficiency and reliability monitoring of the current parameters of the production process, so that you can make the necessary corrective actions, and predict the volume of output in natural and cost expression.

Key words: enterprise, production, feedback, theory of automatic control (TAU), mathematical model, automatic control, computer-aided production management production.

References

1. Balashova Yu. *Effektivnye sistemy upravleniya proizvodstvom* (Effective production control system). Available at: <http://www.cfin.ru/itm/kis/choose/Manufacturing.shtml> (accessed 12 October 2016) (in Russian).
2. Trofimov V. B. *Intellektual'nye avtomatizirovannye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi ob'ektami*



- [Intelligent automated control systems of technological objects]. Moscow, Infra-Inzheneriya Publ., 2016, 232 p. (in Russian).
3. Plotnikov A. P. Razvitie metodologii upravleniya innovatsionnoy deyatelnosti na osnove printsipa obratnykh svyazey [Development of methodology of innovation management on the basis of feedback]. *Vestnik SGTU* [Vestnik Saratov State Technical University], 2008, no. 3, pp. 32–38 (in Russian).
 4. Plotnikov A. P., Kazakova F. A. Modeli povysheniya ustoychivosti innovatsionnogo razvitiya mikroproduktivnykh sistem [Model of increase of stability of innovative development microprocessing systems]. *Innovatsionnaya deyatelnost'* [Innovation activity], 2015, no. 2 (33), pp. 39–47 (in Russian).
 5. Nahov S. F., Plotnikov P. K., Plotnikov A. P. Sovershenstvovanie operativnogo planirovaniya deyatelnosti priborostroitel'nogo predpriyatiya na osnove matematicheskoy interpretatsii ego dinamiki [The Improvement of Operational Planning Activities of Instrument-making Enterprise on the Basis of the Mathematical Interpretation of its Dynamics]. *Izv. Saratov Univ. (N.S.), Ser. Economics. Management. Law*, 2015, vol. 15, iss. 3, pp. 285–290 (in Russian).
 6. Plotnikov P. A. *Otsenka ustoychivosti innovatsionnogo razvitiya mikroekonomicheskikh proizvodstvennykh sistem* [Sustainability assessment of innovative development of microeconomic production systems. Cand. econ. sci. thesis diss.]. Saratov, 2012. 24 p. (in Russian).
 7. *Virtual'naya sistema upravleniya protsessom vypuska odnorodnoi produktsii predpriyatiya* [Virtual process management system of production of similar products of the enterprise]. Patent 2571598, Russian Federation, no. 2014144764, publ. 20.12.2015, Bulletin no. 36. 11 p. (in Russian).

Cite this article as:

Plotnikov A. P., Plotnikov P. A. The System of Automatic Control of Production Based on the Principles of Automatic Control Theory. *Izv. Saratov Univ. (N.S.), Ser. Economics. Management. Law*, 2017, vol. 17, iss. 1, pp. 44–49 (in Russian). DOI: 10.18500/1994-2540-2017-17-1-44-49.
