

**ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСВЯЗНОЙ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ПРИНЦИПОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Д. Ю. Муромцев¹, Б. С. Дмитриевский², А. А. Терехова^{2✉},
А. А. Третьяков², И. А. Елизаров², В. Н. Назаров²**

*Кафедры: «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем» (1),
«Информационные процессы и управление»,
terehova.aa@mail.tstu.ru (2); ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия*

Ключевые слова: бережливое производство; информационные потоки; организационные процессы; производственная система; система управления; состояние системы; технологические процессы; управляющие воздействия.

Аннотация: Рассмотрены особенности многосвязных производственных систем и задач управления ими. Предложена модель многосвязных производственных систем как совокупность процессов производственного цикла, с учетом материальных, информационных потоков и возмущений от внутренней и внешней среды. Состояние многосвязной производственной системы оценивается технологическими, технико-экономическими, организационными показателями и показателями эффективности инвестиционных вложений. Предложен подход к управлению на основе концепции бережливого производства, сформулирована цель управления и поставлена задача управления, как поиск рациональных управляющих воздействий. Рассмотрены структура системы управления и функциональные подсистемы.

Введение

Многосвязные производственные системы (МПС) в своем составе имеют большое число интенсивно эксплуатируемого технологического оборудования, а также разнообразных технологических, ремонтных, информационных, трудовых и других процессов и отличаются наличием организационной составляющей из-за присутствия в них сотрудников. Поэтому, кроме задач управления технологическим оборудованием, важное значение имеют управленческие задачи организационного характера (планирование, учет, составление расписаний и т.п.) [1 – 6].

Улучшение управления в МПС состоит в усовершенствовании системы взаимосвязанных материальных и информационных потоков, в выработке оперативных управленческих воздействий.

Востребованность усовершенствования обусловлена следующими обстоятельствами:

– в период санкций становится актуальной задача управления МПС в непредсказуемых условиях;

– возрастает значение МПС в решении оборонных и народнохозяйственных задач;

– увеличивается роль использования технологий двойного применения.

Основная особенность задачи управления МПС из-за ее сложности как объекта управления состоит:

1) в большой размерности задачи, огромном количестве распределенных во времени и пространстве разнообразных возмущающих и управляющих воздействий;

2) использовании документооборота, посредством которого осуществляется хранение информации и ее движение, связанное с большим числом сотрудников, участвующих в управлении.

Анализ многосвязной производственной системы

Рассмотрим формализацию управления МПС. В отличие от технологических процессов, в производственных, наряду с оборудованием, присутствуют люди, наделенные правом принимать управленческие решения, их поведение в различных ситуациях может быть разным. Как будет вести себя оборудование можно описать математической моделью, поведение сотрудников – практически нельзя. В многосвязной производственной системе взаимосвязи между элементами носят как информационный, так и материально-технический характер. Здесь важна обработка информации о состоянии системы, которую следует превратить в информацию для принятия решений [7 – 10]. При этом необходима взаимосвязь между элементами в планировании, распределении ресурсов и т.п.

Для многосвязной производственной системы актуальной целью становится формирование единой автоматизированной системы управления (АСУ), которая обеспечит реализацию всех задач управления [11 – 16]. Представим модель МПС как совокупность процессов производственного цикла, учитывающих как материальные, так и информационные потоки, а также внутреннюю и внешнюю среды (рис. 1).



Рис. 1. Модель управления МПС:

S_z, S_t – соответственно заданное и текущее состояние МПС;

U, Z, V – воздействия соответственно управляющее, внешней и внутренней среды

Конкурентоспособность продукции зависит как от ее технологического уровня, определяющего новизну и соответствие требованиям покупателей, так и от уровня издержек, зависящего от применяемой технологии. Отсюда появляются задачи минимизации издержек производства, быстрой перестройки многосвязных технологических процессов, поставки выпускаемой продукции небольшими объемами с заданным качеством, удовлетворяющим покупателя.

Производство достигнет поставленной цели при выпуске продукции, которая быстро и выгодно продается. Для этого необходимы оценивающие показатели продажи всех видов продукции, на основе которых можно останавливать выпуск продукции, плохо влияющей на платежеспособность и оборачиваемость активов, или, в противном случае, ускорять продажу. При этом следует уменьшать затраты, не обеспечивающие воспроизводство производственных фондов и оборотных средств. При существующих в настоящее время темпах инфляции и скорости оборота оборотных активов необходимо уменьшить направление прибыли на увеличение оборотных средств, так как это приводит к занижению расчетной себестоимости и перетоку в прибыль оборотных средств, которая идет на налоги и внепроизводственные расходы.

Выбор методологии управления

В качестве средства системного подхода к управлению МПС выберем интеграцию концепции бережливого производства и поддержание следующих показателей производственных процессов на заданном уровне: технологических, технико-экономических, организационных, эффективности инвестиционных вложений. Под концепцией «бережливого производства» будем понимать получение ценности, представляющей совокупность характеристик продукции, за которую покупатель готов заплатить производителю.

Рассматривая управление МПС с позиции управления «бережливым производством», включая процессы с потребителями, повышается эффективность производственной системы за счет эффективности АСУ. Таким образом, можно достигнуть оптимальности как продукции (повысить качество) за счет снижения издержек и потерь, так и производственного процесса, в том числе планирования, маркетинга, закупок материалов, реализации продукции и т.д.

В нашей стране традиционно учитывают полную себестоимость. Однако можно рассчитывать затраты способом, когда учитывается неполная себестоимость. В условиях «бережливого производства» необходимы новые системы формирования информации о затратах. Следует разбить все затраты на элементы и затем определенным образом структурировать по виду затрат, работ, продукции, рабочему месту, экономическим элементам и статьям калькуляции. Необходимо выделить объект «ответственный исполнитель» – сотрудник, ответственный за возникновение каждого вида расходов. Исходя из специфики МПС, необходимо определить, как классифицировать затраты, детализировать места, на которых они возникают и как они связаны с «ответственными исполнителями». Это позволит рассчитать на каждый заказ показатели плановой и фактической степени покрытия, определить отклонение и «узкие» места и соответственно принять правильные управленческие решения. Если проанализировать ситуацию, то можно планировать затраты и управлять финансовыми результатами в заданный период времени.

Под управлением МПС будем считать процесс формирования и реализации мер организационно-технического характера, обеспечивающих эффективное протекание технологических и организационных процессов. Для этого необходимо управлять указанными процессами в реальном времени.

Задачей управления МПС является определение планового хода процессов производства; текущего состояния процессов; проведение анализа отклонения с последующим выбором управляющего воздействия по распределению имеющихся ресурсов, сводящих данные отклонения к минимуму.

Цель управления МПС, повышающего «бережливость», состоит в обеспечении ее функционирования путем адаптации к внешней и внутренней среде, согласования и координации оперативных планов по всем бизнес-процессам МПС, обеспечения каждого уровня управления необходимой информацией, контроля выполнения планов, их корректировки, создания мотивации персонала к заинтересованности и готовности каждого к взаимодействию по усовершенствованию рабочего процесса.

Постановка задачи управления

Для эффективного управления МПС предлагается *принцип управления*, рассматривающий МПС как совокупность технологических и бизнес-процессов и основанный на обратной связи, учитывающей внутреннюю среду.

Оперативное управление МПС осуществляется за счет координации планов и ресурсов. От процессов производства передается информация об их состоянии в подсистемы управления. На основе анализа данных принимаются управляющие воздействия.

Вектор входных переменных

$$u = \langle u_1, u_2, u_3 \rangle, u \in U$$

характеризует технологические, внутренние и внешние информационные потоки.

Вектор выходных переменных

$$s = \langle s_1, s_2, s_3, s_4 \rangle, s \in S$$

характеризует состояние производственной системы в каждый момент времени, которое определяется следующими показателями: технологическими s_1 , технико-экономическими s_2 , организационными s_3 , эффективности инвестиционных вложений s_4 .

Под оптимальным управляющим воздействием будем понимать такое, которое обладает экстремальным свойством по отношению к критерию «ценность продукции», причем выявление ценности продукции происходит на каждом этапе жизненного цикла продукции.

Рациональным будем называть управляющее воздействие, которое удовлетворяет сложившемуся уровню требований покупателя к ценности продукции. Класс рациональных воздействий включает в себя класс оптимальных.

Поставим задачу управления МПС как поиск рациональных управляющих воздействий и сформулируем ее следующим образом: на всех этапах жизненного цикла продукции найти управляющие воздействия r^* , при которых выполняется концепция «бережливого производства»

$$\Theta^* < \Theta = F(z, v, r) < \Theta^{**} \quad (1)$$

с учетом внешней и внутренней среды и ограничениями на ресурсы:

$$\begin{aligned} z &\in Z; \\ v &\in V; \\ r &= f(u, s); \\ s &= \varphi(u); \\ u &\in U; \\ s &\in S, \end{aligned} \quad (2)$$

где r – кортеж управляющих воздействий; $\mathcal{E}$ – ценность продукции; $\mathcal{E}^{**}$, $\mathcal{E}^*$ – верхняя и нижняя границы показателя ценности продукции; Z , V , S – множества состояний внешней и внутренней среды и состояний МПС соответственно; U – множество ресурсов на данный момент времени.

К возмущениям из внешней среды отнесем отклонения сроков поставок материалов, повышение цен и др.; из внутренней – внеплановые ремонтные работы, отклонения норм расхода материалов, больничные сотрудников и т.п. Управляющие воздействия в МПС также имеют разнообразный характер: задания по производству и реализации продукции в разные периоды, выполнению заказов, заработной плате и др. Управляющие воздействия в организационных процессах определяются из создаваемых управленческих отчетов, а в технологических – с использованием математических моделей.

Подсистемы автоматизированной системы управления многовязной производственной системы

Автоматизированная система управления МПС представляет собой многоуровневую систему [17 – 20]. У каждого уровня есть свои особенности: на верхнем – планирование проектов и оперативное планирование; среднем – управление организационными процессами; нижнем – управление технологическими процессами.

Каждый уровень системы управления (кроме высшего) получает плановое задание с верхнего, определяет необходимые ресурсы для выполнения задания и реализовывает его. В отдельные периоды цели имеют конкретный вид, выраженный используемыми критериями. Последовательно согласовывая цели подсистем разного уровня, добиваемся эффективного управления. При этом для принятия управляющих воздействий важную роль играют функционально-информационные модели, дающие возможность построить информационные модели и на их основе разработать базы данных, образующие единое информационное пространство. Информация поступает от внешних источников и подсистем. Структурная схема АСУ МПС представлена на рис. 2.

Модуль «Выбор инвестиционного проекта» осуществляет планирование продукции заданного качества. Чтобы определить конкурентоспособность продукции объединяются показатели технологического уровня всех производственных участков. Управление инвестиционными проектами состоит в определении типов продукции, обеспечивающей минимальные издержки, и планировании выпуска в необходимых объемах именно данной продукции. Это возможно сделать путем моделирования.

В модуле «Составление производственных расписаний» проводится оперативное управление процессами производства с учетом: технологических ограни-

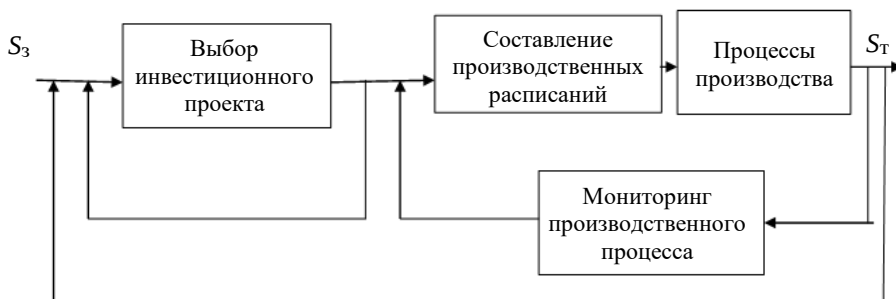


Рис. 2. Структурная схема АСУ МПС

чений (графиков работы оборудования, производительности, характера взаимосвязи среди операций, временем технологических переходов и др.); особенностей производственной среды (задержания поставок сырья, наименований товарной номенклатуры и др.); материально-технических ресурсов.

Модуль «Мониторинг производственного процесса» в реальном времени показывает нахождение каждого вида ресурса и его размещение в рабочую смену. Визуализация производственного процесса осуществляется с помощью таблиц и графиков.

Автоматизированная система управления МПС основана на использовании оперативных данных от наиболее важных функциональных подсистем (рис. 3).

Цель управления МПС достигается разработкой методологической базы АСУ МПС, задача которой состоит в управлении не только технологическими, но и организационными процессами, в том числе обеспечением производства, маркетингом, реализацией продукции и др.

Функциональная структура подсистемы управления организационными процессами (рис. 4) состоит из подсистем:

- формирования инвестиционных проектов;
- оперативного планирования и управления;
- управления материально-техническими ресурсами, потоками энергии, энергооборудованием, затратами и производительностью труда.

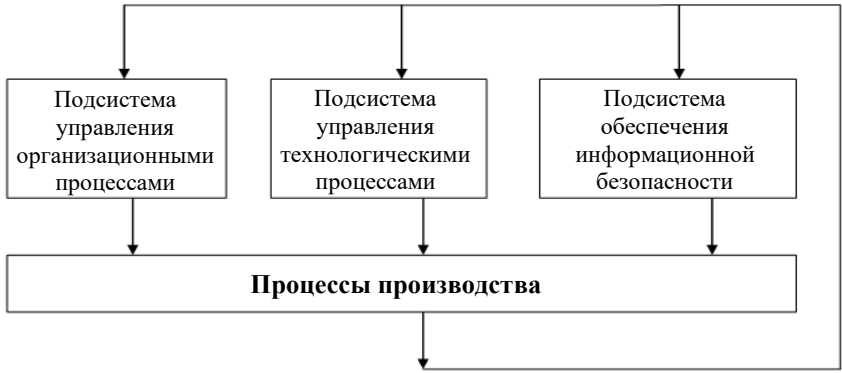


Рис. 3. Функциональная структура АСУ МПС



Рис. 4. Функциональная структура подсистемы управления организационными процессами

Заключение

Создание автоматизированной системы управления многосвязной производственной системой позволит:

- выбрать наилучший инвестиционный проект;
- обеспечить управление многосвязным производством по критерию «безрежливое производство»;
- оперативно оценивать результативность задач планирования и их корректировки;
- найти потребности в ресурсах для обеспечения потребностей покупателей;
- определить «узкие места» производственного цикла;
- установить, на каком технологическом оборудовании выполняется заказ, рассчитать производительность труда, затраты на производство;
- сократить количество непредусмотренных остановок производства.

Список литературы

1. Математические модели многосвязных объектов управления / М. Н. М. Саиф, В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский, А. В. Башкатова, А. А. Мамонтов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2019. – Т. 25, № 1. – С. 53 – 62. doi: 10.17277/vestnik.2019.01.pp.000-000
2. Интегрированная модель инновационно-производственной системы / В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский, Н. С. Попов, О. В. Дмитриева // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 550 – 558. doi: 10.17277/vestnik.2016.04.pp.000-000
3. Modeling of Industrial System Dynamics / V. G. Matveykin, B. S. Dmitrievskiy, A. A. Shatilova, A. E. Filina, S. G. Semerzhinskiy // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2014. – Т. 20, № 3. – С. 452 – 458.
4. Щербатов, И. А. Математическое моделирование сложных многокомпонентных систем / И. А. Щербатов, И. О. Проталинский // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2014. – Т. 20, № 1. – С. 17 – 26
5. Райбман, Н. С. Построение моделей процессов производства / Н. С. Райбман, В. М. Чадеев. – М. : Энергия, 1975. – 375 с.
6. Дмитриевский, Б. С. Моделирование и анализ сложных технических систем и технологических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б. С. Дмитриевский. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод 84,1 Mb RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.
7. Application of Optimal Control Theory to Hybrid Objects to Minimize Greenhouse Gases Emissions / D. Yu. Muromtsev, A. Traverso, A. N. Gribkov, I. A. Kurkin // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2014. – Т. 20, № 3. – С. 430 – 439.
8. Глазкова, В. В. Оценка точности вычисления нижних граничных значений вероятностей состояний функционирования сложных систем / В. В. Глазкова, Д. Ю. Муромцев, В. Н. Шамкин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 3. – С. 340 – 349. doi: 10.17277/vestnik.2016.03.pp.340-349
9. Арзамасцев, А. А. Численное исследование математических моделей распределенных многомерных объектов на основе неявных разностных схем / А. А. Арзамасцев, Д. В. Залевский // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 2. – С. 232 – 240. doi: 10.17277/vestnik.2017.02.pp.232-240
10. Проблемно-ориентированная система управления и оптимизации основных параметров технически сложных систем / Е. И. Мартынов, С. В. Карпушкин, В. В. Алексеев // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2021. – Т. 27, № 3. – С. 336 – 344. doi: 10.17277/vestnik.2021.03.pp.336-344
11. Управление объектами с взаимосвязанными величинами / М. Н. М. Саиф, В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский, А. В. Башкатова, А. А. Мамонтов // Вестн.

Тамб. гос. техн. ун-та. – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 206 – 218. doi: 10.17277/vestnik.2019.02.pp.206-218

12. Управление расписанием многосвязной производственной системы / В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский, А. А. Терехова, М. В. Лемкина, С. Н. А. Аль Кнфер, М. А. Д. Аль Амиди // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2021. – Т. 27, № 1. – С. 50 – 61. doi: 10.17277/vestnik.2021.01.pp.050-061

13. Дмитриевский, Б. С. Автоматизированное управление производственной системой: построение модели и перевод в инновационное состояние / Б. С. Дмитриевский, О. В. Дмитриева // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2014. – Т. 20, № 2. – С. 284 – 291

14. Разработка программного комплекса системы управления сложными производственными процессами / В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский, А. А. Терехова, С. Н. А. Аль Кнфер, М. А. Д. Аль Амиди // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2021. – Т. 27, № 2. – С. 168 – 184. doi: 10.17277/vestnik.2021.02.pp.168-184

15. Залукаева, Н. Ю. Информационно-управляющая система распределения топливных пеллет от производителя до потребителя / Н. Ю. Залукаева, А. Н. Грибков // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2022. – Т. 28, № 1. – С. 24 – 34. doi: 10.17277/vestnik.2022.01.pp.024-0344

16. Разработка системы управления многосвязными технологическими процессами на примере пищевых производств / В. Г. Матвейкин, Б. С. Дмитриевский, А. А. Терехова, С. Э. Эктов, Р. В. Воронков, М. Л. Гогорян, Д. Г. Дмитриев // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2023. – Т. 29, № 3. – С. 352 – 362. doi: 10.17277/vestnik.2023.03.pp.352-362

17. Грибков, А. Н. Информационно-управляющие системы многомерными технологическими объектами: теория и практика : монография / А. Н. Грибков, Д. Ю. Муромцев. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 164 с.

18. Муромцев, Д. Ю. Усовершенствование подсистемы обеспечения работоспособности средств защиты информации в системе мониторинга инцидентов информационной безопасности банка / Д. Ю. Муромцев, С. В. Попов, В. Н. Шамкин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2020. – Т. 26, № 2. – С. 176 – 187. doi: 10.17277/vestnik.2020.02.pp.176-187

19. Dmitrievsky, B. Digital Management System for the Formation of a Portfolio of Innovative Projects in the Agro-Industrial Complex / B. Dmitrievsky, A. Terekhova, S. Al. Knfer, M. Al Amedee and A. Senan // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 723. – P. 032029. doi:10.1088/1755-1315/723/3/032029

20. Digitalization of Energy Management in an Industrial Enterprise / M. Krasnyansky, V. Matveykin, B. Dmitrievsky, A. Kobelev, A. Terekhova, V. Kobeleva // 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA). – 2021. – P. 633 – 635. doi: 10.1109/SUMMA53307.2021.9632131

The Problem of Managing a Multi-Connected Production System Using Lean Manufacturing Principles

**D. Yu. Muromtsev¹, B. S. Dmitrievsky², A. A. Terekhova^{2✉},
A. A. Tretyakov², I. A. Elizarov², V. N. Nazarov²**

*Departments: “Design of Radio-Electronic and Microprocessor Systems” (1),
“Information Processes and Management”, terekhova.aa@mail.tstu.ru (2);
TSTU, Tambov, Russia*

Keywords: lean manufacturing; information flows; organizational processes; production system; control system; state of the system; technological processes; control influences.

Abstract: The features of multi-connected production systems and their management problems are considered. A model of multi-connected production systems is proposed as a set of processes in the production cycle, taking into account material, information flows and disturbances from the internal and external environment. The state of a multi-connected production system is assessed by technological, technical-economic, organizational indicators and the investment effectiveness. An approach to management based on the concept of lean production is proposed, the goal of management is formulated and the management task is set as a search for rational control actions. The structure of the control system and functional subsystems are considered.

References

1. Saif M.N.M., Matveykin V.G., Dmitriyevskiy B.S., Bashkatova A.V., Mamontov A.A. [Mathematical models of multiply connected control objects], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2019, vol. 25, no. 1, pp. 53-62. doi: 10.17277/vestnik.2019.01.pp.000-000 (In Russ., abstract in Eng.)
2. Matveykin V.G., Dmitriyevskiy B.S., Popov N.S., Dmitriyeva O.V. [Integrated model of innovation and production system], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2016, vol. 22, no. 4, pp. 550-558. doi: 10.17277/vestnik.2016.04.pp.000-000 (In Russ., abstract in Eng.)
3. Matveykin V.G., Dmitriyevskiy B.S., Shatilova A.A., Filina A.E., Semerzhinskiy S.G. Modeling of Industrial System Dynamics, *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2014, vol. 20, no. 3, pp. 452-458.
4. Shcherbatov I.A., Protalinskiy I.O. [Mathematical modeling of complex multi-component systems], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2014, vol. 20, no. 1, pp. 17-26 (In Russ., abstract in Eng.)
5. Raybman N.S., Chadeyev V.M. *Postroyeniye modeley protsessov proizvodstva* [Construction of models of production processes], Moscow: Energiya, 1975, 375 p. (In Russ.)
6. Dmitriyevskiy B.S. *Modelirovaniye i analiz slozhnykh tekhnicheskikh sistem i tekhnologicheskikh protsessov* [Modeling and analysis of complex technical systems and technological processes], Tambov: Izdatel'stvo TGTU, 2014. (In Russ.)
7. Muromtsev D.Yu., Traverso A., Gribkov A.N., Kurkin I.A. Application of Optimal Control Theory to Hybrid Objects to Minimize Greenhouse Gases Emissions, *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2014, vol. 20, no. 3, pp. 430-439.
8. Glazkova V.V., Muromtsev D.Yu., Shamkin V.N. [Estimation of the accuracy of calculating the lower boundary values of the probabilities of states of functioning of complex systems], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2016, vol. 22, no. 3, pp. 340-349. doi: 10.17277/vestnik.2016.03.pp.340-349 (In Russ., abstract in Eng.)
9. Arzamastsev A.A., Zalevskiy D.V. [Numerical study of mathematical models of distributed multidimensional objects based on implicit difference schemes], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2017, vol. 23, no. 2, pp. 232-240. doi: 10.17277/vestnik.2017.02.pp.232-240 (In Russ., abstract in Eng.)
10. Mart'yanov Ye.I., Karpushkin S.V., Alekseyev V.V. [Problem-oriented control system and optimization of the main parameters of technically complex systems], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2021, vol. 27, no. 3, pp. 336-344. doi: 10.17277/vestnik.2021.03.pp.336-344 (In Russ., abstract in Eng.)
11. Saif M.N.M., Matveykin V.G., Dmitriyevskiy B.S., Bashkatova A.V., Mamontov A.A. [Control of objects with interrelated quantities], *Transactions of the*

Tambov State Technical University, 2019, vol. 25, no. 2, pp. 206-218. doi: 10.17277/vestnik.2019.02.pp.206-218 (In Russ., abstract in Eng.)

12. Matveykin V.G., Dmitriyevskiy B.S., Terekhova A.A., Lemkina M.V., Al'Knfer S.N.A., Al' Amidi M.A.D. [Schedule management of a multi-connected production system], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2021, vol. 27, no. 1, pp. 50-61. doi: 10.17277/vestnik.2021.01.pp.050-061 (In Russ., abstract in Eng.)

13. Dmitriyevskiy B.S., Dmitriyeva O.V. [Automated control of a production system: building a model and transferring to an innovative state], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2014, vol. 20, no. 2, pp. 284-291 (In Russ., abstract in Eng.)

14. Matveykin V.G., Dmitriyevskiy B.S., Terekhova A.A., Al' Knfer S.N.A., Al' Amidi M.A.D. [Development of a software complex for a control system for complex production processes], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2021, vol. 27, no. 2, pp. 168-184. doi: 10.17277/vestnik.2021.02.pp.168-184 (In Russ., abstract in Eng.)

15. Zalukayeva N.Yu., Gribkov A.N. [Information and control system for the distribution of fuel pellets from producer to consumer], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2022, vol. 28, no. 1, pp. 24-34. doi: 10.17277/vestnik.2022.01.pp.024-0344 (In Russ., abstract in Eng.)

16. Matveykin V.G., Dmitriyevskiy B.S., Terekhova A.A., Ektov S.E., Voronkov R.V., Gogoryan M.L., Dmitriyev D.G. [Development of a control system for multi-connected technological processes using the example of food production], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2023, vol. 29, no. 3, pp. 352-362. doi: 10.17277/vestnik.2023.03.pp.352-362 (In Russ., abstract in Eng.)

17. Gribkov A.N., Muromtsev D.Yu. *Informatsionno-upravlyayushchiye sistemy mnogomernymi tekhnologicheskimi ob'yektami: teoriya i praktika: monografiya* [Information and control systems for multidimensional technological objects: theory and practice: monograph], Tambov: Izdatel'stvo TGTU, 2016, 164 p. (In Russ.)

18. Muromtsev D.Yu., Popov S.V., Shamkin V.N. [Improvement of the subsystem for ensuring the operability of information security tools in the system for monitoring bank information security incidents], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2020, vol. 26, no. 2, pp. 176-187. doi: 10.17277/vestnik.2020.02.pp.176-187 (In Russ., abstract in Eng.)

19. Dmitriyevskiy B., Terekhova A., Al Knfer S., Al Amedee M., Senan A. Digital Management System for the Formation of a Portfolio of Innovative Projects in the Agro-Industrial Complex, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 723, pp. 032029. doi:10.1088/1755-1315/723/3/032029

20. Krasnyansky M., Matveykin V., Dmitriyevskiy B., Kobelev A., Terekhova A., Kobeleva V. Digitalization of Energy Management in an Industrial Enterprise, *3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA)*, 2021, pp. 633-635. doi: 10.1109/SUMMA53307.2021.9632131

Das Problem der Verwaltung eines mehrfach vernetzten Produktionssystems nach Prinzipien der schlanken Produktion

Zusammenfassung: Es sind die Merkmale mehrfach vernetzter Produktionssysteme und deren Managementprobleme betrachtet. Es ist ein Modell mehrfach vernetzter Produktionssysteme als eine Reihe von Prozessen im Produktionszyklus vorgeschlagen, das Material-, Informationsflüsse und Störungen aus

der internen und externen Umgebung berücksichtigt. Der Zustand eines mehrfach vernetzten Produktionssystems wird anhand technologischer, technisch-wirtschaftlicher, organisatorischer Indikatoren und der Wirksamkeit von Investitionsinvestitionen beurteilt. Es sind ein Managementansatz basierend auf dem Konzept der Lean Production vorgeschlagen, das Ziel des Managements formuliert und die Managementaufgabe als Suche nach rationalen Steuerungsmaßnahmen festgelegt. Berücksichtigt sind die Struktur des Steuerungssystems und funktionale Subsysteme.

Le problème de la gestion d'un système de production multi-interconnecté avec l'utilisation des principes de la production économe

Résumé: Sont examinées les caractéristiques des systèmes de production multi-interconnectés et leurs tâches de gestion. Est proposé le modèle des systèmes de production multi-interconnectés comme un ensemble de processus du cycle de production, en tenant compte des flux matériels, des flux d'information et des perturbations de l'environnement interne et externe. L'état du système de production multi-lien est évalué par les indicateurs technologiques, technico-économiques, organisationnels et par l'efficacité des investissements. Est proposée une approche de la gestion basée sur le concept de production économe; est formulé l'objectif de la gestion; est définie la tâche de la gestion comme la recherche d'influences de gestion rationnelles. Sont examinés la structure du système de contrôle et les sous-systèmes fonctionnels.

Авторы: *Муромцев Дмитрий Юрьевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»; *Дмитриевский Борис Сергеевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные процессы и управление»; *Терехова Анастасия Андреевна* – аспирант кафедры «Информационные процессы и управление»; *Третьяков Александр Александрович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные процессы и управление»; *Елизаров Игорь Александрович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные процессы и управление»; *Назаров Виктор Николаевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные процессы и управление», ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия.