

УДК 004.94

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2023-6-116-103-108

EDN: FRJXII

Информационное обеспечение реометрических исследований процессов структурирования эластомерных композитов

А. С. Кузнецов

Российский государственный социальный университет
129226, Россия, Москва, ул. Вильгельма Пика, 4, стр. 1

Аннотация. В статье описан системный подход к разработке модели информационной поддержки процессов управления реометрическими испытаниями эластомерных композитов. Создано информационное обеспечение на основе процессной модели организации управления сложными химико-технологическими процессами смешения и структурирования многокомпонентных эластомерных композитов. Представлена модель организации и управления процессами проведения реометрических испытаний эластомерных композитов на основе процессного подхода. Выделены группы процессов. Приведена схема модели автоматизированной системы управления реометрическими испытаниями, необходимая для разработки и проектирования модели информационной поддержки процессов управления структурированием эластомеров на основе цифровых моделей химических лабораторий. Методика научного исследования строится на анализе научных данных, сравнительном анализе, синтезе данных, графической интерпретации. Результатом исследования является создание информационного обеспечения реометрических исследований процессов структурирования эластомерных композитов. В работе также определены перспективы развития и рассмотрены исследования в данной области.

Ключевые слова: информационное обеспечение, автоматизация, информатизация, цифровой двойник, модель управления, программные средства, реометрические испытания, цифровая модель

Поступила 17.11.2023, одобрена после рецензирования 27.11.2023, принята к публикации 30.11.2023

Для цитирования. Кузнецов А. С. Информационное обеспечение реометрических исследований процессов структурирования эластомерных композитов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 6(116). С. 103–108. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-6-116-103-108

MSC: 94-10; 94-11

Original article

Information support for rheometric studies of structuring processes of elastomer composites

A.S. Kuznetsov

Russian State Social University
129226, Russia, Moscow, 4 Wilhelm Pieck street, 1 building

Abstract. The article describes a systematic approach to developing a model of information support for control processes of rheometric testing of elastomeric composites. Information support has been created based on a process model for organizing the management of complex chemical and technological processes of mixing and structuring multicomponent elastomeric composites. A model for organizing and managing processes for conducting rheometric tests of elastomeric composites based on a process approach is presented. Process groups are selected. A diagram of a model of an automated control system for rheometric tests is presented, which is necessary for the development and design of a model of information support for

control processes of elastomer structuring based on digital models of chemical laboratories. The scientific research methodology is based on the analysis of scientific data, comparative analysis, data synthesis, and graphic interpretation. The result of the study is the creation of information support for rheometric studies of the structuring processes of elastomeric composites. The work also identifies development prospects and reviews research in this area.

Keywords: information support, automaton, informatization, digital twin, control model, software, rheometric tests, digital model

Submitted 17.11.2023,

approved after reviewing 27.11.2023,

accepted for publication 30.11.2023

For citation. Kuznetsov A.S. Information support for rheometric studies of structuring processes of elastomer composites. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2023. No. 6(116). Pp. 103–108. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-6-116-103-108

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день наиболее эффективными являются методы управления производственными процессами, включающие инструменты их автоматизации и цифровизации.

Автоматизация и информатизация испытаний в реометрических исследованиях являются крайне важными, так как позволяют использовать ряд преимуществ:

- повышенная производительность процессов;
- детализация процессов на основе информационных моделей;
- улучшение качества, а также повышение предсказуемости качества готового продукта – продукции из эластомерных композитов;
- повышенная последовательность и согласованность производственных процессов получения готового продукта;
- снижение прямых затрат человеческого труда и расходов.

Следующим новым этапом после автоматизации и информатизации управления современными процессами и сложными производствами является внедрение цифровых инструментов управления – одна из важнейших задач, предусмотренных концепцией Индустрии 4.0 [1]. Среди перечня всевозможных направлений и технологий цифровизации технологических процессов и целых производств необходимо отдельно выделять инструменты цифрового моделирования и средства визуализации оборудования и данных. Цифровизация цепочки производственных процессов и операций позволяет оперировать большими оперативными данными, которые необходимо считывать, организовывать их сбор, быстрый экспресс-анализ, систематизацию, обработку, хранение, передачу и представление в определенной форме. Численное моделирование и визуализация экспериментальных данных процессов значительно облегчают принятие управленческих решений и выступают в качестве основного подхода к построению цифровой модели технологических процессов и производств [1, 2].

Целью работы является создание формализованного описания групп и цепочек производственных процессов структурирования многокомпонентных эластомерных композитов как средства информационной поддержки принятия решений при управлении реометрическими исследованиями.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На сегодняшний день решения на основе процессного и проектно-ориентированного подходов представляют собой современные и эффективные инструменты организации и внедрения систем управления [1]. Основным инструментом анализа сложных цепочек, технологических стадий, процессов и операций является их описание на основе системного подхода. В качестве основы подобного подхода было выбрано представление функций

управления в качестве действующих подсистем организации, причем эти функции комбинируются по принципу подобия, схожести [3]. Производственная система делится на составляющие ее подсистемы по функциональному признаку. В результате при создании процессной модели организации оперативного управления реометрическими исследованиями многокомпонентных эластомерных композитов были рассмотрены четыре группы процессов (рис. 1).



Рис. 1. Процессная модель управления реометрическими исследованиями

Fig. 1. Process model for managing rheometric studies

Группа 1 модели управления представляет собой совокупность средств управления приборной базой обеспечения процессов управления качеством готовой продукции, в нее входят инструменты выбора и применения технических средств, реализующих процессы контроля качества исходного сырья (полуфабриката), блок контроля и управления качеством – уровнем свойств сырья и готовой продукции. Второй блок группы процессов – это инструменты планирования и контроль испытаний, он содержит перечень процессов составления плана проведения испытаний и мероприятия технического контроля по основным показателям качества процесса структурирования в соответствии с паспортом технологии, техническим регламентом и контрольными картами. Блок третьей группы отвечает за этап моделирования технологических процессов структурирования. Формализация знаний о процессе начинается с описания предметной области – построения вербальной модели процесса структурирования. Далее строится комплекс логико-информационных моделей процессов, отвечающих за детализацию превращения исходного сырья от поставщика в готовый продукт для потребителя усилиями конкретных исполнителей процессов производства на основе нормативно-технической документации. После проведения детального анализа процессов реометрических исследований строится модель управления.

Четвертая группа процессной модели управления реометрическими исследованиями – группа управления изменениями, содержит в себе два подпроцесса: актуализация сведений о параметрах процесса и средства управления дефектами продукции. Подпроцесс актуализации сведений позволяет гибко и оперативно корректировать основные технологические параметры процесса структурирования, регулируя показатели качества готового продукта – изделия из эластомерных композитов с заданным уровнем эксплуатационных свойств. Блок управления дефектами готового продукта позволяет дифференцировать готовый продукт по уровню качества. Полученный продукт на данном этапе проверяется на наличие брака, и в зависимости от величины отклонения уровня свойств может быть снижен класс продукции или происходит ее забраковка.

Построенная на рисунке 1 процессная модель управления представляет собой средство информационной поддержки процесса принятия решений по контролю и управлению химико-технологическими процессами структурирования многокомпонентных эластомерных композитов. Решения принимаются более гибко и оперативно за счет улучшенной детализации цепочки производственных процессов, стадий и операций, а также выбора наиболее чувствительных к управляющим воздействиям контрольных точек управления.

Управление процессами структурирования эластомерных композитов сводится к выдержке определенных значений основных показателей качества готового продукта – заданных на этапе рецептуростроения уровня свойств – класса качества готового продукта.

С помощью модели оперативного управления выдерживается определенный доверительный интервал для основных количественных характеристик [4]. На рисунке 2 представлена схема реализации модели управления технологическими процессами структурирования эластомерных композитов, реализуемая с помощью реографа, который выполняет функцию датчика динамического состояния объекта управления.

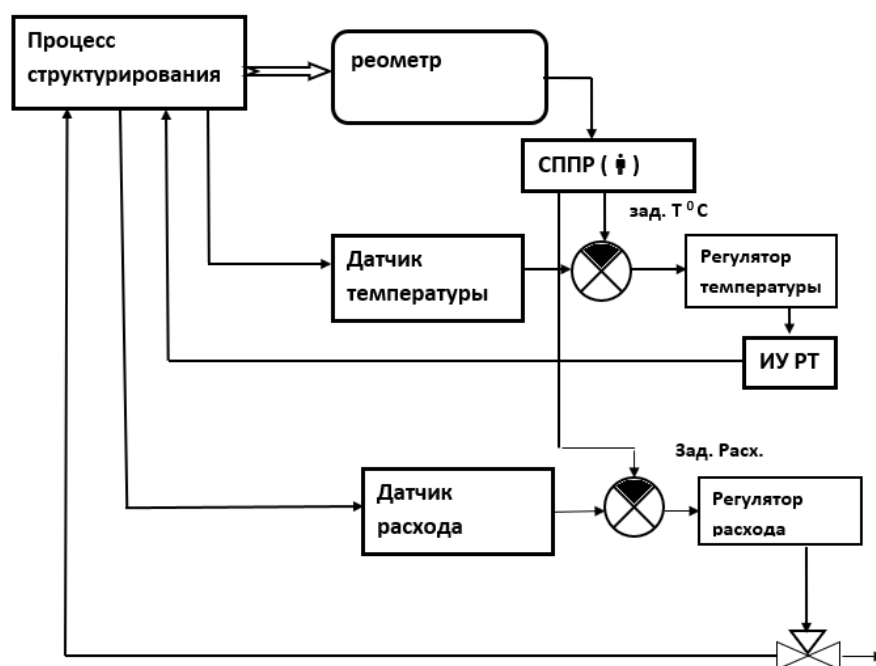


Рис. 2. Схема организации управления процессом структурирования с применением реометра (ИУ РТ – исполнительное устройство регулятора температуры, СППР – система поддержки принятия решений)

Fig. 2. Scheme of process control organization of structuring using a rheometer (IU RT – temperature controller actuator, DSS – decision support system)

Датчиком динамического состояния для процесса структурирования является реометр, с помощью которого реализуется экспресс-отбор проб малого количества продукта. Температура процесса поддерживается постоянной и задается с помощью регулятора, корректируется с помощью исполнительного устройства регулирования температуры.

В предлагаемой гибридной системе управление процессом структуризации осуществляется через систему поддержки принятия решений (СППР) на основе интеллектуальной системы управления. При реализации функций оперативного контроля и управления возможны три варианта практического применения СППР с различной степенью внедрения цифровых технологий управления:

1. В качестве первого варианта можно рассмотреть традиционную автоматизированную систему управления (АСР), где СППР представляет собой автоматизированную систему регулирования либо по отклонению, либо по возмущению.

2. Второй вариант организации управления процессами структурирования эластомерных композитов с помощью системы управления включает в состав блока управления (БУ) интеллектуальную систему управления. Такой вариант организации контроля и управления называется гибридной моделью управления.

3. Третий вариант реализации управления технологическим процессом на основе наиболее полного применения цифровых технологий носит название управления на основе цифровых моделей управления – «цифровых двойников» [5, 6]. Это модель управления процессами на основе методов и алгоритмов искусственного интеллекта без оператора. Отметим, что выбор конкретного варианта реализации задач и функций управления происходит на основе принятия решений по организации управления, которые в свою очередь требуют обладания всей полнотой информации о протекающих процессах. Эта задача решается с помощью создания средств информационной поддержки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для создания динамической модели информационной поддержки процессов реометрических исследований и испытаний на основе системного подхода в управлении может быть использована процессная модель, содержащая различные группы исследований, которые включают в себя все стадии и технические операции реометрических испытаний. Приведена схема организации управления процессом структурирования эластомерных композитов на основе реометра. Данные модели представляют собой средства информационной поддержки для оптимизации планирования и проведения всего спектра реометрических исследований, а также для ускорения процессов подготовки, выработки и принятия управленческих решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ретин В. В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. 2-е изд. Москва: Стандарты и качество, 2005. 408 с.
2. Егоров А. Ф. Интегрированные системы управления химическими производствами: учеб. пособие. Москва: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2020. 200 с. ISBN 978-5-7237-1850-0.
3. Кузнецов А. С. О применении процессно-ориентированного подхода на производстве эластомерных композитов // Сборник материалов V международной научно-практической конференции «Научные дискуссии в условиях мирового кризиса: новые вызовы, взгляд в будущее». В 2-х частях. Ростов-на-Дону, 2022. С. 77–78.
4. Корнюшко В. Ф., Кузнецов А. С., Садеков Л. В. Информационное и программное обеспечение гибридной интеллектуальной системы при управлении технологическими

процессами // Программные продукты и системы. 2021. Т. 34. № 4. С. 629–638. DOI: 10.15827/0236-235X.136.629-638.

5. Кокорев Д. С., Юрин А. А. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса // Colloquium-journal. 2019. № 10(34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-ponyatie-tipy-i-preimuschestva-dlya-biznesa> (дата обращения: 02.10.2023).

6. Аникин А. В., Шмакова Е. Г., Разливинская С. В. Методология применения цифровых двойников для научно-исследовательских лабораторий // Информатизация образования и науки. 2022. № 3(55). С. 97–109.

REFERENCES

1. Repin V.V. *Protsessnyy podkhod k upravleniyu. Modelirovaniye biznes-protsessov*. [Process approach to management. Business process modeling]. Moscow: Standarty i kachestvo, 2005. 408 p. (In Russian)

2. Egorov A.F. *Integrirovannyye sistemy upravleniya khimicheskimi proizvodstvami: ucheb. posobiye* [Integrated control systems for chemical production: textbook. Allowance]. Moscow: RKhTU im. D.I. Mendeleeva, 2020. 200 p. ISBN 978-5-7237-1850-0. (In Russian)

3. Kuznetsov A.S. *O primenenii protsessno-orientirovannogo podkhoda na proizvodstve elastomernykh kompozitov* [On the application of a process-oriented approach to the production of elastomeric composites]. Materials V international scientific and practical conference “Scientific discussions in the context of the global crisis: new challenges, a look into the future”. In 2 parts. Rostov-on-Don, 2022. Pp. 77–78. (In Russian)

4. Korniyushko V.F., Kuznetsov A.S., Sadekov L.V. Information and software of a hybrid intelligent system for managing technological processes. *Programmnyye produkty i sistemy* [Software products and systems]. 2021. Vol. 34. No. 4. Pp. 629–638. DOI: 10.15827/0236-235X.136.629-638. (In Russian)

5. Kokorev D.S., Yurin A.A. *Tsifrovyye dvoyniki: ponyatiye, tipy preimushchestva dlya biznesa* [Digital twins: concept, types and benefits for business]. *Colloquium-journal*. 2019. No. 10(34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-ponyatie-tipy-i-preimuschestva-dlya-biznesa> (access date: 10/02/2023). (In Russian)

6. Anikin A.V., Shmakova E.G., Razlivinskaya S.V. Methodology for using digital twins for research laboratories. *Informatizatsiya obrazovaniya i nauki* [Informatization of education and science]. 2022. No. 3(55). Pp. 97–109. (In Russian)

Информация об авторе

Кузнецов Андрей Сергеевич, канд. тех. наук, доцент кафедры информационных технологий, искусственного интеллекта и общественно-социальных технологий цифрового общества, Российский государственный социальный университет;

129226, Россия, Москва, ул. Вильгельма Пика, 4, стр. 1;

askgoogle@internet.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1569-4765>

Information about the author

Kuznetsov Andrey Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies, Artificial Intelligence and Social Technologies of Digital Society, Russian State Social University;

129226, Russia, Moscow, 4 Wilhelm Pieck street, 1 building;

askgoogle@internet.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1569-4765>