**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ СТРУКТУРИРОВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ
ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПРОДУКЦИОННОЙ МОДЕЛИ**

А.С. Кузнецов[@], В.Ф. Корнюшко

Московский технологический университет (Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова), Москва 119571, Россия

[@] Автор для переписки, e-mail: askuznetsov@mitht.ru

Проведен системный анализ жизненного цикла продукции из эластомерных материалов. Приведены основные модули системы управления жизненным циклом для системы управления на основе интегрированной информационной системы ERP жизненным циклом разработки, производства и дистрибьюции продукции из эластомерных композитов. Обозначены основные контрольные точки управления процессом. Предложено подробное описание сложных химико-технологических процессов структурирования многокомпонентных эластомерных композитов с позиций системного подхода на основе комплекса информационных и производственных моделей. Рассмотрена модель автоматизированной системы управления химико-технологическими процессами структурирования эластомерных композитов на основе данных виброреометрии, представляющая собой пример использования системы управления по косвенным показателям. Показано, что возмущающие воздействия, приводящие к отклонению показателей процесса от заданных, носят рецептурно-технологический характер. Предложена архитектура интегрированной информационной системы управления сложными химико-технологическими процессами смешения и структурирования многокомпонентных эластомерных композитов на основе системы производственных правил. Приведена блок-схема алгоритма обработки основной реометрической информации процесса структурирования эластомерных композитов.

Ключевые слова: *системный анализ, жизненный цикл, эластомерный композит, продукция из эластомерных композитов, интеллектуальная система управления, производственная модель, химико-технологическая система, реограмма состояния.*

**INTELLIGENT CONTROL SYSTEM OF CHEMICAL-TECHNOLOGICAL
PROCESSES OF STRUCTURING OF MULTICOMPONENT ELASTOMER
COMPOSITES BASED ON THE PRODUCTION MODEL**

A.S. Kuznetsov[@], V.F. Kornushko

Moscow Technological University (M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies), Moscow 119571, Russia

[@] Corresponding author e-mail: askuznetsov@mitht.ru

A systemic analysis of the life cycle of products from elastomeric materials was carried out. The main modules of a management system for managing the life cycle – development, production and distribution of products from elastomeric composites on the basis of the integrated information system are described. The main control points of the process control are indicated. A detailed description of complex chemical-technological processes of multicomponent elastomeric composites structuring from the positions of a system approach based on a complex of information and production models is proposed. The model of an automated control system for the chemical-technological processes of elastomeric composites structuring based on vibration-rheometric data is considered, which is an example of the use of a control system based on indirect indicators. It is shown that the disturbing effects leading to the deviation of the process indices from the

given ones are of a prescription and technological nature. The architecture of the integrated information management system for complex chemical-technological processes of multicomponent elastomeric composites mixing and structuring based on the production rules system is proposed. A block diagram of the algorithm for processing the main rheometric information of elastomeric composites structuring is given.

Keywords: system analysis, life cycle, elastomeric composite, products from elastomeric composites, intelligent control system, product model, chemical-technological system, rheogram state.

На сегодняшний день абсолютное большинство продукции из многокомпонентных эластомерных композитов производится путем пространственного структурирования (вулканизации). Современное производство изделий из эластомеров – сложный многостадийный процесс, представляющий собой типичный пример химико-технологической системы с последовательным соединением элементов [1, 2].

Применение современных методов контроля используется в решении задач управления процессами структурирования эластомерных композитов с целью повышения качества готовой продукции и снижения образования брака.

Управление в процессах структурирования эластомерных композитов трактуется как направленное воздействие на химико-технологическую систему производства продукции из эластомерных композитов, которое обеспечивает поддержание оптимальных параметров данного процесса [2–4].

В современном представлении автоматизированная система управления сложными химико-технологическими процессами структурирования многокомпонентных эластомерных композитов условно состоит из двух частей: 1) классическая автоматическая система управления процессом на основе применения регуляторов; 2) управление процессами структурирования на основе экспертных систем.

В работе предлагается реализовать вторую часть управления в виде интеллектуальной системы на основе производственных моделей.

Задача управления технологическими процессами структурирования эластомерных композитов – поддержание на требуемом уровне значений основных технологических величин. Возмущающие воздействия, приводящие к отклонению показателей процесса от заданных, носят рецептурно-технологический характер [5, 6].

В процессах смешения многокомпонентных эластомерных композитов контролируется порядок введения ингредиентов резиновой смеси, ее температура (путем замера игольчатой термопарой), а также продолжительность смешения (в минутах). Конечный продукт данной подсистемы проверяется на качество смешения путем отбора проб из различных участков смеси и сравнения полученных результатов с паспортом стандартной смеси [7–9].

В системе управления химико-технологическими процессами структурирования эластомерных композитов контролируемыми параметрами являются температура T процесса, давление P и оптимальное время структурирования τ_{90} . Поддержание температуры процесса осуществляется при помощи регулятора температуры позиционного типа (характеристика приведена на рис. 1). Применение регулятора данного типа объясняется его сравнительной простотой. Давление поддерживается при помощи масляного насоса с использованием пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора (рис. 2). Применение ПИД-регулятора обусловлено быстротой приведения управляемого параметра процесса к заданному значению [10].

Рис. 1. Временная зависимость для позиционного регулятора.

Рис. 2. Временные зависимости для регуляторов различных типов.

Системный анализ управления жизненным циклом продукции из эластомерных композитов

Жизненный цикл (ЖЦ) системы производства продукции из эластомерных композитов начинается с момента принятия решения о необходимости создания производственной системы и заканчивается в момент ее полного изъятия из эксплуатации.

Жизненный цикл продукции из многокомпонентных эластомерных композитов – совокупность процессов, выполняемых от момента выявления потребностей общества в определенной продукции до момента удовлетворения этих потребностей и ее утилизации [11].

Основным нормативным документом, регламентирующим жизненный цикл, является международный стандарт ISO 9004-1. Он определяет структуру ЖЦ, содержащую процессы, действия и задачи, которые должны быть выполнены во время создания системы.

Характер системы или объекта рассмотрения и протекающие в ней процессы определяют содержание этапов ее жизненного цикла.

Реализован системный подход к созданию единой информационной среды для управления процессом структурирования многокомпонентных эластомерных композитов (в виде системы ERP¹). Основные модули данной системы представлены на рис. 3. Рис. 4 наглядно демонстрирует структуру системы управления жизненным циклом разработки, производства и дистрибуции продукции из эластомерных композитов на основе интегрированной информационной системы.

Для получения требуемой продукции необходимо четкое построение системы процессов переработки каучука и ингредиентов в полуфабрикат – сырую заготовку, а также ее структурирование (вулканизация) как итоговый процесс производства готовой продукции из эластомерных композитов.

Рис. 3. Основные модули системы ERP.

¹ERP (англ. *Enterprise Resource Planning System*) – специальная система планирования ресурсов отдельного предприятия.

Рис. 4. Система управления на основе интегрированной информационной системы ERP жизненным циклом разработки, производства и дистрибуции продукции из эластомерных композитов.

Для получения продукции надлежащего качества необходимо тестирование продукта – полуфабриката на каждом этапе производственного процесса.

Прошедшая контроль готовая продукция отправляется на складское хранение, откуда она поступает на реализацию, т.е. выходит на рынок.

Разработка интеллектуальной системы управления химико-технологическими процессами структурирования многокомпонентных эластомерных композитов

Данные виброреометрических испытаний являются решающими факторами для принятия решений по оперативному контролю и управлению сложными химико-технологическими процессами структурирования многокомпонентных эластомерных композитов [1–3].

Рассмотрена автоматизированная схема управления процессом структурирования эластомерных композитов на основе анализа по косвенным показателям (рис. 5).

Данная модель системы управления процессами структурирования эластомерных композитов на основе данных виброреометрии представляет собой пример использования системы управления по косвенным показателям. На основе анализа промежуточных проб принимается решение о корректировке процесса, использовании смеси для производства изделий другого класса, или о забраковке и утилизации смеси [7–9].

Для накопления, обработки и систематизации хранения и передачи реометрической информации, а также для обеспечения поддержки принятия реше-

ний по контролю и управлению процессом производства изделий из эластомеров создана информационная база данных реограмм состояния.

Для построения базы данных реограмм состояния были построены логико-информационная, физическая и реляционная модели данных, причем последняя реализована в нотации IDEF1X (рис. 6).

Рис. 5. Схема управления процессами структурирования эластомерных композитов.

Рис. 6. IDEF1X (ER) модель ИБД реографической информации.

Модель включает в себя схему основной базы данных реограмм состояния (о пробах, контрольных образцах и результатах измерений), дополненную справочными таблицами.

Описание таблиц БД:

Client – содержит сведения о заказчике;

Users – содержит сведения о пользователях, которые работают с системой, и ведет протоколирование действий с БД;

Rheometer – таблица, содержащая сведения о характеристиках прибора на тот или иной момент времени. Позволяет вести статистику испытаний, а также дает представление о типах и параметрах используемых для испытаний образцов композитов виброреометров;

Incoming samples – таблица характеристик входящих образцов, содержит данные о времени и месте отбора, количестве и виде пробы, времени регистрации, виды необходимых испытаний, реквизиты выходного протокола;

Control samples – сведения об измеряемых образцах, приготовленных тем или иным методом из пробы. Содержит данные по пробоподготовке, вносимых метках, времени начала анализа, вид анализа, номере образца;

Outcome result – сводная таблица результатов измерений, содержит основные вулканизационные характеристики эластомерных композитов.

Также был обоснован выбор СУБД в качестве ИБД MS Access для Windows.

Ms Access – реляционная система управления базами данных (СУБД) корпорации Microsoft. Имеет

широкий спектр функций, включая связанные запросы, связь с внешними таблицами и базами данных. Обладает встроенной совместимостью и возможностью импорта данных из таблиц Microsoft Excel.

В отличие от остальных баз данных по виброреометрии, созданная информационная база данных может быть установлена в любой заводской лаборатории и на учебно-научных тренажерах любого технического вуза. Она работает на различных аппаратных платформах и поддерживает различные аппаратные конфигурации, начиная с устаревших процессоров и заканчивая современными ЭВМ.

На сегодняшний день принятие решений по управлению процессами структурирования эластомерных композитов на основе анализа реограмм состояния выполняется вручную в лаборатории. В данной работе мы предлагаем реализовать управление процессом в виде интеллектуальной системы управления на основе продукционных моделей.

На основе анализа технологических процессов смешения и структурирования эластомерных композитов было построено информационное обеспечение системы управления химико-технологическими процессами смешения и структурирования многокомпонентных эластомерных композитов (архитектура данной системы приведена на рис. 7).

Система содержит ряд подсистем, в число которых, кроме подсистемы поддержки управленческих решений, входят подсистемы работы с документами.

Рис. 7. Архитектура интегрированной информационной системы управления химико-технологическими процессами смешения и структурирования эластомерных композитов.

Так, подсистема нормативной документации содержит информацию о нормативных характеристиках эластомерных композитов и показателях химико-технологических процессов их переработки.

Подсистема документов для лиц, принимающих решения (ЛПР), содержит формы основных отчетных документов по испытаниям эластомерных композитов и перечень получателей данной информации.

Подсистема поддержки принятия управленческих решений содержит блок визуализации реограмм состояния, базу данных реограмм, блок математических моделей и блок подготовки управленческих решений на основе продукционных моделей.

При исследовании технологических процессов смешения и структурирования эластомерных систем с точки зрения экспертной системы управления на первый план выходят задачи интерпретации, управления и контроля процессов на основе анализа реографической информации [5, 7].

Экспертные решения применяются на основе сформированного блока продукционных правил применительно к процессу структурирования. Анализ отклонения технологических показателей от стандартных возможен благодаря применению базы данных стандартных реограмм состояния многокомпонентных эластомерных композитов [1, 2, 4, 5, 7, 9].

Была проведена систематизация знаний об объекте управления в виде продукционной базы знаний (БЗ). Такая форма представления знаний характерна своей наглядностью, высокой модульностью, легкостью внесения дополнений. Каждое правило, БЗ записывается в виде «Если ..., то ...»: посылка (часть «если») соответствует условию, а заключение (часть «то») – выводу.

Для построения правил вышеупомянутой структуры необходимо использовать математический аппарат нечетких множеств. Так, каждой координате необходимо представить лингвистические переменные с характерными термами, например «высокий», «средний», ... «низкий», «очень низкий». Это означает, что можно сформулировать БЗ о влиянии независимых координат $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ на значение зависимой координаты y в виде совокупности логических высказываний типа:

ЕСЛИ $(x_1 = a_{1j1})$ И $(x_2 = a_{2j1})$ И ... И $(x_n = a_{nj1})$
 ИЛИ $(x_1 = a_{1j2})$ И $(x_2 = a_{2j2})$ И ... И $(x_n = a_{nj2})$...
 ИЛИ $(x_1 = a_{1jk})$ И $(x_2 = a_{2jk})$ И ... И $(x_n = a_{njk})$
 ТО $y = d_j, j \in [1, m]$,

где a_{ijp} – терм, которым оценивается переменная x_i в строчке с номером j_p ($p \in [1, kj]$); kj – количество строчек-конъюнкций, у которых выход оценивается

термом d_j ; m – количество термов, используемых для лингвистической оценки выходного параметра y [6].

Далее приведен фрагмент системы продукцион-

ных правил для управления химико-технологическими процессами структурирования многокомпонентных эластомерных композитов (таблица, рис. 8).

Таблица. Основные компоненты системы продукционных правил для управления химико-технологическими процессами структурирования эластомерных композитов

Параметр	Название
P	Пластичность смеси
P*	Пластичность смеси по паспорту
S	Мягкость резиновой смеси
S*	Мягкость резиновой смеси по паспорту смеси
η	Вязкость резиновой смеси
η^*	Вязкость резиновой смеси по паспорту смеси
$M_{\min}$	Минимальный крутящий момент
$M_{\min}^*$	Минимальный крутящий момент, по паспорту смеси
$M_{\max}$	Максимальный крутящий момент
$M_{\max}^*$	Максимальный крутящий момент, по паспорту смеси
T_s	Время начала вулканизации
T_s^*	Время начала вулканизации, по паспорту смеси
T_{10}	Время подвулканизации
T_{10}^*	Время подвулканизации, по паспорту смеси
T_{50}	Время 50%-го структурирования

Параметр	Название
T_{50}^*	Время 50%-го структурирования по паспорту
T_{90}	Оптимальное время структурирования
T_{90}^*	Оптимальное время структурирования по паспорту смеси
R_v	Скорость процесса структурирования
R_v^*	Скорость процесса структурирования, по паспорту
p	Плотность резиновой смеси
p*	Плотность резиновой смеси по паспорту смеси
V_1	Содержание наполнителя
V_2	Содержание мягчителя
V_3	Содержание структурирующего агента
V_4	Содержание ускорителя
V_5	Температура смеси
V_6	Время обработки
V_7	Давление структурирования
N_1	Увеличить
N_2	Уменьшить

If $P < P^*$, then N_2, V_2 .
 If $P > P^*$, then N_1, V_1 .
 If $P < P^*$; $S < S^*$, then N_2, V_2 .
 If $P > P^*$; $S > S^*$, then N_1, V_1 .
 If $P < P^*$; $\eta < \eta^*$, then N_1, V_1 .
 If $P > P^*$; $\eta < \eta^*$, then N_1, V_1 .
 If $P > P^*$; $\eta > \eta^*$, then N_2, V_2 .
 If $\eta < \eta^*$, then N_1, V_1, V_4 .
 If $\eta > \eta^*$, then N_2, V_2 .
 If $\eta < \eta^*$; $M_{\min} < M_{\min}^*$, then N_1, V_1, V_4 .
 If $\eta > \eta^*$; $M_{\min} > M_{\min}^*$, then N_2, V_1, V_4 .
 If $\eta < \eta^*$; $M_{\min} > M_{\min}^*$, then N_2, V_3 .
 If $\eta > \eta^*$; $M_{\min} < M_{\min}^*$, then N_1, V_3 .
 If $\eta > \eta^*$; $M_{\max} < M_{\max}^*$, then N_1, V_6 .
 If $\eta > \eta^*$; $M_{\max} > M_{\max}^*$, then N_2, V_6 .
 If $\eta > \eta^*$; $M_{\max} > M_{\max}^*$, then N_1, V_5 .
 If $T_s < T_s^*$, then N_1, V_3, V_4 .
 If $T_s > T_s^*$, then N_2, V_3, V_4 .
 If $T_s < T_s^*$; $T_{90} < T_{90}^*$, then N_1, V_3, V_4 .
 If $T_s > T_s^*$; $T_{90} > T_{90}^*$, then N_2, V_3, V_4 .
 If $R_v < R_v^*$, then N_1, V_1, V_3, V_4 .
 If $R_v > R_v^*$, then N_2, V_1, V_3, V_4 .
 If $p < p^*$, then N_1, V_1 .
 If $p > p^*$, then N_2, V_1 .

Рис. 8. Фрагмент системы продукционных правил для управления сложными химико-технологическими процессами структурирования многокомпонентных эластомерных композитов.

На рис. 9 приведено дерево продукций для анализа процесса структурирования эластомерных композитов при отклонении значений крутящего момента с точки зрения его корректировки путем варьирования рецептурно-технологических факторов.

На рис. 10 приведена блок-схема алгоритма обработки реометрических данных.

На первом этапе осуществляется ввод данных с реограммы состояния. Далее происходит их математическая статистическая обработка с расчетом параметров выбранной математической модели. На основании рассчитанных параметров модели рассчитываются устойчивые статистические характеристики процесса структурирования

Рис. 9. Дерево продукций для анализа процесса структурирования эластомерных композитов.

Рис. 10. Блок-схема алгоритма обработки основной реометрической информации процесса структурирования эластомерных композитов.

многокомпонентных эластомерных композитов. Далее на основе математических соотношений рассчитываются основные характеристики процесса структурирования эластомерных композитов и происходит их сравнение с заданными. В результате при совпадении или незначительном отклонении от заданных параметров производится запись всех характеристик в базу данных.

Выводы

1. Проведен системный анализ жизненного цикла продукции из эластомерных композитов.
2. Разработана система производственных правил для управления химико-технологическими процес-

сами структурирования многокомпонентных эластомерных композитов.

3. Разработано дерево продукции для анализа процесса структурирования эластомерных композитов.
4. Разработана структура информационной базы данных реограмм состояния в нотации IDEF1X.
5. Предложена архитектура интегрированной информационной поддержки для системы управления химико-технологическими процессами смешения и структурирования многокомпонентных эластомерных композитов.
6. Приведена блок-схема алгоритма обработки основной реометрической информации процесса структурирования эластомерных композитов.

Список литературы:

1. Кузнецов А.С., Агаянц И.М., Корнюшко В.Ф. Реограмма как инструмент управления технологическим процессом структурирования эластомерных систем // Сб. тр. науч.-практ. конф. «Наукоемкие химические технологии – 2015». М.: Изд-во МИТХТ им. М.В. Ломоносова, 2015. С. 143.
2. Кузнецов А.С. О применении системного подхода при анализе процессов структурирования эластомерных систем // Сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Логистика и экономика ресурсосбережения и энергосбережения в промышленности». Смоленск, 2015. С. 102–104.
3. Кузнецов А.С., Корнюшко В.Ф. Информационная поддержка системы управления технологическим процессом структурирования эластомерных систем // Сб. тр. науч.-практ. Российско-американской научной школы-конференции «Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов». Казань, 2016. С. 35.
4. Кузнецов А.С. Применение методов и процедур системного анализа при описании систем производства эластомерных материалов // Сб. тр. 6-й Междунар. конф. «Проблемы и перспективы современной науки». М., 2016. С. 22–26.
5. Кузнецов А.С., Корнюшко В.Ф. Информационная система поддержки принятия управленческих решений на производстве эластомерных материалов // Национальная ассоциация ученых. 2016. № 5 (21). С. 38–39.
6. Мешалкин В.П., Экспертные системы в химической технологии. М.: Химия, 1995. 367 с.
7. Кузнецов А.С., Корнюшко В.Ф. Процессы смешения и структурирования эластомерных систем как объекты управления в химико-технологической системе // Междун. научно-исследовательский журнал. 2016. № 4. С. 120–123.
8. Агаянц И. М. Пять столетий каучука и резины. М.: Модерн, 2002. 432 с.

References:

1. Kuznetsov A.S., Agayants I.M., Korniyushko V.F. Rheogram as a tool for controlling the technological process of elastomeric systems structuring // Proceed. of the Sci. and Pract. Conf. «High-Tech in Chemical Engineering – 2015». Moscow: MITHT Publ., 2015. P. 143. (in Russ.).
2. Kuznetsov A.S. About application of the system approach at the analysis of processes of structuring of elastomeric systems // Proceed. of the Int. Sci. and Pract. Conf. “Logistics and Economy of Resource Saving and Energy Saving in Industry”. Smolensk, 2015. P. 102–104. (in Russ.).
3. Kuznetsov A.S., Korniyushko V.F. Information support of the process control system for the structuring of elastomeric systems // Proceed. of the Rus.-Amer. Sci. School-Conf. “Modeling and Optimization of Chemical-Technological Processes”. Kazan', 2016. P. 35. (in Russ.).
4. Kuznetsov A.S. Application of methods and procedures of system analysis in the description of systems for the production of elastomeric materials // Proceed. of the 6th Int. Conf. “Problems and Prospects of Modern Science”. Moscow, 2016. P. 22–26. (in Russ.).
5. Kuznetsov A.S., Korniyushko V.F. Information support system for making managerial decisions on the production of elastomeric materials // Natsional'naya assotsiatsiya uchenykh (National Association of Scientists). 2016. № 5 (21). P. 34–35. (in Russ.).
6. Meshalkin V.P. Expert systems in chemical technology. Moscow: Khimiya Publ., 1995. 367 p. (in Russ.).
7. Kuznetsov A.S., Korniyushko V.F. Processes of mixing and structuring of elastomeric systems as objects of control in the chemical-technological system // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal (International Research Journal). 2016. № 4. P. 120–123. (in Russ.).
8. Agayants I.M. Five hundred years of tire and rubber. Moscow: Modern Publ., 2002. 432 p. (in Russ.).

9. Новаков И.А., Новопольцева О.М., Кракшин М.А. Методы оценки и регулирования пластоэластических и вулканизационных свойств эластомеров и композиций на их основе. М.: Химия, 2000. 240 с.
10. Кошарский Б.Д. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы: справочное пособие. Л.: Машиностроение, 1976. 488 с.
11. Давлетбаева Л. Ф. Жизненный цикл товара // Вестник ОГУ. 2010. №13 (119). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/zhiznenny-tsikl-tovara> (дата обращения: 15.01.2017).
12. Карпов Д.В. Проблемы внедрения ERP-систем // Вестник ННГУ. 2010. № 4. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/problemy-vnedreniya-erp-sistem> (дата обращения: 15.01.2017)
13. Мешалкин В.П. Экспертные системы в химической технологии: Основы теории, опыт разработки и применения. М.: Химия, 1995. 368 с.
14. Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем. М.: Химия, 1991. 357 с.
15. Кафаров В.В., Мешалкин В.П., Грун Г., Нойман В. Обеспечение и методы оптимизации надежности химических и нефтеперерабатывающих производств. М.: Химия, 1987. 272 с.
16. Егоров А.Ф., Савицкая Т.В. Управление безопасностью химических производств на основе новых информационных технологий. М.: Химия, КолосС, 2004. 416 с.
17. Егоров А.Ф. Интегрированные автоматизированные системы управления химическими предприятиями // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2014. Т. 4 (54). С. 11–17.

9. Novakov I.A., Novopol'tseva O.M., Krakshin M.A. Methods for evaluation and regulation of the plastoelastic and vulcanization properties of elastomers and compositions based on them. M.: Khimiya Publ., 2000. 240 p. (in Russ.).
10. Kosharskij B.D. Automatic devices, regulators and computer systems. Reference manual. Leningrad: Mashinostroenie Publ., 1976. 488 p. (in Russ.).
11. Davletbaeva L.F. Product life cycle // Vestnik OGU. 2010. № 13 (119). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/zhiznenny-tsikl-tovara> (data of access: 15.01.2017). (in Russ.).
12. Karpov D.V. Problems of implementing ERP-systems // Vestnik NNGU. 2010. № 4. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/problemy-vnedreniya-erp-sistem> (data of access: 15.01.2017) (in Russ.).
13. Meshalkin V.P. Expert systems in chemical technology: Fundamentals of theory, experience in development and application. Moscow: Khimiya Publ., 1995. 368 p. (in Russ.).
14. Kafarov V.V., Meshalkin V.P. Analysis and synthesis of chemical-technological systems. Moscow: Khimiya Publ., 1991. 357 p. (in Russ.).
15. Kafarov V.V., Meshalkin V.P., Grun G., Nojman V. Provision and methods of optimizing the reliability of chemical and oil refineries. Moscow: Khimiya, 1987. 272 p. (in Russ.).
16. Egorov A.F., Savitskaya T.V. Management of safety of chemical manufactures on the basis of new information technologies. Moscow: Khimiya, KolosS Publ., 2004. 416 p. (in Russ.).
17. Egorov A.F. Integrated automated control systems for chemical enterprises // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo (Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University). 2014. V. 4 (54). P. 11–17. (in Russ.).

Об авторах:

Кузнецов Андрей Сергеевич, ассистент кафедры образовательных технологий и систем Института тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова ФГБОУ ВО «Московский технологический университет» (119571, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 86) .

Корнюшко Валерий Федорович, доктор технических наук, Заслуженный деятель науки и техники, профессор кафедры информационных систем в химической технологии Института тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова ФГБОУ ВО «Московский технологический университет» (119571, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 86).

About authors:

Andrey S. Kuznetsov, Assistant of the Chair of Educational Technologies and Systems, M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, Moscow Technological University (86, Vernadskogo Pr., Moscow, 119571, Russia).

Valery F. Kornyushko, D.Sc. (Engineering), Honored Worker of Science and Technology, Professor of the Chair of Information Systems in Chemical Technology, M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, Moscow Technological University (86, Vernadskogo Pr., Moscow, 119571, Russia).

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-64884 от 10 февраля 2016 г.

Подписано в печать 26.10.2017
Уч.-изд. листов 12.0

Формат 60×90/8
Тираж 100 экз.

Печать цифровая
Заказ 528

Московский технологический университет
119454, Москва, пр. Вернадского, 78.

Цена 855 руб.