

Тульский государственный университет
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
Российское химическое общество им. Д.И. Менделеева
Тульское отделение Российского химического общества им. Д.И. Менделеева
ТООО Научно-технический центр
ООО «ТУЛЬСКИЙ ДНТ»

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

**ДОКЛАДЫ
XXX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

Тула
«Иновационные технологии»
2022

УДК 61
УДК 658.5
УДК 67

ББК 91.9

Приоритетные направления развития науки и технологий:
доклады XXX международной науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Инновационные технологии, 2022. – 234 с.

Рассмотрены теоретические и прикладные вопросы развития инновационной деятельности, науки и технологий. Изложены аспекты современных энергосберегающих и ресурсосберегающих производственных технологий, рационального природопользования и экологии. Рассмотрены вопросы разработки информационных и образовательных технологий для решения научных и прикладных задач.

Материал предназначен для научных сотрудников, инженерно-технических работников, студентов и аспирантов, занимающихся широким кругом современных проблем *развития науки и технологий*.

Рецензенты:

Вольхин Сергей Николаевич, доктор педагогических наук, профессор, ректор АНО ДПО «Академия профессионального развития»;

Рылеева Евгения Михайловна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры охраны труда и окружающей среды ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет».

Редакционная коллегия

Академик РАН В.П. Мешалкин; проф., д.т.н. В.М. Панарин; доц., д.т.н. А.А. Маслова; проф., д.т.н. Л.Э. Шейнкман, доц., к.т.н. А.Е. Коряков.

Техническая редакция Жукова Н.Н., Путилина Л.П.

ISBN 978-5-6045071-8-6

© Авторы докладов, 2022

© Издательство «Инновационные технологии», 2022

внедрении технологий в промышленном масштабе на целом ряде предприятий РФ.

Программный комплекс может быть востребован на предприятиях, в процессе основной деятельности которых образуются крупнотоннажные отходы с низким содержанием РЗЭ: производители минеральных удобрения из апатитового концентрата (ОАО «Акрон», ОАО «ФосАгро», ОАО «Уралхим» и др.); производители алюминия – компании, входящие в ОК «Русал»; ОАО «УГМК» и др.

Список литературы

1. Поляков Е.Г. *Металлургия редкоземельных металлов* / Е.Г. Поляков, А.В. Нечаев, А.В. Смирнов. – М.: *Металлургиздат*, 2018. – 732 с.

2. Афонин М.А. *Описание экстракции азотной, плавиковой и фосфорной кислоты три-н-бутилфосфатом* / М.А. Афонин // *Известия СПбГТИ(ТУ)*. – 2013. – № 20. – С. 22–29.

3. *Оптимизация технологии получения редкоземельной продукции по результатам расчета экстракционных каскадов: отчет о НИР: 05-2012* / СПбГТИ(ТУ); рук. М. А. Афонин; исполн. М. А. Афонин. – СПб, 2012. – 68 с.

4. Козлов А.В. *Математическое моделирование экстракции редкоземельных элементов* / А.В. Козлов, М.А. Афонин // *Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики»*. – Воронеж, ВГУ, 2017. – С. 720-724.

5. Вольдман Г.М. *Теория гидрометаллургических процессов: учеб. пособие для вузов* / В.Г. Вольдман, А.Н. Зеликман. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: *Интернет Инжиниринг*, 2003. – 264 с.

6. *Инженерный химико-технологический центр «Русредмет» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rusredmet.ru>, свободный. – Загл. с экрана.*

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО СПОСОБАМ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ В ПОЛЕЗНУЮ ПРОДУКЦИЮ

Т.Б. Чистякова, И.В. Новожилова

Санкт-Петербургский государственный технологический институт

(технический университет),

г. Санкт-Петербург

Аннотация. Предложена клиент-серверная архитектура компьютерной системы поддержки принятия решений, позволяющая на основе настраиваемой производственно-фреймовой модели представления знаний формировать технологическую карту процессов переработки вторичных полимерных материалов (полиэтиленов, полипропиленов, полиэтилентерефталатов) в полезные изделия технического назначения (емкости, полимерные упаковочные материалы и др.). Компьютерная система направлена на исследование жизненного цикла процессов химической переработки вторичных полимерных

материалов, что позволяет решать задачу ресурсосберегающего управления, утилизации и переработки промышленных отходов, а также защиты окружающей среды.

Введение

На территории РФ к настоящему времени накоплено около 40 млрд. тонн твердых и жидких промышленных отходов, под размещение которых, по экспертным оценкам, занято от 4 до 7 млн. га земли. Темп образования промышленных отходов составляет 5-7 % в год [1]. При этом стоимость обработки и уничтожения полимерных отходов в России, в частности в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, примерно в 8 раз превышает расходы на обработку большинства промышленных и почти в три раза – на уничтожение бытовых отходов. Это связано со специфическими особенностями полимерных материалов, значительно затрудняющими или делающими непригодными известные методы уничтожения твердых отходов. Основным способом использования полимерных отходов является их утилизация, т.е. повторное использование для производства полезной продукции технического назначения [2, 3]. Утилизация является не только экономически целесообразным, но и экологически значимым решением проблемы использования отходов. Вторичное использование полимерных материалов решает комплекс вопросов по защите окружающей среды: сокращает потребности в первичном сырье; уменьшает загрязнения окружающей среды; освобождает трудовые ресурсы из процессов переработки сырья [4, 5]. Таким образом, разработка системы поддержки принятия решений по способам переработки промышленных полимерных отходов в полезную продукцию является актуальной и практически значимой задачей. Компьютерная система позволяет на основе продукционно-фреймовой модели представления знаний формировать технологическую карту процессов переработки отходов изделий из полипропиленов, полиэтиленов, поликарбонатов, полиэтилентерефталатов в полезную продукцию (полимерные изделия технического назначения) с учетом технико-экономической оценки производства.

Жизненный цикл процессов переработки полимерных отходов в полезную продукцию

Система поддержки принятия решений направлена на исследование жизненного цикла процессов химической переработки отходов (вторичных полимерных материалов), включающего следующие ключевые этапы [6]:

1) Маркетинговое исследование потребности рынка во вторичных полимерных изделиях.

2) Разработка рецептуры композиционной смеси на основе вторичных полимерных материалов (определение состава сырья для изготовления технического изделия с заданными требованиями по качеству и потребительским характеристикам).

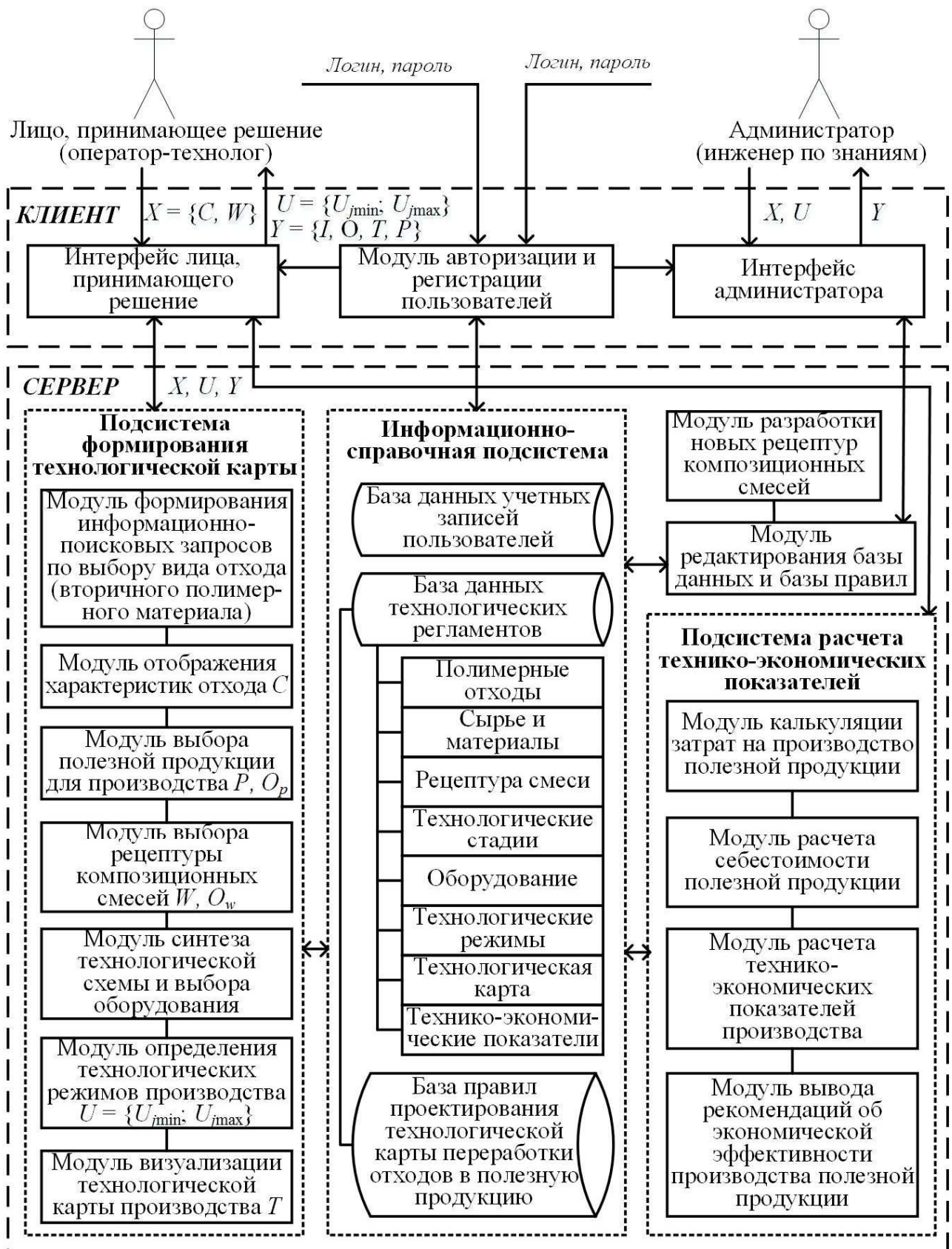
3) Определение последовательности технологических стадий, оборудования, диапазонов технологических режимов каждого из элементов технологической схемы для выпуска полезной продукции заданного качества.

4) Формирование технологической карты процесса производства заданного изделия с учетом требований экологической безопасности.

5) Определение общей технико-экономической оценки жизненного цикла технического изделия с учетом анализа планово-экономической и маркетинговой деятельности полимерного производства, расчета проектной себестоимости и технико-экономических показателей продукции.

С учетом этапов жизненного цикла процессов переработки полимерных отходов формализованное описание процесса формирования технологической карты как объекта исследования можно представить в виде совокупности векторов $Y = f(X, U)$, где $X = \{C, W\}$ – вектор входных переменных: $C = \{K, A, S, Z\}$ – характеристика отхода K – класс опасности, A – агрегатное состояние отхода, S – область получения отхода, Z – тип происхождения отхода; W – характеристики сырья (наименование, физико-химические свойства); $U = \{U_{j\min}; U_{j\max}\}$ – вектор управляющих воздействий: $U_{j\min}; U_{j\max}$ – диапазоны изменения технологических режимов на стадиях производства; $Y = \{I, O, T, P\}$ – вектор выходных переменных, где I – информация об отходе и его классе опасности, $O = \{O_w, O_p\}$ – основные показатели качества сырья W (например, плотность, размер гранул, показатель текучести расплава, прочность при разрыве, влажность) и полезного полимерного продукта P (например, внешний вид, цвет, миграция красителя, санитарно-гигиенические показатели безопасности); T – технологическая карта процесса производства полезного продукта (технического полимерного изделия) из вторичного сырья W ; P – характеристика итогового полезного продукта (наименование, назначение, показатели качества, технико-экономические показатели).

На основании предложенного формализованного описания задача поддержки принятия решений по способам переработки промышленных полимерных отходов в полезную продукцию сформулирована следующим образом: для выпуска определенного типа полимерного изделия P с заданными требованиями по качеству и потребительским характеристикам O_p необходимо разработать рецептуру композиционной смеси W на основе вторичных полимерных материалов $C = \{K, A, S, Z\}$, сформировать технологическую карту производства с указанием последовательности технологических стадий, оборудования, диапазонов технологических режимов $[U_{j\min}; U_{j\max}]$ каждого из элементов технологической схемы, а также выдать рекомендации по общей технико-экономической оценке жизненного цикла изделия с учетом анализа планово-экономической и маркетинговой деятельности полимерного производства. Основными технико-экономическими показателями для оценки эффективности производства являются: годовой выпуск продукции, себестоимость и оптовая цена единицы продукции, прибыль от реализации продукции, в том числе от реализации композиционной смеси, чистая прибыль, рентабельность продаж, доля использования отходов и предотвращенного экологического ущерба.



Архитектура системы поддержки принятия решений по способам переработки промышленных полимерных отходов в полезную продукцию

Архитектура системы поддержки принятия решений

Архитектура системы поддержки принятия решений представлена на рисунке в виде модели «клиент-сервер», где клиентская подсистема включает интерфейсы пользователей (лица принимающего решение – исследователя и инженера по знаниям), а серверная подсистема включает реляционную базу данных технологических регламентов, характеристик промышленных отходов и полезной полимерной продукции, базу производственных правил переработки отходов, модуль визуализации технологической карты переработки отходов, включающей информацию о характеристиках сырья, показателях качества готовых технических изделий, свойствах используемых отходов, стадиях, оборудовании и технологических режимах производства. Ядром системы является база производственных правил, позволяющая на основе выбранного вида полимерного отхода формировать информацию о его ключевых свойствах, рецептуре композиционной смеси, а также полезной продукции, доступной для производства на основе технологий переработки выбранного вида отхода. База данных системы состоит из 21 таблицы, включающих 85 полей, и 19 связей. Информационное обеспечение системы поддержки принятия решений настраивается на различные характеристики процессов вторичной переработки полимерных отходов путем изменения диапазонов соответствующих параметров. Для разработки информационного обеспечения использована система управления базами данных Microsoft SQL Server. Для разработки программного обеспечения использована инструментальная среда Visual Studio, язык C#.

Заключение

Проведено комплексное исследование процессов переработки вторичных полимерных материалов в полезную продукцию технического назначения. Анализ показал необходимость разработки модульной, адаптивной архитектуры компьютерной системы поддержки принятия решений, настраиваемой на различное аппаратурно-технологическое оформление производства, ассортимент выпускаемой полимерной продукции, разнородное сырье (композиционные смеси), производительность, требования к качеству материалов (полезной продукции).

Работоспособность системы поддержки принятия решений по способам переработки промышленных полимерных отходов в полезную продукцию подтверждена на примере данных ООО «Завод по переработке пластмасс имени «Комсомольской правды». Использование компьютерной системы позволяет сократить временные затраты на решение задачи перенастройки производства на новый вид продукции, задачи технико-экономической оценки производства, а также улучшить экологические характеристики производственной среды за счет решения задачи ресурсосберегающего управления процессами переработки промышленных полимерных отходов в полезную продукцию.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №21-79-30029 Разработка комплекса технологий переработки отходов 3-5 классов опасности с получением полезных продуктов).

Список литературы

1. Российский научный фонд. Карточка проекта, поддержанного российским научным фондом: сайт. – М., 2021. – URL: <https://rscf.ru/project/21-79-30029/> (дата обращения: 28.03.2022).
2. Chistyakova T.B. *Scientific and educational complex for resource-saving management of life cycle of processes and processing of secondary polymeric materials* / T.B. Chistyakova, S.P. Kozlova, Yu.I. Shlyago, I.V. Novozhilova // *XXI Mendellev Congress on General and Applied Chemistry. Book 3. Abstracts.* – Saint Petersburg, 2019. – P. 197.
3. Бурмистров А.Н. Подготовка инженеров и комплексных команд для импортозамещения в Санкт-Петербурге: стратегия, опыт и возможности / А.Н. Бурмистров, С.П. Козлова, О.В. Калинина // В сборнике: Неделя науки СПбПУ, 2015. – С. 103-110.
4. Meshalkin V.P. and Khodchenko S.M. *The nature and types of engineering of energy- and resource-efficient chemical process systems.* *Polym. Sci. Ser. D* (2017) 10: 347. DOI: 10.1134/S1995421217040128
5. Makarova A., Tarasova N., Meshalkin V., Kukushkin I., Kudryavtseva E., Kantyukov R., and Reshetova E. (2018). *Analysis of the management system in the field of environmental protection of russian chemical companies.* *International Journal for Quality Research.* 12. 43-62. doi: 10.18421/IJQR12.01-03.
6. T. B. Chistyakova and I. V. Novozhilova, "Computer System for Training Specialists in the Field of Production Life Cycle Management and Recycling of Polymer Materials," 2019 III International Conference on Control in Technical Systems (CTS), St. Petersburg, Russia, 2019, pp. 188-191, doi: 10.1109/CTS48763.2019.8973363.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ КОРПОРАТИВНЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Д.Н. Петров, Т.Б. Чистякова, Д.В. Алтунина
Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет),
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Рассмотрена проблематика оценки качества корпоративных веб-ресурсов. Обоснована разработка системы автоматизированного тестирования корпоративных веб-приложений. Представлена функциональная архитектура системы автоматизированного тестирования веб-приложений с описанием ее базовых компонентов. Перечислены инструментальные и прикладные программные средства и технологии разработки системы автоматизированного тестирования. Использование предлагаемого программного обеспечения позволяет сократить временные и финансовые затраты на планирование, проведение и анализ результатов комплексных испытаний корпоративного веб-приложения, повысить степень соответствия объекта испытаний требованиям ссылочной целостности, производительности, кроссбраузерности, эргономики, надежности, защищенности при идентификации и локализации дефектов в ручном и автоматизированном режимах исполнения юнит-тестов.