

Т. Б. ЧИСТЯКОВА, И. В. НОВОЖИЛОВА
Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет, Санкт-Петербург)

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ИНЖИНИРИНГОВЫХ КОМАНД ДЛЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ

Цифровизация промышленности с целью внедрения новых систем управления производством приводит к необходимости подготовки квалифицированных инженерных кадров, что особенно важно для предприятий полимерной промышленности. В статье рассмотрена методология для комплексного обучения инжиниринговых команд в области ресурсосберегающего управления жизненным циклом вторичной переработки полимеров. Предложенная методология апробирована на базе учебного центра «Полимер-экология» СПбГТИ(ТУ) при сотрудничестве с ООО «Завод по переработке пластмасс имени «Комсомольской правды», ФИОП РОСНАНО и АНО «НАРК».

Введение. Развитие цифровых производственных технологий с целью модернизации промышленных предприятий приводит к необходимости формирования высококвалифицированного кадрового обеспечения, что особенно важно для процессов вторичной переработки полимерных материалов в целях повышения качества продукции, повышения экологических характеристик, интенсификации рециклинга и возврата ценного сырья в производство [1]. Сложность процессов вторичной переработки полимеров заключается в выделении чистых фракций из смешанных пластиковых отходов. Наличие различных примесей в композиционных полимерных смесях приводит к необходимости производства изделий с более низкими потребительскими свойствами (технической полимерной пленки, труб, упаковочных материалов, технических емкостей и др.). Одним из инструментов ресурсосбережения, повышения качества полимерной продукции, эффективности разработки композиционных смесей на основе вторичных полимерных материалов является развитие системы кадрового обеспечения предприятий полимерной промышленности [2], обеспечивающей на базе разработки и внедрения инновационных технологий комплексное управление жизненным циклом технических полимерных изделий.

Предлагаемый доклад посвящен разработке методов и технологий подготовки инжиниринговых команд для ресурсосберегающего цифрового управления процессами вторичной переработки полимерных материалов в технические изделия с улучшенными экологическими и потребительскими характеристиками. Отличительной особенностью предлагаемой методологии является применение комплексного подхода в планировании и управлении жизненным циклом технических полимерных изделий с использованием междисциплинарных технологий и знаний из различных профессиональных областей (маркетинга, экономики, экологии, синтеза материалов, промышленного инжиниринга, автоматизированного управления и др.).

Постановка комплексной задачи управления жизненным циклом вторичной переработки полимерных материалов. Процессы производства полимерных материалов отличаются разнородностью физико-химических процессов переработки вторичного сырья, многофакторными взаимодействиями и связями, возникающими по ходу процесса, многообразием технологического оборудования, большим количеством контролируемых переменных, чувствительностью к возникновению брака продукции при выборе управляющих воздействий, а также строгими требованиями к экологическим показателям производства.

С учетом анализа запросов предприятия по переработке полимеров, особенностей производства и требований профессиональных стандартов инжиниринговая команда включает специалистов, задействованных на каждой стадии жизненного цикла полимерного изделия, что показано на рисунке.



Рисунок. Схема управления жизненным циклом вторичной переработки полимерных материалов

Решение комплексной задачи управления жизненным циклом вторичной переработки полимерных материалов можно сформулировать следующим образом: для выпуска определенного типа полимерного изделия $TP = \{TP_1, \dots, TP_p\}$ с заданными требованиями по качеству и потребительским характеристикам $QP = \{QP_1, \dots, QP_{qp}\}$ необходимо:

1) Выполнить маркетинговое исследование потребности рынка во вторичных изделиях и сделать вывод о целесообразности его производства.

2) Разработать рецептуру композиционной смеси на основе вторичных полимерных материалов $RP = \{RP_1, \dots, RP_{rp}\}$, определить состав сырья $FS = \{FS_1, \dots, FS_{fs}\}$ для изготовления технического изделия с заданными требованиями по качеству $QP = \{QP_1, \dots, QP_{qp}\}$, а также рассчитать экономическую эффективность смеси для ее возможной реализации.

3) Для выпуска определенного типа TP продукции, заданной составом сырья FS , рецептурой RP , требованиями к качеству QP и потребительским характеристикам SP , сформировать последовательность технологических стадий TS , оборудования EQ , определить диапазоны технологических режимов $[U_{jmin}; U_{jmax}]$ каждого из элементов технологической схемы при соблюдении ограничений по качеству материалов $QP_{jmin} \leq Y_j \leq QP_{jmax}$.

4) Сформировать технологическую карту TM процесса производства заданного полимерного изделия с учетом требований экологической безопасности.

5) Провести общую технико-экономическую оценку $EI = \{EI_1, \dots, EI_{ei}\}$ жизненного цикла технического изделия с учетом анализа планово-экономической и маркетинговой деятельности полимерного производства, расчета проектной себестоимости и технико-экономических показателей продукции.

Таким образом, для ресурсосберегающего управления жизненным циклом процессов переработки вторичных полимерных материалов, с учетом требований профессиональных стандартов, в состав инжиниринговой команды включены следующие группы специалистов: специалисты для обеспечения производственного цикла переработки вторичных полимерных материалов, маркетинговой и технико-экономической оценки жизненного цикла, контроля и обеспечения безопасности производственной среды, а также автоматизированного управления производством с использованием цифровых технологий.

Формирование траектории обучения инжиниринговой команды в области вторичной переработки полимеров. Методология формирования траектории обучения инжиниринговой команды основана на запросах предприятия и анализе квалификационных дефицитов. На начальном этапе анализируется жизненный цикл технического изделия, и определяются участники инжиниринговой команды. По результатам анализа требований профессиональных стандартов формируется матрица квалификаций и общих компетенций, необходимых для реализации технологического кейса. Далее, для освоения необходимых трудовых функций (компетенций) разрабатываются соответствующие практико-ориентированные учебные модули [3]. Подготовка инжиниринговой команды осуществляется на базе единой гибкой цифровой платформы, включающей базы данных технологических регламентов, профессиональных стандартов, образовательных ресурсов, модуль формирования траекторий

обучения, модуль формирования паспорта полимерного изделия, интерфейсы пользователей. Ядром платформы являются тренажерные обучающие комплексы, позволяющие на основе математических моделей ключевых процессов проводить исследование причинно-следственных связей объекта изучения. Общая оценка практико-ориентированных результатов обучения проводится на основе анализа подготовленного отчета о результатах выполнения группового задания инжиниринговой командой. Этапы группового задания по синтезу полимерного изделия с уникальными свойствами выполняются последовательно, в соответствии с этапами жизненного цикла изделия (рисунок). Результатом обучения инжиниринговой команды является формирование паспорта полимерного изделия, включающего описание процесса подготовки сырья, оборудования, технологической оснастки и инструмента, диапазоны технологических режимов производства, требования к показателям качества изделия, требования экологической безопасности, а также технико-экологические показатели производства. Данные о новом полимерном изделии заносятся в базу данных для формирования библиотеки технологических регламентов. Использование предложенной методологии позволяет повысить профессиональный уровень специалистов в области решения сложной задачи перенастройки производства на новый вид продукции, задачи определения рецептуры композиционной смеси на основе вторичных полимерных материалов, а также задачи выбора технологических режимов оборудования для производства полимерного изделия с заданными требованиями по качеству и потребительским свойствам конечной продукции.

Заключение. Предложенная в докладе методология формирования инжиниринговых команд позволяет осуществлять подготовку специалистов для всего жизненного цикла вторичной переработки полимеров с учетом требований профессиональных стандартов, условий командного выполнения технологического проекта под общей целью получения из полимерных отходов уникального продукта, эффективно реализуемого на рынке.

Методология формирования инжиниринговых команд успешно апробирована на базе учебного центра «Полимер-экология» СПбГТИ(ТУ) при сотрудничестве с ООО «Завод по переработке пластмасс имени «Комсомольской правды» и поддержке Фонда инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО и Национального совета при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям. Предложенная методология может быть использована для создания, эксплуатации, развития и внедрения передовых производственных технологий и систем управления в области процессов переработки вторичных полимерных материалов и синтеза технических полимерных изделий на их основе. Таким образом, подготовка инжиниринговых команд с использованием технологий практико-ориентированного обучения позволяет повысить эффективность производств за счет внедрения инновационных производственных технологий и систем управления, повысить качество выпускаемой продукции, улучшить экологические характеристики, а, главное, повысить профессиональный уровень кадрового обеспечения промышленных предприятий в условиях цифровизации экономики и модернизации системы профессиональных стандартов и квалификаций.

Работа проводилась при финансовой поддержке Фонда инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО и Национального совета при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям по заказу ООО «Завод по переработке пластмасс имени «Комсомольской правды», договор №06/61/19/40(01УМ)19 от 04.04.2019

ЛИТЕРАТУРА

1. Meshalkin V.P., Khodchenko S.M. The nature and types of engineering of energy- and resource-efficient chemical process systems // Polymer Science. Series D. 2017. T. 10. № 4. С. 347-352.
2. Бурмистров А.Н., Козлова С.П., Калинина О.В. Подготовка инженеров и комплексных команд для импортозамещения в Санкт-Петербурге: стратегия, опыт и возможности // В сб.: Неделя науки СПбПУ. 2015. С. 103-110.
3. Chistyakova T.B., Kozlova S.P., Shlyago Yu.I., Novozhilova I.V. Scientific and educational complex for resource-saving management of life cycle of processes and processing of secondary polymeric materials // XXI Mendeliev Congress on General and Applied Chemistry. Book 3. Abstracts. Saint Petersburg, 2019. p. 197.

T.B. Chistyakova, I.V. Novozhilova, (Saint-Petersburg State Institute of Technology, St. Petersburg)
Methods and Technologies of Training Engineering Teams for Resource-saving Digital Control of Polymer Recycling Processes

The digitalization of industry in order to introduce new production management systems leads to the need for the training of qualified engineering personnel, which is especially important for enterprises of the polymer industry. The article discusses a methodology for integrated training of engineering teams in the field of resource-saving life cycle management of polymer recycling. The proposed methodology was tested on the basis of the training center “Polymer-ecology” of SPSIT in cooperation with LLC “Plastic processing plant named after “Komsomolskaya Pravda”, FIOP RUSNANO and Autonomous non-profit organization “National Agency for the Development of Qualifications”.