ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ, 2020, том 54, № 3, с. 299–303

УДК 658.012.011.57:66.013.6

ТЕХНОЛОГИЧЕСКО-ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ ИНЖИНИРИНГ ОКРАСОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

© 2020 г. В. С. Болдырев[a], *, Ю. М. Аверина[b], В. В. Меньшиков[b], С. В. Кузнецов[c], К. Ю. Колыбанов[d]

[a]*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия*
[b]*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия*
[c]*Научно-производственное объединение "Лакокраспокрытие", Хотьково, Россия*
[d]*МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия*
**e-mail: boldyrev.v.s@bmstu.ru*

Поступила в редакцию 02.07.2019 г.
После доработки 24.10.2019 г.
Принята к публикации 12.11.2019 г.

Предложена методика инжиниринга и разработки логико-информационных моделей бизнес-процессов функционирования сложной химико-технологической системы, которой является технологическая линия по нанесению лакокрасочных покрытий специального назначения. Показана практическая реализация методики технологическо-организационного инжиниринга на примере управления проектами Научно-производственного объединения "Лакокраспокрытие".

Ключевые слова: пейнт-технологии, лакокрасочные материалы, организационно-технологическое моделирование, моделирование бизнес-процессов, химико-технологические системы, жизненный цикл

DOI: 10.31857/S004035712003001X

ВВЕДЕНИЕ

В конце 1990-х гг. предложена концепция наукоемких пейнт-технологий, обобщающая методику разработки и применения наукоемких технологий производства и нанесения лакокрасочных материалов (ЛКМ) с учетом современного научно-технического прогресса в области окраски различных поверхностей и разработки эффективных защитных лакокрасочных покрытий (ЛКП) [1]. Выделены основные направления пейнт-технологий по разработке и применению:

экологически безопасных ЛКМ (водные, порошковые, с высоким сухим остатком, радиационного отверждения);

эффективных технологий антикоррозионной защиты металлоизделий, газо- и нефтепроводов, хранилищ;

гибких блочно-модульных малоотходных производств ЛКМ;

экологически безопасных технологий нанесения ЛКМ;

ЛКМ для покрытий специального назначения (судостроение, авиационная промышленность, ракетно-космическая отрасль и др.).

Пейнт-технологии можно отнести к межотраслевым технологиям, так как они обеспечивают решение технологических и экологических проблем в машиностроении, строительстве, на транспорте и в других отраслях реального сектора экономики. Концепция пейнт-технологий принята за основу при создании стратегии инновационного развития Научно-производственного объединения "Лакокраспокрытие" [1] и разработке рациональных логико-информационных моделей бизнес-процесса предприятия.

Критерии эффективности инжиниринга химических производств [2, 3], в частности лакокрасочных производств, помимо технологических показателей должны учитывать финансово-экономические показатели, а также показатели инновационного, организационного и информационного менеджмента [3–6].

В свою очередь, развитие методов инжиниринга бизнес-процессов предприятий позволяет решить множество задач менеджмента, но практически не учитывает технологические особенности рассматриваемых предприятий. Использование методов инжиниринга бизнес-процессов при проектировании, планировании, управлении и прогнозировании работы объектов химической технологии позволит комплексно решать организационно-экономические задачи с учетом

специфики технологических процессов промышленных объектов [2, 4].

Главная цель инжиниринга окрасочных производств и производств ЛКМ, которые представляют собой сложные химико-технологические системы (ХТС), – повышение показателей их энергоресурсоэффективности [1, 3].

Исследования по инжинирингу бизнес-процессов химических производств связаны с разработкой и моделированием отдельных бизнес-процессов обеспечения производства ресурсами. В статье излагается комплексный подход к инжинирингу и моделированию бизнес-процессов при заданной технологии нанесения покрытий на примере предприятия лакокрасочной отрасли (НПО “Лакокраспокрытие”) [1].

Целью настоящей работы является применение методов инжиниринга и логико-информационного моделирования бизнес-процессов при планировании, проектировании, управлении и прогнозировании работы линии по нанесению специальных лакокрасочных покрытий как сложной ХТС, что позволит комплексно решать сложные задачи повышения энергоресурсоэффективности ХТС:

комплексный технологический и экономический анализ ХТС с целью формирования решений в области оперативного и тактического управления;

разработка методов комплексного управления технологическими объектами для оптимизации количественных и качественных показателей продукта, а также повышения эффективности менеджмента химического производства;

оценка и рациональное распределение изменяемых организационных и технологических ресурсов ХТС;

разработка методики и алгоритмов реинжиниринга объектов химической технологии как комплексной задачи, включающей оценки показателей процесса и показателей продукта.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Конечной целью технологии окрасочных производств является нанесение высококачественных многофункциональных покрытий, выполняющих специальные защитно-декоративные функции.

Производство по нанесению специальных лакокрасочных покрытий состоит из следующих этапов: разработка ХТС нанесения лакокрасочных покрытий; подготовка поверхности сложных изделий до окрашивания; окраска изделия; проектирование технологического оборудования для производства и нанесения ЛКМ; разработка состава ЛКМ для различных областей использования; выполнение требований стандартов при разработке технологических процессов окрашивания; разработка методов испытания качества ЛКМ и покрытий и т.д. [7].

Одной из важнейших задач технологическо-организационного инжиниринга ХТС окрасочных производств являются задачи выбора оборудования, проектирования и монтажа технологических линий нанесения лакокрасочных покрытий [7, 8].

На первом этапе инжиниринга, до определения технологии окрашивания и подбора оборудования, для выбора технологического процесса окраски конкретного изделия необходимо определить покрывной ЛКМ, систему покрытий и последовательность операций процесса окрашивания. При выборе ЛКМ учитываются требования по декоративному виду покрытия (блеск, класс покрытия), условия эксплуатации изделия, тип окрашиваемой поверхности (металл, пластмасса, бетон). На данном этапе определяется условие формирования покрытия (метод нанесения, метод и режим сушки) и его физико-механические свойства.

Результатом этапа является определение характеристик систем лакокрасочных покрытий, включающих информацию об окрашиваемых изделиях (количество, размер, материал), данные о ЛКМ, требования к методам и условиям формирования покрытия.

Первой операцией ХТС комплексной окрасочной линии является подготовка поверхности, существенно влияющая на качество лакокрасочного покрытия и определяющая коррозионную стойкость окрашиваемого изделия. Применяются механические и химические методы очистки. Наиболее эффективными считаются агрегаты химической подготовки поверхности (АХПП) перед всеми видами окрашивания для межоперационной защиты, для облегчения деформации и приработки трущихся изделий. Также выбирают способ транспортировки изделий, влияющий на конструкционное решение АХПП.

Результат этапа – характеристики технологического узла подготовки поверхности, включающие информацию о технологических режимах подготовки поверхности, параметрах оборудования и транспортной системы, условиях монтажа и компоновки оборудования, а также данные о технологическом сопровождении процесса, включающие оценку качества подготовки поверхности изделий и требования к организации технологического процесса на предприятии.

Следующая операция ХТС комплексной окрасочной линии – процесс окраски изделия, организация которой зависит от выбранного технологического процесса окрашивания и вида ЛКМ.

При окрашивании жидкими ЛКМ в технологический узел окрашивания входят:

камеры нанесения ЛКМ пневматическим, безвоздушным или электростатическим методом распыления или оборудование методом окунания;

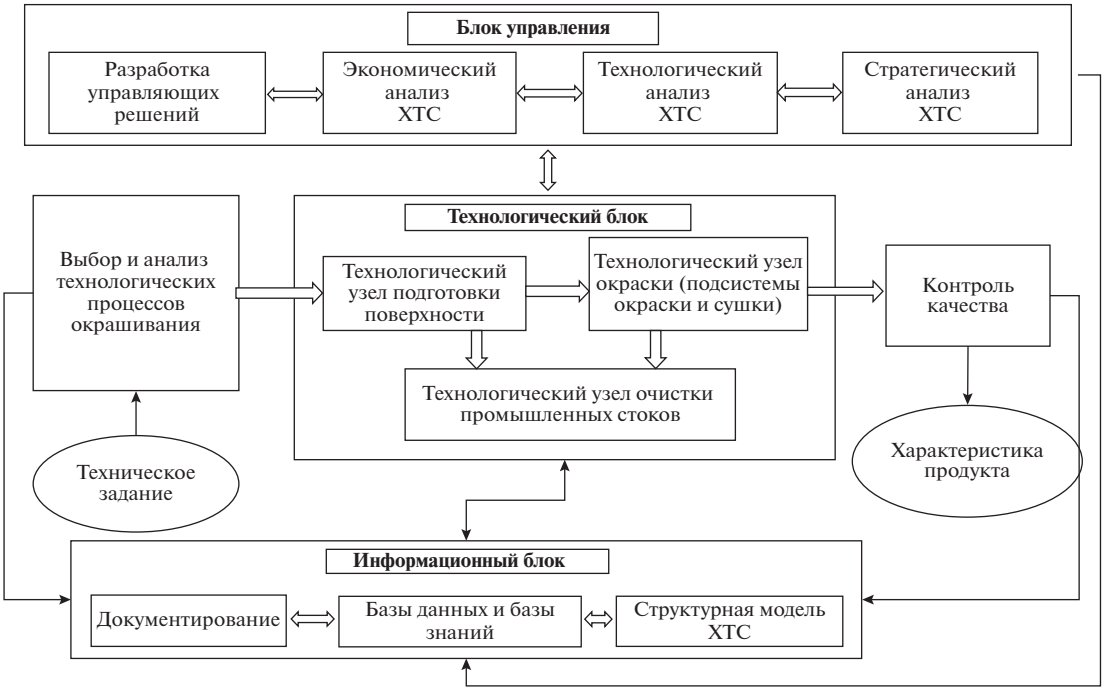

Рис. 1. Химико-технологическая система комплексной окрасочной линии.

сушильные камеры или туннели выдержки.

При окрашивании порошковыми ЛКМ технологический узел окрашивания включает:

камеры для нанесения порошковых красок или комплексы оборудования нанесения порошковых ЛКМ с системами рекуперации;

печи полимеризации покрытия и туннели охлаждения.

При использовании метода электроосаждения, наиболее эффективного для получения грунтовочных и однослойных покрытий, в технологический узел входят установка окраски электроосаждением, включающая ванны для электроосаждения, оснащенные системами перемешивания, фильтрации и электростатирования, секции промывки изделий и ванны для стока остатков воды.

Вне зависимости от способа нанесения ЛКМ технологический узел окрашивания состоит из транспортной системы в различном исполнении, вспомогательного оборудования, связанного с подачей и обработкой воздуха, очисткой и утилизацией сточных вод, получением деминерализованной воды, подготовкой ЛКМ, регенерацией растворов [9, 10].

Результатом этапа является характеристика технологического узла окрашивания, включающая информацию о технологических режимах процессов окраски и сушки; параметрах оборудования и транспортной системы; условия монтажа и компоновки оборудования; информацию о технологическом сопровождении процесса, включающую описание процесса организации подачи и обработки воздуха, очистки и утилизации сточных вод, получения деминерализованной воды, подготовки ЛКМ, регенерации растворов, оценки качества окраски изделий.

Отдельной операцией в ХТС линии окраски является очистка периодических (концентрированных) или непрерывных (разбавленных) промышленных стоков.

Результат операции – получение характеристик технологического узла очистки промышленных стоков: параметры технологических режимов процессов; параметры оборудования; данные о технологическом сопровождении процесса.

Авторами предложена следующая схема технологическо-организационного инжиниринга ХТС комплексной окрасочной линии, состоящей из элементов, показанных на рис. 1.

Бизнес-процесс сложной ХТС представляет собой совокупность взаимосвязанных последовательных, целенаправленных и регламентированных видов деятельности, в которой посредством управляющего воздействия и с помощью ресурсов входы бизнес-процесса преобразуются в выходы – результаты функционирования ХТС в виде продукции, представляющей ценность для потребителя [11–13].

Логико-информационные модели бизнес-процессов позволяют получить целостное представление о внешних и внутренних процессах организации. Знание основных составляющих

бизнес-процесса помогает составить объективный и рациональный бизнес-план проекта, в который входят следующие разделы: описание и регламентация бизнес-процессов; формирование и корректировка параметров бизнес-процессов; определение ключевых показателей эффективности; итерации улучшения и реинжиниринга бизнес-процессов.

Логико-информационные модели бизнес-процессов применяются для решения ключевых задач: применение процедур процессно-целевого управления, включающих применение системы менеджмента качества, учет затрат на работы и технологический процесс, использование системы сбалансированных показателей эффективности и критериев технико-экономической эффективности процесса; анализ и обсуждение альтернатив, управление изменениями; проектирование новых бизнес-процессов и интеграция с процессами партнеров; ситуационное управление, включающее определение параметров системы, прогнозирование и проектирование ее эффективных показателей [11, 14].

Базовые требования к процедурам процессно-целевого управления стандартизированы, сформулированы в ГОСТ ISO 9001-2011. Следует отметить основные особенности процессно-целевого управления.

1. Система управления состоит из двух уровней: уровень высшего руководства (“первое лицо”) и уровень “владельца” бизнес-процесса — руководитель, отвечающий за эффективность работы, лицо, принимающее решение (ЛПР).

2. Система управления бизнес-процессом обязательно использует регламентные обратные связи.

3. Все этапы процессно-целевого управления выполняют по регламентам, включающим подробное описание каждого из этапов бизнес-процесса.

4. При анализе эффективности бизнес-процесса используются четыре основных потока информации: показатели бизнес-процесса, показатели готового продукта, отзывы потребителя, результаты аудита бизнес-процесса.

5. Стандарт бизнес-процесса устанавливает характеристики всех видов информационных данных, описывает методики сбора и изучения информации, условия показателей нормального хода процесса. Управленческое решение об изменении регламентов или ресурсов бизнес-процессов должно приниматься с учетом всех фактических данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ

Предложенная методика технологическо-организационного инжиниринга использована для управления проектом окрасочных производств на НПО “Лакокраспокрытие”. Методика использована научным и проектно-технологическим отделом, конструкторским бюро, машиностроительным заводом, коммерческим подразделением, входящим в структуру НПО.

Указанная методика практически применена при решении задач разработки основных бизнес-процессов жизненного цикла сложной ХТС окрашивающих производств (планирование выпуска продукции и выбора рациональной технологии; управление бизнес-процессом проектирования).

Предложенная авторами методика технологическо-организационного инжиниринга практически использована при выполнении работ НПО “Лакокраспокрытие” по разработке новых составов и технологии нанесения наномодифицированных экологически безопасных гидрофобных лакокрасочных материалов и покрытий, а также при получении составов и разработке технологии нанесения универсальных антикоррозионных ЛКП для защиты крупногабаритных металлоконструкций и оборудования.

Методика использована НПО “Лакокраспокрытие” совместно с ПИ “Тагилтрансмашпроект” и чешкой компанией АО “GALATEK a.s.” для разработки рабочего проекта наукоемкой окрасочной линии грузовых вагонов АО “Уралвагонзавод”, которая действует в г. Нижний Тагил. Разработанная с использованием методики технологическо-организационного инжиниринга наукоемкая окрасочная линия позволила окрашивать до 16 тыс. различных модификаций вагонов в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенная авторами методика технологическо-организационного инжиниринга наукоемких ХТС окрашивающих производств применена для повышения эффективности деятельности НПО “Лакокраспокрытие”, что позволило в период с 2005 по 2015 г. увеличить доход предприятия в 15 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Меньшиков В.В., Рыбкин В.А.* Концепция инновационных “пэйнт-технологий” и ее практическая реализация // Лакокрас. матер. их примен. 2016. № 5. С. 49.
2. *Meshalkin V.P., Khodchenko S.M.* Nature and types of engineering of energy-and resource-efficient chemical process systems // Polym. Sci., Ser. D. 2017. V. 10. № 4. P. 347. [*Мешалкин В.П., Ходченко С.М.* Сущность и виды инжиниринга энергоресурсоэффективных химико-технологических систем // Все матер. Энцикл. словарь. 2017. № 6. С. 2.]
3. *Кафаров В.В., Мешалкин В.П.* Анализ и синтез химико-технологических систем. М.: Химия, 1991.

4. *Bogomolov B.B., Bykov B.B., Men'shikov V.V., Zubarev A.M.* Organizational and technological modeling of chemical process systems // Theor. Found. Chem. Eng. 2017. V. 51. № 2. P. 238. [*Богомолов Б.Б., Быков Е.Д., Меньшиков В.В., Зубарев А.М.* Организационно-технологическое моделирование химико-технологических систем // Теор. осн. хим. технол. 2017. Т. 51. № 2. С. 221.]

5. *Мешалкин В.П.* Логистика и электронная экономика в условиях перехода к устойчивому развитию. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004.

6. *Omelchenko I.N., Lyakhovich D.G., Dobryakova K.V.* The method of forming innovative project portfolio in a project-oriented organization // Herald Bauman Moscow State Tech. Univ., Mech. Eng. 2019. № 1. P. 84.

7. *Богомолов Б.Б., Меньшиков В.В., Богословский К.Г., Быков Е.Д.* Моделирование химико-технологических систем с использованием организационно-технологических бизнес-процессов // Технология лакокрасочных покрытий: сб. научных трудов. М.: Пэйнт-Медиа, 2013. С. 4.

8. *Коробец Б.Н.* Модели формирования технологических программ в системе управления интеллектуальной собственностью // Вестн. Моск. гос. тех. унив. им. Н.Э. Баумана. Сер. Естеств. науки. 2016. № 6. С. 135.

9. *Аверина Ю.М., Калякина Г.Е., Меньшиков В.В., Капустин Ю.И., Болдырев В.С.* Проектирование процессов нейтрализации хромо- и циансодержащих сточных вод на примере гальванического производства // Вестн. Моск. гос. тех. унив. им. Н.Э. Баумана. Сер. Естеств. науки. 2019. № 3. С. 70.

10. *Bogoslovskii S.Yu., Kuznetsov N.N., Boldyrev V.S.* Parameter optimization of electrolytic process of obtaining sodium hypochlorite of disinfection of water // J. Phys.: Conf. Ser. 2017. V. 918. № 1. Article number 012028.

11. *Omelchenko I.N., Lyakhovich D.G., Dobryakova K.V.* Algorithm for innovative development management of a project-oriented organization // Herald Bauman Moscow State Tech. Univ., Instrum. Eng. 2019. № 1. P. 129.

12. *Bessarabov A.M., Kulov N.N., Kvasyuk A.V., Zaremba G.A.* System studies of innovative development in the business sector of chemical science (1990–2014) // Theor. Found. Chem. Eng. 2016. V. 50. № 6. P. 1001. [*Бессарабов А.М., Кулов Н.Н., Квасюк А.В., Заремба Г.А.* Системные исследования инновационного развития предпринимательского сектора химической науки (1990–2014) // Теор. осн. хим. технол. 2016. Т. 50. № 6. С. 605.]

13. *Ziyatdinov N.N.* Modeling and optimization of chemical engineering processes and systems // Theor. Found. Chem. Eng. 2017. V. 51. № 6. P. 889. [*Зиятдинов Н.Н.* Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов и систем // Теор. осн. хим. технол. 2017. Т. 51. № 6. С. 613.]

14. *Pavlov S.Yu., Kulov N.N., Kerimov R.M.* Improvement of chemical engineering processes using systems analysis // Theor. Found. Chem. Eng. 2014. V. 48. № 2. P. 117. [*Павлов С.Ю., Кулов Н.Н., Керимов Р.М.* Совершенствование химико-технологических процессов на основе системного анализа // Теор. осн. хим. технол. 2014. Т. 48. № 2. С. 131.]