

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История философии: Учебник для вузов / Под ред. В.В. Васильева, А.А. Кротова и Д.В. Бугая. — М.: Академический Проект: 2005. — 680 с.

СПЕЦИФИКА ИНЖЕНЕРНЫХ ПОДХОДОВ К ПОИСКУ ПУТЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ В САЛЬВАДОРЕ И РОССИИ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Гарсия Серпас, Карлос Энрике

Научный руководитель: Чмыхало Александр Юрьевич

Томский политехнический университет

1. Введение

Повышение рентабельности, улучшение производительности и соблюдение природоохранных пределов в промышленности являются основными темами, побуждающими постоянное стремление к оптимизации химико-технологических процессов; в рамках этого движения, интеграция и синтез процессов играют ключевую роль как методы для принятия решений. Настоящая работа предлагает сравнительный обзор целей, подходов и отраслей применения этих понятий в России и Сальвадоре.

2. Интеграция и синтез процессов

Эль-Халваги [1] представляет семь принципиальных областей деятельности в инженерии процессов: 1) снижение затрат на сырьевых материалов, 2) снижение капитальных затрат, 3) снижение потребности энергии, 4) увеличение эксплуатационной гибкости и снижение инвентаря, 5) внимание на технику безопасности, 6) улучшение качества продукции, и 7) охрана окружающей среды.

Данные области тесно взаимосвязаны из-за комплексного характера химико-технологических процессов; при работе над одной из них, неучет этой интеграции может вызвать проблемы одновременно на других, и следовательно, привести к неэффективным решениям и субоптимальной производительности.

Перед этим, Интеграция процессов представляет собой интегрированный метод, ориентирован на нахождение оптимальных

решений различных инженерных задач, который учитывает процесс как единое целое. Интеграция процессов включает следующие стадии [1]:

1) Определение задачи – например: проектирование установок при минимальной капитальной и оперативной стоимости, максимизация рекуперации тепла, и. т. д. Инженерная задача должна быть выражена главным критерием, имеющим численный характер – суммарная стоимость, итоговое употребление энергии, и. т. д. –

2) Генерация альтернатив – составление пространства поиска, которое содержит все возможные решения данной задачи; это пространство включает в себя все значения переменных, влияющих на главный критерий, т. е., варианты технологии, топологии технологической схемы, конструкции аппаратов и условия ведения процесса.

3) Формулирование ограничений – задаются пределы поиска в пространстве альтернатив, требования к производительности и качеству продукции, материально-тепловые балансы и термодинамические соотношения; данные ограничения могут быть поставлены произвольно или простым анализом процесса, поэтому эта стадия является независимой от технологической схемы.

4) Выбор альтернатив – Нахождение оптимального решения в пространстве поиска, т. е. определение технологий, топологии тех-схемы, конструкций и условий ведения процесса, которые решают данную задачу при соблюдении всех ограничений. Эта стадия носит название синтеза процессов.

Для проведения синтеза процессов необходимы два компонента:

1) функциональное представление процесса, связывающее главный критерий с переменными пространства поиска, и 2) метод для систематического подбора, оценки и дискриминации альтернатив в зависимости от значения главного критерия и степени соблюдения ограничений.

Функциональным представлением служит математическая модель процесса, для его составления часто используют доступные на рынке компьютерные моделирующие системы (КМС), такие, как Aspen Plus, Aspen HYSYS и PRO/II. Эти системы предоставляют пользователю широкий диапазон готовых моделей основных процессов и аппаратов, таким образом, что целая технологическая схема может быть смоделирована достаточно быстро и с высокой степенью термодинамической строгости.

Методом подбора вариантов служат алгоритмы численной оптимизации; при этом, синтез процессов формулируется в виде проблемы совмещенного целочисленного нелинейного

программирования (Mixed Integer Non-linear Programming – MINLP), как показано в уравнениях (1) – (3) [2].

$$\min_{\omega, y} \Psi = c^T y + p(\omega), \quad (1)$$

С ограничениями:

$$r(\omega) = 0, \quad (2)$$

$$s(\omega) + By \leq 0, \quad (3)$$

Где $\omega \in R^n, y \in \{0; 1\}$,

Главным критерием Ψ часто используют суммарную стоимость решения; в уравнении (1) выступает как функция от топологических y и процессных переменных ω . Переменные y выражают топологию технологической схемы процесса, обозначая бинарными 0 или 1 отсутствие или присутствие аппаратов и потоков; переменные ω обозначают условия ведения процесса. Матрица и функция стоимости, c^T и $p(\omega)$, выдают затраты на приобретение / установку оборудования и функционирование процесса соответственно.

Уравнение (2) выражает ограничения по материально-тепловым балансам и термодинамическим соотношениям; их соблюдение необходимо для гарантии физической осуществимости решения. Расчета этих ограничений выполняют математической моделью процесса. Уравнение (3) выражает требования к качеству продукта, производительности процесса и топологии тех-схемы, которые задают произвольно согласно технологическим регламентам, рыночным требованиям, доступности пространства и соответствующим законодательствам.

В проблеме программирования MINLP, главный критерий Ψ называют критерием оптимальности, уравнение (1) – целевой функцией, а переменные y и ω – переменными решения; пространством поиска является обобщенная структура технологической схемы.

Таким образом, решение инженерной задачи заключается в нахождение значений всех переменных решения, которые обеспечивают минимальное значение критерия оптимизации.

3. Применение интеграции процессов в Сальвадоре

Химико-технологическая промышленность в Сальвадоре разделена в направлениях сельскохозяйственно-пищевая, энергопроизводственная, текстильная, целлюлозно-бумажная, химическая и фармацевтическая [3]. Исследования проведенные Министерством Экономики Сальвадора показывают, что на развитие промышленного сектора страны влияют следующие проблемы: дополнительная ценность с низкой технологической значимостью,

отсутствие инновации, высокие производственные затраты и ограниченное финансирование [4].

На практике, усовершенствование и решение проблем на действующих промышленных установках проводят на основе только экспертного опыта, уделяя внимание лишь на узкие места без учета взаимозависимости всех участков. Несмотря на то, что этот подход может успешно работать, в нем присутствует риск принять субоптимальные, так и неосуществимые решения.

В 2011-ом году Министерством Экономики была выпущена Национальная Политика Промышленности, которая с целью решения данных проблем предлагает: продвигать разработку новых, более энерго-эффективных производственных процессов и расширять матрицу энергетики на основе программы налоговых ин센тивов на эксплуатацию возобновляемых источников энергии [4].

Во многих предприятиях наблюдается возрастающий интерес к прибавлению вспомогательных процессов для рекуперации тепла и к увеличению выработки электроэнергии из биомассы, геотермального пара, солнечного излучения и гидравлического потенциала – основные возобновляемые источники энергии в стране –.

Для успешной реализации таких проектов, во время их разработке необходимо найти оптимальное согласование между максимизацией их производительности и законодательствами по охране окружающей среды, особенно с теми, касающимися атмосферных выбросов. В результате, интеграция процессов начал становиться ценным инструментом для выполнения политики промышленности.

3.1. Практическое применение: охрана окружающей среды

Примером особенного интереса является выработка геотермальной электроэнергии. На геозлектростанциях (ГЭС), водяной пар с высокой энтальпией из скважины проходит через турбину, снабженную электрогенератором, поступает в контур конденсатора – охлаждающих башен и затем сконденсировавшую воду направляют на обратную закачку в геотермальный резервуар (рис. 1).

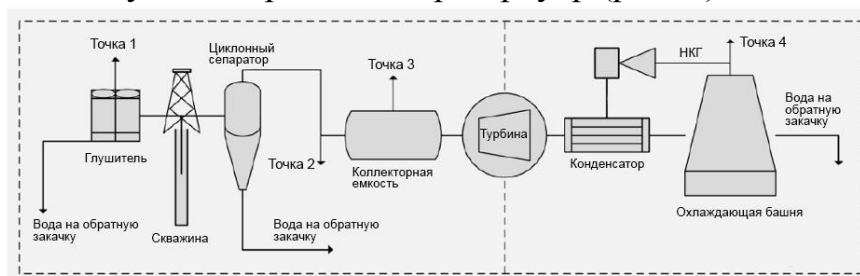


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема геотермальной электростанции.

Пар содержит, среди других неконденсируемых газов (НКГ), H₂S, которые обладает отравляющими свойствами; Всемирная Организация Здравья устанавливает предел на воздушную концентрацию H₂S – 150 µg/m³ при 24 ч [5]. Охлаждающие башни выбрасывают в атмосферу НКГ, и поэтому являются источниками выбросов H₂S.

Инженерная задача заключается в оптимальном проектировании ГЭС и определении ее режима работы для минимизации воздушных концентраций H₂S в чувствительных точках в ее окрестностях. Решение этой задачи проводят с помощью интеграции процессов с алгоритмами численной оптимизации.

В этом применении математическая модель процесса не только включает в себя функционирование электростанции – поскольку необходимо гарантировать предусмотренный выход электроэнергии и соблюдать термодинамическую осуществимость работы башен, так и материальные балансы воды и H₂S – но и транспорт выбросов H₂S по воздуху для расчета концентраций в критических точках. Обобщенная структура содержит варианты топологии с элементами очистки НКГ от H₂S перед выбросом на атмосферу.

4. Применение интеграции процессов в России

В России развитие химико-технологической промышленности с высокой дополнительной ценностью и установление формальных образовательных программ по направлениям энерго- и ресурсоэффективности приводит к тому, что интеграция процессов и численная оптимизация действующих установок входят в стандартную практику инженер-технологов.

Отрасли, такие как первичная переработка нефти, нефтепереработка и нефтехимия занимают критическое место в российской промышленности и привлекают важную долю работы предприятий и исследовательских центров.

Сложность явлений химического превращения, высокая степень топологической интеграции и строгие требования к качеству продукции технологических процессов приводит к тому, что во множестве предприятиях присутствуют отделы, специально выделены на математическое моделирование и оптимизацию. Также, в университетах проводится активное исследование по оптимизации процессов; примеры включают: топологическая оптимизация схем дистилляции сырьевой нефти [6], оптимизация процессов каталитического риформинга [7], оптимизация процесса дегидрирования высоких алканов [8].

4.1 Практическое применение: Реакционная ректификация

Реакционная ректификация (РР) представляет собой интенсификацию процесса синтеза, в которой химическая реакция и разделение продуктов проходят в одной и той же колонне (рис. 2).

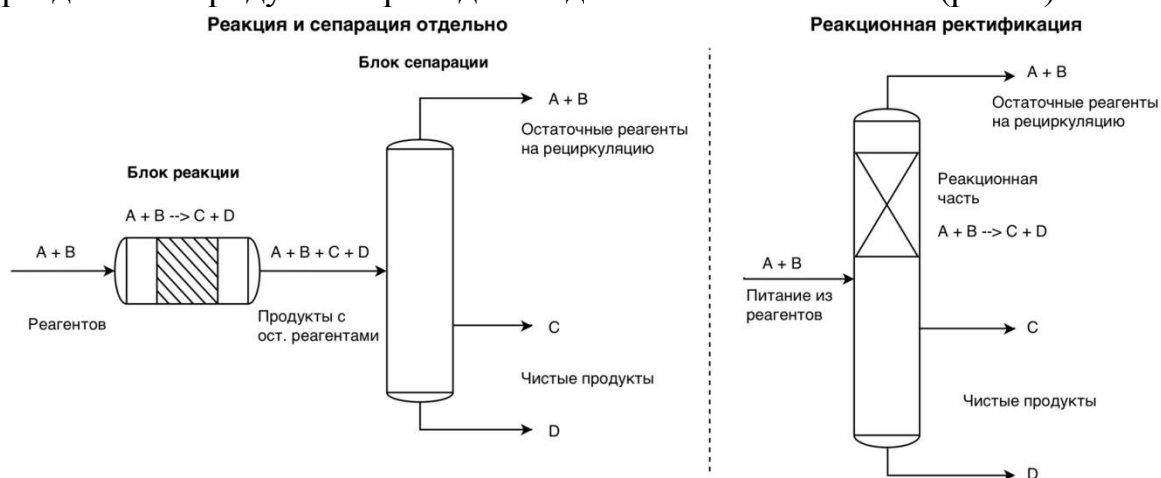


Рис. 2. Принципиальная схема РР и сравнение с отдельной реакцией / разделением.

Это обеспечивает снижение затрат, преодоление термодинамически предельной степени превращения и повышение селективности [9]. Однако, помимо внутренней интеграции явлений химического превращения и разделения фаз, имеет место интеграция самой колонны РР в технологической схеме, которая может привести к значительному повышению энергоэффективности.

Проектирование на основе интеграции процессов учитывает данные аспекты интеграции, и при этом выдает физически осуществимые решения, раскрывающие полную способность реакционной ректификации [10] и соблюдающие все условно поставленные требования к качеству и производительности.

При этом, инженерная задача проектирования заключается в определении размеров колонны, топологии процесса и режима работы для одновременно: 1) максимизировать степени чистоты целевого продукта и степень превращения сырья, 2) минимизировать капитальные и оперативные затраты установки, и 3) обеспечивать простоту систем управления и прочность работы процесса перед возникновением неполадок.

Данная задача предполагает решение многокритериальной проблемы оптимизации, а кроме того, математическая модель процесса является отдельной КМС, которая не имеет знакомой алгебраической формы и требует высокой вычислительной мощности.

5. Заключение

Новая национальная политика промышленности Сальвадора устанавливает новую панораму для развития инженерии процессов в стране, уделяя особое внимание на расширение эксплуатации возобновляемых энергий; при этом, интеграция процессов станет ключевым элементом для обеспечения оптимального согласования между технико-экономической производительностью и охраной окружающей среды.

Несмотря на то, что по сравнению с Сальвадором практика интеграции процессов более развита, в обеих странах необходимо уделять больше внимания на оптимизации топологии технологических схем; для этого нужно разработать алгоритмы численной оптимизации, способные работать с несколькими критериями оптимальности и принимать отдельные КМС, выступающие как черные ящики в ходе решения проблемы MINLP.

Статья выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-013-00192

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. El-Halwagi M. M. Introduction to process integration // Process Syst. Eng. – 2006. – Т. 7. – С. 1–20.
2. Bertran M.-O., et al. A generic methodology for processing route synthesis and design based on superstructure optimization // Comput. Chem. Eng. – 2017. – Т. 106. – С. 892–910.
3. Арриола Паломарес Х. Промышленность в Сальвадоре: Анализ и Предложения // Avances. – 1993. – Т. 4. – С. 1–110.
4. Министерство Экономики Республики Сальвадора, Национальная Политика Промышленности [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://www.innovacion.gob.sv/Politica_Industrial.pdf. (дата обращения: 24.04.2019)
5. WHO. Air quality guidelines for Europe // WHO Regional Publications. – 2000. – Т. 91.
6. Samborskaya M. A., et al. Pre-design Optimization of Crude Oil Distillation Flowsheet // Procedia Chem. -2015. – Т. 15. – С. 134–142.
7. Ivanchina E. D., et al. Mathematical Modelling Method Application for Optimisation of Catalytic Reforming process // Procedia Chem. – 2014. – Т. 10. – С. 197–202.
8. Ivanchina E. D., et al. Optimization of Higher Alkanes Dehydrogenation Process under Conditions of Decreased Hydrogen

- Containing Gas Flow Using Mathematical Modeling // Procedia Eng. – 2015 – Т. 113. – С. 26–31.
9. Amte V., et al. Optimization based conceptual design of reactive distillation for selectivity engineering // Comput. Chem. Eng. – 2013. – Т. 48. – С. 209–217.
10. Frey T., Stichlmair T. MINLP optimization of reactive distillation columns // Comput. Aided Chem. Eng. – 2000 – Т. 8. – С. 115–120.

SWOT-АНАЛИЗ: УЧАСТИЕ РФ В РЕАЛИЗАЦИИ ИНИЦИАТИВЫ КНР «ПОЯСА И ПУТИ»

Динь Ле Хонг Занг

Севастопольский государственный университет

Аннотация. В статье автор применяет метод SWOT-анализа, чтобы выявить возможности сотрудничества и возможные вызовы, также внутренние и внешние факторы, влияющие на взаимодействие России с Китаем в рамках инициативы «Пояс и Путь». В результате, автор придёт к выводу, что совместное участие в реализации китайского мегапроекта отвечает национальным интересам России, позволяет ей наращивать всеобъемлющее стратегическое партнёрство с Китаем, также усилить интеграционный процесс в пространстве Евразии.

Ключевые слова: Инициатива Пояс и путь, российско-китайское сотрудничество, всеобъемлющее стратегическое партнёрство, SWOT-анализ.

Введение

В 2013 г. председатель КНР Си Цзиньпин представил внешнему миру инициативу «Пояс и Путь» (ИПП), цель которой состоит в объединении более 60 стран евразийского континента в одном мегапроекте. Он сочетает в себе совместное строительство и развитие инфраструктуры, транспортной системы, логистики, укрепляет политические связи и усиливает обмены между народами стран вдоль «пути». Китайская инициатива включает в себя два трека: Экономический пояс Шёлкового пути (ЭПШП) и Морской шёлковый путь XXI века (МШП-21) [3]. Российская сторона больше интересуется сухопутной частью проекта – ЭПШП.

Согласно официальным документам КНР «Прекрасные перспективы и практические действия по совместному созданию Экономического пояса Шёлкового пути и Морского шёлкового пути