

ОПТИМАЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ПРОЦЕССА УЛАВЛИВАНИЯ ПАРОВ АКРОЛЕИНА ПРИ БЕЗРЕАКТИВНОМ РАСЩЕПЛЕНИИ ЖИРОВ

А.С.Муратов
ЮКГУ им.М.Ауезова, г.Шымкент

Широкое внедрение инновационных технологий требует перехода к более высокому уровню научного обоснования и использованию во всей возможной полноте современных знаний о закономерностях протекания процессов в реагирующих физико-химических системах. При этом в настоящее время нет подходов, обеспечивающих описание процессов переноса в химических аппаратах при наличии химических реакций высоких порядков и фазовых переходов с единых позиций. Фундаментальной теории турбулентного течения сплошных сред пока нет.

Особенно это относится к высокоградиентным процессам в средах сложной структуры. Обычные подходы, основанные на градиентных законах Фурье и Фика, оказываются не адекватными, что отмечают многие исследователи. В высокоградиентных процессах необходим учет релаксационных явлений и явлений межфазной неустойчивости в диффузионном пограничном слое. Хотя накоплен немалый экспериментальный материал, разработанность теоретических вопросов в этой области весьма мала, так же, как и наличие обоснованных инженерных методик.

Поэтому обычно дело сводится к эмпирическим результатам, основанным на решении конкретных, частных задач. Однако такой подход не дает возможности не только рассчитывать и проектировать новые процессы и аппараты, но и имеет ограниченные возможности в отношении оптимизации режимов известных процессов.

В то же время, потребность в простых и надежных методиках очень велика. Речь идет о разработке обоснованных и надежных методов расчета процессов переноса тепла и массы в диффузионном и тепловом пограничных слоях с учетом явлений межфазной неустойчивости физико-химического происхождения.

По самому характеру процесс расщепления жиров и производство моющих средств в целом представляют собой сложную систему технологических аппаратов и вспомогательного оборудования, которые взаимосвязаны между собой. Поэтому постановка задачи расчета и проектирования химического реактора должна быть увязана с функциональными задачами, которые выполняет данный аппарат в технологическом режиме. Основным аппаратом технологической схемы является в данном случае реактор расщепления жиров. Однако, режим работы реактора расщепления жиров тесно связан с остальными блоками технологической схемы.

В данной статье приведены результаты опытно-промышленной апробации разработанных в наших трудах методик расчета хемосорбции, осуществленной на АО Шымкент Май-Эль-Дос в технологической линии расщепления жиров при производстве моющих средств.

Так как в нашей работе большое внимание было уделено процессам хемосорбции, то основное внимание при внедрении было обращено на стадию улавливания паров акролеина при безреактивном расщеплении жиров [1]. Этот процесс относится к процессам, в которых большую роль играют поверхностно-активные вещества, и, следовательно, имеют место все эффекты поверхностной неустойчивости.

Процессы переноса тепла и массы, происходящие на поверхности и в глубине контактирующих фаз, описываются нелинейными математическими моделями, что играет принципиальную роль в развитии процессов межфазной самоорганизации. В связи с этим при исследовании межфазной неустойчивости необходимо определять условия, при которых стационарное однородное состояние межфазной поверхности теряет устойчивость по отношению к возмущениям скорости, давления, концентраций или температуры или других переменных состояния.

Теоретическое описание явлений межфазной неустойчивости в двухфазных системах представляет собой множество уравнений балансов импульса, вещества и энергии, а также граничные условия, дополненные соотношениями для нормальных и тангенциальных сил на поверхности раздела двух несмешивающихся фаз.

Известно, что для быстрой адсорбции или десорбции транспорт компонентов к поверхности межфазного раздела определяется процессами диффузии в глубине фаз [2]. Причем связь между поверхностной концентрацией и концентрацией в объеме фаз в окрестности границы их раздела определяется с помощью изотермы адсорбции в рамках приближения о существовании локального термодинамического равновесия между поверхностью и приповерхностными областями сплошных фаз.

Несмотря на подобие уравнений переноса, задача конвективной диффузии имеет ряд особенностей, которые делают ее более сложной для анализа и решения, чем задача конвективного теплопереноса. Эти сложности связаны с тем, что, оставаясь в рамках физической корректности, невозможно задать постоянную концентрацию абсорбируемого компонента на поверхности пленки, а на твердой поверхности возможно только задание граничных условий второго или третьего рода. Это приводит к принципиальной неавтомодельности задачи конвективной диффузии при пленочной абсорбции в гравитационно стекающих пленках жидкости.

Известно, что к неавтомодельным задачам не удастся применить метод Фурье, что существенно ограничивает возможности анализа [3,4]. Кроме того, отметим, что во всех вышперечисленных случаях физические свойства сред, как правило, предполагались постоянными. В математических моделях описываемых процессов присутствует ряд определяющих безразмерных параметров: числа Рейнольдса, Пекле, Вебера, Шмидта, Прандтля, Льюиса, Нуссельта, Шервуда, Рэлея, Марангони и другие.

Ранее нами проведен комплекс исследовательских работ, что позволило решить следующие задачи.

Получено приближенное аналитическое решение стационарного уравнения конвективной диффузии в сопряженных задачах изотермической пленочной хемосорбции при больших числах Пекле для следующих процессов:

- хемосорбции с необратимой реакцией 1-го порядка (с учетом кинетики поверхностной реакции);
- хемосорбции с обратимой реакцией 1-го порядка (также с учетом кинетики поверхностной реакции).

Исследована совместная тепловая и диффузионная неустойчивость при нестационарной неизотермической абсорбции в неподвижном слое жидкости большой глубины. Решение задачи совместной тепловой и диффузионной неустойчивости в гравитационно стекающей пленке жидкости при абсорбции слабо растворимого газа.

Разработан модельный подход, позволяющий упростить расчет движения жидкости и теплопереноса в турбулентном пограничном слое с учетом естественной тепловой конвекции. Создана математическая модель с учетом совместного влияния температуры на плотность и вязкость жидкости, движущейся внутри канала с обогреваемыми стенками.

Предложена научно обоснованная методология расчета интенсивности переноса тепла и массы в хемосорберах с быстропотекающими высокоградиентными процессами, сопровождающимися перекрестными эффектами.

По результатам проведенных исследований и проверки разработанных математических моделей на адекватность реальным процессам, нами были предложены методы расчета основных кинетических закономерностей и проведено математическое моделирование процесса улавливания паров акролеина при безреактивном расщеплении жиров.

Целью исследования явилось определение рациональных технологических режимов и конструктивных характеристик оборудования.

Путем математического моделирования процесса улавливания паров акролеина при безреактивном расщеплении жиров было установлено, что, задавая скорость разгрузки смеси, можно подобрать типовой конденсатор и наоборот. Так, при скорости разгрузки $0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ требуется площадь конденсации $9,4 \text{ м}^2$. Если необходимо получить конденсат отдельных фракций, можно подобрать ряд конденсаторов.

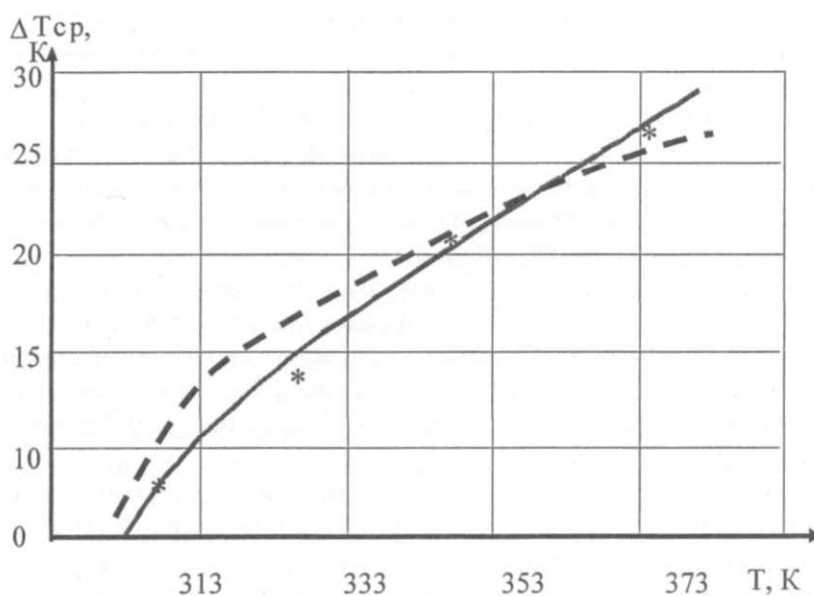
В соответствии с рационально выбранными температурными режимами в конденсаторах и рассчитанной производительностью системы удаления паров для получения конденсата акролеина и воды можно подобрать два конденсатора с различной площадью поверхности конденсации. Эти мероприятия позволят исключить дорогостоящую операцию разделения смеси акролеин-вода и использовать акролеин для реакций органического синтеза.

Математическое моделирование позволило выявить влияние теплофизических свойств улавливаемой жидкости на величину площади поверхности конденсации в соответствии с нашими рекомендациями.

В процессе разложения соапстока серной кислотой обычно организуется прямоточный процесс конденсации, поэтому движущая сила процесса изменяется по длине конденсатора и наибольшее значение имеет на начальном участке. Причем с увеличением температуры в реакторе средняя движущая сила процесса возрастает (рисунок 1). Поэтому процесс варки желательно вести при максимальной температуре.

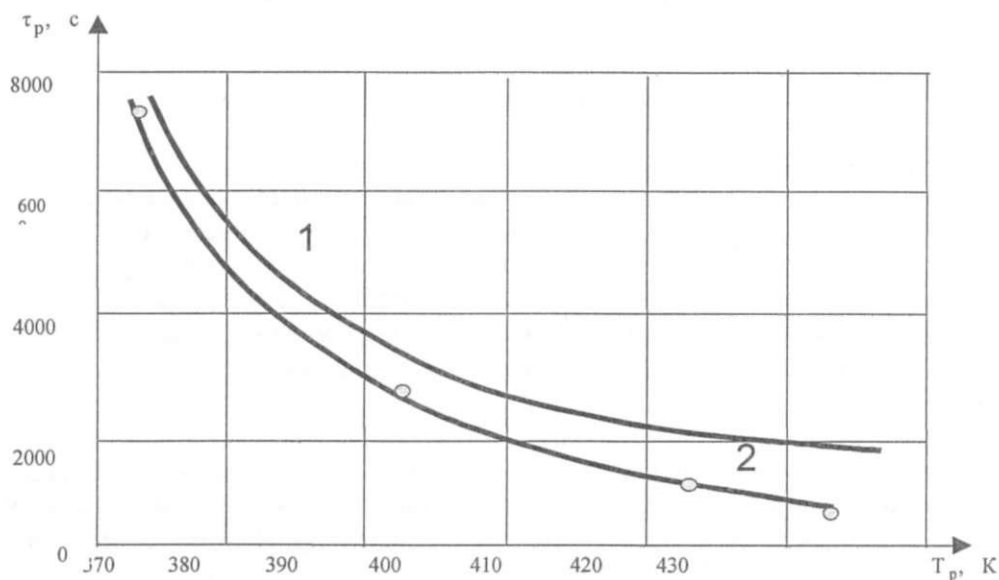
Увеличение средней движущей силы процесса конденсации с увеличением температуры в реакторе ведет к росту производительности конденсатора. Результаты промышленных испытаний показали возможность интенсификации процесса разложения соапстока за счет изменения температуры варки соапстока: с увеличением температуры в реакторе средняя движущая сила процесса возрастает.

Как видно из графиков, расхождение результатов экспериментальных исследований и расчетных значений, полученных по разработанным моделям в идентичных условиях, составляет 16–18% и лишь при моделировании процесса адсорбции достигает 24%.



Сплошная линия - данные испытаний; пунктир - расчет по математической модели

Рисунок 1 - Зависимость средней движущей силы процесса от температуры в реакторе



1- кривая процесса в режиме $Ma < Ma_{cr}$; 2- кривая процесса в режиме $Ma > Ma_{cr}$

Рисунок 2 - Зависимость продолжительности варки смеси от температуры в реакторе

Отсюда были даны следующие рекомендации по ведению процесса:

1. Процесс варки желательно вести при максимальной температуре. Увеличение средней движущей силы процесса конденсации с увеличением температуры в реакторе ведет к росту производительности конденсатора.

2. Необходимо поддерживать скорость разгрузки порядка $0,4-0,45 \text{ м}^3/\text{с}$.

На рисунке 2 представлена экспериментальная зависимость продолжительности разложения соапсточного мыла от температуры процесса разложения. Результаты промышленных испытаний показали возможность интенсификации процесса разложения соапсточного мыла за счет изменения температуры варки соапсточного мыла (рисунок 2).

Внедрение предложенной методики расчета аппаратов для хемосорбционных процессов на АО "Шымкент Май - Эль-Дос" при разработке проекта оптимизации технологического режима расщепления жиров в реакторе может дать, по расчетам экономистов предприятия, годовой экономический эффект шестьсот пятьдесят тысяч тенге за счет сокращения продолжительности производственного цикла и соответствующего сокращения энергозатрат.

Общие выводы по этой работе таковы:

1. Определена общая структура и схема расчета интенсивности процессов переноса тепла и массы в химических реакторах с учетом времен релаксации высокоградиентных процессов и концентрационно-капиллярной конвекции.

2. На основании проведенных исследований установлены оптимальные режимные параметры системы удаления паров для получения конденсата акролеина и воды в процессах расщепления жиров.

Литература

- 1 Ташимов Л.Т. Конвективный тепло- и массообмен в пленочных процессах химической технологии //Вопросы моделирования и устойчивости - Алматы: Білім, 1999.- 200 с.
- 2 Муратов А.С. Математическое моделирование пленочной абсорбции, сопровождающейся бимолекулярной химической реакцией //Поиск, серия ест-х и техн-х наук. – 2002. - №3(2). - С. 147-151.

- 3 Муратов А.С., Курмушева М.И. Новые подходы к математическому моделированию процессов пленочной хемосорбции //Совместный выпуск журналов «Вычислительные технологии», СО РАН. - Т.7 и «Вестник КазНУ», серия мат., мех., инф. – 2002. - №4(32). - С. 281-284.
- 4 Ташимов Л.Т., Мырзахметова Б.Ш., Муратов А.С. Обобщенные уравнения переноса тепла и массы в многокомпонентных системах //Поиск, серия естест. и техн. наук. – 2003. - №1. - С. 181-185.

Қорытынды

Акролеин буларын ұстап қалу процесінің тиімділігі бойынша, майларды реактивсіз ажырату кезінде энергия жұмсауды азайту мүмкіндіктері қаралған. Бұл үшін ұсыныс беруге мүмкіндік беретін, ұстап қалу режимін ұйымдастыруда, екінші ретті пленкалы хемосорбция процестерін зерттеу нәтижелері қолданылған.

Summary

The paper deals with investigations of decreasing energy expenses under the non-reactive breaking up flats by optimizing the process of purifying the acrolein vapors. Thus the results of our investigations of the film chemo-sorption of two-order have been used for giving recommendations to intensify purifying regimes.