

На правах рукописи

КАРЕТНИКОВ Сергей Викторович

**КИНЕТИКА И АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ
ПРОЦЕССА ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДИМЕРИЗАЦИИ
ПАРА-НИТРОТОЛУОЛ-ОРТО-СУЛЬФОКИСЛОТЫ**

Специальность 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Тамбов 2002

Работа выполнена на кафедре "Технологическое оборудование и прогрессивные технологии" Тамбовского государственного технического университета.

Научные руководители: кандидат технических наук, доцент
Леонтьева Альбина Ивановна;
кандидат химических наук, доцент
Угробин Николай Павлович.

Официальные оппоненты: доктор химических наук, профессор
Килимник Александр Борисович;
кандидат технических наук, доцент
Тишин Олег Александрович.

Ведущая организация: АО «Научно-исследовательский институт химикатов - добавок для полимерных материалов» («НИИхимполимер»), г. Тамбов.


Защита диссертации состоится « 19 » декабря 2002 г. в 16³⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.260.02 Тамбовского государственного технического университета по адресу: г. Тамбов, ул. Ленинградская, 1, ауд. 60.

Отзывы в двух экземплярах, скрепленные гербовой печатью, просим направлять по адресу: 392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, ГГТУ

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан « 18 » ноября 2002 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доцент



В. М. Нечаев

2002-А
22398

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Окислительная димеризация паранитротолуол-орто-сульфокислоты (ПНТСК; или 4 - нитротолуол - 2 - сульфокислоты - $C_7H_7O_6NS$) является основным процессом в производстве оптических отбеливающих веществ (ООВ), которые нашли широкое применение в производстве белых красок, пластических масс, для отбеливания натуральных волокон и других материалов. Среди ООВ важное место занимают производные бистриазиниламиностильбенов (торговое название - белофоры). Белофоры используются при отбеливании бумаги, целлюлозных волокон, а также в производстве синтетических моющих средств и в бытовой химии. Полупродуктом для белофоров является - 4,4' - динитростильбен - 2,2' - дисульфокислота (ДНС - $C_{14}H_{10}O_6NS$).

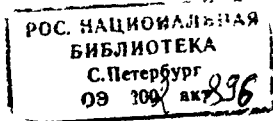
Низкий выход (65 - 68 %) целевого вещества на стадии синтеза ДНС в значительной степени определяется параллельным образованием побочного вещества (азокрасителя - 4,4'-диметилазобензол-3,3'-дисульфокислоты, ДМАБ, $C_{14}H_{14}O_4NS$), что в целом приводит не только к перерасходу сырья - ПНТСК и, следовательно, к удорожанию целевого продукта, но и к снижению показателей его качества.

Существующее аппаратное оформление стадии синтеза ДНС далеко от совершенства, не позволяет учесть влияние многих факторов (температуры, давления, газонасыщения и т.д.) на кинетику процесса окислительной димеризации и затрудняет оперативное управление процессом, что также ведет к снижению показателей качества готового продукта.

Недостаточно изучена также кинетика процесса окислительной димеризации ПНТСК в ДНС, отсутствуют данные о влиянии технологического режима на выход и качественные показатели готового продукта, что не позволяет обеспечить стабильность процесса.

Поэтому исследование кинетики и разработка аппаратного оформления процесса окислительной димеризации ПНТСК в ДНС являются актуальной научной и практической задачей.

Работа выполнялась в соответствии и в продолжение Координационного плана АН России по Теоретическим основам химической технологии (разделы 2.27.7.19, 2.27.7.20 плана на 1991- 1995 гг.), в соответствии с планом НИР ТГТУ по единому заказ-наряду Минобразования РФ (Координационный план "Черноземье" на 1997 - 2000 гг., тема ЗТ 1997 - ТО и ПТ "Разработка теоретических основ расчета и конструирования аппаратов и технологических узлов гибких автоматизированных установок химических и микробиологических производств") и грантом Минобразования РФ по фундаментальным исследованиям в области машиностроения «Теория и методы создания энерго- и ресурсосберегающего оборудования



многоассортиментных автоматизированных производств органических полупродуктов и красителей» (шифр 97-24-12.2-13) на 1998 – 2000 гг.

Цель работы. Исследование кинетики процесса синтеза ДНС из ПНТСК и разработка аппаратного оформления, позволяющего получать целевой продукт с улучшенными качественными характеристиками.

Для достижения указанной цели в диссертации были поставлены и решены следующие задачи:

- разработка и исследование механизма реакции окислительной димеризации ПНТСК;
- экспериментальные исследования влияния температуры и катализаторов (солей металлов переменной валентности и комплексных соединений, содержащих различные лиганды) на скорость процесса окислительной димеризации ПНТСК в ДНС;
- разработка математического описания кинетики процесса окислительной димеризации ПНТСК;
- разработка аппаратного оформления процесса окислительной димеризации ПНТСК в ДНС.

Научная новизна:

- впервые предложен уточненный механизм химических реакций и разработано математическое описание кинетики процесса окислительной димеризации ПНТСК в ДНС;
- впервые изучено влияние различных лигандов на кинетику процесса окислительной димеризации ПНТСК в ДНС;
- определены объемные коэффициенты массопередачи в системе «газ - жидкость» при импеллерном и эжекторном способах диспергирования газа в процессе окислительной димеризации.

Практическая ценность:

- разработана инженерная методика расчета, позволяющая определять необходимые технологические параметры процесса окислительной димеризации ПНТСК;
- предложен новый режим загрузки компонентов при проведении процесса окислительной димеризации ПНТСК, позволяющий снизить расход исходных компонентов и энергопотребление;
- разработанный режим загрузки компонентов экспериментально проверен в лабораторных условиях и апробирован на промышленной установке на базе ОАО «Пигмент», г. Тамбов (порционный режим загрузки компонентов позволил снизить расход воды на 30 %, а соли хлорида натрия на выделение ДНС – на 40 %);
- разработаны рекомендации по конструктивному оформлению узла диспергирования газа в жидкости; использование предложенного эжекторного способа диспергирования кислорода воздуха в реакционной среде позволит снизить потребление электроэнергии на 12 %.

Апробация работы. Результаты работы доложены на V, VI и VII научных конференциях ТГТУ Тамбовском государственном техническом университете в 2000 – 2002 гг.

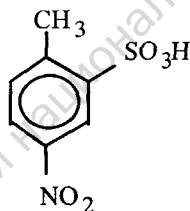
Публикации. По материалам диссертации опубликовано пять печатных работ.

Объем работы. Диссертация изложена на 121 страницах основного текста и состоит из введения, пяти основных глав, выводов, списка литературы и приложений.

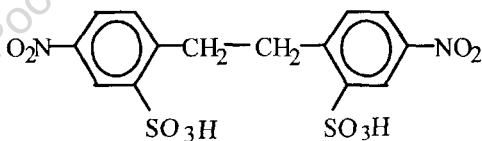
Основное содержание работы

Во введении кратко изложено содержание работы и показана актуальность решаемых в ней задач.

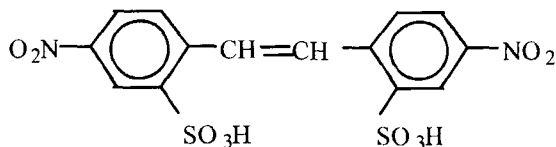
В первой главе выполнен анализ современного состояния кинетики и аппаратного оформления процесса синтеза ДНС, приведены характеристики исходного сырья (ПНТСК), промежуточных и конечных продуктов. Структурная формула ПНТСК:



Промежуточное соединение - динитродибензил (ДНДБ, $C_{14}H_{12}O_6NS$). Структурная формула ДНДБ:



Конечный продукт, образующийся в результате реакций, - ДНС. Структурная формула



Проанализированы физико-химические особенности процесса синтеза ПНТСК, способы экспериментальных исследований кинетики химического процесса, методы контроля и определения текущих концентраций ПНТСК и ДНС в ходе химической реакции. Рассмотрены основные закономерности массообмена в газожидкостных реакторах при проведении процесса наработки ДНС и аппаратурное оформление процесса окислительной димеризации ПНТСК в присутствии кислорода воздуха.

Анализ литературных источников показал, что:

– металлы переменной валентности значительно ускоряют процесс электронного перехода. Однако число исследованных металлов – потенциальных катализаторов окисления – недостаточно;

– в качестве катализаторов использовались аквакомплексы металлов, которые обладают низкой эффективностью действия. Отсутствуют попытки увеличить эффективность действия катализаторов, например, использованием комплексов металлов с лигандами π -кислотного типа;

– в литературе не имеется данных по анализу механизма процесса окисления ПНТСК и не сделаны попытки его рассмотрения с позиций существующих теорий протекания окислительно-восстановительных реакций;

– не изучена кинетика реакции окислительной димеризации ПНТСК;

– отсутствуют данные об энергии активации процесса, а также тепловом эффекте реакции;

– не оценена эффективность различных способов аэрации реакционной среды.

В связи с вышеизложенным поставлены основные задачи исследования:

– определить влияние температуры на скорость химического процесса;

– рассмотреть возможность применения различных катализаторов (солей металлов переменной валентности) на процесс окислительной димеризации ПНТСК;

– изучить эффективность действия комплексных соединений, содержащих различные лиганды, в качестве катализаторов процесса;

– изучить кинетику процесса окислительной димеризации ПНТСК;

– определить объемный коэффициент массопередачи кислорода воздуха для различных конструкций реакторов-окислителей;

– разработать методику инженерного расчета процесса окислительной димеризации ПНТСК.

Во второй главе предложен механизм реакции синтеза ПНТСК и на его основе разработано математическое описание кинетики процесса окислительной димеризации ПНТСК.

Для определения области протекания химического процесса синтеза ДНС в присутствии кислорода воздуха в жидкой среде была разработана экспериментальная установка, схема которой представлена на рис. 1.

Она состоит из емкости 1, погруженной в термостат 2. Нагрев осуществляется кипятильником 3. Для перемешивания реакционной массы предусмотрена лопастная мешалка 4. Воздух подается через барботер 5, встроенный в нижнюю часть реактора. Расход воздуха контролируется по ротаметру (РТ-1). Поддержание температурного режима и регулирование температуры осуществляется прибором ТР-200 6 с выносной термопарой.

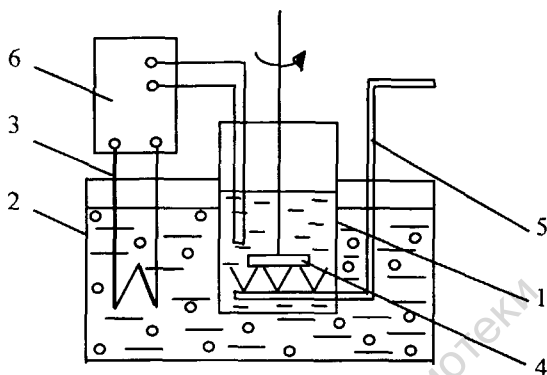


Рис. 1 Схема экспериментальной установки:
1 – емкость; 2 – термостат; 3 – кипятильник;
4 – мешалка; 5 – барботер; 6 – прибор ТР-200.

Из анализа экспериментальных данных выявлено, что при развитом турбулентном режиме перемешивания реакционной массы (для использованных лопастных мешалок примерно при $Re > 10000$), лимитирующей областью процесса окислительной димеризации ПНТСК в ДНС является кинетическая (рис. 2).

Синтез ДНС можно представить схемой (рис. 3).

В соответствии со схемой 3 предложен механизм химического взаимодействия и разработано математическое описание кинетики процесса.

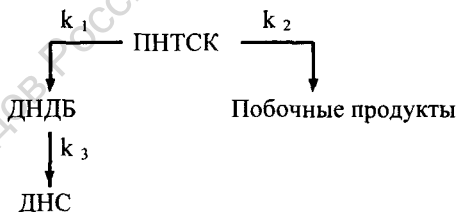


Рис. 3 Схема синтеза ДНС.

Для нахождения порядка реакций использовали метод подбора. Определение порядка химической реакции окислительной димеризации ПНТСК проводили на лабораторной установке (рис. 1).

Из анализа экспериментальных данных установлено, что реакция окислительной димеризации ПНТСК имеет первый порядок по ПНТСК, ДНС и по ДМАБ.

При разработке математического описания кинетики процесса принимаем:

- 1 Процесса синтеза ДНС протекает в кинетической области
- 2 В результате побочной реакции образуется только ДМАБ.
- 3 Количество выделившегося кислорода в результате химической реакции пропорционально скорости образования ДМАБ.

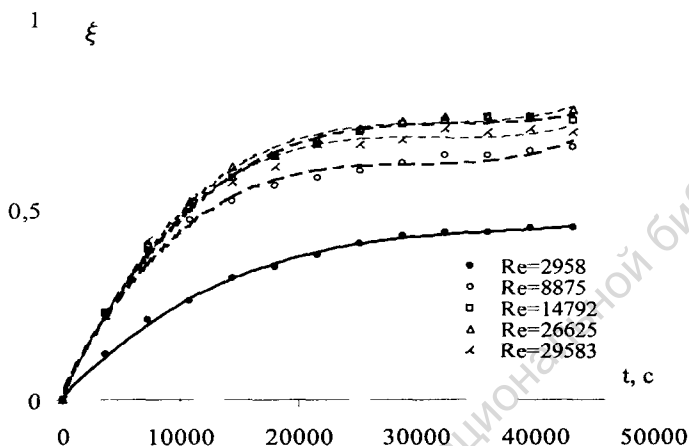


Рис. 2. Зависимость степени превращения ПНТСК от гидродинамического режима

Тогда скорости изменения концентрации ПНТСК, ДНДБ и ДМАБ в течении процесса окисления можно представить в следующем виде:

$$-\frac{dC_{\text{ПНТСК}}}{dt} = k_1 C_{\text{ПНТСК}} + k_2 C_{\text{ПНТСК}} = (k_1 + k_2) C_{\text{ПНТСК}} \quad (1)$$

$$\frac{dC_{\text{ДНДБ}}}{dt} = k_1 C_{\text{ПНТСК}} \quad (2)$$

$$\frac{dC_{\text{ДМАБ}}}{dt} = k_2 C_{\text{ПНТСК}} \quad (3)$$

Учитывая, что ДНДБ расходуется на образование ДНС, получаем:

$$\frac{dC_{\text{ДНДБ}}}{dt} = k_1 C_{\text{ПНТСК}} - k_3 C_{\text{ДНС}} \quad (4)$$

$$\frac{dC_{\text{ДНС}}}{dt} = k_3 C_{\text{ДНС}} \quad (5)$$

Константы скорости химических реакций k_1 , k_2 и k_3 необходимо определять экспериментально.

Согласно приведенной схеме процесса (рис. 3) побочным продуктом является азокраситель – 4,4'-диметилазобензол-3,3'-дисульфокислота (ДМАБ). Недостаток кислорода в реакционной смеси приводит к увеличению количества ДМАБ, что ведет к снижению качества целевого продукта. Интенсифицировать процесс насыщения реакционной среды кислородом можно, выбрав оптимальный метод диспергирования газовой фазы в жидкости и конструкцию аэратора.

Комплексной характеристикой для сравнения различных конструкций аэраторов является объемный коэффициент массопередачи K_V , рассчитанный на объем аппарата. Для нашего случая плохо растворимого газа (кислорода), при малом влиянии на кинетику абсорбции медленной химической реакции окислительной димеризации, основное диффузионное сопротивление массопередаче сосредоточено в фазе жидкости, т.е. коэффициент массопередачи будет практически равен коэффициенту массоотдачи в жидкой фазе: $K_V \approx \beta_{жV}$.

Для разработки инженерной методики расчета процесса синтеза ДНС из ПНТСК в реакторе периодического типа в работе используется эта общепринятая характеристика K_V , являющаяся в данном случае наиболее приемлемой характеристикой эффективности процесса. Она суммарно учитывает влияние конструкции, режима перемешивания, температуры, состава и свойств реакционной массы и пр.

Для определения K_V необходимо знать концентрацию растворенного в реакционной массе кислорода $C_{O_2}^{общ}$, которая определяется экспериментально. Однако определение величины $C_{O_2}^{общ}$ непосредственно в реакторе осложнено побочной реакцией, в ходе которой выделившийся кислород также растворяется в реакционной среде.

Так как количество выделившегося кислорода в результате химической реакции пропорционально скорости образования ДМАБ, то его количество можно определить из уравнения

$$\frac{dC_{O_2}}{dt} = k_2 C_{\text{ДМАБ}} \cdot \quad (6)$$

где C_{O_2} – концентрация кислорода, выделившегося при протекании побочной реакции.

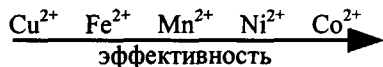
Тогда выражение для определения изменения концентрации растворенного кислорода в реакционной массе примет вид

$$\frac{dC_{O_2}^{общ}}{dt} = K_V \left(C_{O_2}^* - C_{O_2}^{общ} \right) + \frac{dC_{O_2}}{dt} \cdot \quad (7)$$

Таким образом, уравнения (1) – (7) формируют математическое описание кинетики синтеза ДНС.

В третьей главе приведены результаты экспериментального исследования кинетики процесса окислительной димеризации ПНТСК.

Исследовано влияние каталитических свойств металлов переменной валентности на процесс окислительной димеризации ПНТСК. В качестве объектов исследования были выбраны сульфаты Mn^{2+} , Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , имеющие на d-орбиталях 5, 6, 7, 8 и 9 электронов соответственно. Экспериментально определенную эффективность действия (рис. 4) указанных катализаторов можно расположить в следующий ряд



Экспериментально исследована эффективность действия комплексных соединений, содержащих различные лиганды, в качестве катализато-

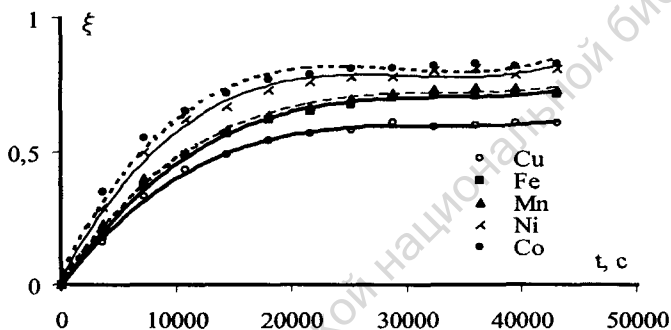


Рис. 4. Исследование влияния каталитических свойств металлов переменной валентности на эффективность окислительной димеризации ПНТСК

ров процесса окислительной димеризации ПНТСК использовали бензоаты, оксалаты и малеаты Mn и Ni. В контрольном эксперименте в качестве катализатора использовали сульфаты Mn и Ni. Результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 5.

Как следует из данных, приведенных на рис. 5, бензоаты Mn и Ni уступают по эффективности сульфату марганца. Оксалаты и малеаты Mn и Ni его превосходят.

Изучено влияние температуры на скорость процесса окислительной димеризации ПНТСК. Определены зависимости констант скорости основных и побочной реакций от температуры. Выражения зависимости k_1 , k_2 и k_3 от температуры имеют вид:

$$\ln(k_1^T + k_2^T) = \frac{13232,3}{T} - 46,8 \quad (8)$$

$$\ln(k_2^T) = -\frac{3166,67}{T} - 0,117 \quad (9)$$

$$\ln(k_3^T) = \frac{565,26}{T} - 7,4 \quad (10)$$

Полученные уравнения (8) – (10) можно использовать для расчета скорости протекания реакции окислительной димеризации ПНТСК при различных температурных режимах.

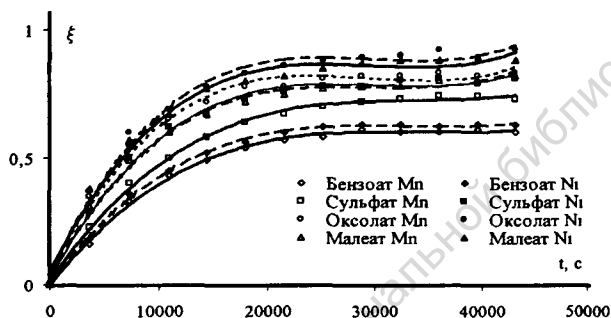


Рис. 5. Исследование эффективности действия комплексных соединений, содержащих различные лиганды, в качестве катализаторов процесса окислительной димеризации ПНТСК

Путем сравнения рассчитанных теоретически и полученных экспериментально значений энергии активации, была дополнительно оценена достоверность ранее сформулированного механизма исследуемого процесса, представленного схемой на рис. 3. Разница между значениями энергии активации, определенными теоретически и экспериментально составила менее 5%.

С целью проведения сравнительной оценки эффективности импеллерного и эжекторного способов диспергирования газа в жидкости, были проведены экспериментальные исследования на промышленной установке ОАО «Пигмент» с рабочим объемом реактора – 25 м³.

Схема установки для проведения процесса окислительной димеризации ПНТСК в ДНС показана на рис. 6. Она состоит из цилиндрического реактора – окислителя 1 с плоским дном, снабженным турбинной всасывающей мешалкой типа «Импеллер». Корпус аппарата и мешалка изготовлены из стали X18H9T. На крышке аппарата расположены: всасываю-

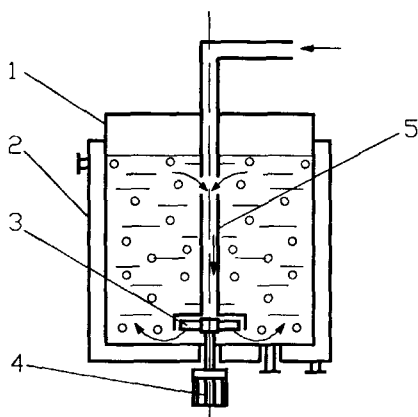


Рис. 6 Аппарат для проведения процесса окисления с импеллерной мешалкой: 1 – емкость; 2 – теплообменная рубашка; 3 – мешалка турбинная; 4 – электропривод; 5 – полая смесительная труба.

шая труба, смотровой люк и штуцер для отвода отработанного воздуха. В нижней части аппарата предусмотрен штуцер для отвода целевого продукта. Вращение мешалки осуществляется электродвигателем КОМ-31-4. Частота вращения мешалки 1200 об/мин. Количество инжектируемого

воздуха во время реакции 55 м³/час. Нагрев реакционной массы осуществляется паром ($P = 0,4$ МПа) через рубашку 2.

Эксперименты проводились с целью определения объемного коэффициента массопередачи K_V и сравнения. Были проведены эксперименты при эжекторном способе диспергирования газовой фазы в реакционной массе на реакторе-окислителе (рис. 6).

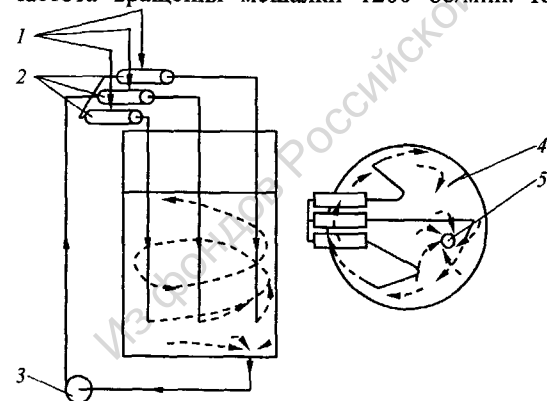


Рис. 7 Схематическое изображение потоков в реакторе-окислителе. 1 – воздух; 2 – эжекторные смесители; 3 – насос; 4 – отбойник; 5 – нижний спуск.

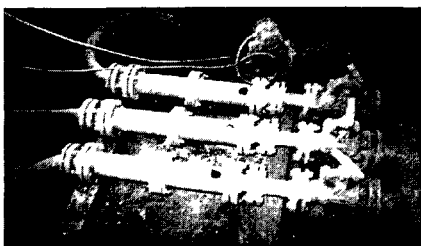


Рис. 8 Промышленная установка для синтеза ДНС

Были установлены три эжекторных смесителя. Схема модернизированной установки и схема потоков в аппарате представлена на рис. 7. Фотографии эжекторных смесителей представлены на рис. 8.

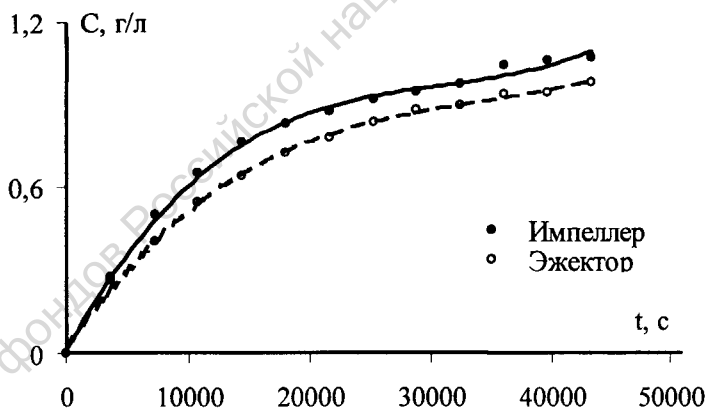


Рис. 9 Изменение ДМАБ во времени при импеллерном и эжекторном способах диспергирования газовой фазы

В результате экспериментальных исследований выявлено:

- объемный коэффициент массопердачи K_{V_1} в случае использования эжекторного способа подвода газа выше, чем при использовании импеллерного смесителя в среднем на 40 %;
- увеличение K_V привело к снижению скорости реакции ПНТСК→ДМАБ, а, следовательно, к уменьшению константы скорости химической реакции k_2 (рис. 9);
- скорость реакции ДНДБ→ДНС осталась без изменения.

В четвертой главе приводятся результаты проведенных вычислительных экспериментов, проверка адекватности предложенного математического описания реальному процессу в лабораторных условиях и делается сравнение потребления электроэнергии при использовании импеллерного и эжекторного способов диспергирования газа в жидкости.

Анализ результатов свидетельствует об адекватности разработанного математического описания кинетики процесса наработки ДНС. Расхождение между расчетными данными и средними значениями эксперимента для ПНТСК, ДНС и ДМАБ составляют соответственно: 16 %, 25 % и 11 %.

Сравнительный расчет затрат мощности на осуществление эжекторного и импеллерного способов смешения газа и жидкости показал, что мощность, потребляемая насосом эжекторного смесителя на 5 кВт меньше чем мощность, потребляемая электродвигателем импеллерной мешалки.

Таким образом использование эжекторного способа диспергирования кислорода воздуха в реакционной среде при окислительной димеризации ПНТСК позволит снизить потребление электроэнергии на 12 %.

В пятой главе приведена проверка адекватности математической модели процесса окислительной димеризации ПНТСК на промышленной установке и выданы рекомендации по организации технологического процесса получения ДНС.

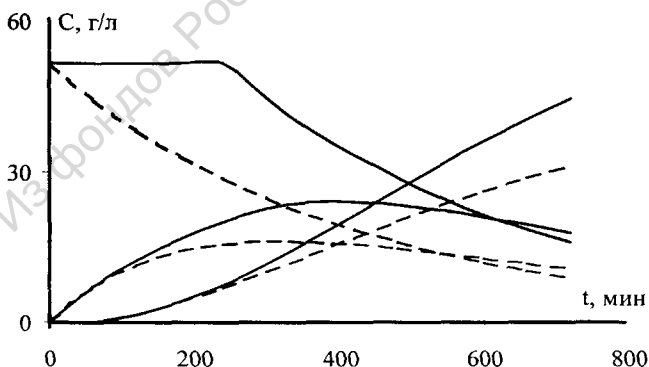


Рис. 10. Результаты вычислительных экспериментов:

- — существующий режим;
- порционный (предложенный) режим.

Экспериментальное подтверждение характеристик кинетики процесса окислительной димеризации ПНТСК, полученных по математической модели и в лабораторных условиях, производилось на промышленной установке (ОАО «Пигмент», г. Тамбов).

Промышленная установка для проверки адекватности математического описания процесса наработки ДНС представлена на рис. 6.

Результаты проверки свидетельствует об адекватности разработанного математического описания кинетики процесса наработки ДНС. Расхождение между расчетными данными и средними значениями, полученными в результате промышленной апробации для ПНТСК, ДНС и ДМАБ составляют соответственно: 13 %, 25 % и 23 %.

В результате анализа вычислительных экспериментов (рис. 10) разработаны следующие рекомендации для осуществления промышленного синтеза ДНС:

- в качестве катализатора процесса окислительного дегидрирования ПНТСК использовать NiSO_4 взамен используемого MnSO_4 ;

- для уменьшения расхода исходных компонентов (воды и NaCl) синтез ДНС проводить при повышенных концентрациях ПНТСК;

- загрузку исходных компонентов (ПНТСК, NaOH) проводить порционно;

- температурный режим процесса следующий:

- 1) нагрев реакционной массы с $44\text{ }^\circ\text{C}$ до $60\text{ }^\circ\text{C}$ со скоростью $2\text{ }^\circ\text{C}/\text{час}$;

- 2) выдержка при постоянной температуре $T=60\text{ }^\circ\text{C}$ - 4 часа.

Порционный режим загрузки компонентов позволил снизить расход воды при производстве ДНС на 30 %, а соли хлорида натрия на выделение ДНС – на 40 %.

Предложенный технологический режим позволил снизить стоимость получения 1 т ДНС на 2984,75 рубля.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

- 1 Показана возможность получения ДНС-кислоты периодическим способом в присутствии кислорода воздуха с использованием металлов переменной валентности с эжекторным способом подвода воздуха.

- 2 Предложен уточненный механизм процесса окислительной димеризации ПНТСК в присутствии кислорода воздуха.

- 3 На основе предложенного механизма химической реакции разработана математическая модель и разработана методика инженерного расчета процесса синтеза ДНС, позволяющая определять текущие концентрации

целевого и промежуточного продуктов во время протекания процесса окислительной димеризации ПНТСК.

4 Установлено, что наибольшей активностью из солей металлов переменной валентности в процессе окислительной димеризации ПНТСК обладают соли кобальта и никеля.

5 Установлено, что оксалаты и малеаты металлов переменной валентности более значительно ускоряют процесс окислительной димеризации ПНТСК по сравнению с сульфатами и бензоатами тех же металлов.

6 Определена зависимость константы скорости реакции от температуры $k = f(T)$ для реакций ПНТСК \rightarrow ДНДБ, ПНТСК \rightarrow ДМАБ и ДНДБ \rightarrow ДНС процесса окислительной димеризации ПНТСК при использовании в качестве катализатора сульфата марганца.

7 Предложено и опробовано применение эжекторов для диспергирования газа в жидкости в аппаратурном оформлении процесса окислительной димеризации ПНТСК.

8 Определены объемные коэффициенты массопередачи в системе «газ – жидкость» при импеллерном и эжекторном способах диспергирования газовой фазы для процесса окислительной димеризации ПНТСК в ДНС.

9 Разработаны рекомендации по режиму загрузки компонентов при проведении процесса окислительной димеризации ПНТСК в ДНС, позволяющие снизить расход хлорида натрия на 40 %, а воды на 30 %. Рекомендации переданы для использования ОАО «Пигмент», г. Тамбов.

Основные обозначения

C – текущая концентрация, г·л⁻¹; t – время процесса, мин; T – температура, К; k – константа скорости химической реакции, с⁻¹; K_V – объемный коэффициент массопередачи кислорода, с⁻¹.

Индексы: ПНТСК – относится к 4 - нитротолуол - 2 - сульфокислоте (пара-нитротолуол-орто-сульфокислота); ДНС – относится к 4,4'-динитростильбен-2,2'-дисульфокислоте; ДМАБ – относится к 4,4'-диметилазобензол-3,3'-дисульфокислоте (побочный продукт, азокраситель); ДНДБ – относится к динитродибензилу; 1 – относится к реакции ПНТСК \rightarrow ДНДБ; 2 – относится к реакции ПНТСК \rightarrow ДМАБ; 3 – относится к реакции ДНДБ \rightarrow ДНС; O₂ – относится к кислороду, выделившемуся при протекании побочной реакции.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах

1. Каретников С. В., Леонтьева А. И., Утробин Н. П., Манелюк Б. И.
Кинетика процесса окислительной димеризации 4 - нитротолуол – 2 –

сульфоокислоты на никелевом катализаторе // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2001. Т. 44. Вып. 5. С. 23 – 26.

2. Каретников С. В., Титов А. Н. Исследование влияния температуры на кинетику процесса окислительной димеризации 4-нитротолуол-2-сульфоокислоты // Труды ТГТУ: Сборник научных статей молодых ученых и студентов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2001. Вып. 8. С. 226-230.

3. Каретников С. В., Брянкин К. В. Математическое моделирование процесса окислительной димеризации 4-нитротолуол-2-сульфоокислоты в 4,4'-динитrostильбен-2,2'-дисульфоокислоту. // Труды ТГТУ: Сборник научных статей молодых ученых и студентов. Вып. 11. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. С. 73-77.

4. Каретников С. В., Титов А. Н. К вопросу о кинетике процесса окислительной димеризации 4-нитротолуол-2-сульфоокислоты // Тезисы докл. VI науч. конф. Материалы конф. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2001. С. 172.

5. Каретников С. В., Леонтьева А. И., Манелюк Б. И., Ульянов В. И. К вопросу о выборе механизма химической реакции окислительной димеризации // VII науч. конф. Пленарные доклады и тезисы стендовых докладов. Ч. 1. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та 2002. С. 144.

6. Леонтьева А. И., Коновалов В. И., Каретников С. В., Утробин А. Н. О возможности экономии реагентов в процессах высаливания // Журнал прикладной химии (принято к печати, 2002 г.).



Из фондов Российской национальной библиотеки

Из фондов Российской национальной библиотеки

Подписано в печать 18.11.2002
Формат 60 × 84/16 Гарнитура Times Бумага офсетная Печать офсетная
Объем. 0,93 усл. Печ. Л.; 0,86 уч.-изд. Л.
Тираж 100 экз.

Тамбовский государственный технический университет
392000, Тамбов, Советская, 106

2002-A
- 22398
#22398

Из фондов Российской национальной библиотеки