

# Катедра „Химично инженерство“ при университет „Проф. д-р Асен Златаров“, Бургас: развитие и постижения

Ж. С. Стефанов

Университет „Проф. д-р Асен Златаров“, Факултет по технически науки, катедра „Химично инженерство“,  
бул. „Проф. Якимов“ 1, 8010 Бургас  
Факс: (056) 880249, ел. поща: zhstefanov@btu.bg; zhstefanov@abv.bg

8.10.2009 г.

## Резюме

В статията е направен ретроспективен преглед на създаването на катедра „Химично инженерство“ при университет „Проф. д-р Асен Златаров“, Бургас, на нейното развитие, научните постижения, международното и научно сътрудничество от 1978 г. досега. Посочени са членовете на колектива през годините, настъпилите промени в състава и преобразуването на катедрата, учебната, научноизследователската и приложна дейност на катедрата. Катедрата провежда обучение на студенти от всички инженерно-химични специалности по над 25 инженерни дисциплини за образователно-квалификационните степени „бакалавър“ и „магистър“ и образователната и научна степен „доктор“. Издадени и под печат са общо 18 учебници и учебни помагала.

Основните научни направления на катедрата са: моделиране и интензификация на ректификационни процеси и апарати, изследване и симулиране на процесите във флуидизиран слой, математично моделиране на кинетиката на химични реакции и наноструктури - синтез и приложение.

Разгледани са основните резултати, получени от провежданата в катедрата учебна, научноизследователска и иновационна дейност. Накратко са проследени творческите контакти с научни организации у нас и в чужбина.

*Ключови думи:* Университет „Проф. д-р Асен Златаров“; Катедра „Химично инженерство“; Ректификация; Колони с тарелки и пълнеж; Кипящ слой; Математично моделиране; Наноматериали.

## Основане и състав

Катедра „Химично инженерство“ при университет „Проф. д-р Асен Златаров“ в град Бургас е приемник на катедра „Процеси и апарати“. Катедра „Процеси и апарати“ е обособена като звено към катедра „Обща химична технология“ през 1968 година в състав от трима асистенти по дисциплината „Процеси и апарати в химическата промишленост“: Живко Тасев, Петър Марков Петров и Васил Рашев. Впоследствие като асистенти постъпват випускниците на Висшия химико-технологичен институт „Проф. д-р Асен Златаров“ в Бургас (сега университет „Проф. д-р Асен Златаров“) Димитър Върбанов (1969 г.), Желчо Стефанов (1970 г.), Радостин Куцаров (1974 г.) и Неделчо Неделчев (1974 г.), а като химици – Христо Генчев (1974 г.) и Драгомир Добруджалиев (1974 г.). През 1971 г. като преподаватели са назначени Груд Калоянов (по дисциплината „Автоматизация на производството“) и Николай Ралев (по дисциплината „Програмиране и използване на изчислителни системи“), а през 1975 г. за асистент по „Моделиране и оптимизация“ е назначен Димитър Каменски. През

1979 г. за доцент по дисциплината „Процеси и апарати в химическата промишленост“ е назначен Димитър Митев, работил редица години и защитил докторска дисертация (1979 г.) в Петербургския технологичен институт (Русия). През 1981 г. на мястото на напусналия катедрата гл. ас. В. Рашев за асистент е избран Х. Генчев, а за химик-инженер – Събчо Димитров. След конкурс за асистенти по специалността „Програмиране и използване на изчислителни системи“ към катедрата са назначени Д. Добруджалиев (1984 г.), Петя Илиева (1985 г.), Людмила Димитрова (1988 г.) и Руска Михайлова (1989 г.), а за асистент по специалността „Автоматизация на производството“ – Ефтим Стоянов (1985 г.).

През 1981 г. с помощта на Център за ускорено внедряване „Прогрес“ към катедрата е създадена Проблемно-научно изследователска лаборатория (ПНИЛ) „Кипящ слой“ с административен ръководител доц. дн Д. Митев. Кадровото обезпечаване на лабораторията включва научните сътрудници инж. Петър Ковачев и инж. Иван Дойков, 1 инженер, 4 техници и 1 лаборантка. През 1993 г. научният сътрудник инж. П. Ковачев е преназначен към катедрата като главен асистент. През

1995 г. от катедра „Основи на химичната технология“ към катедра „Процеси и апарати“ е прехвърлен доц. д-р Христо Карагъзов. От 1998 г. като лаборантка към катедрата е назначена инж. М. Караиванова, която след проведен конкурс е назначена за асистент (2002 г.).

Бурното развитие на химическата промишленост у нас, внедряването на нови технологии и високопроизводителни и високоэффективни контактни елементи и пълнежи, високата степен на автоматизация, широкото използване на изчислителните системи за проектиране и управление, моделирането и оптимизацията на различни процеси засилват значението и разширяват съдържанието на инженерната подготовка в системата на химикотехнологичното обучение. Всичко това се отразява върху динамиката и развитието на кадровия потенциал на катедрата. Докторски дисертации защитават Ж. Тасев (1973 г.), Д. Каменски (1978 г.), Р. Куцаров (1982 г.), Н. Ралев (1982 г.), Ж. Стефанов (1984 г.), Г. Калоянов (1986 г.), Х. Генчев (1992 г.), С. Димитров (1993 г.) и Д. Добруджалиев (2000 г.). През 1994 г. Д. Каменски, а през 1995 г. и Ж. Тасев защитават дисертации за присъждане на научната степен „Доктор на техническите науки“. Хабилитират се Ж. Тасев като доцент (1978 г.), Д. Т. Митев – професор (1999 г.), Д. Каменски – доцент (1981 г.) и професор (1995 г.), Р. Куцаров – доцент (1985 г.), Н. Ралев – доцент (1985 г.), Ж. Стефанов – доцент (1986 г.) и Д. Добруджалиев – доцент (2008 г.).

Катедра „Процеси и апарати“ съществува като самостоятелно звено от 1978 г., като за първи ръководител на катедрата е назначен доц. д-р Ж. Тасев, който ръководи катедрата до 1991 г. От 1991 г. до 1995 г. ръководител на катедрата е доц. дн Д. Митев, а от 1995 г. до 2004 г. катедрата ръководи доц. д-р Х. Карагъзов. От 2004 г. за ръководител на катедрата е назначен доц. д-р Ж. Стефанов.

През 1995 г., след решение на Академичния съвет на университета, катедра „Процеси и апарати“ е разделена на три катедри: „Процеси и апарати“, „Компютърни и информационни технологии“ и „Екология и опазване на околната среда“. В състава на катедра „Процеси и апарати“ са проф. дн Д. Митев, доц. дн Ж. Тасев, доц. д-р Ж. Стефанов, доц. д-р Х. Карагъзов, гл. ас. д-р Х. Генчев, гл. ас. Д. Добруджалиев, гл. ас. П. М. Петров, гл. ас. Д. Върбанов и ст. ас. П. Ковачев. С решение на Академичния съвет от 8 юни 2000 г. катедра „Процеси и апарати“ е преименувана в катедра „Химично инженерство“.

След пенсионирането на доц. дн Ж. Тасев (2001 г.) и проф. дн Д. Т. Митев (2005 г.), през 2005 г. за асистент към катедрата е назначена инж. д-р Е. Пискова, защитила докторска дисертация в университет „Ото фон Гуерике“ в гр. Магдебург (Германия). След пенсионирането на гл. ас. П. М. Петров (2004 г.), гл. ас. Д. Върбанов (2006 г.) и гл. ас. П. Ковачев (2006 г.), след конкурс, проведен през 2006 г., за асистент е назначена докто-

рантката инж.-магистър Адриана Славова. След проведен конкурс през 2007 г. в катедрата бе назначена за асистент и д-р инж. Десислава Колева.

Понастоящем в катедра „Химично инженерство“ на основен договор работят 2-ма доценти, 3-ма главни асистенти, един старши асистент, един асистент и един техник-химик. От преподавателите петима са доктори.

## Обучение

Катедра „Химично инженерство“ е основна инженерно-химическа катедра, която обучава студентите от всички специалности от професионалните направления „Химични технологии“ (специалности „Органични химични технологии“ и „Неорганични химични технологии“), „Биотехнологии“, „Материали и материалознание“, „Общо инженерство“ (специалност „Индустриален мениджмънт“), „Химия“ (специалност „Екология и опазване на околната среда“) по инженерните въпроси на химичната технология.

Катедрата е водещо звено по специалността „Химично инженерство“, която е получила акредитация от Националната агенция за оценяване и акредитация за образователно-квалификационните степени „бакалавър“ и „магистър“.

Специалността „Химично инженерство“, включена в Държавния регистър на образователно-квалификационните степени по специалности във висшите училища на Република България от учебната 1997/1998 година, е приемник на специалността „Инженерна химия“, разкрита за първи път в Република България във ВХТИ „Проф. д-р Асен Златаров“, Бургас, през 1989 г. по предложение на катедра „Процеси и апарати“. Първоначално обучението по тази специалност се провежда като платено обучение по поръчка на различни фирми от химическата промишленост („Соди“, Девня, „Нефтохим“, Бургас), а впоследствие и като държавна поръчка.

Завършилите специалността „Химично инженерство“, по учебния план за образователно-квалификационна степен (ОКС) „бакалавър“, стават инженер-химици, които са подготвени да работят в производствено-технически, проектоконструкторски и организационно-управленски звена на химическата, нефтената, хранително-вкусовата, фармацевтичната и други промишлени отрасли, свързани с физикохимична и биохимична преработка на веществата, включително за решаване на инженерно-екологични проблеми. Тези специалисти се подготвят да заемат ръководни длъжности на различни нива в съответните производства и фирми. Инженер-химиците от специалност „Химично инженерство“ получават добра фундаментална, общоинженерна и широкопрофилна подготовка и компетентност от областта на специалността.

Обучението по специалността за ОКС „бакалавър“ се провежда под формата на редовно и задочно обучение по държавна поръчка.

Катедрата провежда обучение като редовна и задочна форма по държавна поръчка и срещу заплащане и за ОКС „магистър“ по два учебни плана, съответно с продължителност 3 семестъра и 4 семестъра. Обучението по първия учебен план е за завършилите специалисти ОКС „бакалавър“ от специалностите „Химично инженерство“, „Органични химични технологии“, „Неорганични химични технологии“, „Технология на материалите и материалознание“ и „Биотехнологии“. Обучението по втория учебен план (4 семестъра) е за завършилите специалисти ОКС „бакалавър“ и „магистър“ от областите на висше образование „Природни науки, математика и информатика“ и „Технически науки“. Обучението по двата учебни плана включва съответно два или три семестъра учебни занятия (лекции и упражнения) и един семестър (18 седмици) дипломна работа.

Завършилите обучението магистър-инженери от специалността „Химично инженерство“ са подготвени да работят като висши ръководни кадри в научни, научноизследователски, проектантски и консултантски институти, производствени предприятия и фирми, както и като научно-преподавателски персонал във висши училища, колежи и специализирани средни училища.

Преподавателите от катедра „Химично инженерство“ организират и провеждат обучението по над 25 инженерни дисциплини, в т.ч. за всички химико-технологични специалности, дисциплината „Процеси и апарати в химическата промишленост“ с хорариум 75 ч. лекции и 75 ч. упражнения, за специалност „Индустиален мениджмънт“, дисциплината „Инженеринг“ с хорариум 45 ч. лекции и 30 ч. упражнения, която обезпечава основно инженерната подготовка на специалистите от тази специалност, курсовете „Процеси и апарати в химическата промишленост“ с хорариум 36 ч. лекции и 24 ч. упражнения и „Оборудване на топло- и масообменни процеси“ с хорариум 24 ч. лекции и 24 ч. упражнения за специалност „Химия“ специализация „Индустиална химия“ за ОКС „магистър“. Катедрата обезпечава 75% от специалните курсове за специалност „Химично инженерство“ за ОКС „бакалавър“ и 90% от курсовете за ОКС „магистър“. В подготовката на студентите от ОКС „магистър“ активно участие вземат водещи учени от Института по инженерна химия при БАН: проф. дн Х. Бояджиев, ст.н.с. II ст. д-р Н. Банчева и ст.н.с. II ст.д-р Б. Иванов.

Катедрата разполага с необходимата материална база за високоэффективно инженерно обучение на студентите, в т.ч. учебни лаборатории по „Хидромеханични процеси и хидравлични машини“, „Топло- и масообменни процеси и апарати“, „Специални методи за разделяне на дву- и многокомпонентни течни смеси“, полупромишлени инсталации по ректификация, трикорпусна вакуумизпарителна инсталация, определяне параметрите на хидродинамичната структура на потока, компютърна зала и две лаборатории за научно изследователска работа със студенти, дипломанти и докторанти.

За обезпечаване на учебния процес са издадени 8 учебници и 10 учебни помагала. В изпълнение на рамково споразумение между катедра „Химично инженерство“ и лаборатория „Инженерно-химична системотехника“ към Института по инженерна химия към БАН в сайта на лабораторията са включени лекционните курсове и практическите занятия по дисциплините „Анализ и оптимален синтез на химико-технологични системи“ и „Съвременни методи в инженерната химия“, които са част от учебния план на специалност „Химично инженерство“ за ОКС „магистър“, позволяващи виртуално провеждане на обучението по тези дисциплини.

### Научна дейност

Научната дейност на катедрата е насочена в следните направления: моделиране и интензификация на ректификационни процеси и апарати; изследване и симулиране на процеси във флуидизиран слой; математическо моделиране на кинетиката на химични реакции; наноструктури – синтез и приложение.

#### *Моделиране и интензификация на ректификационни процеси и апарати*

Научните изследвания в областта на моделиране и интензификация на ректификационните процеси и апарати са насочени в няколко направления.

#### *Кинетика на преносния процес при ректификация на бинарни и многокомпонентни смеси*

Въз основа на проведени редица експериментални изследвания [1–7] върху различни бинарни и тройни моделни смеси в колони с оросявани стени и ситести тарелки са определени различни кинетични характеристики: частни коефициенти на масопренасяне при ректификация, локална и средна ефективност, брой преносни единици. Данните за разделянето показват, че при ректификация съпротивленията на преносния процес най-общо са разпределени и в двете фази. Предложен е модел за разпределението на съпротивлението на масопеноса в зависимост от дифузионния потенциал, транспортните свойства на сместа и опитно определен хидродинамичен фактор [8]. Направен е анализ на локалния КПД на тарелката в тарелкови колони при ректификация като етап при осъществяване на мащабния преход на тарелковите ректификационни колони. Установено е, че увеличението на съпротивлението в течната фаза при ректификация намалява локалната ефективност на тарелката при еднакви други условия.

Разработена е методика за оптимизация на промишлени ректификационни колони [9]. Методиката включва два етапа: а) обследване на действащата колона и инженерен анализ на работата ѝ; б) построяване на математически модел на базата на експлоатационните данни и провеждане на компютърно симулиране на работа-

та на колоната. Методиката е приложена успешно за подобряване на ефективността на три промишлени колони в Лукойл-Нефтохим Бургас.

#### *Разработване на нови и усъвършенствани конструкции на масообменни апарати*

Основен подход за интензификация на ректификационните процеси е чрез целесъобразни конструктивни промени в апаратурата да се създаде оптимална хидродинамична структура на контактуващите фази, напр. намаление на надлъжното смесване в слоя върху тарелката, подобрене на сепарацията между реагиращите фази, увеличение на междуфазовата повърхност и др. В тази връзка в катедрата са разработени и проведени изследвания върху нови и усъвършенствани конструкции апарати и контактни елементи, напр. колони с подвижен сферичен пълнеж, правокова клапанна тарелка с отбойници, тънкослоен роторен топло- и масообменен апарат, спирален мрежест пълнеж и др.

Получени са експериментални данни и са предложени корелационни зависимости за изчисление на задържащата способност [10], междуфазовата повърхност [11] и коефициента на надлъжно смесване [12] в зависимост от геометрично-конструктивните размери и работни параметри на колони с подвижен сферичен пълнеж. Оценено е влиянието на надлъжното смесване върху частните коефициенти на масопренасяне и е показано, че неотчитането на това явление води до завишени крайни резултати при оразмеряването на апаратите. Намерено е, че при ректификация на сместа етанол-вода, 80–85% от съпротивлението на преносния процес е в парната фаза, като това разпределение слабо намалява с увеличение на наклона на равновесната линия и не зависи от скоростта на парната фаза.

Проведените изследвания върху работните характеристики на разработената правокова клапанна тарелка с отбойници показват, че направеното конструктивно усъвършенстване на тарелката „Гипронефтемаш“ намалява капкоувличането [13] и подобрява разпределението на течното съдържание по височина на двуфазната газотечна система [14]. Изведени са корелационни зависимости за определяне на коефициента на надлъжно смесване върху тарелката [15] и е оценено влиянието му върху частните коефициенти на масопренасяне по газова и течна фаза, отнесени за единица междуфазова повърхност [16]. Получените кинетични характеристики доказват високоефективната работа на правоковата клапанна тарелка с отбойници при големи натоварвания и я определят като перспективна при реконструкцията на действащи и изграждането на нови ректификационни колони.

Преди 25 години в катедрата беше конструиран и защитен с авторско свидетелство тънкослоен роторен топло- и масообменен апарат [17]. Характерно за апарата е, че се състои от редуващи се конични неподвижни и въртящи се тарелки оформени по специален начин.

С цел постигане на ниско хидравлично съпротивление, неподвижните тарелки са оформени с периферни лопатки. Те изсмукват парите от куба на колоната и ги изтласкват към върха ѝ [18]. Друга особеност на конструирания апарат е, че може да работи в условия на неадиабатна ректификация. За тази цел, кухият роторен вал се охлажда – ефект на парциална кондензация, а корпусът на апарата се нагрява – ефект на частично изпарение [19]. Чрез процеса абсорбция на кислород от въздуха с дестилирана вода е изследвана зависимостта на коефициента на масопренасяне в течна фаза от натоварването на апарата, конструктивните размери и оборотите на ротора. Доказано е, че апаратът притежава висока ефективност и при неадиабатна ректификация, и е постигната височина на преносната единица по-малка от 0.1 m.

След математическата обработка на опитните резултати е изведена емпирична корелационна зависимост за изчисление на височината, която е еквивалентна на една преносна единица, и коефициента на масопренасяне в течната фаза. Зависимостите са изведени в критериялна форма [20,21]. Разпределението на внесената външна енергия в тънкослойния роторен апарат е от значение при оценка на енергийната ефективност на апарата [22]. Получените математически зависимости дават възможност за оценка на енергийната ефективност на апарата.

От 20 години в катедрата се работи и върху ефективността на различни пълнежи, намиращи широко приложение в масообменната апаратура. Изследвани са както хидродинамичните [23–26], така и масообменните [27–30] характеристики на считаните за най-модерни в последните години мрежести пълнежи. Кинетичните масообменни характеристики на разработения в катедрата спирален мрежест пълнеж са определяни както по т.нар. „студен модел“ (частни коефициенти на масопренасяне в течна и газова фаза) [27,28], така също и в условията на атмосферна и вакуум ректификация [29,30]. При свободен обем  $0.96 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  и специфична повърхност  $620 \text{ m}^2 \text{ m}^{-3}$  в работната област на пълнежа е постигната височина на преносната единица от 0.2 m.

#### *Изследване и симулиране на процеси във флуидизиран слой*

Второто научно направление на катедрата се занимава с изследване и симулиране на процесите във флуидизиран слой. Водещ преподавател-изследовател е проф. дн Д. Митев. Спецификата на това направление се развива в няколко насоки.

#### *Хидродинамика на кипящ (уравновесен) слой*

Разработени са физически модел и математически модел и съответните устройства и инсталации за провеждане на опити и доказване на резултатите [31,32]. Получени са нови характеристични уравнения за ки-

пящ слой, в частност за разхода на кипящия слой, за определяне на минималната скорост  $w_{kc}/w_{виг}$  на уравновесения кипящ слой, които много добре се съгласуват с опитните данни на различни автори.

#### *Топлообменни процеси (топлообмен на повърхност със слой)*

За пръв път теоретично и опитно е показан и доказан втори максимален коефициент,  $\alpha_{maxII}$ , между кипящ слой и потопена в него повърхност [33–35].

#### *Масообменни процеси*

Създадени са модели и технологии, проведени са експерименти по сушене на различни материали (хлебно зърно, фаянсови изделия, дървесни изделия) с помощта на зеолити. Получени са много добри резултати, които са изключително актуални за днешния ден. Намалени са разходите за енергия и времето, необходимо за отделяне на влагата, до 3–4 пъти.

#### *Топло-масообменни процеси (сушене, десорбция)*

Разработена е технологична и конструктивна документация и са внедрени в производства на химическата и хранително-вкусовата промишлености следните технологии и инсталации: технология и инсталация за сушене на тетрациклин хидрохлорид; технология и инсталация за сушене на Н киселина; технология и инсталация за оползотворяване на неоплодени яйца; технология и инсталация за сушене на сол; технология и инсталации за сушене на кафе, фъстъци, слънчоглед, бадеми, дикалциев фосфат и други.

#### *Математическо моделиране на кинетиката на химични реакции*

Водещ преподавател по това направление е проф. дн Д. Каменски. Разработен е нов топологично базиран подход за моделиране в химичната кинетика и методи за оценка на параметри. Посредством кинетични графи са предложени универсална класификация, код и индекс на сложност обхващащи всички (известни и неизвестни) линейни механизми на каталитични и некаталитични химически реакции [36]. Съставени са стандартни таблици на всички топологично различни линейни реакционни механизми с 1, 2, 3 и 4 маршрута и от 2 до 6 междинни съединения [37]. Тези таблици са използвани при разработване на автоматизирана система за кинетични изследвания. Разработен е нов метод за оценка на параметри на математически модели, представляващи рационални функции [38,39]. Методът е съпоставим по точност и сходимост с методите на Гаус и Левенберг-Маркуарт при добро начално приближение и неголеми отклонения между експерименталните и изчислените по модела величини. Той превъзхожда метода на Левенберг-Маркуарт по сходимост при произволно избрана начална точка.

Разработен е нов диференциален метод с приложение на рационални функции за оценка на параметри на математически модели представляващи система от обикновени диференциални уравнения [40]. Резултати от приложението на метода показват, че получените оценки на параметрите са съпоставими по точност с изчислените по класическия интегрален метод и превъзхождат тези, получени по директния интегрален метод със сплайн-апроксимации.

Разработените нови методи са приложени за изучаване на кинетичните закономерности на десет каталитични химични реакции с промишлено значение [41–45]. За всички изследвани реакции са получени адекватни кинетични модели, някои от които са използвани за оптимално проектиране на нови или управление на действащи химични реактори. Разработени са компютърни програми за моделиране кинетиката на сложни химически реакции с използване на двата нови метода за оценка на параметри.

#### *Наноструктури – синтез и приложение*

Натрупаният опит и оборудването, с което разполага катедрата, допринасят за успешно реализиране на изследователската работа по проблема за наноструктурите. В последните години в катедра „Химично инженерство“ се провеждат редица опитни изследвания за синтез на карбонатни наноразмерни структури посредством химично взаимодействие, по т.нар. метод на обратния мицел (W/O) [46–49]. По този проблем се изпълнява една докторантура. В резултат на проведените изследвания в областта на нанотехнологията са постигнати следните резултати:

- разработена е методика и е изследван процес за получаване на наноразмерни карбонатни частици по метода на обратния мицел и е предложен вероятен механизъм на процеса;

- получени са наночастици от бариев, калциев и никелов карбонат посредством химическа реакция в условия на обратна микроемулсия. Същите съединения са изследвани посредством електронна микроскопия и имат сферична форма с размери (диаметър) от 20 до 30 nm;

- изчислени са стойностите на повърхностно напрежение на отделните фази и стойността на междофазово напрежение;

- изследвано е влиянието на началната концентрация на неорганичната фаза върху размера на получените наноструктури, при постоянни други реакционни условия;

- проведено е системно изследване на ролята на реакционните условия при синтеза на наноструктури от бариев карбонат в лабораторен реактор посредством метода на пълния факторен експеримент. Получена е полиномна зависимост, описваща адекватно изследвания процес. Оценена е значимостта на влиянието на основните физикохимически параметри върху размера на наноструктурите;



– направена е експериментална оптимизация на модела. Получени са оптималните реакционни условия за синтез на наноразмерни частици в обратна микро-емулсионна система;

– получени са наноструктурирани катализаторни системи ( $\text{NiO}/\text{TiO}_2$  и  $\text{NiO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ). Изследвани са морфологията и строежа им чрез сканираща електронна микроскопия. Посредством атомно-абсорбционен анализ е определено съдържанието на никелов оксид, включено в катализаторите;

– каталитичната активност на частично наноструктурираната катализаторна система със състав  $\text{NiO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  е изследвана в процеса на окислително дехидрогениране на етан до получаване на целеви продукт – етен. Процесът е проведен в метален реактор с флуидизиран слой.

По посочените научни направления в катедрата са разработени над 50 договора, финансирани от различни производствени предприятия и фирми, Министерството на образованието и науката, а също така и по различни международни рамкови програми. По научната тематика на катедрата са публикувани над 300 научни статии у нас и в чужбина, получени са над 40 авторски свидетелства. Преподаватели от катедрата са взели участие в над 50 различни национални и международни форуми в областта на инженерната химия у нас и в чужбина.

Катедрата поддържа активни творчески контакти с редица научни организации: университет „Ото Фон Гуерике“, Магдебург (Германия), университет „Мартин Лутер“, Хале-Витенберг (Германия), Московска академия за фини химични технологии „Ломоносов“, Москва (Русия), Московски химикотехнологичен университет „Менделеев“, Москва (Русия), Институт по инженерна химия към БАН, София, Институт по механика към БАН, София, Химикотехнологичен и металургичен университет, София.

## Литература

1. Sh. Tassev, Sh. Stefanov, P. M. Petrov, Chem. Ing. Techn. 49 (1977) 650.
2. Ж. Тасев, Р. Куцаров, С. Асефан, Годишник ВХТИ София 29 (4), (1984) 39.
3. Ж. Тасев, Ж. Стефанов, В. Николов, Химия и индустрия 58 (1986) 368.
4. Sh. Tassev, Zh. Stefanov, P. M. Petrov, in Chemical and Process Engineering CHISA'96, Proc. 12 Int. Conf. 25–30 August 1996, Prague, Czech Republic, P3, p. 139.
5. Sh. Tassev, Zh. Stefanov, P. M. Petrov, Bulg. Chem. Commun. 31 (1999) 457.
6. Ж. Стефанов, Ж. Иванов, Ж. Тасев, в Науката в условията на глобализацията през 21 век, Международна научна конференция, 1–2.06.2006 г., Стара Загора, Съюз на учените, том 3, стр. 393.
7. Ж. Стефанов, М. Караиванова, Годишник университет „Проф. д-р Асен Златаров“ 37 (1), (2008) 88.
8. Ж. Тасев, Дисертация за научната степен „доктор на техническите науки“, университет „Проф. д-р Асен Златаров“, Бургас, 1996.
9. Ж. Тасев, Р. Куцаров, Н. Ралев, С. Димитров, Химия и индустрия 57 (1985) 32.
10. P. M. Petrov, Sh. Tassev, Chem. Ing. Techn. 50 (1978) 887.
11. Sh. Tassev, P. M. Petrov, Sh. Stefanov, Wiss. Z. TH Leuna Merseburg 20 (1978) 491.
12. P. M. Petrov, Sh. Tassev, Compt. rend. Acad. bulg. Sci. 32 (1979) 313.
13. Ж. Тасев, Ж. Стефанов, Химическое и нефтяное машиностроение (4), (1982) 35.
14. Ж. Тасев, Ж. Стефанов, В. Николов, Химия и индустрия 58 (1986) 368.
15. Zh. Tasev, Zh. Stefanov, D. Kamenski, Ind. Eng. Chem. Process. Des. Dev. 25 (1986) 181.
16. Ж. Стефанов, Ж. Тасев, Химическое и нефтяное машиностроение (4), (1986) 12.
17. Ж. Тасев, Хр. Генчев, Авторско свидетелство 40682 (1985).
18. Ж. Тасев, Хр. Генчев, Биотехнологии и химия (5), (1989) 28.
19. Ж. Тасев, Хр. Генчев, Теор. основы хим. технол. 26 (1992) 556.
20. Ж. Тасев, Хр. Генчев, Теор. основы хим. технол. 24 (1990) 684.
21. Ж. Тасев, Хр. Генчев, Теор. основы хим. технол. 31 (1997) 213.
22. Хр. Генчев, Ж. Тасев, Годишник ВХТИ Бургас 26 (1), (1991) 13.
23. Хр. Генчев, Ж. Тасев, Годишник ВХТИ Бургас 29 (1), (1994) 13.
24. Хр. Генчев, Ж. Тасев, Годишник ВХТИ Бургас 29 (1), (1994) 19.
25. Ch. Gentshev, Sh. Tasev, in Chemical and Process Engineering CHISA'96, Proc. 12 Int. Conf., 25–30 August 1996, Prague, Czech Republic, P3, p. 121.
26. П. М. Петров, Хр. Генчев, Годишник на университет „Проф. д-р Асен Златаров“ 35 (1), (2006) 51.
27. Хр. Генчев, Ж. Тасев, Годишник на университет „Проф. д-р Асен Златаров“ 31 (1), (2002) 102.
28. Хр. Генчев, Ж. Тасев, Годишник на университет „Проф. д-р Асен Златаров“ 31 (1), (2002) 107.
29. Хр. Генчев, П. М. Петров, Годишник на университет „Проф. д-р Асен Златаров“ 35 (1), (2006) 54.
30. Ж. Тасев, Хр. Генчев, Годишник на университет „Проф. д-р Асен Златаров“ 35 (1), (2006) 62.
31. Д. Т. Митев, Д. Р. Русев, Ж. прикл. хим. 60 (1987) 2381.
32. Д. Р. Русев, Докторска дисертация, университет „Проф. д-р Асен Златаров“, Бургас, 1989.
33. Д. Т. Митев, Г. Д. Гроздев, Ж. прикл. хим. 59 (1986) 2039.
34. В. М. Хобта, Д. Т. Митев, Ж. прикл. хим. 69 (1996) 1709.
35. Д. Т. Митев, Екология и бизнес, (3–4), (2007) 71.
36. D. Bonchev, D. Kamenski, O. N. Temkin, J. Comp. Chem. 3 (1982) 95.
37. D. Bonchev, D. Kamenski, O. N. Temkin, J. Math. Chem. 1 (1987) 345.
38. S. Dimitrov, D. Kamenski., Comput. Chem. Eng. 15 (1991) 657.
39. S. Dimitrov, D. Kamenski., Comput. Chem. Eng. 23 (1999) 1011.
40. D. Kamenski, S. Dimitrov, Comput. Chem. Eng. 17 (1993) 643.
41. G. Angelova, D. Kamenski, N. Dimova, Fuel 68 (1989) 1433.
42. D. Kamenski., O. N. Temkin, D. Bonchev, Appl. Catal. 88 (1992) 1.
43. D. Kamenski, S. Dimitrov, K. Vasilev, Oxid. Commun. 8 (1995) 267.
44. D. Kamenski, V. Nenov, Oxid. Commun. 20 (1997) 606.
45. V. Nenov, D. Kamenski, Environ. Model. Software 19 (2004) 517.
46. Chr. Karagiozov, D. Momchilova, Chem. Eng. Process. 44 (2005) 115.
47. D. Momchilova, D. Ahchieva, L. Moerl, Chr. Karagiozov, A. Slavova, Annu. Assen Zlatarov Univ. 34 (1), (2005) 66.
48. A. Slavova, Chr. Karagiozov, B. Bogdanov, Annu. Assen Zlatarov Univ. 35 (1), (2006) 34.
49. A. Slavova, Chr. Karagiozov, J. Ulrich, B. Bogdanov, Int. Rev. Chem. Eng. (под печат).