

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА, ТЕПЛОТЕХНИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

УДК 66.011(091)

А. И. Ершов, профессор

## 40 ЛЕТ КАФЕДРЕ «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ» (ПиАХП) БГТУ

The article deals with the historic facts of development of faculty of process and apparatus of chemical productions and the results on educational, science-investigation and methodical works.

Формирование кафедры ПиАХП БГТУ начало осуществляться в 1965 г. одновременно с другими кафедрами химико-технологического профиля. До этого момента дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» частично преподавалась студентам на кафедре гидравлики и водного транспорта леса доцентами Красником Г. М. и Лебедем С. С., ассистентом Герман Р. И., а частично на кафедре энергетики ст. преподавателем Чехольским С. Л. и ассистентом Жерко А. А.

Поскольку в то время высококвалифицированных специалистов по химико-технологической инженерии в Беларуси не было, то ректорат Белорусского технологического института (профессор Вихров В. Е., доцент Батиц Н. А.) для организации кафедры пригласил из Ленинградского технологического института им. Ленсовета канд. техн. наук Ершова А. И.

Необходимо подчеркнуть, что дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» [1-4] является базовой в инженерной подготовке студентов, специализирующихся для работы в химической и смежных с ней отраслях промышленности, и имеет определяющее значение на стадии приобретения квалификации. Она базируется на фундаментальных законах физики, химии, механики и служит связующим звеном теоретических и прикладных знаний в химической технологии и технике. В лекционном курсе студентам излагаются физико-химические закономерности протекания процессов, общие для любой химической технологии, а также рассматриваются принципы устройства и методы расчета аппаратов и машин для их проведения. На практических занятиях внимание уделяется приобретению навыков в решении прикладных инженерных задач. На лабораторных занятиях изучаются важнейшие характери-

стики типовых процессов и аппаратов, а также влияние различных факторов на технико-экономические показатели работы промышленных установок. Курсовое проектирование является заключительной стадией в освоении дисциплины ПиАХТ и ставит своей целью закрепление и расширение знаний по теоретическому курсу, самостоятельное освоение методик инженерного расчета и конструирования в преддверии дипломного проектирования. С учетом определяющей роли указанной дисциплины в подготовке инженеров химико-технологического профиля и осуществлялось формирование и развитие самой кафедры.

В первом 1965/66 учебном году работы кафедры преподавание осуществлялось зав. кафедрой доц. Ершовым А. И., ст. преподавателем Чехольским С. Л., ассистентом Жерко А. А. с участием ст. лаборанта Тана В. А., причем базовое образование из них имел только зав. кафедрой. Первоначальный опыт работы показал всю сложность выполнения поставленных задач, выявил необходимость привлечения высококвалифицированных специалистов со стороны и создания самостоятельной лабораторной базы для обеспечения учебно-методической и научной деятельности. По согласованию с ректоратом в 1966 г. были приглашены из ведущих вузов страны канд. техн. наук, доц. Плехов И. М. (ныне профессор, д-р техн. наук., заслуженный изобретатель БССР), канд. техн. наук Астахов В. А., канд. техн. наук Лукин В. Д., в 1967 г. переведен приказом из Минвуза БССР доц. Татаренков В. Т., направлены по распределению способные молодые специалисты Ермакович Н. П., Крутикова С. П., Хориков В. С. и начата подготовка собственных научно-педагогических кадров через аспирантуру и по линии соискательства (Гухман Л. М., Ельки-

на Е. Д., Мохнаткин Р. А., Тан В. А., Ермакович Н. П. и др.).

В результате такого подхода задача с формированием профессорско-преподавательских кадров была успешно решена за короткие сроки и к середине 70-х гг. в составе кафедры ПиАХП уже трудились 2 д-ра техн. наук, профессора (Ершов А. И., Астахов В. А.), 3 канд. техн. наук, доценты (Зорина Г. И., Татаренков В. П., Лукин В. Д.), 2 ст. преподавателя (Ермакович Н. П., Чехольский С. Л.), 2 ассистента (Крутикова С. П., Хориков В. С.).

Одновременно с решением кадрового вопроса осуществлялось становление лабораторной базы. При этом традиционный путь создания учебных установок в ЛТИ им. Ленсовета, МХТИ им. Д. И. Менделеева и других вузах, включающих промышленное оборудование, приводил при большом числе поточных групп студентов к значительным затратам реактивов, энергии и не совсем оправдывал себя в методическом плане. С другой стороны, постановка опытов в посуде, изготовленной из лабораторного стекла, не воспроизводила реальности протекания процессов в типовых аппаратах и машинах. На основе сравнительного анализа наиболее рациональной была принята организация лабораторного практикума на модельных установках, позволяющих при соблюдении условий масштабного перехода и экономных расходах сред фиксировать истинные рабочие параметры технологических процессов с учетом конструктивных особенностей оборудования.

При выборе оптимального варианта дискуссионно решался вопрос основополагающего принципа постановки лабораторных работ – по аппаратурному или процессуальному признаку. Согласно практическому опыту, основные технологические процессы устойчивы и долговечны, а оборудование непрерывно совершенствуется и реконструируется. Исходя из этого, в основу большинства лабораторных работ положен не аппаратурный, а процессуальный признак, учитывающий кинетическое состояние системы и движущую силу процесса.

Поскольку процессы химической технологии относятся к числу многофакторных, то в каждой лабораторной работе предусматривается не узкая, а комплексная задача, позволяющая студентам устанавливать логическую взаимосвязь между отдельными параметрами.

Для проектирования лабораторных стендов по ПиАХТ требовались конструкторы, а на их изготовление и монтаж – дорогостоящее оборудование, приборы, арматура, станки, инструменты, материалы и самое главное – денежные

средства и квалифицированные рабочие. В ту пору при формировании в БТИ сразу целого десятка новых подразделений объемы финансирования из Госбюджета на каждую отдельную кафедру были очень ограниченными. В создавшейся ситуации самым радикальным путем являлось заключение хозяйственных договоров на выполнение НИР с отраслевыми институтами и промышленными предприятиями. И такая возможность была реализована.

В 1966 г. кафедра ПиАХП заключила хозяйственные договоры с ВНИИСК им. Лебедева в г. Ленинграде по теме «Излечение непревращенных циклосилоксанов из каучуков СКТН в скоростных массообменных аппаратах» и Светлогорским ЗИВ по теме «Регенерация осадительной ванны на вакуум-выпарных установках в 1-м производстве вискозного корда». Объемы финансирования этих работ позволили приобрести совместно с кафедрой ТНВ токарный и сверлильный станки, а также оформить на работу зав. лабораторией Прудникова Л. В., учебного мастера Егорова С. Д., инженеров Новосельскую Л. В., Протасова С. К. и лаборанта – чертежника Денисенкову Л. В. для выполнения проектных работ, лаборанта – машинистку Каравай Л. М. и квалифицированных рабочих Шелегова А. В. и Лукашевича Ф. А. Совместными усилиями преподавателей кафедры, аспирантов и вышеперечисленных сотрудников в сжатые сроки были спроектированы, изготовлены и смонтированы 6 учебных и 5 научно-исследовательских установок, что позволило уже в 1972 г. подготовить и издать первый лабораторный практикум по процессам и аппаратам химической технологии [5].

На первоначальной стадии (1965–71 гг.) существенную помощь в материальном обеспечении и необходимую моральную поддержку оказали Министр высшего и среднего специального образования БССР Дорошевич М. В. и начальник Управления химической промышленности Тихонов А. И.

При содействии Дорошевича М. В. была разрешена подготовка аспирантов Ершову А. И., Плехову И. М., Астахову В. А. и, кроме того, было закуплено дефицитное импортное оборудование за счет валютных средств, а при содействии Тихонова А. И. в 1967–68 гг. открыта отраслевая научно-исследовательская лаборатория по химической технике с централизованным финансированием НИР Управлением химической промышленности. В результате такого подхода с 1966 по 1975 г. были подготовлены и защищены 2 докторские диссертации (Астахов В. А., Ершов А. И.) [6, 7], 8 кандидатских (Гухман Л. М., Мохнаткин Р. А., Тан В. А., Зорина Г. И., Собин В. М., Новосель-

ския Л. В., Кацашвили В. Г., Машарова Л. П.) и установлено тесное содружество с предприятиями по производству химических волокон. В лабораторных условиях проведены исследования процесса выпаривания и дегазации раствора осадительной ванны с добавками ПАВ и предложены оригинальные технические решения по модернизации выпарных установок [8, 9], позволившие своевременно вывести на проектные мощности первое и второе производства Светлогорского завода искусственного волокна с экономическим эффектом свыше 2 миллионов рублей (в ценах 1970 г.).

В этот же период весьма плодотворным оказалось творческое сотрудничество с УКРНИИгазом. В результате совместных исследований и промышленных испытаний были разработаны эффективные сепараторы для очистки природного газа от механических взвесей производительностью 5–15 млн. м<sup>3</sup>/сутки под давлением 6–8 МПа для северных газовых месторождений и освоено их серийное производство на Черновицком машиностроительном заводе [10–11].

Самостоятельные исследования по статике и кинетике адсорбции в едином научном направлении велись на кафедре в 1966–77 гг. под руководством доцента Астахова В. А.

Оценивая деятельность кафедры ПиАХП на первоначальном этапе (1965–1975 гг.) в целом положительно, следует отметить, что за этот период был создан только основательный фундамент, позволявший осуществлять учебную, учебно-методическую и научно-исследовательскую работы на должном уровне, но требовавший дальнейшего успешного их развития и достижения новых качественных рубежей.



Основатель кафедры ПиАХП проф. А. И. Ершов

По некоторым объективным, а в большей степени по субъективным причинам раздел курса ПиАХТ по основам гидравлики до

1976 г. преподавался на кафедре гидравлики и водного транспорта леса, что создавало неудобства в объективной оценке знаний студентов и противоречило здравому смыслу. Для разрешения имеющихся противоречий сотрудники кафедры ПиАХП в самые сжатые сроки разработали, из-готовили и смонтировали 5 учебных установок по основам гидравлики и дополнительно 7 установок по тепловым и массообменным процессам. В результате чего к началу 80-х гг. в основном завершилось формирование учебных лабораторий по гидромеханическим, тепловым и диффузионным процессам, оснащенных действующими модельными установками отечественного и зарубежного производства, которые позволяют соблюдать условия масштабного перехода и при экономных расходах реактивов и энергии фиксировать нужные параметры, адекватные реальным производственным условиям.

Благодаря высокому уровню оснащенности кафедры ПиАХП БГТУ здесь стажировались преподаватели других вузов, а также специалисты НИИи отраслевых организаций: Могилевского технологического института, Полоцкого политехнического института, Днепропетровского технологического института, Харьковского политехнического института, Камагузйского университета, Московского и Ленинградского НИИХИММАШа, УкрНИИгаза, ЦКБН, ГИАПа, ИОНХ АН СССР и др.

В 1988 г. издательством «Университетское» выпущен лабораторный практикум по ПиАХТ, допущенный МВиССО в качестве учебного пособия для студентов химико-технологических специальностей вузов [12].

В 1990 г. проводился Всесоюзный семинар УМО с участием зав. кафедрами ПиАХП ведущих вузов.

Вместе с тем на данной стадии развития кафедры происходили существенные изменения кадрового состава. В 1978 г. профессор Астахов В. А. становится заведующим кафедрой охраны окружающей среды и техники безопасности, из-за отсутствия жилья уезжают из Минска ассистент Гухман Л. М., доц. Лукин В. Д., доц. Зорина Г. И., переходят на работу в НИИ доц. Татаренков В. Т. и на Минский фарфоровый завод ассистент Хориков В. С. Вместо них избираются по конкурсу последовательно доц. Карпенков А. Ф., доц. Александрова М. В., ст. преподаватель Ермакович Н. П. (позднее канд. техн. наук, доц.), ст. преподаватель. канд. техн. наук Собин В. М. (позднее доц.), ассистент Хотин Л. М. (позднее канд. техн. наук, доц.), ассистент Марков В. А. (ныне зав. кафедрой, д-р техн. наук, профессор), ассистент Протасов С. К. (ныне канд. техн. наук, доц.), ассистент Кали-

шук Д. Г. (ныне канд. техн. наук, доц.), ассистент Лахтанов С. А.

Несмотря на изменения в профессорско-преподавательском составе, непрерывно происходящие до 1988 г., учебная, учебно-методическая и научно-исследовательская деятельность продолжают совершенствоваться и развиваться. Кроме лабораторного практикума за этот период подготовлены и изданы необходимые учебно-методические пособия по курсовому проектированию [13–14], по выполнению контрольных работ для студентов-заочников [15–17]. Все это тесно сочеталось с выполнением фундаментальных и прикладных научных исследований.

После упразднения в 1971 г. Управления химической промышленности БССР совместным решением Минхимпрома СССР и Минвуза БССР при кафедре ПиАХП была открыта союзная отраслевая научно-исследовательская лаборатория «Интенсификации процессов взаимодействия газо(паро)-жидкостных систем», в рамках которой проводились комплексные исследования закономерностей гидродинамики и явлений тепломассопереноса при взаимодействии газо(паро)-жидкостных систем в скоростных потоках. Результаты исследований позволили обосновать перспективность гидродинамических способов интенсификации процессов абсорбции, выпаривания, ректификации, экстракции, сепарации и др., а также создать новые аппараты различного назначения.

В частности, разработаны:

– контактные устройства прямоточно-центробежного типа [18–20] для абсорбционных и ректификационных колонн, обеспечивающие скорость газа на сечение аппарата 7–8 м/с, что в 2,5–3 раза выше, чем в типовых колоннах с колпачковыми и клапанными тарелками;

– пленочные аппараты противоточно-центробежного действия [21, 22], которые предназначены для проведения тепло-массообменных процессов в интенсифицированных режимах с одновременным подводом или отводом тепла в зоне контакта;

– аппараты со стесненно-направленным барботажем фаз в зоне контакта [23–25], позволяющие проводить процессы тепломассообмена и химических превращений при высоких плотностях орошений и нагрузках по фазам в широком диапазоне их изменения;

– конструкции выпарных аппаратов [26–29] для концентрирования пенящихся и кристаллизующихся растворов;

– сепараторы различного назначения [30–32], обеспечивающие высокую степень очистки технологических и отходящих газов от взвесей.

Все вышеперечисленные разработки выполнены на уровне изобретений и доведены до технических решений и внедрения в производства азотных удобрений, химических волокон, нефтегазовой промышленности и др. Экономический эффект от внедрения составил в 1975–80 гг.  $\approx 4,5$  млн. рублей, а в 1980–90 гг.  $\approx 3$  млн. рублей (в ценах на тот период). Кроме того, внедрение разработок способствовало своевременному выводу на проектные мощности и выше второго, третьего и четвертого производств карбамида, первого и второго производств капролактама на Гродненском ПО «Азот», что позволило отказаться от строительства 3-й очереди производства капролактама.

За разработку контактно-сепарационных устройств и их широкое внедрение в промышленность профессорам Ершову А. И., Плехову И. М., Левданскому Э. И. совместно с сотрудниками Гродненского ПО «Азот» в 1976 г. присуждена государственная премия БССР по науке и технике. При этом весомый вклад в выполнение НИР и технических разработок внесли: доценты Марков В. А., Ермакович Н. П., Хотин Л. М., Протасов С. К., Калишук Д. Г., кандидаты технических наук Карпович А. И., Голдар А. П., Шнайдерман М. Ф., Рабко А. Е., инженеры Шишло Б. М., Забаенков В. А., Лахтанов С. А., Лакомкин А. А., Денисенкова Л. В., Понамарева Л. М. и др.

Образцы разработок демонстрировались на ВДНХ СССР, международных выставках и отмечены 1 золотой, 2 серебряными и 4 бронзовыми медалями.

Весьма плодотворным оказалось сотрудничество нашей кафедры с кафедрой МиАХП (возглавляемой с 1967 г. профессором Плеховым И. М.), ЦКБН, ТюменьНИИГИПРОгазом. В результате совместных исследований и промышленных испытаний разработаны скоростные массообменные аппараты (контакторы) осушки природного газа от влаги перед транспортировкой его по магистральным трубопроводам производительностью 5–15 млн. м<sup>3</sup>/сутки. Серийное производство этих аппаратов осуществляется Волгоградским машиностроительным заводом им. Петрова. Экономический эффект от применения только в 1978 г. составил свыше 5 млн. рублей (в ценах того времени).

К выполнению НИР постоянно привлекаются студенты, которые участвуют не только в лабораторных исследованиях, но и опытно-промышленных испытаниях во время прохождения практик. Как правило, результаты НИР они закладывают в свои дипломные проекты или доклады, с которыми выступают на НТК. Многие из них, проявившие склонно-

сти к научно-исследовательской работе, были рекомендованы ГЭК для поступления в аспирантуру сразу же после окончания вуза (Жалковский В. И., Суслов С. Л., Голдар А. И., Забаенков В. А., Лакомкин А. А., Рабко А. Е., Боровик А. А., Саевич Н. П., Чаровский А. А.), большинство из которых потом защитил кандидатские диссертации.

Благодаря своей актуальности тематика НИР, начиная с 1970 г., включалась в координационные программы Госплана БССР, отраслевых министерств, АН СССР, АН БССР и привлекала внимание специалистов внутри страны и за рубежом.

С 1975 по 1985 г. осуществлялось научное сотрудничество с центральным физико-химическим институтом в Берлине и с ИОНХом им. Курнакова АН СССР по исследованию закономерностей взаимодействия газожидкостных систем в скоростных потоках, результатом которого явилась совместная разработка дисперсионно-пленочных массообменных аппаратов, запатентованных в СССР и Германии [36, 37].

В 1978–80 гг. доц. Марков В. А. проходил научно-педагогическую стажировку в Швейцарии – учебном заведении ЕТН г. Цюриха и проводил научные исследования по тепломассопереносу. В 1990 г. он был командирован на 2 месяца в Камагуэйский технический университет на Кубе для чтения лекций по ГИАХТ и оказания помощи в проведении исследований и формировании учебных лабораторий. Доц. Карпенков А. Ф. проводил учебную работу в университете Алжира (1977–78 гг.) и в университете Сантьяго-де-Куба (1980–81 гг.).

В свою очередь, на нашу кафедру в целевую аспирантуру были направлены в 1980–90 гг. кубинец Рикардо Роберто Гонзалес, сотрудник физико-технического института АН Молдавской ССР Сырбу В. К., ассистент ПГУ Волков В. К. Они все успешно окончили аспирантуру и защитили кандидатские диссертации [38–40].

Кроме того, защитили кандидатские диссертации Жалковский В. И., Шнайдерман М. Ф., Хотин Л. М., Изох А. И., Голдар А. П., Ермакович Н. П., Протасов С. К., Суслов С. Л., Рабко А. Е., Калишук Д. Г.

Таким образом, к концу 80-х началу 90-х гг. на кафедре ПиАХП БГТУ сформировалась самостоятельная научно-педагогическая школа по химико-технической инженерии со следующими основными направлениями деятельности:

- подготовка научно-педагогических и исследовательских кадров по химико-технической инженерии, а также инженерных кадров по химической технологии и технике для химической промышленности и смежных с ней отраслей производств;

- научное обоснование гидродинамических способов интенсификации технологических процессов и явлений переноса при взаимодействии фаз в гомогенных и гетерогенных средах;

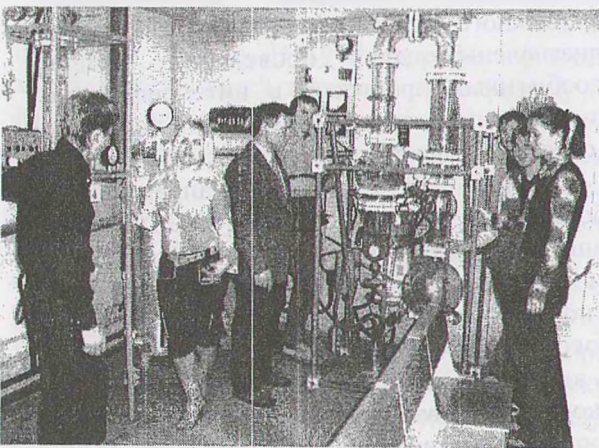
- создание эффективных и энергоэкономичных аппаратов для проведения процессов абсорбции, выпаривания, ректификации, сепарации, экстракции с разработкой инженерных методов их расчета.

За плодотворную учебную, учебно-методическую и научно-исследовательскую деятельность в этот период коллектив кафедры был награжден почетной грамотой Минвуза, а ее основателю и руководителю до 1995 г. (автору обзора) присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки РБ.

По целому ряду причин весьма напряженно складывалась работа коллектива кафедры в период с конца 80-х гг. прошлого века по настоящее время.



Ветеран кафедры ПиАХП ассистент С. П. Крутикова проводит занятия со студентами в лаборатории диффузионных процессов



Ветеран кафедры ПиАХП доц. С. К. Протасов проводит занятия со студентами в лаборатории тепломассообменных процессов

Прежде всего, с вводом в 1988 г. в эксплуатацию нового учебно-лабораторного корпуса За нам было поручено в сжатые сроки перебазировать кафедру на выделенные там площади. Для этого потребовалось демонтировать все учебные и научно-исследовательские установки, а затем обеспечить бережную транспортировку оборудования и осуществить заново его монтаж. Выполнить такой объем работ своими силами оказалось очень сложно, так как учебный процесс не прерывался. За помощью пришлось обратиться к студентам очного и заочного обучения и с их участием все сделали в установленные сроки. При монтаже учебных установок по основам гидравлики часть из них была переоборудована учебным мастером Тяпкиным М. Н.

Дополнительные трудности появились с распадом СССР и признанием белорусского языка государственным. Потребовалось в срочном порядке заново разрабатывать необходимые учебно-методические пособия по лабораторным работам, курсовому проектированию, контрольным работам и др. Здесь дополнительные нагрузки выпали на долю доцентов Маркова В. А., Протасова С. К., Калишук Д. Г. и инженера Понамареву Л. М., которые в свое время изучали и знали его. Они успешно справились с этой задачей, подготовив необходимые учебные пособия [41–43] и учебник [44] по первому разделу курса ПиАХТ.

В первой половине 90-х гг. обстановка осложнилась еще уходом с кафедры в сферу предпринимательской деятельности опытных преподавателей доцентов Ермаковича Н. П., Хотина Л. М., а также ст. преподавателя Рабко А. Е. и зав. лабораторией Савича И. А. Вместо них сразу же после окончания аспирантуры были направлены на преподавательскую работу ассистентами Боровик А. А. и Саевич Н. П., а зав. лабораторией принята Дядко З. К. Несмотря на молодой возраст они все очень ответственно отнеслись к делу и произошедшая смена не вызвала негативных последствий. К настоящему времени Боровик А. А. и Саевич Н. П. защитили диссертации и имеют ученую степень кандидата технических наук [45, 46].

С распадом СССР прекратили свою деятельность все проблемные и отраслевые лаборатории, включая и нашу.

В сложившейся обстановке и с возникшими проблемами, вызванными недостатком энергоносителей в промышленном производстве Республики Беларусь, тематику НИР, направленную в основном на интенсификацию технологических процессов, пришлось частично переориентировать на ресурсо- и энергосбережение.

В связи с этим в 1993–95 гг. осуществлялось творческое сотрудничество нашей научно-педагогической школы с Манчестерским университетом по пинч-технологии и проблеме ресурсо- и энергосбережения в химической промышленности, финансируемое Британским советом. Проводились совместные семинары и чтение лекций на кафедре ПиАХП БГТУ, в UMIST и на ПО «Полимир». В завершение сотрудничества разработан совместный проект совершенствования аппаратурно-технологической схемы цеха пиролиза и газоразделения на ПО «Полимир», предусматривающий сокращение энергозатрат на 12–15%.

В 1995 г. прекратил руководство кафедрой проф. Ершов А. И. (по возрасту) и новым заведующим избран доц. Марков В. А. Поскольку он работал на кафедре с 1976 г. и был в курсе всех дел, то произошла по существу не смена, а преемственность поколений в рамках одной научной школы. Такая преемственность позволила объединить опыт ветеранов (проф. Ершов А. И., доц. Протасов С. К., ассистент Крутикова С. П.) с инициативой молодых преподавателей (доц. Марков В. А., доц. Калишук Д. Г., ст. преподаватель Боровик А. А., ассистент Саевич Н. П.) и способствовала дальнейшему позитивному развитию деятельности кафедры, о чем свидетельствуют достигнутые результаты за этот период.



Коллектив кафедры ПиАХП

В 1996 г. Марков В. А. защищает докторскую диссертацию [47] и становится профессором, а в 1997 г. защитил кандидатскую диссертацию Боровик А. А. [45], что прежде всего повысило квалификационный уровень профессорско-преподавательского состава. Кроме того, с введением в Республике Беларусь новых стандартов образования возникла необходимость качественного улучшения методиче-

ского обеспечения учебного процесса. В связи с чем сотрудниками были подготовлены базовые программы по основным учебным курсам, читаемым студентам. Подверглись модернизации действующие установки лабораторного практикума и созданы новые установки: по нестационарному конвективному теплообмену; по статике и кинетике конвективной сушки; по кинетике адсорбции и десорбции в аппарате с неподвижным слоем (разрабатывались проф. Марковым В. А. и доц. Протасовым С. К., а изготавливались с участием зав. лабораториями Дядко З. К., Бояревича Д. В. и мастера Ермакова Н. В.). В завершение этой активной работы подготовлено к изданию новое пособие на белорусском языке [48, 49], 2-я часть учебника «Процессы и аппараты химической технологии».

Научно-исследовательская работа на кафедре, полностью соответствующая профилю, выполнялась как по темам, прошедшим конкурсный отбор внутри БГТУ и Минобразования РБ (ГБ 98–010, ГБ 21–044, ГБ 26–01), так и по хоздоговорам (ХД № 59–96/96–023, ХД № 23–060).

За истекший период по теме ГБ 98–010 выполнено математическое описание гидродинамики многофазных систем и реализация аналитических исследований в расчетах конструкций устройств для проведения тепломассообменных процессов.

По теме ГБ 21–044 проведена систематизация конструктивных решений и определены пути их совершенствования. Разработаны устройства с комбинированным способом взаимодействия газожидкостных потоков и изучены основные факторы, влияющие на эффективность массообмена в полях массовых сил.

По теме ГБ 26–01 проведены исследования и получены зависимости для инженерного расчета массообменных дисперсионно-пленочных устройств, а также расчета основных параметров теплопередачи в рекуперативном теплообменном аппарате с горизонтальными плоскооформенными трубами.

По теме ХД № 59–96/96–023 разработан технический проект энергоэкономичного выпарного аппарата многоступенчатого концентрирования раствора роданистого натрия с минимальными температурными потерями на гидростатический эффект в цехе «Нитрон» ПО «Полимир». Проектом предусмотрено снижение удельного расхода греющего пара с 0,55 до 0,3 т/т при производительности аппарата 40 т/час по упариваемой влаге.

Результаты исследований и разработок отражены в публикациях и докладах [50–57].

В связи с вышеизложенным может сложиться мнение, что на кафедре ПиАХП принимались только правильные решения и достигались исключительно положительные результаты. К сожалению, в действительности имели место и ошибочные мероприятия, которые не принесли особого вреда, но оказались не совсем востребованными. Из них приведу только два примера, чтобы другие не повторяли подобных действий.

В свое время при наличии достаточных средств на финансирование НИР по тематике отраслевой лаборатории осуществлялась подписка на ряд журналов (ИФЖ, ТОХТ, Химическая промышленность, Химическое машиностроение и др.) исключительно для кафедры ПиАХП, хотя они выписывались и библиотекой института. Данное мероприятие несколько сокращало время на доступ к свежей информации наших сотрудников, но противоречило общепризнанным правилам пользования библиотекой. На потраченные деньги можно было бы приобрести дополнительную учебную литературу.

Другой пример касается зала пилотных установок в учебно-лабораторном корпусе За, предусмотренного проектировщиками по предложению кафедры ПиАХП. В нем планировалось проведение испытаний образцов новой техники, минуя их опытно-промышленную проверку на предприятиях. Для этого были смонтированы газодувки, компрессоры, парогенераторы, линии разводки сжатого воздуха и пара. Но, как показала практика у нас, в UMIST Манчестера, на кафедре ОХТ Ново-Московского филиала МХТИ им. Д. И. Менделеева, такой путь не оправдывает себя по финансовым затратам на изготовление и монтаж оборудования, на проведение самих испытаний и не позволяет обеспечить полное масштабное подобие моделей и промышленного оборудования. Поэтому в настоящее время технические возможности установленного там оборудования используются не в полную меру.

Таким образом, за 40 лет кафедра ПиАХП сформировалась внутри БГТУ в самостоятельную научно-педагогическую школу по химико-технической инженерии, имеющую высококвалифицированный кадровый состав, хорошо оснащенную техническую базу и признанные достижения в учебно-методической и научно-исследовательской работе. Накопленный за истекший период опыт будет коллективом бережно сохраняться и развиваться дальше по всем направлениям деятельности в интересах общества и нашей страны.

## Литература

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Альяс, 2005.
2. Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов. – М.: Химия, 1969.
3. Циборовский Я. Основы процессов химической технологии: Пер. с пол. – М.: Химия, 1967.
4. Lehrbuch der Chemischen Verfahrenstechnik. 3., durchges. Auf 1. – Leipzig, 1973.
5. Лабораторный практикум по процессам и аппаратам химической технологии / Г. И. Зорина; Под научн. ред. А. И. Ершова. – Мн.: БТИ, 1972. – 46 с.
6. Астахов В. А. Методы расчета равновесия, кинетики и динамики адсорбционных процессов: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.17.08. – Л., 1974. – 378 с.
7. Ершов А. И. Разработка, исследование и применение элементарных ступеней контакта с взаимодействием фаз в закрученном потоке: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.17.08. – Л., 1975. – 301 с.
8. А. с. 237102 СССР, кл. 12е, 3/05. Центробежный сепаратор. – 1969.
9. Семенов А. С., Плехов И. М., Ермакович Н. П. Удаление газов из сливных трубопроводов осадительной ванны // Химические волокна. – 1974. – № 3. – С. 58.
10. А. с. 474176 СССР, Кл. В 01 D 53/26. Газосепаратор. – 1970.
11. А. с. 755486 СССР, Кл. В 01 D 53/18. Распределительное устройство для трубчатых противоточных аппаратов. – 1980.
12. Процессы и аппараты химической технологии: Лаб. практикум / А. И. Ершов, В. А. Марков, И. М. Плехов, В. М. Собин; Под общ. ред. А. И. Ершова. – Мн.: Университетское, 1988. – 273 с.
13. Методические указания к курсовому проектированию по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» / Д. Г. Калишук, В. А. Марков, С. К. Протасов; Под общ. ред. А. И. Ершова. – Мн.: БТИ, 1985. – 31 с.
14. Методическое пособие к курсовому проекту по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» / М. Ф. Шнайдерман, А. И. Ершов; Под общ. ред. А. И. Ершова. – Мн.: БТИ, 1986. – 48 с.
15. Методические указания и контрольные работы по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» / Н. П. Ермакович, С. П. Крутикова; Под общ. ред. А. И. Ершова. – Мн.: БТИ, 1984. – 18 с.
16. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий по курсу «Процессы и аппараты производств древесных плит и пластиков» / Л. М. Хотин; Под общ. ред. А. И. Ершова. – Мн.: БТИ, 1988. – 16 с.
17. Методические указания и контрольные работы по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» / Д. Г. Калишук, В. А. Марков; Под общ. ред. А. И. Ершова. – Мн.: БТИ, 1991. – 29 с.
18. А. с. 257439 СССР, Кл. 12е, 3/05. Контактная тарелка. – 1969.
19. А. с. 550161 СССР, Кл. В 01 D 3/26. Контактная тарелка. – 1976.
20. А. с. 1266034 СССР, Кл. В 01 D 3/26. Контактное устройство для теплообменных колонн. – 1986.
21. А. с. 821846 СССР, Кл. F 28 F 13/12. Теплообменная труба вихревого кожухотрубного теплообменника. – 1980.
22. А. с. 876144 СССР, Кл. В 01 D 3/28. Кожухотрубный колонный аппарат. – 1981.
23. А. с. 454033 СССР, Кл. В 01 D 3/18. Барботажно-прямоточное контактное устройство. – 1974.
24. А. с. 1036338 СССР, Кл. В 01 D 3/26. Теплообменный аппарат. – 1983.
25. А. с. 1286229 СССР, Кл. В 01 D 3/26. Контактное устройство. – 1986.
26. А. с. 285888 СССР, Кл. 12а, 2. Аппарат для выпаривания пенящихся растворов. – 1970.
27. А. с. 975024 СССР, Кл. В 01 D 1/12. Выпарной аппарат для водных растворов кристаллизующихся веществ. – 1982.
28. А. с. 1490111 СССР, Кл. В 01 D 1/10, 1/06. Способ выпаривания водных растворов мочевины и выпарной аппарат для его осуществления. – 1989.
29. Пат. 4331 РБ. Кл. В 01 D 1/4. Выпарной аппарат для концентрирования растворов. – 2001.
30. А. с. 237102 СССР, Кл. 12е 3/05. Центробежный сепаратор. – 1969.
31. А. с. 570381 СССР, Кл. В 01 D 47/00. Устройство для очистки газа от пыли. – 1977.
32. А. с. 999217 СССР, Кл. В 01 D 47/00. Аппарат для очистки газа. – 1982.
33. А. с. 13430793 СССР, Кл. В 01 D 47/00. Устройство для очистки газа. – 1987.
34. А. с. 572273 СССР, Кл. В 01 D 3/26. Массообменный аппарат для проведения процессов в системах газ(пар) – жидкость. – 1977.
35. А. с. 835455 СССР, Кл. В 01 D 3/26. Массообменный аппарат для проведения процессов в системе газ(пар) – жидкость. – 1981.
36. Patentschrift 138004 DDR, Cl. В 01 D 3/26. Flüssigkeits-austragvorrichtung für Gas-, Flüssigkeits-Kontakteinrichtungen. – 1977.
37. Patentschrift 198442 DDR, Cl. В 01 D 3/26. Kontaktvorrichtung für Wärme-Masseaustauschkolonnen. – 1980.



38. Гонзалез Р. Р. Закономерности уноса и сепарации капель в выпарном аппарате в зависимости от режимных и конструктивных параметров: Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08. – Мн.: БТИ, 1983. – 128 с.

39. Сырбу В. К. Очистка подземных вод Молдавии от сероводорода и фтора: Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08. – Мн.: БТИ, 1985. – 137 с.

40. Волков В. К. Закономерности движения и взаимодействия фаз в роторных массообменных аппаратах: Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08. – Мн.: БГТУ, 1993. – 156 с.

41. Маркаў У. А. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі: Тэксты лекцый па аднайменнай дысцыпліне. – Мн.: БГТУ, 1994. – 117 с.

42. Калишук Дз. Р. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі: Метадычныя ўказанні і кантрольныя работы па аднайменнай дысцыпліне для студэнтаў завочнага навучання хіміка-тэхналагічных спецыяльнасцей. – Мн.: БДТУ, 1997. – 29 с.

43. Калишук Дз. Р. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі: Метадычныя ўказанні да курсавой работы. – Мн.: БДТУ, 1998. – 40 с.

44. Маркаў У. А., Вайцяховіч П. Я. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі: У 2 ч. Ч. 1. Гідрамеханічныя і механічныя працэсы. – Мн.: БДТУ, 2002. – 298 с.

45. Боровик А. А. Разработка конструкции и метода расчета массообменного аппарата дисперсионно-пленочного типа: Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08. – Мн.: БГТУ, 1997. – 119 с.

46. Саевич Н. П. Интенсификация теплообмена путем ввода острого пара в жидкостную экономайзерную часть вертикальных трубчатых аппаратов: Дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08. – Мн.: БТИ, 2004. – 164 с.

47. Марков В. А. Разделение фаз в теплообменных аппаратах: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.17.08. – Мн.: БГТУ, 1996. – 350 с.

48. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі: Лабараторныя работы па аднайменнай дысцыпліне для студэнтаў хіміка-тэхналагічных спецыяльнасцей. У 2 ч. Ч. 1 / У. А. Маркаў, А. І. Яршоў, Дз. Р. Калишук і інш.; Пад агул. рэд. У. А. Маркава. – Мн.: БДТУ, 1999. – 59 с.

49. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі: Лабараторныя работы па аднайменнай дысцыпліне для студэнтаў хіміка-тэхналагічных спецыяльнасцей. У 2 ч. Ч. 2 / У. А. Маркаў, С. К. Пратасаў. – Мн.: БДТУ, 2003. – 87 с.

50. Саевич Н. П., Ершов А. И., Калишук Д. Г. Исследование распределения газа в многотрубных аппаратах при взаимодействии двухфазных систем / Труды БГТУ. Сер. III. – Мн.: БГТУ, 1998. – Вып. VI. С. 155–160.

51. Марков В. А. К расчету устройств для сепарации капель жидкости / Весці НАН РБ. Сер. фізіка-тэхнічных навук. – 1998. – № 1. – С. 15–120.

52. Ершов А. И., Плехов И. М. Исследования и технические разработки на кафедре ПиАХП по совершенствованию химических производств / Труды БГТУ. Сер. III. – Мн.: БГТУ, 2002. – Вып. VIII. – С. 191–209.

53. Калишук Д. Г., Саевич Н. П., Ершов А. И. Особенности теплообмена рекуперации и утилизации тепла при малых температурных перепадах между теплоносителями // Теплообмен ММФ–2000: Тр. IV Минского международного форума: АНК «ИТМО им. А. В. Лыкова» НАНБ. – Т. 11. – Мн., 2000. – С. 104–108.

54. Ершов А. И., Голдар А. П., Рабко А. Е. Утилизация N<sub>2</sub>O из выхлопных газов производства ГАС / Международная НТК «Новые технологии рециклинга вторичных ресурсов». – Мн.: БГТУ, 2001. – С. 134–137.

55. Марков В. А., Плехов И. М., Шишло Б. М. Отделение вязких и кристаллизующихся капель от пара / Весці НАН РБ. Сер. фізіка-тэхнічных навук. – Мн., 2002. – № 4. – С. 201–205.

56. Ершов А. И., Рабко А. Е. Разработка и исследование газожидкостных массообменных аппаратов с высокими плотностями орошений / Международная НТК «Новые технологии в химической промышленности». – Мн.: БГТУ, 2002. – С. 216–219.

57. Калишук Д. Г. Место и роль курса процессов и аппаратов химической технологии в цикле химико-технологических дисциплин при подготовке специалистов экономического профиля // Как учить химии. Материалы 2-го Международного семинара, посвященного вопросам повышения уровня химического образования в XXI веке. – Мн.: БГТУ, 2001. – С. 37–40.