

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, доцента Сидягина Андрея Ананьевича
на диссертационную работу **Осипова Эдуарда Владиславовича**
**«Сопряженное моделирование и совершенствование аппаратного
оформления химико-технологических процессов, проводимых под
вакуумом»**, представленной на соискание ученой степени доктора
технических наук по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических
технологий

Актуальность темы.

Представленная работа посвящена моделированию химико-технологических процессов, осуществляемых под вакуумом. Поскольку на сегодняшний день отсутствует единая методология для расчета вакуумных систем, применяемых в химических установках, это значительно сужает возможности их оптимизации с позиций энергосбережения. Автор предлагает методологию сопряженного моделирования химико-технологических процессов, проводимых под вакуумом, при которой давление в технологическом оборудовании не назначается, а подбирается в соответствии с характеристикой вакуумсоздающей системы (ВСС). Согласование характеристик основных элементов вакуумного блока позволяет осуществлять расчет вакуумсоздающей системы одновременно с вакуумируемым объектом и использовать возможности универсальных моделирующих программ для определения оптимальных условий проведения химико-технологического процесса. Таким образом, работа направлена на решение *актуальной задачи* по совершенствованию аппаратурно-технологического оформления вакуумных блоков и вакуумсоздающих систем; созданию подходов и методик расчета оборудования; разработке рекомендаций по проектированию вакуумсоздающих систем для химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий.

Научная новизна исследований и полученных результатов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в формировании комплексной методологии сопряженного расчета химико-технологической системы, функционирующей под вакуумом; математических моделей основных элементов вакуумсоздающих систем; критериев по оценке эффективности систем создания вакуума различного типа, основанных на эксплуатационных, энергетических затратах и расходу условного топлива; процедуре компьютерного моделирования систем создания вакуума с использованием возможностей специализированного программного обеспечения (Unisim Design R451, Aspen HYSYS); математической модели жидкостно-кольцевого вакуумного насоса, полученной с использованием результатов проведенного экспериментального исследования; определении закономерностей, влияющих на давление в основном технологическом оборудовании.

Автором опубликовано 18 статей в журналах из списка ВАК и 8 статей в журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science (из них 3 в журналах квартилей Q1 - Q2).

Структура и объём диссертации.

Общий объём диссертации составляет 344 страницы машинописного текста. Диссертация состоит из 4 глав, содержит 157 рисунков, 66 таблиц и Приложения. Список использованных литературных источников составляет 294 наименования, при этом большинство из них опубликованы после 2000 года.

В разделе «Введение» сформулированы актуальность, цель и задачи диссертационной работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методы и достоверность исследований, показано личное участие автора.

В первой главе, посвященной обзору аппаратурно-технологического оформления вакуумных блоков технологических установок, описывается принцип действия современных типовых вакуумных блоков и элементов,

составляющих вакуумсоздающую систему. В частности рассмотрены вакуумсоздающие системы на базе парожетторных насосов, жидкостных жетторов, жидкостно-кольцевых вакуум-насосов. Также рассмотрены комбинированные системы создания вакуума. Приведено описание принципов подбора состава вакуумсоздающих систем для химико-технологического процесса. Отмечено, что в состав вакуумсоздающих систем входят насосы, конденсаторы, газосепараторы, соединительные трубопроводы и другое оборудование.

Во второй главе рассмотрены существующие принципы расчета вакуумных систем, рассмотрена их структура с позиций системного анализа. Автором предложено провести декомпозицию вакуумных блоков путем их разбиения на три составляющих подсистемы: вакуумируемый объект, конденсатор и вакуумсоздающая система. В качестве связей между подсистемами выступают технологические трубопроводы, а согласование характеристик между элементами системы осуществляется по производительности вакуумсоздающей системы, рассчитываемой в зависимости от технологических параметров установки. Предлагаемый подход сформулирован в виде алгоритмических блок-схем и наглядно проиллюстрирован на графических характеристиках $V = f(p)$ (рис. 2.15 – 2.18) с акцентом на «точки сопряжения» вакуумируемого объекта и вакуумсоздающей системы. Условие сопряжения основывается на том, что выходные параметры предыдущей подсистемы являются входными параметрами последующей. Автором особо отмечено, что расчет вакуумной химико-технологической системы по методологии сопряженного моделирования возможен только с помощью компьютерного моделирования при использовании специализированных моделирующих программ. Описана поэтапная последовательность компьютерного моделирования.

В третьей главе, уделено большое внимание математическому моделированию вакуумсоздающих систем, в частности, показаны модели основных блоков вакуумной системы, которые получены с использованием

возможностей среды Unisim Design R451 (Aspen HYSYS). Возможности программы были расширены пользовательскими модулями и надстройками, учитывающими особенности проведения химико-технологических процессов под вакуумом. Особенно пристальное внимание уделено моделированию вакуумного конденсатора, устанавливаемого на входе вакуумсоздающей системы и жидкостно-кольцевого вакуум-насоса. Для валидации модели разработана экспериментальная установка по исследованию характеристик жидкостно-кольцевого вакуум-насоса, на которой подтверждено, что модели хорошо описывают работу насоса. Приведены результаты экспериментальных исследований, дана оценка воспроизводимости, подтверждающая удовлетворительную точность результатов.

Четвертая глава посвящена применению предлагаемого подхода для проектирования новых и реконструкции действующих вакуумных блоков. Представлены результаты расчета вакуумных блоков установок производства этаноламинов, вакуумной перегонки нефти на мини-НПЗ и переработки отходов производства фенола-ацетона. С использованием моделей вакуумного конденсатора и парового эжектора рассчитаны размеры эжекторов и подобраны теплообменники для колонны осушки установки гидрокрекинга и вакуумной колонны блока АВТ.

В «Заключении» сформулированы основные выводы по работе.

В приложении представлены справки о внедрении результатов работы, подтверждающих практическую значимость работы и существенный экономический эффект. Также в приложениях приведены свидетельство на программу ЭВМ, код разработанных пользовательских модулей и надстроек.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности

Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий:

– п. 2. Теория подобия, моделирование и масштабирование химико-технологических процессов и аппаратов, машин и агрегатов;

– п. 4. Способы, приемы, методология исследования химических, тепловых, массообменных и совмещенных процессов, совершенствование их аппаратного оформления;

– п. 10. Методы изучения, совершенствования и создания ресурс- и энергосберегающих процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности, обеспечивающие минимизацию отходов, газовых выбросов и сточных вод, в том числе разработка химико-технологических процессов переработки отходов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Научные исследования, предлагаемые модели и расчеты, проведенные на их основе, базируются на лабораторных экспериментах и результатах промышленных обследований действующих технологических установок. Достоверность результатов исследования обеспечивается использованием высокоточного программного продукта для моделирования химико-технологических процессов Unisim Design R451, возможности которого расширены использованием пользовательских модулей и программ внешнего управления. Проверка адекватности математических моделей проводилась путём сравнения расчётных данных с результатами промышленных обследований действующих химико-технологических процессов, осуществляемых под вакуумом.

Рекомендации и выводы подтверждены внедрениями на производстве, которые отражены в 7 справках проектных и эксплуатирующих организаций.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов исследований

Теоретическую и практическую значимость диссертационной работы представляют разработанные автором математические модели основных элементов сложной химико-технологической системы. Рекомендации по моделированию вакуумсоздающих систем могут быть использованы при решении задач по проектированию новых, а также реконструкции

действующих вакуумных блоков химико-технологических установок. Критерии по оценке эффективности функционирования вакуумсоздающих систем без привязки к существующему ценообразованию на энергоресурсы определяют оптимальный с точки зрения энергозатрат тип вакуумсоздающей системы, что позволяет существенно повысить энергоэффективность предприятий и снизить образование химически загрязнённых стоков.

Результаты расчёта материального и энергетического балансов, полученные с использованием разработанной методологии и математических моделей, позволяют проектировать новые конструкции элементов вакуумных систем.

Практическая значимость диссертационной работы Осипова Э.В. подтверждается актами внедрения результатов работы на действующих химико-технологических установках, работающих под вакуумом, свидетельством о регистрации программы для ЭВМ и широкой апробацией на научно-практических конференциях, в том числе международных.

Замечания по работе:

1. Выводы, завершающие представленные в работе главы и сформулированные в «Заключении» носят, как правило, констатирующий, качественный характер. Следовало больше уделить внимание выявленным особенностям изучаемых объектов и явлений с указанием числовых параметров.

2. Хотя автор, вероятно, старательно проработал текстовую часть диссертации, там встречаются повторы, например, на стр.118-119 приводится подробное описание работы жидкостно-кольцевого вакуум-насоса, сопровождаемое рис. 3.6, которое уже встречалось практически в том же объеме на стр.26–27 с аналогичным рисунком 1.14.

Иногда диссертант, неоправданно увеличивая объем текстовой части и без того достаточно многословной работы, слишком подробно пытается напомнить элементарные понятия из учебной литературы, типа:

– «Процесс построения модели называется моделированием», (стр.100);

– «Испарение – процесс перехода вещества из жидкого или твердого состояния в парообразное...», (стр. 105);

– «Ректификацией называется тепло-массообменный процесс разделения жидких смесей, основанный на разнице температур кипения...», (стр. 168).

и т.д.

С другой стороны, в стремлении представить отдельные фразы в академическом звучании, автор запутывается в собственных формулировках, например:

– «хорошо изученные закономерности физических процессов..., в вакууме приобретают как новые количественные закономерности, так и новые свойства» (стр. 45);

– «подсос воздуха в вакуумируемый объект... возникает вследствие... неплотности прокладок сварных соединений» (стр.55);

– «...составлено эмпирическое уравнение для расчета возрастания производительности воздуха, насыщенного водяными парами воздуха...» (стр.137).

Также в тексте встречаются опечатки, несогласование слов в предложениях по падежам, родам, временам.

3. Отдельные обозначения, используемые при освещении материала, не нашли отражения в списке условных обозначений и не расшифрованы в тексте. Так остается непонятным, что скрывается под обозначениями ΔP_7 (формула 3.24, стр. 113); ϵ_3 (стр.116).

Также вызывает недоумение, когда поверхность теплообмена конденсатора обозначается то « F » (формула 3.20 на стр. 113), то « A » (формула 3.26 на стр. 113).

4. В работе не выстроена четкая система представления физических величин. На разных графиках величины, особенно давление,

производительность могут представляться в разных размерностях, иногда на фоне отсутствия необходимых комментариев.

5. Отдельно следует выделить группу замечаний по представлению иллюстраций.

– на стр. 23 указано, что на рис.1.12 представлена принципиальная технологическая схема вакуумного гидроциркуляционного агрегата после чего идет описание схемы, на самом деле на рис. 1.12 приведена схема многоструйного жидкостного эжектора.

– на большом количестве графиков не указаны единицы измерения величин, отложенных по координатным осям (рис. 3.18–3.29, 3.31–3.38, 3.41–3.44, 4.4, 4.9.2, 4.15, 4.16, 4.19–4.25, 4.34, 4.39, 4.40). Учитывая, что автор по тексту работы представляет величины в разных размерностях, особенно это касается производительности и давления (см. замечание №4, выше), это существенно усложняет восприятие информации.

– на приведенных блок-схемах для удобства чтения следовало показать стрелки на линиях переходов при разветвлении алгоритма (рис. 2.19, 2.20, 3.5, рис. 3.46, 3.48, 4.38)

– на целом ряде иллюстраций и в ряде таблиц автор предпочитает англоязычную терминологию в наименованиях потоков, узлов установок и аппаратов (рис.4.5, 4.6, 4.10–4.14, табл. 4.7, 4.9, 4.22, 4.23), что не всегда удобно при анализе информации.

Общее заключение о работе

Вышеперечисленные замечания не являются критическими и не снижают общей положительной оценки диссертации Осипова Э.В.

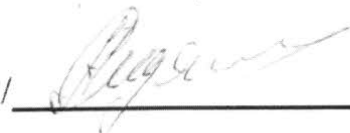
Диссертационная работа **Осипова Эдуарда Владиславовича «Сопряженное моделирование и совершенствование аппаратного оформления химико-технологических процессов, проводимых под вакуумом»**, является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения по сопряженному моделированию вакуумных

блоков, совокупность которых можно квалифицировать как крупное научное достижение в области разработки методологии расчета вакуумных систем химико-технологических установок.

Диссертация «Сопряженное моделирование и совершенствование аппаратного оформления химико-технологических процессов, проводимых под вакуумом» отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор Осипов Эдуард Владиславович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.13 Процессы и аппараты химических технологий.

Официальный оппонент

профессор кафедры «Технологическое оборудование и транспортные системы» Дзержинского политехнического института, доцент, доктор технических наук, научная специальность 05.17.08. Процессы и аппараты химических технологий.

/ 

/ Сидягин Андрей Ананьевич

Дзержинский политехнический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева", 606026, Российская Федерация, Нижегородская область, г. Дзержинск, ул. Гайдара, 49.

Тел: +7 (8313) 34-12-88, e-mail: cdo@dpingtu.ru

Подпись официального оппонента Сидягина А.А. заверяю.

Директор Дзержинского политехнического института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева"

/ 

/ Петровский Александр Михайлович

28.05.24