

## ОТЗЫВ

Рецензента, доктора технических наук, профессора Е.Д. Федоровича на выпускную квалификационную работу (магистерскую диссертацию) студента группы 23644/2 С.С. Макухина на тему «Разработка методики и проведение теплогидравлического расчета опреснительной установки обратного осмоса с графеновыми мембранами».

Тематику исследований и разработок и, в том числе, студенческих работ, в области технологий опреснения морской воды я полагаю исключительно важной и необходимой для расширения и развития по следующим причинам. Во-первых, проблема нехватки пресной воды и, прежде всего, нехватки воды для орошения засушливых земель на территории нашей планеты обостряется с каждым годом все больше и больше.

Во-вторых, Российская Федерация, в которой эта проблема не так существенна по причине относительно малого количества площадей с засушливыми участками по сравнению с государствами Ближнего Востока и Африки, где ситуация приближена к катастрофической (известно, например, что население южных районов Ирана вынуждено покидать родные места и уезжать на север по причине нехватки пресной воды), располагает развитыми технологиями опреснения и квалифицированными кадрами, владеющими <sup>этим</sup> технологиями. Следовательно, наша страна имеет явные конкурентные преимущества <sup>на рынке</sup> ~~в отрасли~~ опреснительных технологий с использованием атомного источника энергии, необходимой для действия опреснительных установок. Наша страна имеет уже уникальный положительный опыт использования в этих целях атомного энергоисточника, когда эксплуатировала (начиная с 1973 года и до конца двадцатого столетия) атомную станцию с реактором БН-350 на Каспийском море (г. Шевченко, ныне <sup>С</sup> Актау республики Казахстан) большая часть производимой энергии которой использовалась в целях опреснения морской воды. Дополнительным <sup>крит</sup> конкретным преимуществом России является наличие в ней самого мощного в мире производства изделий из титана <sup>и</sup> титановых сплавов (Верхнесалдинский <sup>Урск</sup> металлургический комбинат в Екатеринбургской области), необходимых для изготовления теплообменного и другого оборудования, коррозионностойкого в морской воде.

Я позволил себе столь пространное введение к моему отзыву именно потому, что считаю совершенно необходимым расширение участия специалистов, и

студентов, и аспирантов СПбПУ Петра Великого в расширении работ по опреснительной тематике. В настоящее время, кроме автора рецензируемой работы, студента кафедры ГГиТ, работы по этой тематике выполняет (исключительно на инициативной основе, без договоров и это очень плохо, что без поддержки заказчиков) аспирант кафедры атомной и тепловой энергетики Максим Конюшин и студенты под его руководством.

Я думаю, нет необходимости доказывать, что тема работы студента С.С. Макухина актуальна – каждому понятна необходимость решения проблемы опреснения морской воды и, следовательно, разработок соответствующих технологий. Для своего исследования автор рецензируемой работы выбрал процессы теплогидравлики в системах (опреснительных) обратного осмоса, причем в перспективных системах с использованием графеновых мембран, обладающих существенными преимуществами по сравнению с используемыми в настоящее время мембранами из полимерных материалов и прежде всего, в том, что графеновые мембраны обладают очень высокой проницаемостью для молекул воды. При выполнении работы студенту пришлось освоить (и результаты работы показывают, что он освоил успешно) многие вопросы, напрямую не связанные с теплофизикой и другими предметами, которые он проходил в процессе обучения в Университете, такие как химические технологии, физико-химические расчеты и т.п. Успешность их освоения я отношу к безусловным достоинствам работы. Заслуживает также одобрения деятельность студента в плане освоения им литературных источников и, в частности, весьма полезной диссертации, выполненной американским исследователем.

Считаю также необходимым отметить увлеченность студента, его энтузиазм при выполнении работы, который я имел возможность наблюдать, консультируя С.С. Макухина в течение всего периода подготовки его работы. При этом во многих случаях не я его консультировал, а он меня – после детального изучения им того или иного специального вопроса по литературным материалам.

В результате автору работы удалось создать полезную методику теплогидравлического расчета опреснительной установки, действующей по методу обратного осмоса и использующей графеновые мембраны.

Что касается замечаний по работе, то поскольку как уже отметил, мы длительное время работали со студентом вместе, я имел возможность высказать эти замечания во время наших встреч и студент эти замечания уже учел.

Оценивая работу С.С. Макухина в целом, я считаю ее выполненной на достаточно высоком научном уровне и обладающей научной (методической) и практической новизной. Рекомендую оценить ее оценкой «отлично» и присвоить студенту С.С. Макухину квалификацию магистра. Полагаю также, что его работа создает определенный научный задел для будущих более широких и более глубоких исследований и полагаю правильным дать рекомендацию студенту С.С. Макухину для поступления в аспирантуру.

Рецензент, доктор технических наук, профессор

Е.Д. Федорович

