

СТАНОВИЩЕ

относно защита на дисертационен труд „Изследване и моделиране на хидродинамиката в колони със съвременни високоефективни ненаредени пълнежи“ за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ по специалността „Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология“ в професионално направление 4.2. Химически науки с кандидат инж. Константина Владимирова Стефанова.

Изготвил становището: проф. дтн инж. Румен Димитров Даракчиев

Целта на дисертацията е експериментално и моделно изследване на разпределението на течността в централната и периферната област в колонни апарати с високоефективни ненаредени пълнежи. В този смисъл, ключовата дума в заглавието „хидродинамиката“ е много обща и не дава точна представа за същността на работата. Хидродинамиката на колоните включва най-общо: хидравличното съпротивление, задържащата способност на пълнежа, разпределението на течността и на газа в апарата, стенните ефекти, коефициента на разтичане, надлъжното смесване. В този случай се решават само въпросите на разпределението на течността по сечението и в пристенната област. Това е една много важна и актуална задача с оглед ефективността на процеса.

В литературният обзор са разгледани основно теоретичните и експериментални методи за изследване на разпределението на течната фаза в колони с пълнеж. В теоретичната част е обърнато особено внимание на дисперсионният три-параметричен модел, който следва от уравненията на Cihla и Schmidt и решенията им, свързани с работите на Stanek и Kolar и продължението в по-ново време от Semkov, Petrova и Moravec. Тези решения са предимно за по-стари поколения пълнежи като сфери, рашигови пръстени, седла Инталокс, пръстени на Пал. В експерименталната част са разгледани различни съвременни методи за изследване, но е акцентирано по-подробно върху „класическият“ метод за обемно събиране и измерване на разтеклата се течност, подадена равномерно от оросително устройство. Обърнато е особено внимание на диаметъра на опитната колона, ширината на събирателните сектори/пръстени/ и особено на последният такъв, който се явява и събирателен за прстенно стичащата се течност. В изводите е констатирано, че наличните данни и от експерименталното и от теоретичното изследване за съвременните високоефективни пълнежи не са достатъчни. Общото впечатление е, че литературният обзор е добре структуриран и обхваща областта на темите в дисертацията. Използван е обширен литературен материал от над 200 източника и завършва с ясни и конкретни цели и задачи. Това ми дава основание да заключа, че образователните резултати от тази част на дисертацията са постигнати.

Предисторията на настоящата дисертация е свързана с един договор на проф. Колев, респективно ИИХ-БАН, който бе сключен преди около 20 години с немската фирма Raschig. Според него Института трябва да извърши някои хидродинамични и масообменни изследвания на няколко вида пълнежи, създадени от фирмата. Във връзка с това тя достави определени количества от пълнежите Raschig Super-Ring-метални(RSRM), Raschig Super-Ring - пластмасови(RSRP) и Ralu-Flow. Договорът бе

изпълнен успешно, а после, в продължение на години, бяха направени и други изследвания, като тези пълнежи са използват и в настоящата дисертация.

През 2001 г. Schultes предложи класификация на ненаредените пълнежи, която е приета и до днес и ги разделя на четири поколения. Четвъртото, най високо поколение, са именно по-горе цитираните пълнежи. Те се считат за съвременни пълнежи с отворена структура и голяма междуфазна повърхност. Геометрията им води до нахъсване на течните потоци и до често обноваване на междуфазната повърхност. В дисертацията са използвани 3 типорозмера от RSRM, 2 типоразмера от RSRP и 2 типоразмера Ralu-Flow.

При проектиране и изграждане на есперименталната инсталация се е изхождало от идеята за набиране на коректни данни, които да послужат за решаване на дисперсионният три-параметричен модел. Всички елементи – колона с диаметър 470 mm, оросител, събирателно устройство, оросител за пристенната зона, са внимателно обмислени с оглед максимално точно да изпълнят предназначението си. За спазване на коректен мащабен преход е прието отношението между диаметъра на опитната колона и номинлния диаметър на пълнежният елемент да не бъде по-малко от 8, определено от Жаворонков и потвърдено от редица други изследователи. Конструкцията на оросителя за равномерно подаване на течността е изпълнена в два варианта – с различни диаметри на отворите – за осигуряване на достатъчна равномерност при различни плътности на оросяване. Размерите на диаметрите на отворите и тяхното разположение са изчислени да създават равномерност на течността на определена дълбочина. Събирателното устройство е от достатъчен брой пръстени и са взети всички мерки да няма прехвърляне на течност от един в друг пръстен. Пристинният оросител е удачно проектиран да създаде равномерност при три различни дебита на течността.

Изследванията са проведени с вода при 7 типични за химическата промишленост режими за процесите абсорбция и ректификация. Взети са всички мерки за коректност на изследванията. Мащабът на инсталацията дава основание да заявим, че настоящите опити имат полу-промишлен характер. Колоната с пълнеж има размери фактически на промишлена колона, а оросителното устройство имитира напълно голям брой, работещи вече в промишлеността такива устройства. Взетите допълнително мерки за успокояване на течението преди изтичането, усъвършенстват тяхната работа. Експериментите са проведени с голям брой /от 3 до 6/ презареждания, което се налага от големият брой случайни фактори, свързани със ориентацията на пълнежните елементи в слоя пълнеж. Това важи особено силно за най-горния ред /под оросителя/ и от най-долния ред /над събирателното устройство/. Получените експериментални резултати, в резултат на проведените измервания при различните презареждания, са записани в електронни таблици и са представени в приложението. Тези данни са надеждна основа за ползване при бъдещи изследвания.

Получените експериментални данни са използвани за математично моделиране с традиционния три-параметричен дисперсионен модел на Stanek и Kolar за описание на разпределението на течната фаза в колони със съвременните насипни пълнежи с отворена структура, каквито са RSRM, RSRP и Ralu-Flow. Това са огромен брой данни, като само в рамките на тази дисертация са 2 712 броя. Осреднените резултати са обработени и анализирани за влиянието на началното натоварване на

течността и за влиянието на вида и размера на пълнежа върху радиалното разпределение на течната фаза в колоната. Същото е представено и при пристенното оросяване в широк диапазон от работа на пристенният оросител. Всичко това е направено в голям брой графични фигури, ясно и коректно изготвени и обяснени с подходящ текст. В гл. 4 особено добре е онагледено разпределението на течната фаза, показано чрез изменението на фактора на неравномерност M_f от натоварването с течност. Към предположението, че факторът при пълнежи RSRP в определени случаи е по-различен /стр.89 -долу/ поради по-дебела стена, бих добавил, че това може да зависи и от материала. Известно е, че омокряемостта на пластмасата е по-лоша. Математичното моделиране с дисперсионния модел на разтичане на течната фаза в колони с пълнеж и идентификацията на моделните параметри са достатъчно добре описани в гл.5. Еднопараметричната идентификация на параметъра B от модела е извършена като са ползвани данни за критерия за равномерно разпределение на потока между стената и пълнежа RSRM - параметъра C (Dzhonova et al., 2018) и данни за коефициента на разтичане за тези пълнежи Dr (Dzhonova et al., 2007). Сравнението на резултатите от дисперсионния модел с експерименталните резултати за изследваните пълнежи RSRM е много добро. С този модел могат да се дават точни и бързи прогнози за радиалното разпределение на течността в колони с високоефективни ненаредени пълнежи при дадена височина на слоя пълнеж.

Накрая елегантно е използвана наличната програма ANSYS-FLUENT за 3D симулиране на експериментите за пълнеж RSRM 1.5" за разтичане на течността по пълнежен слой с височина 0.15 m. Показаната качествената картина на експеримента е добро начало за симулиране на хидродинамични задачи в колони с пълнеж.

Извършената в дисертацията научна работа е популяризирана чрез публикуване на 3 статии и 6 доклада с резюмета и постерни съобщения. Забелязан е един цитат в авторитетно международно научно списание.

Авторефератът правилно отразява съдържанието на дисертацията.

Имам лични впечатления от докторантката и от работата ѝ по дисертацията. По време на експериментите тя прояви качества на сръчен експериментатор, умение за правилното им планиране и анализиране на резултатите. За моделирането умело ползва класическите решения и по-скорошните разработки в самия Институт. Прояви инициативи по визуализация на картината на равномерното оросяване, като приложи техниката за моделиране със CFD програмата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изложението на становището са разгледани и анализирани големият обем научни работи и постигнатите приноси, свързани с експерименталното и моделно изследване на един тъй важен проблем на колонните апарати, какъвто е разпределението на течността по сечението на колоната със съвременни ненаредени пълнежи. Всички те са оценени положително. Поради това предлагам на инж. Константина Владимирова Стефанова да се даде образователната и научна степен „доктор“ по специалността „Процеси и апарати в химичната и биохимичната технология“ в професионално направление 4.2. Химически науки.

В. Варакиел