

Резюмета на научните трудове

приложени към кандидатурата за професор на доц. д-р Татяна Петрова
на български език

1. Petrova, T., Darakchiev, S., Vaklieva-Bancheva, N., Popov, R., “Analysis, Quantitative Estimates and Methods for Reducing of the Maldistribution Created from Gas Distribution Devices for Column Apparatuses”, *Chemical Engineering Transactions*, 35, 1165-1170 (2013). ISSN:2283-9216, <https://www.aidic.it/cet/13/35/194.pdf> , SJR(2013)=0.385 , Q2 (Scopus)

Осигуряването на добро първоначално радиално разпределение на газовата фаза е от съществено значение за ефективността на колонните апарати. Целта на настоящата работа е да се анализира и оцени неравномерността на разпределението на газовия поток след различни видове газоразпределителни устройства (ГРУ) и съответно тяхната ефективност, въз основа на експериментални данни за профила на изходната скорост. Експерименталните данни обхващат измерване на профила на скоростта за два вида конструкция на ГРУ – с кръгово и локално тръбно подаване на газ. И за двете са изследвани няколко допълнителни модификации – с добавяне на преразпределителни решетки и мрежи, на празна секция след ГРУ, при наличието на водно огледало под ГРУ и т.н. С помощта на MATCAD, са определени шест вида количествени оценки на неравномерност за разпределението на газа след ГРУ и е изследвана тяхната чувствителност към няколко фактора като: вида на ГРУ, началната скорост на газовия поток, броя и размера на измервателните клетки в напречното сечение на колоната, грешката на измерване и т.н. Установено е, че само две от количествените оценки на неравномерността отчитат образуването на кълъстери (скупчвания) на неравномерност, което влошава ефективността на процесите в колоната. Разработен е нов метод за количествено определяне на тези кълъстери, както и за идентифициране на зоните в напречното сечение на колоната, в които са се появили. Установено е, че грешката на измерване и размерът на измервателната клетка силно влияят както върху броя, площта и пространственото разпределение на тези зони върху напречното сечение, така и върху стойностите на оценките на неравномерност. Показано е, че с добавянето на допълнителни устройства за преразпределение като решетки и мрежи, неравномерността на разпределението след ГРУ може да бъде намалена около 3 пъти, без значително увеличаване на хидравличното съпротивление.

2. Petrova, T., “Influence of hydrodynamic conditions on the process of heat and mass transfer between the flow and Raschig ring catalyst”, *Journal of Chemical Technology and*

Metallurgy, 49, 5, 442-446 (2014). ISSN:1314-7471 (Print)/ 1314-7978 (Online), <https://journal.uctm.edu/node/j2014-5/ST-3.pdf>, SJR(2014)=0.205, Q3 (Scopus)

Изследвано е влиянието на хидродинамичните условия върху топло- и масообмена за процеса на окисление на SO₂ до SO₃ при единична катализаторна частица - пръстен на Рашиг. Проведен е набор от числени експерименти за две различни хипотези за достъпност на повърхността на катализатора. Направено е сравнение на получените резултати за разпределението на температурата и конверсията в радиална и аксиална посока в катализаторната частица.

3. **Tatyana Petrova**, Natasha Vaklieva-Bancheva, Simeon Darakchiev, Roman Popov, “Quantitative estimates of gas maldistribution and methods for their localization in absorption columns”, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 16, 7, 1381-1392 (2014). Electronic ISSN:1618-9558/Print ISSN: 1618-954X, <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0771-2>, IF(2014)=1.934, Q2 (Web of Science)

В настоящата работа е направена оценка на неравномерността на разпределението на газовия поток в различни видове газоразпределителни устройства (ГРУ) и пълнежи, като са използвани експериментални данни за профилите на изходната скорост както за абсорбционната пилотна колона, така и за индустриалната колона. Изследвани са два типа конструкции на ГРУ – с кръгово и с локално тръбно подаване на газ, заедно с техните модификации. Изследвани са две пилотни колони — с насипен пълнеж RSRM 1.5 и със структуриран керамичен пълнеж „Пчелна пита“, и един индустриален контактен економайзер с пълнеж „Пчелна пита“ и наклонени пръстени. Определени са шест вида количествени оценки на неравномерността на ГРУ и на пълнежите, с помощта на MATHCAD. Изследвана е тяхната чувствителност към няколко фактора, като вида на ГРУ и на пълнежа, началната скорост на газовия поток, броя и размера на измервателните клетки в напречното сечение на колоната, грешката на измерване и т.н. Установено е, че само две от количествените оценки на неравномерността отчитат образуването на кълъстери (скупчвания) на неравномерност, което влошава равномерното разпределение на газа. Разработен е нов метод за количествено определяне на тези кълъстери, както и за идентифициране на зоните в напречното сечение на колоната, в които са се появили. Установено е, че грешката на измерване и размерът на измервателната клетка силно влияят върху броя, площта и пространственото разпределение на тези зони върху напречното сечение, както и върху стойностите на оценките на неравномерност.

4. Daniela Dzhonova-Atanasova, **Tatyana Petrova**, Krum Semkov, Simeon Darakchiev, Konstantina Stefanova, Svetoslav Nakov, Roman Popov, “Experimental Investigation of Liquid Distribution in Open Structure Random Packings as a Basis for Model Refinement”,

Настоящата работа има за цел изследване на разпределението на течната фаза, за да попълни липсващите данни за разтичане на течност в пълнежен слой в промишлен мащаб с метален пълнеж Raschig Super-Ring (RSR) за разработване на надежден модел за прогнозиране. Нашият опит да приложим добре доказан дисперсионен модел към RSR се сблъска с трудности, свързани с отворената, мрежеста структура на пълнежа, което води до неговата лоша способност за радиално разтичане, както и с промишления мащаб на колоната. Експерименталната инсталация е проектирана така, че да предостави необходимите данни за идентифициране на параметрите на модела. Специално внимание е отделено на равномерния оросител на течност, за да се гарантира валидността на предположението на модела за равномерно начално оросяване. Подходът избягва необходимостта от данни при установен степенен поток, който може да бъде измерен при много висок (над 3 m в този мащаб) слой на пълнежа. Вместо това той използва допълнителни данни от периферно оросяване на стената на колоната, предоставени от периферен оросител на течността. Получени са оригинални данни за разпределението на течността след RSR с различни размери, насочени към подобряване и валидиране на модел за прогнозиране.

5. Petrova, T., Semkov, K, Dzhonova-Atanasova, D., “Modeling of Liquid Distribution in a Packed Column with Open-structure Random Packings”, *Chemical Engineering Transactions*, 70, 1051-1056 (2018). ISSN:2283-9216, <https://doi.org/10.3303/CET1870176> , SJR (Scopus):0.273, Q3 (Scopus)

Научният интерес към ефективността на колоните с пълнеж е част от световния стремеж към възобновяемост на процесите. Неравномерното разпределение на фазите в апарата намалява ефективността и затруднява прогнозирането на процеса и мащабния преход. Настоящата работа има за цел да моделира разпределението на течността в колона с пълнеж с ненаредени пълнежи с висока производителност с отворена структура - метални Raschig Super-Rings 0.7”, 1.5” и 3” и метални Pall пръстени 1”. Предложени и тествани са някои нови подходи за оценка и изчисляване на параметрите на модела, като се използват собствени експериментални данни за RSR и публикувани данни за пръстени на Pall. Разработена е нова процедура за идентифициране на един от параметрите на модела, наречена от нас решение на „припокриващи се доверителни интервали“, и е илюстрирана за пълнеж Raschig Super-Ring в случай на частична радиална нечувствителност („плато“) на остатъчната дисперсия между модела и експерименталните данни. Получените резултати показват, че с помощта на подходящи статистически методи за оценка, параметрите на дисперсионния модел могат да бъдат успешно идентифицирани, като се постигне много добро предсказване на експерименталните данни. Разглеждат се и се обсъждат няколко

числени примера и случаи. За случая на пръстените на Pall прогнозите на дисперсионния модел са в много добро съответствие както с публикуваните експериментални данни, така и с прогнозите, направени от моделирането на изчислителната динамика на флуидите (CFD).

6. T. S. Petrova, D. B. Dzhonova-Atanasova, “Flow Simulation and Identification of Important Model Parameters in Industrial Packed Beds for High-Performance Random Packings”, *Journal of Ecological Engineering*, 20, 9, 116-120 (2019). ISSN: 2299-8993, <https://doi.org/10.12911/22998993/112500> , SJR (Scopus):0.312, Q2 (Scopus)

Целите на тази работа бяха: първо, да се симулира разпределението на потока на течността в колона с пълнеж с голям диаметър (1.2 m) с насипен пълнеж с висока производителност RMSR 70-5 (височина на слоя до 3 m), чрез дисперсионен модел. Второ, да се намерят и оценят важните параметри на модела и фактора на неравномерност на потока, като се използват експериментални данни и два различни подхода за оптимизация. Използван е три-параметричен дисперсионен модел за прогнозиране на радиално разпределение на течността и два различни подхода за определяне на някои от параметрите на модела от експериментални данни. Успоредно с това беше извършена двупараметрична процедура за оптимизация за идентифициране на параметрите на модела въз основа на минималната остатъчна дисперсия между скоростта на модела и експерименталната плътност на оросяване в напречното сечение на колоната. Симулираното и експерименталното неравномерно разпределение на потока бяха оценени чрез интегрална оценка – фактор на неравномерността. Сравнението между моделното и експерименталното разпределение на течността и съответните фактори на неравномерност при височини на пълнежите $H = 1\text{ m}$ и $H = 2,5\text{ m}$ за натоварване по течност $16,6 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ показва много добро съответствие, дори за висок слой на пълнежа. В заключение, представените моделни прогнози и оценки за характеристиките и поведението на RMSR 70-5 ще допълнят информацията за неговата ефективност и работа в промишлени процеси.

7. T. St. Petrova, D. B. Dzhonova-Atanasova, “Simulation of the liquid distribution in the wall zone of a packed column: case study”, *Bulgarian Chemical Communications*, 51, F, 91-98 (2019). ISSN:0324-1130, http://bcc.bas.bg/BCC_Volumes/Volume_51_Special_F_2019/51F_SF_Pages.91-98.pdf, SJR (Scopus):0.142, Q4 (Scopus)

Неравномерното разпределение на течната фаза в колона с пълнеж е от съществено значение за ефективността на масообменните процеси в нея. Един от широко разпространените методи за измерване на разпределението на течността в пълнежа включва устройство за събиране на течност (LCD), монтирано под пълнежния слой. Правилният дизайн на LCD е много важен за получаване на правилна информация за хидродинамиката

в колоната. Най-популярната конструкция на LCD е съставена от фиксиран брой концентрични цилиндрични секции с равни или различни повърхности на напречното сечение. Броят и ширината на тези участъци се определят така, че да осигурят достатъчна разделителна способност на картината на потока течност. В това изследване са предоставени анализ и оценка на няколко варианта за възможна фрагментация на LCD въз основа на симулации с дисперсионен модел и изчисляване на фактора на неравномерност. Резултатите от симулацията са проверени с експериментални данни за метални Raschig Super-Rings 1,5" (RSRM) с подобрение на конструкцията на LCD. Показано е също, че идентификацията на параметрите на модела зависи от фрагментацията на LCD, особено в пристенната зона до стената на колоната. Настоящото изследване дефинира количествен критерий за оценка на дизайна на LCD, който е ефектът на фрагментация върху фактора на неравномерност. Това решава проблема с правилното събиране на данни, необходими за получаване на действителното разпределение на течността и за идентифициране на параметрите на дисперсионния модел.

8. Kr. A. Semkov, T. St. Petrova, "New equations for gas phase pressure drop in expanded metal sheet packing (HOLPACK) for mass and heat transfer processes in packed columns", *Bulgarian Chemical Communications*, 52, Special Issue F, 80-85 (2020). ISSN:0324-1130, http://bcc.bas.bg/BCC_Volumes/Volume_52_Special_F_2020/BCC-52-F-2020-80-85-Semkov-14.pdf, SJR (2020)=0.174, Q4 (Scopus)

Разработен и изследван е хоризонтален листов пълнеж (ХЛП) за извършване на масообменни и топлообменни процеси в колонни апарати. Пълнежът е съставен от разтеглени листови елементи, разположени хоризонтално, със специфична ориентация на определено разстояние един от друг по височината на колоната. Тази конструкция води до ниско специфично тегло и създава условия за високоефективен топло- и масообмен при сравнително ниско хидравлично съпротивление на газа. Пълнежът е подробно проучен, налице са валидирани математически модели и методология за оразмеряване на апарати. В резултат на това ХЛП беше успешно внедрен в много процеси в химическата и енергийната промишленост, както и в опазването на околната среда. След внимателен критичен анализ на по-ранните модели и уравнения за определяне на хидравличното съпротивление на сух и омокрен пълнеж, както и на скоростта на газа в точката на задържане, бяха открити някои несъвършенства и съответно възможности за съществено подобрение. Впоследствие, на базата на дългогодишен практически (вкл. индустриален) опит, бяха разработени три нови зависимости, представени за първи път в тази работа. За новите уравнения се използват същите експериментални данни, както и в старите; принципните разлики се получават от по-подходящата и добре обоснована структура на новите уравнения и по-добрата оценка на геометричните размери. Предложените уравнения са получени с помощта на анализ на размерностите и регресионен метод на най-малките квадрати. За всяко уравнение са дадени основните статистически параметри. Сравнението с експерименталните данни е илюстрирано в подходящи диаграми. Точността на новите уравнения е значително

подобрена, предлагайки стабилна основа за индустриален дизайн и по-нататъшни приложения на този пълнеж с най-добра производителност и енергийни характеристики.

9. Tatyana Petrova, Daniela B. Dzhonova-Atanasova, Krum A. Semkov, “Comparison of experimental and model liquid distribution in large packed bed of Raflux rings 50-5”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE), 876, 012009 (5 pages) (2020). ISSN:1757-8981, E-ISSN:1757-899X, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/876/1/012009> , SJR (2019) = 0.198, SJR, непопадащ в Q категория (Scopus)

Тази работа представлява продължение на нашите изследвания върху радиалното разпределение на течността за колони с индустриални размери и ненаредени пълнежи с отворена структура, посредством дисперсионен модел. Използвайки експериментални данни за равномерно първоначално оросяване, чрез двупараметрична идентификация са получени оптималните стойности на трите моделни параметъра на дисперсионния модел. Един от параметрите (коефициентът на радиално разтичане) се изчислява и независимо, чрез използване на експериментални данни за първоначално оросяване от точков източник. Решението на дисперсионния модел при оптималните стойности на параметрите е сравнено с литературни експериментални и моделни (TUM WelChemCell) данни за радиалното разпределение на течността, в колона с пълнеж с диаметър 1.2 m и насипен пълнеж с отворена структура Raflux 50-5. Коефициентът на неравномерност на разпределението на течността също се изчислява от модела и е сравнен с експериментално измерение. Сравнението показва много добро съответствие между нашите резултати и литературните данни и потвърждава способността на дисперсионния модел да прогнозира разпределението на течността в големи колони с ненаредени пълнежи с отворена структура.

10. Becker, W., Valeva, V., Petrova, T., Ivanova, J., “Technical damage in wind rotor blade under static load at environment conditions”, *Chemical Engineering Transactions*, 42, 91-96 (2014). ISSN:2283-9216, <https://doi.org/10.3303/CET1442016>, SJR(2014)=0.425, Q2 (Scopus)

Във вятърните паркове често се наблюдават аварии с лопатките на вятърните турбини и трябва да се направи симулационно изследване на нежеланата им повреда и пълната им деградация. Както обикновено, пълната деградация на лопатката на вятърната турбина се случва в последователност от появяване, първо - на преходна деформация (пукнатина в режим I) и след това, на трайно отслояване на интерфейса (пукнатина в режим II) между включените слоеве на ламината в лопатката на турбината. Въпросът за критичната стойност, при която се случва отслояването на интерфейса, е важен за по-нататъшната надеждност на вятърната лопатка и безопасната ѝ работа.

В настоящия подход ще бъде разгледано неприемливото отслояване на интерфейса в предварително напукана (режим I) двуматериална/биматериална структура, като част от правата линия на лопатката на вятърната турбина при статично механично, температурно и електрическо натоварване и влага. При тази първа стъпка, влиянието на условията на

околната среда като влага и температура, както и свойствата на двата материала в лопатката, се приемат за линейни.

Изследването ще бъде извършено с помощта на прост 1D “shear-lag” модел на единичната клетка на лопатката на вятърната турбина. Електрическото напрежение, действащо върху първата пиезоелектрична плоча от биматериалната структура на лопатката, ще се използва като сензор, идентифициращ възможното отслояване на интерфейса. Материалните и физичните свойства на конструкцията са взети от литературата. Получените резултати са илюстрирани с фигури и дискутирани. Ще бъдат предложени някои препоръки за безопасна работа на лопатката на вятърната турбина, както и критерий за идентифициране на отслояването на интерфейса чрез електрическия градиент.

11. Ivanova, J., Valeva, V., Petrova, T., Becker, W., “Interfacial debonding of a piezoelectric bi-material structure applicable for wind rotor blades”, *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, 22, 10, 813-818 (2015). ISSN:1537-6494 print/1537-6532 online, <https://doi.org/10.1080/15376494.2013.864433> , IF (2015) =1.00, Q2 (Web of Science)

Основната цел на статията е да се моделира правата част на лопатката на вятърна турбина чрез аналитичен 1D “shear-lag” модел, за да се анализира и открие възможно отслояване на интерфейса чрез промяна на напрежението по протежение на интерфейса. Разглежда се единична клетка, представена от биматериална структура, състояща се от първи пиезоеластичен слой и еластичен втори слой при статично механично и електрическо натоварване. Дадени са числени примери, илюстрирани с фигури, които са дискутирани. Предложен е критерий за откриване на границата еластично-крехко отслояване и зоната на безопасност при комбинирано електрическо и статично натоварване.

12. Petrova, T., Kirilova, E., Becker, W., Vaklieva-Bancheva, N., Ivanova, J., “Optimal Analysis of Adhesive Lightweight Joints”, *ZAMM - Journal of Applied Mathematics and Mechanics*, 96, 11, 1280-1290 (2016). ISSN: 0044-2267 (print) / 1521-4001 (online), <https://doi.org/10.1002/zamm.201600006> , IF (2016)=1.332, Q2 (Web of Science)

В настоящата статия се изследва поведението на пиезоелектричния отговор на интелигентни леки структури, състоящи се от пиезоелектричен елемент върху носещ слой подложен на статично и електрическо натоварване, и при променливи условия на околната среда. Приложен е “shear-lag” анализ за изследването на възможното отслояване на интерфейса и за аналитичното изчисляване на дължината на отслояването на интерфейса. Доказано е, че корените на съответното характеристично уравнение играят водеща роля за мястото на отслояване/отлепване на интерфейса в зоната на припокриване между пиезоелемента и носещия слой на разглежданата структура. Това води до условия за реално съществуване на отлепването и отваря възможност за оптимален анализ на факторите, които му влияят. Предложеният подход се състои в включването на “shear-lag” модела в

глобална оптимизационна рамка, където може да се извърши едновременно изследване на влиянието на всички параметри на модела. Решението на този проблем дава оптималните стойности на параметрите, при които се осигурява нулева или минимална дължина на отлепване. Ефективността на предложения метод е доказана на три различни конструкции, като са получени оптималните геометрични характеристики и факторите, гарантиращи липса на отслояване в тях.

13. Ivanova, J., Valeva, V., Yanakieva, A., **Petrova, T.**, Becker, W., “Damage of Bi-material Structures and Reinforced Composites with Different Industrial Applications”, *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 4, 1, 23-37 (2016). ISSN: 1848-9257 print/ 1848-9257 online, <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.2016.04.0003> , **SJR (2016)=0.355, Q2 (Scopus)**

Настоящата работа се състои от две части. В първата част се разглежда отслояването на интерфейса на биматериални структури (елементна клетка на лопатка на вятърна турбина) с различни свойства на материала при механично натоварване и с отчитане на различни физически условия – електричество, температура и влага. Изследването на гореспоменатите структури е мотивирано от значението за безопасността на устройствата, използвани за приложения в енергийната индустрия. Втората част е посветена на саниране на стари сгради с използване на нови и модерни композитни материали. Целта е чрез математическо моделиране да се намери зоната на безопасност, надеждността на разглежданите конструкции и откриването на възможно отслояване на интерфейса като функция на геометрични, материални и физически параметри, както и силата на издърпване (pull-out force) за съвременните композити, използвани в строителната индустрия. Анализът, предоставен в двете части, се основава на модифицирания метод на “shear-lag”. Резултатите, получени в първата и втората част на статията, са илюстрирани с таблици и фигури. Също така, са предложени и някои препоръки и възможни критерии за безопасност при разглежданите композитни структури.

14. Kirilova, E., **Petrova, T.**, Becker, W., Ivanova, J., “Influence of the geometry and the frequency range on the interface delamination in smart patch/layer structures under combined dynamic loading”, *ZAMM - Journal of Applied Mathematics and Mechanics*, 97, 9, 1136-1146 (2017). ISSN: 0044-2267 (print) / 1521-4001 (online), <https://doi.org/10.1002/zamm.201600273> , **IF (2017)=1.296, Q2 (Web of Science)**

Статията обхваща изследване на поведението на интерфейса на интелигентна лека структура (сензор или датчик (елемент), залепен или вкопан в носещ слой или тн. „patch/layer“), подложена на комбинирано хармонично по времето механично натоварване, електрическо поле и променливи условия на околната среда. Приложени са динамичен shear-lag модел и метод на Фурие за зоната на припокриване между двата материала на разглежданата конструкция. Получени са аналитични решения в затворен вид за аксиалните

и сръзващите напрежения в конструкцията. Видовете решения зависят главно от дебелината на слоя лепило между двата слоя, честотния интервал на приложеното динамично натоварване и модула на сръзване на използваното лепило. При дадено постоянно съотношение на дебелините на двата слоя, честотният интервал на динамичното натоварване може драстично да промени вида на решението на разглежданата система от обикновени диференциални уравнения.

Направени са теоретични прогнози за единична дължина на отслояване на разглежданата структура при еластично-крехко поведение на интерфейса. Изследва се влиянието на съотношението на дебелините на прилепващите елементи в структурата PZT-5H/CFRP и на честотния диапазон на приложеното динамично механично натоварване, върху отслояването на интерфейса. Всички резултати са илюстрирани с фигури и таблици и са дискутирани.

15. Ivanova, J., Petrova, T., Kirilova, E., Becker, W., “Optimal parameters of a dynamically loaded patch/layer structure against the elastic-brittle interface debonding”, *Engineering Transactions*, 65, 1, 97-103, (2017). ISSN:0867-888X (Print) 2450-8071 (Online), doi:10.24423/engtrans.697.2017, <https://et.ippt.pan.pl/index.php/et/article/view/697/651>, **SJR(2017)=0.17 , Q3 (Scopus)**

Разработен е едномерен модел „shear-lag” за изследване на механичното поведение в зоната на припокриване на конфигурация от пиезоеластичен елемент (сензор), прикрепен към еластичен основен слой и подложен на динамично, хармонично във времето механично натоварване и под въздействието на електрическо поле, при разлики в температурата и влажността. Интересно беше да се види, че промяната на геометрията на зоната на припокриване води до различни решения след определена честота, което резултира в различно динамично поведение на разглежданата структура. Освен това, моделът беше включен в рамка за оптимизация (генетичен алгоритъм-GA), за да се намерят оптималните стойности на параметрите на модела за разглежданата конфигурация.

16. Elisaveta Kirilova, Natasha Vaklieva-Bancheva, Rayka Vladova, Tatyana Petrova, “Optimal products’ portfolio design of a sustainable supply chain using different recipes for dairy products production”, *Chemical Engineering Transactions*, 81, 61-66 (2020). ISSN:2283-9216, <https://www.aidic.it/cet/20/81/011.pdf> , **SJR(2020)=0.274, Q3 (Scopus)**

Това проучване предлага детерминистичен оптимизационен подход за проектиране на продуктово портфолио на устойчива ресурсно-осигурителна верига (POB), включваща доставчици, заводи и пазари за производство на млечни продукти, използващи различни рецепти. Той включва три взаимосвързани модела на рецептите, използвани за производството на млечните продукти, дизайна на POB и въздействието на POB върху околната среда. Последното се оценява по отношение на отпадъчните води и емисиите на CO₂, свързани с производството на млечни продукти и транспорта. Моделите са включени в работна рамка за многоцелева оптимизация по екологични и икономически критерии.

Предложеният подход е приложен върху конкретен пример от България – за производство на два вида извара по две рецепти с използване на два вида мляко. Оптимизационните задачи са формулирани в термините на смесено-целочислено нелинейно програмиране (Mixed-integer nonlinear programming или MINLP). Те се решават чрез различни наложени наказания за замърсяване на околната среда от мандрите по отношение както на отпадъчните води, така и на емисиите на CO₂. Оптималното продуктово портфолио на РОВ за производството на планираните продукти се получава като най-добрия компромис между екологичните и икономическите критерии.

17. Kirilova E.G., Vaklieva-Bancheva N.G., **Petrova T.S.**, Vladova R.K., Varbanov P.S., “A MINLP Model to Optimal Design of Sustainable Dairy Supply Chain Taking into Account Preferences of the Network Actors”, *Chemical Engineering Transactions*, 88, 1045-1050, (2021). ISSN:2283-9216, <https://www.cetjournal.it/cet/21/88/174.pdf> , SJR(2021)=0.25, Q3 (Scopus)

Увеличаването на замърсителите, генерирани при производството на млечни продукти, увеличаването на производствените разходи и възникващите социални проблеми, изискват разработването на подходи за подобряване на устойчивостта на разглежданите продуктови производства. Ефективен начин за постигане на това е чрез оптимизиране на всички дейности по РОВ: от доставчиците на мляко през самото производство до крайните потребители, отговарящи на екологични, икономически и социални критерии. Другият важен аспект при решаването на този тип проблеми е отчитането на предпочитанията на всички участници в РОВ. Настоящото изследване предлага модел на смесено целочислено нелинейно програмиране (MINLP) за оптимален дизайн на устойчива РОВ на млечни продукти за производство на различни млечни продукти, задоволяващи предпочитанията на всички участници в РОВ - доставчици на мляко, мандри и пазари. Подходът включва модели за производство на млечни продукти заедно с икономическото, екологичното и социалното въздействие на разглежданата РОВ. Дефинират се и се решават три оптимизационни задачи при различни критерии за оптимизация, представящи предпочитанията на всички участници в РОВ. Първото решение води до доставката на 162 022 кг от два вида мляко за производството на 61 758 кг продукти с ниско и високо съдържание на мазнини. Последното надхвърля изискванията на пазара. Това е решението с най-големи икономически и социални разходи и най-ниска производствена печалба от 118 008 лв. Второто решение е свързано с производството на 60 023 кг от двата продукта; това е решението с най-ниски икономически разходи и най-голяма производствена печалба от 143 809 лв. При решение 3 беше постигнато пълно задоволяване на изискванията на пазара. То е свързано с доставката на 132 146 кг от двата вида мляко за производството на 60 057 кг от двата продукта.

18. Elisaveta Kirilova, Natasha Vaklieva-Bancheva, Rayka Vladova, **Tatyana Petrova**, Boyan Ivanov, Desislava Nikolova, Yunzile Dzhelil, “An approach for a sustainable decision-making in product portfolio design of dairy supply chain in terms of environmental, economic and

social criteria”, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 24, 213–227 (2022). Electronic ISSN:1618-9558/Print ISSN: 1618-954X, <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02110-2> , **IF(2022)=4.3, Q1 (Scopus)**

Производството на млечни продукти е свързано с разходи за вода и енергия и генериране на големи количества емисии на замърсители. Пълната устойчивост на тези системи може да бъде постигната чрез оптимизиране на всички дейности във ресурсно-осигурителната верига (POB), като се вземат предвид не само екологичните и икономически аспекти, но и социалните. Това изследване предлага многоцелеви подход за моделиране за оптимално проектиране на триешалонни POB за производство на млечни продукти по различни рецепти, като същевременно отговаря на екологични, икономически и социални критерии, определени от гледна точка на разходите. Разходите за околната среда са свързани с генерираните отпадъчни води от производството на млечни продукти и емисиите на CO₂, дължащи се на консумирана енергия и транспорт на суровини и продукти. Социалните са свързани със служителите, наети за изпълнение на дейността на POB. Илюстрирано е приложението на подхода върху реален казус от България. Бяха дефинирани четири модела за оптимизация чрез целочислено нелинейно програмиране– един без и три с отчитане на социалното въздействие. Те бяха решени при различни стойности на екологичните и социалните ограничения. Получените резултати показват, че стриктното спазване на екологичните ограничения води до по-високи икономически разходи и по-ниска печалба. Обратно, по-високите екологични ограничения водят до по-висока печалба и по-ниски икономически разходи. Най-голям дял във въздействието върху околната среда имат генерираните отпадъчни води, следвани от емисиите на CO₂, свързани с консумираната енергия и емисиите на CO₂ от транспорта. Получените решения могат да се използват в процеса на вземане на решения по отношение на търсене на компромис между печалба, екологично и социално въздействие.

19. T. Petrova, E. Kirilova, W. Becker, J. Ivanova, “Two-dimensional Stress and strain Analysis for Graphene Polymer Nanocomposite under Axial Load”, *Journal of Applied and Computational Mechanics*, 8(3), 1065-1075, (2022). DOI: 10.22055/jacm.2022.38834.3292, ISSN: 2383-4536, https://jacm.scu.ac.ir/article_17375_df61b2d51bb1d86d74bd52c9557faefa.pdf, **IF(2022)=3.1, Q1 (Web of Science)**

Разработен и приложен е двумерен „stress-functional” метод, описващ преноса на напрежение в трислойна адхезивно свързана нанокompatитна структура от графен и поли(метилметакрилат), подложена на аксиално статично натоварване. В резултат е получено обикновено диференциално уравнение от четвърти ред с постоянни коефициенти за аксиалното напрежение в първия слой на структурата, чрез минимизиране на енергията на деформация в цялата конструкция, което е решено аналитично. Останалите двумерни напрежения и деформации (аксиални, срязващи и напречни) в слоевете на конструкцията се изразяват и изчисляват като функции на това аксиално напрежение в първия слой и

неговите производни; резултатите са илюстрирани с графики. Моделните стойности за разпределението на деформацията в слоя графен са сравнени с експериментални данни за разпределението на деформацията в графена и с резултати от модела shear-lag от литературата; получено е добро съответствие при 0.4% външна деформация.

20. T. Petrova, E. Kirilova, W. Becker, J. Ivanova, “Influence of type of adhesive on the interface debonding of a BaTiO₃/Epoxy structure under time harmonic mechanical load and electric field at environmental conditions”, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 52(4), 365-380 (2022). <https://doi.org/10.55787/jtams.22.52.4.365>, Print ISSN: 0861-6663 (print), Online ISSN: 1314-8710, https://jtambg.eu/papers/2022/JTAM2022_4_365-380.pdf , IF(2022)=0.2, Q4 (Web of Science)

Проучването се занимава с изследване на ефекта на използваното лепило върху отслабяването на интерфейса при адхезивно залепена пиезоелектрична сензор/носещ субстрат структура BaTiO₃/епоксиден слой, подложена на хармонично във времето механично натоварване и електрическо поле при различни условия на околната среда. Цели се прогнозиране на условията, при които този тип конструкции работят безопасно. За интерфейското напрежение на срязване в зоната на припокриване на структурата, при две различни дебелини на лепилата, за три различни лепила, е приложен метод на решение, базиран на shear-lag модела и метода на Фурие. Видовете получени решения зависят главно от дебелината на лепилото, големината и честотата на приложеното механично натоварване и модула на срязване на използваното лепило. Въз основа на направения анализ е показано, че с увеличаване на големината и честотата на приложеното механично натоварване, дължината на отслабяване също се увеличава. Отслабяването може да се избегне, ако се изберат по-силни лепила и по-дебел слой лепило. Дължината на отслабяване е силно зависима от големината на електрическото изместване на приложеното към конструкцията електрическо поле. На базата на получените решения е разработено аналитично уравнение за резонансните честоти в разглежданата конструкция и те са изчислени и при трите изследвани лепила.

21. Kirilova E.G., Vaklieva-Bancheva N.G., Vladova R.K., Petrova T.S., Nikolova D.S., Ganev E.I., Dzhelil Y.R., “Impact of Product Demand uncertainties on the Optimal Design of a Sustainable Dairy Supply Chain: A Case Study of Bulgaria”, *Chemical Engineering Transactions*, 94, 547-552 (2022). ISSN:2283-9216, <https://www.cetjournal.it/cet/22/94/091.pdf> , SJR(2022)=0.25, Q3 (Scopus)

Нарастването на населението и доходите, заедно с урбанизацията, доведоха до значително увеличение на търсенето на млечни продукти. Това създава възможности за увеличаване на печалбата от производството на млечни продукти, но от друга страна е свързано с генерирането на големи количества замърсители, които се отделят във въздуха и водите и изискват разходи за тяхното третиране и обезвреждане. Наличието на колебания в търсенето на продукти на пазарите също влияе върху устойчивото функциониране на

разглежданите дейности по РОВ. Това проучване предлага стабилен оптимизационен подход за справяне с несигурността на продуктовете изисквания в млечните РОВ за производство на различни млечни продукти по различни рецепти, като същевременно се задоволяват екологични и икономически критерии. Последното е свързано с генерираните отпадъчни води от производството на млечни продукти и емисиите на CO₂, дължащи се на консумираната енергия и транспорта. Подходът е приложен в реален казус от България. Бяха формулирани и решени детерминистични и устойчиви задачи за оптимизация при номинални данни за търсенето на продукта и три различни нива на неопределеност – 0.2, 0.5 и 1. Получените резултати показват, че повишаването на нивото на неопределеност води до намаляване на печалбата от млечната РОВ със сравнително малко стандартно отклонение. Най-ниската средна стойност на печалбата на РОВ от 232 882 лв. се получава при най-голямо ниво на неопределеност 1. Резултатите за общите разходи на РОВ показват, че те също не се променят съществено с увеличаване на нивото на неопределеност. Най-голямата стойност от 154 018 лв. е получена при ниво на неопределеност 0.5. Като се има предвид последното, може да се каже, че разработеният стабилен оптимизационен модел е устойчив, което води до получаване на резултати за печалбата и разходите на РОВ, които не се променят значително с увеличаване на нивото на несигурност при отчитане на продуктовете изисквания.

22. Rayka Vladova, **Tatyana Petrova**, Elisaveta Kirilova, Apostol Apostolov, Boyan Boyadjiev, “Comparison of the model axial graphene strain distributions in graphene/epoxy/polymethyl methacrylate (PMMA) nanocomposite under mechanical and thermomechanical loading”, *Bulgarian Chemical Communications*, 54, 4, 349-354 (2022). ISSN:0324-1130, DOI:10.34049/bcc.54.4.5539, http://www.bcc.bas.bg/BCC_Volumes/Volume_54_Number_4_2022/bcc-54-4-2022-349-354-vladova-5539.pdf , **SJR (Scopus):0.168, Q4 (Scopus)**

Настоящата работа представя теоретично изследване на приложението на двумерен метод “stress-functional” за аналитично описание и сравнение на деформациите в нанокompозитната структура на графен/епоксид/полиметилметакрилат (PMMA) при три вида натоварване - механично, термично и термо- механично. Съответно, са разработени, разгледани и сравнени едно с друго три моделни решения за всички 2D деформации в нанокompозитните слоеве, при различни случаи на натоварване, за да се илюстрира влиянието на температурата върху деформациите. Всички резултати за поведението на аксиалните, напречни и срязващи деформации за трите слоя на конструкцията са илюстрирани с фигури и са обсъдени. Моделното разпределение на аксиалната деформация в графеновия слой при две различни механични външни деформации – 0.3% и 0.8%, беше сравнено и валидирано с експериментални данни при механично натоварване. Получените резултати могат да се използват за бързо прогнозиране на разпределението на деформациите в подобни нанокompозитни устройства като сензори, нано- и оптични електронни устройства, енергийни устройства и др., при различни видове външни натоварвания.

- 23. Tatyana Petrova, Elisaveta Kirilova, Rayka Vladova, Boyan Boyadjiev, Wilfried Becker, Petia Dineva-Vladikova, "Modelling and validation of the axial strain distribution in WS₂ flakes at WS₂/Epoxy/PMMA nanocomposite under axial load", *U. Porto Journal of Engineering*, 8, 6, 160-169, (2022). ISSN:2183-6493, https://journalengineering.fe.up.pt/index.php/upjeng/article/view/2183-6493_008-006_0011/708, SJR (Scopus):0.15 , Q4 (Scopus)**

В настоящото изследване се прилага двумерен метод "stress-functional" за моделиране на аксиалното разпределение на деформацията в люспи (тънък слой с атомна дебелина/"monolayer") от волфрамов дисулфид (WS₂), вграден в епоксидна/полиметилметакрилатна нанокомпозитна структура, подложена на аксиално напрежение на опън. Моделното разпределение на деформацията по протежение на люспата е изчислено и сравнено с експериментални данни и с литературни данни от shear-lag модела за еднослойна люспа, при външна деформация от 0.35% и 0.55%, както и с резултати за многослойни люспи при външна деформация от 0.55%. Сравнението показва добро съответствие на експеримента с модела, както и с модела shear-lag и потвърждава приложимостта на нашия метод за описание на деформации в нанокомпозитни слоеви структури в еластичната област на приложените натоварвания. Представеният метод не е подходящ за многослойни люспа WS₂ при външна деформация от 0.55%, поради появата на зона на релаксация и образуването на гънки в люспата.

- 24. Даниела Джонова-Атанасова, Константина Стефанова, Крум Семков, Татяна Петрова, Светослав Наков. Глава I. Експериментално изследване на неравномерността на течната фаза в колонни апарати с високоефективни ненаредени пълнежи, в "Устойчиви процеси, устойчиви системи, устойчива околна среда", Издателство на БАН "Проф. Марин Дринов", 2020, ISBN:978-619-245-056-4, 17-43 [Линк](#)**

В Глава 1 са описани експериментални изследвания за измерване на радиалното разпределение на течна фаза (вода) след слой пълнеж в колона с диаметър 0.47 m и пълнежи Raschig Super-Ring (RSRM) – 0.7", 1.5" и 3", както и пластмасови Raschig Super-Ring с размери 0.6" и 2" (RSRP) и Ralu-Flow с размери 1 и 2 (25 и 50 mm). Изследванията са проведени за дебити $Q_{i0} = 1.87-7.49$ m³/h при равномерно начално оросяване и за $Q_{0w} = 0.3-0.6$ m³/h при пристенно оросяване. Неравномерността на потоците на входа и в дълбочина на пълнежния слой на колоната също е изследвана и оценена. Установени са зони в колоната с едромасабна неравномерност и са предложени решения за описването и оценяването ѝ.

- 25. Татяна Петрова, Даниела Джонова-Атанасова, Крум Семков. Глава II. Математическо моделиране на процесите на неравномерност на течната фаза в колони с пълнеж, методи за идентификация на моделните параметри, методи за определяне на**

оптимален дизайн на устройствата в проблемните зони. "Устойчиви процеси, устойчиви системи, устойчива околна среда", Издателство на БАН "Проф. Марин Дринов", 2020, ISBN:978-619-245-056-4, 44-86 [Линк](#)

В настоящата глава 2 са представени възможностите на дисперсионния модел за моделирането на радиалното разпределение на течната фаза след слой пълнеж с отворена структура. Анализирани са параметрите на модела и са предложени методи за определянето им при различни ситуации в зависимост от наличните експериментални данни и условията, при които са получени. Оценката на неравномерността на течната фаза е представена количествено чрез интегралната характеристика - фактор на неравномерност. Бяха установени проблемните зони в пилотната инсталация, които са потенциални източници на неравномерност – оросителното устройство (над пълнежа) и събирателното устройство (СУ) (под пълнежа), и бяха предложени конструктивни изменения в дизайна им, които значително намаляват неравномерността. Формулирана и доказана е хипотезата за влиянието на фрагментирането на секциите на СУ в пристенната зона на колоната върху идентификацията на параметрите на дисперсионния модел. Симулирани са различни варианти на фрагментация на секциите на СУ в пристенната зона, избран е и количествен критерий за определяне на оптималния вариант.

Верификацията на дисперсионния модел, на методите за идентификация на параметрите му и на избора на оптимален дизайн на СУ, както и на количествени оценки за неравномерността на течната фаза е извършена успешно със собствени (RSRM 0.7, 1.5 и 3") и чужди данни. От чуждите данни са използвани предимно експерименталните, а за отделни случаи – и моделни данни, получени за колони с полуиндустриален и индустриален размер (0.6 m и 1.2 m) и ненаредени пълнежи с отворена структура (25 mm метални Pall rings (Yin, 1999); RMSR 70-5 и Raflux rings 50-5 (Hanusch et al., 2018a, 2019).

Доказана е приложимостта на дисперсионния модел за моделирането на радиалното разпределение на течна фаза в колони с пълнеж с отворена структура от второ, трето и четвърто поколение както за полуиндустриални, така и за индустриални колони. Също така е потвърдена способността на дисперсионния модел за симулиране на различни видове неравномерност и в комбинация с фактора на неравномерност – възможността за оптимизация и оценка на проблемните зони в колоната.