

Резюмета на публикациите

представени от гл. ас. д-р **Димитар Трайко Недановски**

за участие в конкурс за академична длъжност

„доцент“ по ПН **4.5. Математика**

(**Математическо моделиране и приложения в роботиката и мехатрониката**),

обявен в ДВ, бр. 20 от 08.03.2024 г.

1. Stratiev D., Shishkova I., Dinkov R., Nenov S., Sotirov S., Sotirova E., Kolev I., Ivanov V., Ribagin S., Atanassov K., Stratiev D., Yordanov D., Nedanovski D., “Prediction of Petroleum Viscosity from Molecular Weight and Density”, *Fuel*, Article number 125679, **331** (2023), ISSN: 0016-2361, e-ISSN: 1873-7153, doi: 10.1016/j.fuel.2022.125679.

Abstract

165 crude oils with viscosity, density, and molecular weight variation in the range 0.54 – 24135cP; 0.746 – 1.016 g/cm³; 117–579 g/mol respectively were examined for viscosity prediction using eight available in the literature models and three more, developed in this work models. The best empirical model was that of Sinha et al., 2020 with % AAD (absolute average deviation) = 18.2 %. The ANN (artificial neural network) model for the data set of the 165 crude oils outperformed the empirical correlations with % AAD = 17.7 %. 93 crude oils with viscosity, density, molecular weight, and SARA composition data variation in the range 2.3 – 23 000cP; 0.819 – 0.992 g/cm³; 179–579 g/mol; Sat.: 26.0–79.3 %; Aro:11.9–52.8 %; Res.: 2.5–30.9; Asp.:0.1–19.6 % respectively were also examined for viscosity prediction by the available in the literature empirical correlations and another new developed empirical correlation that includes besides molecular weight and density, the crude oil saturate content. The best empirical model was that developed in this work with saturate content inclusion, that showed % AAD = 23.8 %. The ANN model for the data set of 93 crude oils again outperformed the empirical correlations with % AAD = 18.8 %. The most accurate model predicting viscosity was found the new developed in this work model on the base of a reference viscosity at a particular temperature and molecular weight with %AAD = 2.5 %.

Резюме

165 екземпляра суров петрол с вариация на вискозитета, плътността и молекулното тегло в диапазона 0,54 – 24135cP; 0,746 – 1,016 g/cm³; 117–579 g/mol, съответно, бяха изследвани за прогнозиране на вискозитета, като се използваха осем налични в литературата модела и още три, разработени в тази работа. Най-добрият емпиричен модел беше този на Sinha et al., 2020 г. с % AAD (абсолютно средно отклонение) = 18,2 %, моделът ANN (изкуствена невронна мрежа) за набора от данни на 165-те сурови петрола превъзхожда емпиричните корелации с % AAD = 17,7 %. 93 сурови масла с вариация на данните за вискозитет, плътност, молекулно тегло и SARA състав в диапазона 2,3 – 23 000cP; 0,819 – 0,992 g/cm³; 179–579 g/mol; Нас.: 26,0–79,3 %; Аро:11,9–52,8 %; Рез.: 2.5–30.9; Asp.:0,1–19,6 %, съответно, също бяха изследвани за прогнозиране на вискозитета чрез наличните в литературата емпирични корелации и друга нова разработена емпирична корелация, която включва освен молекулно тегло и плътност, съдържанието на наситените въглеводороди във суровия нефт (алкани). Най-добрият емпиричен модел беше този, разработен в тази работа с включване на съдържанието на наситените въглеводороди, който показва % AAD = 23,8 %. Моделът ANN за набора от данни от 93 сурови петрола отново превъзхожда емпиричните корелации с % AAD = 18,8 %. Установено е, че най-точният модел, предсказващ вискозитета, е новият разработен в тази работа модел на базата на референтен вискозитет при определена температура и молекулно тегло с %AAD = 2,5 %.

2. Chavdarov I., Yovchev K., Miteva L., Stefanov A., Nedanovski D., “A Strategy for Controlling Motions Related to Sensory Information in a Walking Robot Big Foot”,

Abstract

Acquiring adequate sensory information and using it to provide motor control are important issues in the process of creating walking robots. The objective of this article is to present control algorithms for the optimization of the walking cycle of an innovative walking robot named “Big Foot”. The construction of the robot is based on minimalist design principles – only two motors are used, with which Big Foot can walk and even overcome obstacles. It is equipped with different types of sensors, with some of them providing information necessary for the realization of an optimized walk cycle. We examine two laws of motion – sinusoidal and polynomial – where we compare the results with constant angular velocity motion. Both proposed laws try to find balance between minimizing shock loads and maximizing walking speed for a given motor power. Experimental results are derived with the help of a 3D-printed working prototype of the robot, with the correct realization of the laws of motion being ensured by the use of a PD controller receiving data from motor encoders and tactile sensors. The experimental results validate the proposed laws of motion and the results can be applied to other walking robots with similar construction.

Резюме

Получаването на адекватна сензорна информация и използването ѝ за осигуряване контрол върху двигателите са важни въпроси в процеса на създаване на крачещи роботи. Целта на тази статия е да представи алгоритми за управление за оптимизиране на цикъла на крачене на иновативен крачещ робот, наречен „Big Foot“. Конструкцията на робота е базирана на минималистични принципи на дизайн – използвани са само два двигателя, с които Big Foot може да крачи и да преодолява препятствия. Оборудван е с различни видове сензори, като някои от тях предоставят информация, необходима за реализирането на оптимизиран цикъл на крачене. Изследваме два закона на движение – синусоидален и полиномиален – като сравняваме резултатите с движение с постоянна ъглова скорост. И двата предложени закона се опитват да намерят баланс между минимизиране на ударните натоварвания и максимизиране на скоростта на ходене за дадена двигателна мощност. Експерименталните резултати се получени с помощта на 3D отпечатан работещ прототип на робота, като правилното реализиране на законите на движение се осигурява от използването на PD контролер, получаващ данни от моторни енкодери и тактилни сензори. Експерименталните резултати потвърждават предложените закони на движение и резултатите могат да бъдат приложени към други ходещи роботи с подобна конструкция.

3. Stratiev D., Nenov S., Nedanovski D., Shishkova I., Dinkov R., Stratiev D.D., Stratiev D.D., Sotirov S., Sotirova E., Atanassova V., Ribagin S., Atanassov K., Yordanov D., Angelova N.A., Todorova-Yankova L., “Empirical Modeling of Viscosities and Softening Points of Straight-Run Vacuum Residues from Different Origins and of Hydrocracked Unconverted Vacuum Residues Obtained in Different Conversions”, *Energies*, Article number 1755, 15, no. 5 (2022), ISSN: 1996-1073, e-ISSN: 1996-1073, doi:10.3390/en15051755.

Abstract

The use of hydrocracked and straight-run vacuum residues in the production of road pavement bitumen requires a good understanding of how the viscosity and softening point can be modeled and controlled. Scientific reports on modeling of these rheological properties for hydrocracked and straight-run vacuum residues are scarce. For that reason, 30 straight-run vacuum residues and 33 hydrocracked vacuum residues obtained in a conversion range of 55–93% were investigated, and the characterization data were employed for modeling purposes. An intercriteria analysis was

applied to investigate the statistically meaningful relations between the studied vacuum residue properties. It revealed that the straight-run and hydrocracked vacuum residues were completely different, and therefore their viscosity and softening point should be separately modeled. Through the use of nonlinear regression by applying CAS Maple and NLPSolve with the modified Newton iterative method and the vacuum residue bulk properties the viscosity and softening point were modeled. It was found that the straight-run vacuum residue viscosity was best modeled from the molecular weight and specific gravity, whereas the softening point was found to be best modeled from the molecular weight and C₇-asphaltene content. The hydrocracked vacuum residue viscosity and softening point were modeled from a single property: the Conradson carbon content. The vacuum residue viscosity models developed in this work were found to allow prediction of the asphaltene content from the molecular weight and specific gravity with an average absolute relative error of 20.9%, which was lower of that of the model of Samie and Mortaheb (Fuel. 2021, 305, 121609) – 32.6%.

Резюме

Използването на хидрокрекирани и остатъци от вакуумна дестилация при производството на битум за пътна настилка изисква добро разбиране на това как вискозитетът и точката на омекване могат да бъдат моделирани и контролирани. Научните доклади за моделиране на тези реологични свойства за хидрокрекирани и остатъци от вакуумна дестилация са оскъдни. Поради тази причина бяха изследвани 30 остатъци от вакуумна дестилация и 33 вакуумни остатъци от хидрокрекинг, получени в диапазон на преобразуване от 55–93%, и данните за характеризирани бяха използвани за целите на моделирането. Беше приложен интеркритериален анализ за изследване на статистически значимите връзки между изследваните свойства на вакуумния остатък. Той разкри, че остатъците от вакуумна дестилация и хидрокрекираните вакуумни остатъци са напълно различни и следователно техният вискозитет и точка на омекване трябва да бъдат моделирани отделно. Чрез използването на нелинейна регресия, прилагайки CAS Maple и NLPSolve с модифицирания итеративен метод на Нютон, и на bulk properties на вакуумния остатък бяха моделирани вискозитетът и точката на омекване. Беше установено, че вискозитетът на остатъци от вакуумна дестилация се моделира най-добре от молекулното тегло и специфичното тегло, докато точката на омекване беше установено, че се моделира най-добре от молекулното тегло и съдържанието на C₇-асфалтен. Вискозитетът на хидрокрекиран вакуумен остатък и точката на омекване бяха моделирани от едно свойство: въглеродното съдържание на Conradson. Установено е, че моделите на вискозитета на вакуумния остатък, разработени в тази работа позволяват прогнозиране на съдържанието на асфалтен от молекулното тегло и специфичното тегло със средна абсолютна относителна грешка от 20,9%, което е по-ниско от това на модела на Samie и Mortaheb (Fuel. 2021, 305, 121609) – 32,6%.

4. Stratiev D., Shishkova I., Palichev G.N., Atanassov K., Ribagin S., Nenov S., Nedanovski D., Ivanov V., “Study of Bulk Properties Relation to SARA Composition Data of Various Vacuum Residues Employing Intercriteria Analysis”, *Energies*, Article number 9042, **15**, no. 23 (2022), ISSN: 1996-1073, e-ISSN: 1996-1073, doi: 10.3390/en15239042.

Abstract

Twenty-two straight run vacuum residues extracted from extra light, light, medium, heavy, and extra heavy crude oils and nine different hydrocracked vacuum residues were characterized for their bulk properties and SARA composition using four and eight fractions (SAR-ADTM) methods. Intercriteria analysis was employed to determine the statistically meaningful relations between the SARA composition data and the bulk properties. The determined strong relations were modeled using the computer algebra system Maple and NLPSolve with the Modified Newton Iterative Method. It was found that the SAR-ADTM saturates, and the sum of the contents of saturates and ARO-1 can be predicted from vacuum residue density, while the SAR-ADTM asphaltene fraction

content, and the sum of asphaltenes, and resins contents correlate with the softening point of the straight run vacuum residues. The softening point of hydrocracked vacuum residues was found to strongly negatively correlates with SAR-AD™ Aro-1 fraction, and strongly positively correlates with SAR-AD™ Aro-3 fraction. While in the straight run vacuum residues, the softening point is controlled by the content of SAR-AD™ asphaltene fraction in the H-Oil hydrocracked vacuum residues, the softening point is controlled by the content of SAR-AD™ Aro-3 fraction content. During high severity H-Oil operation, resulting in higher conversion, hydrocracked vacuum residue with higher SAR-AD™ Aro-3 fraction content is obtained, which makes it harder and more brittle.

Резюме

Двадесет и два остатъци от вакуумна дестилация, извлечени от изключително леки, леки, средни, тежки и изключително тежки сурови нефти и девет различни хидрокрекирани вакуумни остатъци бяха характеризирани за основните показатели на нефта и SARA съставът с помощта на четири и осем фракционни методи (SAR-AD™). Беше използван интеркритериален анализ, за да се определят статистически значимите връзки между данните за SARA състава и основните показатели на нефта. Установените връзки бяха моделирани с помощта на CAS Maple и NLPSolve с модифициран итеративен метод на Нютон. Беше установено, че SAR-AD™ наситените въглеводороди, и сумата от съдържанието на наситените въглеводороди и ARO-1 може да бъде предвидено от плътността на вакуумния остатък, докато съдържанието на асфалтенова фракция SAR-AD™ и сумата от съдържанието на асфалтени и смоли корелират с точката на омекване на вакуумните остатъци при правия цикъл. Установено е, че точката на омекване на хидрокрекираните вакуумни остатъци корелира силно отрицателно с фракцията SAR-AD™ Aro-1 и силно корелира положително с фракцията SAR-AD™ Aro-3. Докато при вакуумните остатъци при права дестилация точката на омекване се контролира от съдържанието на асфалтенова фракция SAR-AD™, в вакуумните остатъци от хидрокрекинг, точката на омекване се контролира от съдържанието на фракция SAR-AD™ Aro-3. По време на тежките условия на хидрокрекинг, в резултат на високата конверсия, се получава хидрокрекиран вакуумен остатък с по-високо съдържание на фракция SAR-AD™ Aro-3, което го прави по-твърд и по-крехк.

5. Shishkova I., Stratiev D., Kolev I.V., Nenov S., Nedanovski D., Atanassov K., Ivanov V., Ribagin S., "Challenges in Petroleum Characterization - A Review", *Energies*, Article number 7765, **15**, no. 20 (2022), ISSN: 1996-1073, e-ISSN: 1996-1073, doi: 10.3390/en15207765.

Abstract

252 literature sources and about 5000 crude oil assays were reviewed in this work. The review has shown that the petroleum characterization can be classified in three categories: crude oil assay; SARA characterization; and molecular characterization. It was found that the range of petroleum property variation is so wide that the same crude oil property cannot be measured by the use of a single standard method. To the best of our knowledge for the first time the application of the additive rule to predict crude oil asphaltene content from that of the vacuum residue multiplied by the vacuum residue TBP yield was examined. It was also discovered that a strong linear relation between the contents of C₅- and C₇-asphaltene in crude oil and derived thereof vacuum residue fraction exists. The six parameters Weibull extreme function showed to best fit the TBP data of all crude oil types, allowing construction of a correct TBP curve and detection of measurement errors. A new SARA reconstitution approach is proposed to overcome the poor SARA analysis mass balance when crude oils with lower density are analyzed. The use of a chemometric approach with combination of spectroscopic data was found very helpful in extracting information about the composition of complex petroleum matrices consisting of a large number of components.

Резюме

В тази работа са взети под внимание 252 литературни източника и около 5000 анализа на суров нефт. Прегледът показва, че характеризацията на петрола може да бъде класифицирана в три категории: количествен анализ на суров нефт; SARA характеризация; и молекулярна характеризация. Беше установено, че обхватът на вариациите на свойствата на петрола е толкова широк, че едно и също свойство на суровия нефт не може да бъде измерено чрез използването на един стандартен метод. Доколкото ни е известно, за първи път беше изследвано прилагането на адитивното правило за прогнозиране на съдържанието на асфалтен в суровия нефт от това на вакуумния остатък, умножен по добива на вакуумния остатък ТВР. Открито е също, че съществува линейна зависимост между съдържанието на C_5 - и C_7 -асфалтени в суровия нефт и получената от него фракция на вакуумния остатък. Щестпараметричното екстремно разпределение на Weibull най-добре апроксимира данните за ТВР на всички видове суров петрол, което позволява изграждането на правилна крива на ТВР и откриване на грешки в измерванията. Предлага се нов подход за възстановяване на SARA за преодоляване на лошия масов баланс на анализа на SARA, възникващ при анализ типове суров петрол с по-ниска плътност. Използването на хемометричен подход с комбинация от спектроскопски данни се оказа много полезно при извличането на информация за състава на сложни петролни матрици, състоящи се от голям брой компоненти.

6. Stratiev D., Nenov S., Nedanovski D., Shishkova I., Dinkov R., Stratiev D.D., Stratiev D.D., Sotirov S., Sotirova E., Atanassova V., Atanassov K., Yordanov D., Angelova N.A., Ribagin S., Todorova-Yankova L., "Different Nonlinear Regression Techniques and Sensitivity Analysis as Tools to Optimize Oil Viscosity Modeling", *Resources*, Article number 99, **10**, no.10 (2021), e-ISSN: 2079-9276, doi: 10.3390/resources10100099.

Abstract

Four nonlinear regression techniques were explored to model gas oil viscosity on the base of Walther's empirical equation. With the initial database of 41 primary and secondary vacuum gas oils, four models were developed with a comparable accuracy of viscosity calculation. The Akaike information criterion and Bayesian information criterion selected the least square relative errors (LSRE) model as the best one. The sensitivity analysis with respect to the given data also revealed that the LSRE model is the most stable one with the lowest values of standard deviations of derivatives. Verification of the gas oil viscosity prediction ability was carried out with another set of 43 gas oils showing remarkably better accuracy with the LSRE model. The LSRE was also found to predict better viscosity for the 43 test gas oils relative to the Aboul Seoud and Moharam model and the Kotzakoulakis and George.

Резюме

Бяха изследвани четири нелинейни регресионни техники за моделиране на вискозитета на газьол на базата на емпиричното уравнение на Walther. С първоначалната база данни от 41 първични и вторични вакуумни газьоли бяха разработени четири модела със сравнима точност на изчисление на вискозитета. Информационният критерий на Akaike и информационният критерий на Bayes отделиха модела на относителните грешки на най-малките квадрати (LSRE) като най-добър. Анализът на чувствителността по отношение на дадените данни показва също, че моделът LSRE е най-стабилният, с най-ниски стойности на стандартните отклонения на производните. Проверката на способността за прогнозиране на вискозитета на газьолите беше извършена с друг набор от 43 газьоли, показващи забележително по-добра точност с модела LSRE. Установено е също, че LSRE предсказва по-добър вискозитет за 43-те тестови газьоли, в сравнение с модела Aboul Seoud и Moharam

и Kotzakoulakis и George.

7. Nikolov N., Nedanovski D., “Analytic Renormalization and Residues of Feynman Diagrams”, *Comptes Rendus de L'Academie Bulgare des Sciences*, **70**, no. 9, pp. 1219 – 1226 (2017), ISSN: 1310-1331, e-ISSN: 2367–5535.

Abstract

In the context of the Nikolov-Stora-Todorov renormalization prescription, we consider the notion of analytic residue of Feynman amplitude and propose a recursive procedure for analytic renormalization in position space.

Резюме

В контекста на процедурата за ренормализация на Николов-Стора-Тодоров разглеждаме понятието за аналитичен резидуум на файнманови амплитуди и предлагаме рекурсивна процедура за аналитична ренормализация в координатно пространство.

8. Stefanov A.A., Chavdarov I.N., Nedanovski D.T., “Detailed Dynamical Model of a Simple 3D Printed Walking Robot”, *AIP Conference Proceedings*, Article number 030031, **2321** (2021), ISSN: 0094-243X, e-ISSN:1551-7616, doi: 10.1063/5.0040125.

Abstract

We present the detailed dynamical model of a 3D printed walking robot with a minimal number of degrees of freedom (DOF). The robot has only two DOF, but despite that, it is capable of moving forward (or backwards) by walking, rotating to an arbitrary angle, going around obstacles, and even climbing stairs, in accordance with its size. Following a tendency of an increased popularity of robots in the education process, the prototype finds application in specialized educational methods for work with children with autism or development problems.

Резюме

Представяме подробния динамичен модел на 3D принтиран ходещ робот с минимален брой степени на свобода (DOF). Роботът има само две DOF, но въпреки това той може да се движи напред (или назад) чрез ходене, завъртане под произволен ъгъл, заобикаляне на препятствия и дори изкачване на стълби, в зависимост от размера си. Следвайки тенденцията за нарастваща популярност на роботите в учебния процес, прототипът намира приложение в специализирани образователни методи за работа с деца с аутизъм или проблеми в развитието.

9. Stefanov A., Chavdarov I., Nedanovski D., Boiadzhiev G., “Dynamics and Control of a 3D Printed Walking Robot”, *27th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks, SoftCOM 2019*, Article number 8903684 (2019), ISBN: 978-953290088-0, e-ISSN: 1847-358X, doi:10.23919/SOFTCOM.2019.8903684.

Abstract

The construction of 3D printed walking robot based on a minimalistic design is presented. The robot has only two motors, but despite that, it is capable of moving forward (or backwards) by walking, rotating to an arbitrary angle, going around obstacles, and even climbing stairs (in accordance with its size). The relevant geometric and kinematic properties of the robot are studied. A dynamical model is also given, which is used as a basis for the development of suitable control algorithms. Some of the applications of the prototype are reviewed - currently it finds applications in the education process at some schools and universities. Some new possible applications are also discussed. The paper ends with conclusions and discussion regarding possible improvements in the design, based on the currently developed dynamical model.

Резюме

Представена е конструкцията на 3D принтиран крачещ робот, базиран на минималистичен дизайн. Роботът има само два двигателя, но въпреки това той може да се движи напред (или назад) чрез крачене, завъртане под произволен ъгъл, заобикаляне на препятствия и дори изкачване на стълби (в зависимост от размера му). Изследват се съответните геометрични и кинематични свойства на робота. Даден е и динамичен модел, който се използва като основа за разработване на подходящи алгоритми за управление. Отбелязани са някои от приложенията на прототипа – в момента той намира приложение в учебния процес в някои училища и университети. Обсъждат се и нови възможни приложения. Документът завършва със заключения и дискусия относно възможни подобрения в дизайна, базирани на разработения динамичен модел.

25.04.2024 г.

Подпис: