https://doi.org/10.33261/jaaru.2019.26.3.012 *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences (2019) 26(3): 105–111*

Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences
مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية

النمذجة والمحاكاة الهندسية باستخدام تطبيق CFD Computational fluid dynamics لعملية التقاط الأجزاء السخامية الناتجة عن محرك الديزل ضمن الهيدروسيكلون

مي حنا شهدا[1،*]، محمود فطامة [2]، يوسف جوهر[3]

[1] قسم الهندسة البيئية، جامعة البعث، سوريا، mai.shahda@yahoo.com

[2] قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث، البريد الالكتروني

[3] قسم الهندسة الكيميائية، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية، جامعة البعث، البريد الالكتروني

[*] الباحث الممثل: مي حنا شهدا، mai.shahda@yahoo.com

نشر في: 31 آب 2019

الخلاصة – يهدف البحث إلى التنبؤ بعملية التقاط الأجزاء السخامية الناتجة عن محركات الديزل المولدة للطاقة الكهربائية ضمن الهيدروسيكلون وذلك بإجراء الدراسة التطبيقية باستخدام تطبيق Computational Fluid Dynamics (CFD) عبر نمذجة ومحاكاة الجريان المضطرب ضمن الهيدروسيكلون باستخدام برنامج SOLIDWORKS Flow Simulation حيث يجمع البرنامج المستوى العالي من الأداء والدقة مع سهولة الاستخدام مقارنة بالبرامج الأخرى التي تستخدم تطبيق ال CFD من أجل تحليل الجريان سواءً كان الجريان سائل أو غاز. يساعد هذا التطبيق على تسريع عملية المحاكاة الهندسية والقدرة التحليلية للجريان مما يساعد صانع القرار في تسريع عملية التصميم والتأكد من صحة عمله على أرض الواقع. أكدت عملية المحاكاة الهندسية على أهمية استخدام الهيدروسيكلون في التقاط الأجزاء السخامية بنسبة خطأ لم يتجاوز 4% مقارنة بالواقع التجريبي.

الكلمات الرئيسية – الأجزاء السخامية، الهيدروسيكلون، برنامج SOLIDWORKS Flow Simulation، تطبيق CFD.

1. المقدمة

ديناميكية الموائع الحسابية Computational Fluid Dynamics (CFD)

هي أداة تحليل النظم التي تتضمن تحليل حركة الموائع وانتقال الحرارة والظواهر المرتبطة بها مثل التفاعلات الكيميائية المعتمدة على المحاكاة الحاسوبية بشكل أساسي.[1]

من أهم مهام تطبيق CFD ضمن برنامج SOLIDWORKS Flow Simulationتقييم وتحسين التدفقات المعقدة وذلك عبر ما يلي:[4]

- دراسة تأثير العوامل المختلفة على التدفقات المعقدة داخل وخارج التصميم الهندسي.
- تقييم الجريان بحسب الشروط المحددة من حيث انخفاض الضغط والسرعة ودرجات الحرارة وغيرها من المتغيرات.
- يحدد البرنامج نوع التدفق في حال كان مضطرب أو صفائحي مع الأخذ بعين الاعتبار الدوران عبر مسارات تدفق متحركة.
- تقييم أثر المضخات والمراوح على التصميم.
- الأخذ بعين الاعتبار العوامل الثانوية مثل المسامية والخشونة ووجود التجاويف والرطوبة.
- تحليل عملية الانتشار الحراري ضمن وحول التصميم.
- دراسة توزع القيم في جميع المقاطع الهندسية على كامل المنتج وتحديد توزع الضغط والحرارة والسرعة والتدفق الكتلي وغيرها.
- القدرة على مقارنة النتائج لتصاميم مختلفة.
- حساب القيم في أي نقطة وعلى أي سطح.
- الحصول على النتائج في وقت قصير وبشكل دقيق مع تصدير النتائج إلى ميكروسوفت اكسل وإنشاء تقارير ومقاطع فيديو وصور.

1.1 *ايجابيات استخدام CFD [5,3]*

- الحد من الوقت الفعلي التجريبي ومن الكلفة عند اعتماد تصاميم جديدة.
- القدرة على دراسة العديد من المتغيرات التصميمية من أجل تحسين نظم التشغيل.
- القدرة على دراسة النظم من حيث التجارب الصعبة أو المستحيلة.
- القدرة على دراسة النظم تحت ظروف خطرة وخارج حدود الأداء المعتادة.
- الحصول على مستوى عال من البيانات والنتائج وبدقة عالية.

1726-4081© 2019 The author(s). Published by Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences. This is an open access article under the CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

1.2 سلبيات استخدام CFD [5,3]

- يعتمد النظام على مجموعة من النظريات المعقدة والتي تتطلب من القائمين على عملية المحاكاة الهندسية الخبرة العالية من أجل تفسير النتائج والأخطاء العددية والحس الفيزيائي.
- تتطلب بعض برامج CFD رسوم ترخيص غالية الثمن بالإضافة إلى أنها صعبة الفهم للمبتدئين.
- تحتاج إلى جهاز حاسوب عالي الكفاءة.
- يتم الحصول على موديل CFD عبر إدخال المعايير والمتغيرات الهندسية والفيزيائية والتي تتعلق بشكل أساسي بالمشكلة المعنية المراد حلها وهي التقاط الأجزاء السخامية ضمن منظومة الترشيح المقترحة.

2. هدف البحث

يهدف البحث إلى نمذجة ومحاكاة الجريان المضطرب ضمن منظومة الترشيح المقترحة من أجل التقاط الأجزاء السخامية الناتجة عن محرك الديزل وذلك باستخدام تطبيق CFD (Computational Fluid Dynamics) ضمن برنامج SOLIDWORKS Flow Simulation والتنبؤ بكفاءة منظومة الترشيح المقترحة مع إجراء مقارنة ما بين الدراسة التطبيقية والتجريبية.

3. مواد وطرق البحث

يعتمد البحث على الأسس التالية:

- العمل التجريبي يشمل:

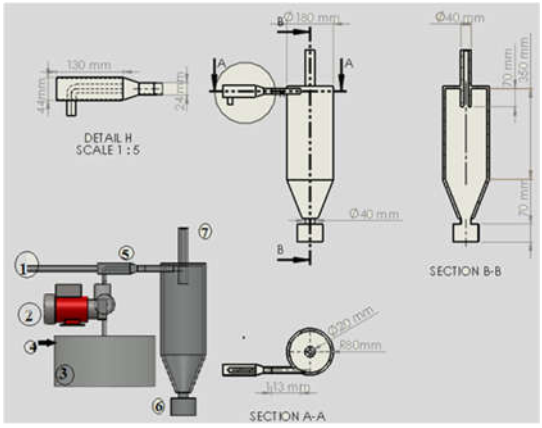
إنشاء نموذج تجريبي بالأبعاد المختارة و اختبار فعالية عملية الترشيح الرطبة في التقاط الأجزاء السخامية عبر الغسيل برذاذ ماء الشرب وذلك من أجل معدل التحميل الأقصى (80%) لمحرك الديزل المدروس مع تغير معدل تدفق سائل الغسيل إلى غاز العادم. L/G (L/m3)

- المرحلة النهائية:

مقارنة نتائج الدراسة التطبيقية والعمل التجريبي.

4. تصميم منظومة التقاط السخام الناتج عن محرك الديزل

استخدمت منظومة الالتقاط الموضحة بالشكل (1) باستخدام الهيدروسيكلون والذي صمم عبر دمج تصميم السيكلون وفق الموديل الرياضي Salcedo [9,8,7]مع تصميم تضيق فنتوري وفق الموديل الرياضي-Infinite Throat Model [3,2]والذي يحقق أفضل خلط للسائل مع الغاز. ألية الفصل الرئيسية تتم ضمن جسم الهيدروسيكلون تحت تأثير قوى الطرد المركزي وقوة الثقالة على الأجزاء السخامية. يغسل تيار غاز العادم بتيار من رذاذ ماء الشرب بضغط أقصى 90 bar عبر فتحة رش واحدة موضوعة في مدخل الفنتوري مع تأمين خلط جيد ما بين الغاز والسائل ضمن تضيق فنتوري.



الشكل (1): رسم بياني للنموذج التجريبي

1. مدخل تيار غاز العادم، 2. مضخة الماء ذات الضغط العالي، 3. خزان سائل الغسيل، 4. الإضافات من سائل الغسيل، 5. تضيق فنتوري من أجل الخلط الجيد ما بين سائل الغسيل والغاز ،6. خزان تجميع المياه الملوثة، 7. مخرج الغاز بعد عملية الغسيل.

طبقت الدراسة العملية على محرك الديزل صنع الولايات المتحدة Perkins (120kW/150kVA Perkins generator) والجدول (1) يوضح مخرجات المحرك:

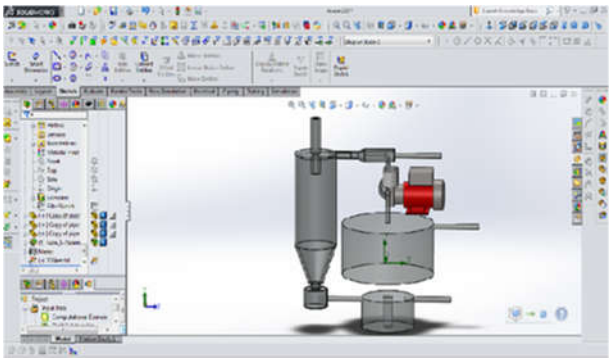
جدول (1): مواصفات غاز العادم الناتج عن محرك الديزل والداخل إلى منظومة الترشيح

معدل تحميل المولدة	درجة حرارة الغاز	متوسط قطر الجزيئات السخامية	كثافة الغاز	لزوجة الغاز	تدفق الغاز	معدل التحميل من السخام	كثافة السخام
%	C°	µm	kg/ m³	Pa.s	m³ /h	mg/ m³	kg/ m³
75-80	250	0.2	0.67	2.8E-05	30	1200	500

في الواقع لا يوجد معادلات محددة وخاصة من اجل تحديد فعالية التقاط الأجزاء وبشكل خاص عند استخدام تقنية الغسيل والتي تتأثر بشكل أساسي بمقدار اختراق سائل الغسيل للغاز ونوعية وحجم كل من جزيئات الغاز وقطيرات السائل بالإضافة إلى صعوبة تعميم نتائج الحساب على أرض الواقع [6,3] ولذلك ضمن الدراسة التطبيقية سيتم اختبار فعالية التقاط السخام ضمن منظومة الترشيح المقترحة من أجل نفس مواصفات غاز العادم لمحرك الديزل المدروس تحت نفس شروط العمل الموافقة لمواصفات السائل والغاز والأجزاء الفعلية.

5. اختبار عملية الترشيح الرطبة باستخدام CFD (computational fluid dynamics) Fluid Flow Simulation Software

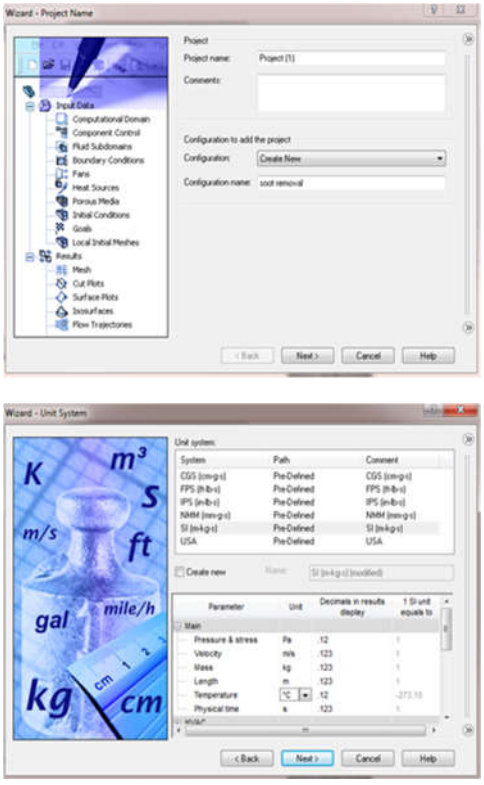
في البدء يتم إدخال الأبعاد الهندسية للتصميم المراد دراسته ضمن برنامج SOLIDWORKS Drawings 3D Flow Simulation والمبينة بالشكل (2):



الشكل (2): مخطط المعالجة باستخدام Solidworks

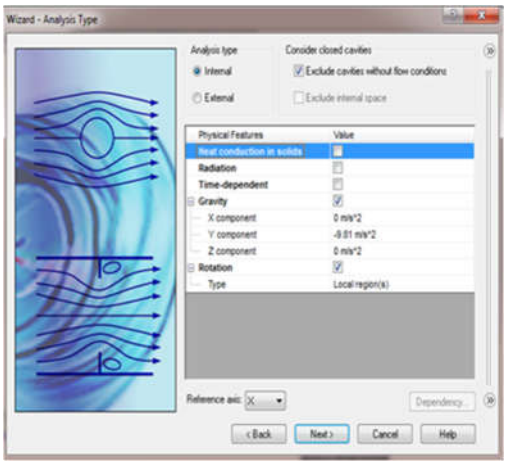
يتم اختيار برنامج المحاكاة حسب الشروط المحددة وفق الخطوات التالية:

- تحديد اسم برنامج المحاكاة (Soot Removal) ثم تحديد مجال الوحدات العالمية المستخدمة والمبين بالشكل (3).



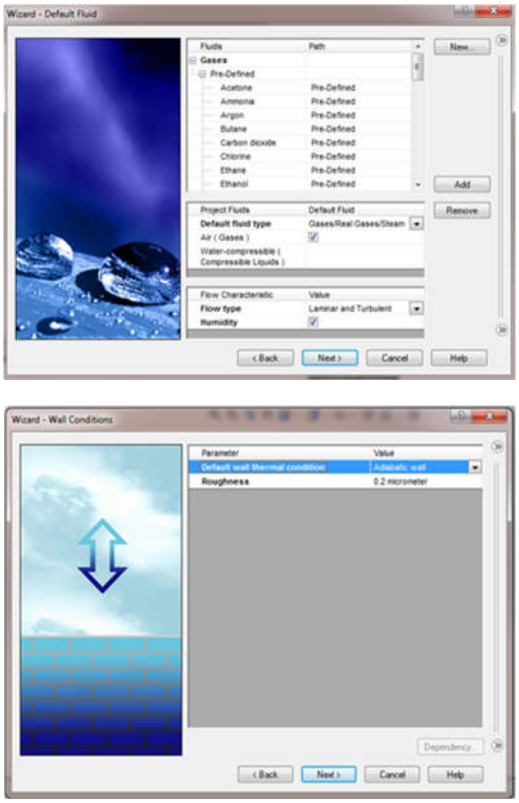
الشكل (3): اختيار اسم برنامج المحاكاة والوحدات العالمية المستخدمة

- تحديد نوع التدفق المدروس (داخل منظومة الترشيح internal)، القوى المؤثرة على عملية الترشيح وهي بشكل أساسي قوى الثقالة وقوى الطرد المركزي والمبين بالشكل (4):



الشكل (4): تحديد القوة المؤثرة على الجريان

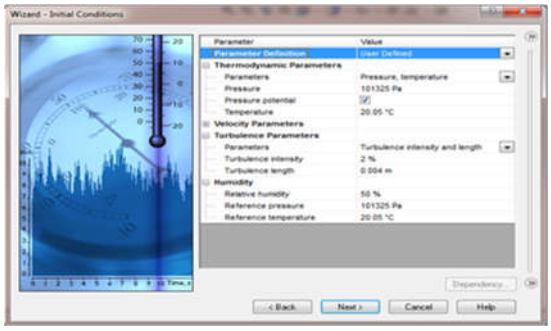
- تحديد نوع التدفق ضمن المنظومة (جريان غاز وتيار من الماء المضغوط)، نوع الجريان (مضطرب وسطحي) بالإضافة إلى تحديد خشونة السطح الداخلي المدروس والتي تؤثر بشكل أساسي على عملية الاحتكاك والمسامية والموضح بالشكل (5).



الشكل (5): تحديد نوع التدفق وخشونة السطح

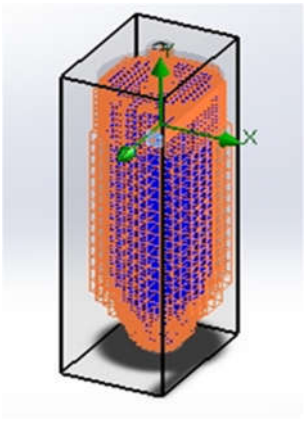
- تحديد مواصفات الوسط الخارجي ضمن شروط العمل النظامي ثم تبدأ المحاكاة الهندسية بتحديد حدود ومجال عمل المنظومة Computational Domain.

وبعد ذلك تبدأ عملية إدخال معطيات عملية التشغيل من حيث حجم وكتلة الأجزاء السخامية ودرجة الحرارة والضغط ضمن المنظومة وخارجها والمبين بالشكل (6).



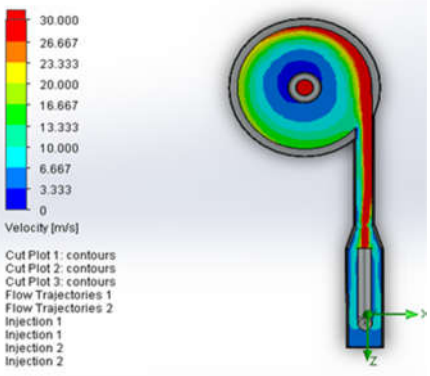
الشكل (6): تحديد متغيرات عملية التشغيل

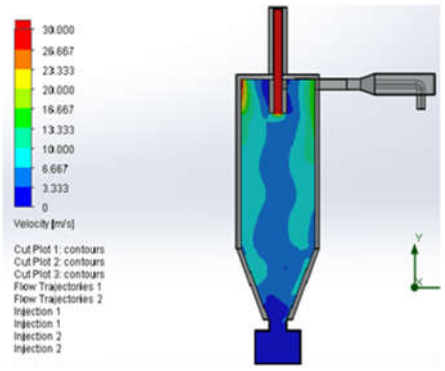
بعد إدخال المعطيات اللازمة وإعطاء أمر الحساب للبرنامج، تظهر نتيجة عملية محاكاة الجريان المضطرب وقد تستهلك الكثير من الوقت والجهد بحسب عدد مرات الحساب للجريان وتقدر بحوالي 500 مرة والتي بدورها تؤثر مباشرة على دقة عملية التحليل، يقسم البرنامج السيكلون إلى خلايا متناهية الصغر بحجم 9.94E-6. mm3 والشكل (7) يبين آلية تقسيم السيكلون.



الشكل (7): السيكلون مقسم إلى خلايا متناهية في الصغر

تبدأ عملية المحاكاة أولاً بدراسة توزع السرعة لكل خلية على حدة وذلك ضمن أي مقطع عرضي ضمن السيكلون كما هو مبين بالشكل (8). ثم يتم دراسة مسار حركة كل من الأجزاء السخامية والتيار ضمن السيكلون المدروس (Flow Trajectories):



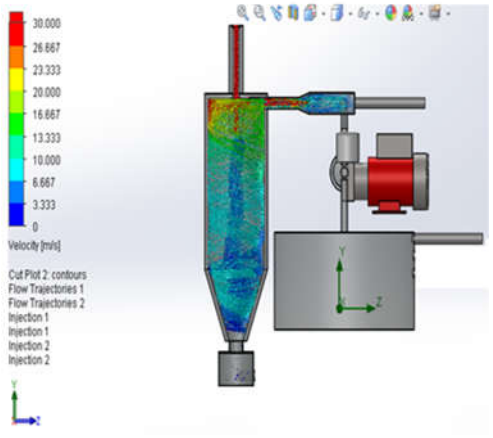


الشكل (8): توزع السرعة ضمن المقطع العرضي للسيكلون

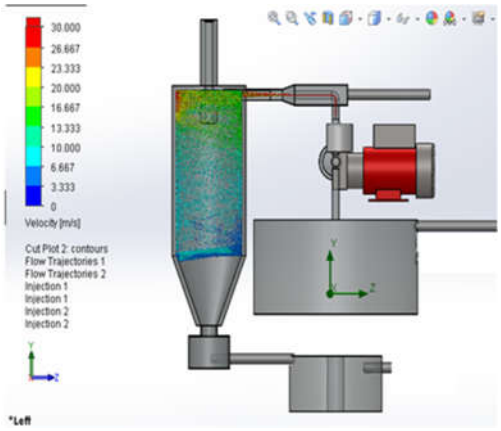
يعطي مخطط توزع السرع ضمن جسم الهيدروسيكلون الجديد سرعة دخول لغاز العادم منخفضة لا تتجاوز 21 m/s وتوزع للسرع ضمن السيكلون وفي انبوب المخرج لا يزيد عن 30 m/s ويعتبر ذلك مؤشر جيد لأن السرعات المنخفضة تحافظ على تكتل سلاسل السخام (agglomeration) وتمنع تفككها.

6. النتائج و المناقشة

يضخ سائل الغسيل باستخدام مضخة ضغط عالٍ ضغط التشغيل: bar90 ، الضغط الأقصى bar 140 والموضحة بالشكل (10). فتحة الرش المستخدمة مصنوعة من الستانلس ستيل، زاوية الرش: 60.° تأخذ عملية المحاكاة الهندسية بعين الاعتبار عوامل التشغيل المؤثرة على سير عملية الالتقاط ضمن الهيدروسيكلون وهي خواص الأجزاء السخامية، أقطار الأجزاء السخامية، درجة حرارة الغاز، تغير الضغط والسرعة والمسامية والاحتكاك وأقطار قطيرات الماء، عملية الخلط ما بين السائل والغاز وغيرها بالإضافة إلى تأثير المعايير التصميمية على آلية الترشيح. يبين الشكل (9) مقطع عرضي لتوزع الأجزاء السخامية ضمن منظومة الترشيح الرطبة ويبين الشكل (10) مقطع عرضي لدخول سائل الغسيل ضمن الهيدروسيكلون بحسب التصميم الجديد:

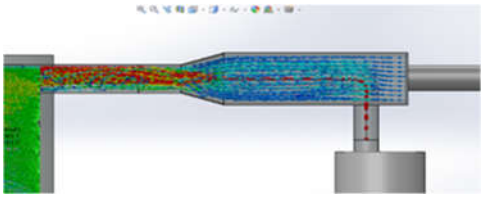


الشكل (9): تدفق الأجزاء السخامية وسائل الغسيل ضمن الهيدروسيكلون بحسب CFD



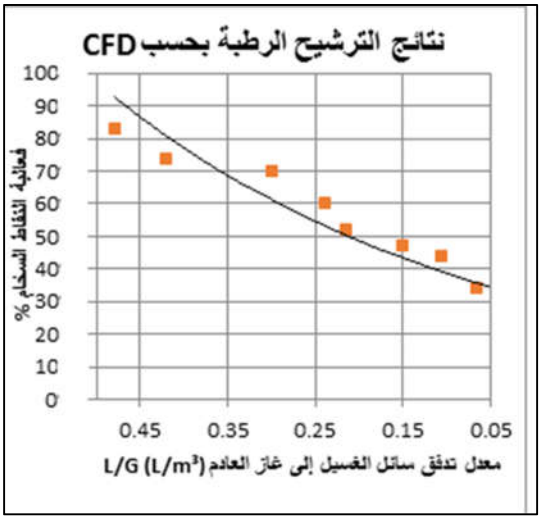
الشكل (10): مقطع عرضي لدخول سائل الغسيل إلى الهيدروسيكلون

ويبين الشكل (11) ألية اختلاط الأجزاء السخامية وقطيرات سائل الغسيل:



الشكل (11): ألية الخلط بين رذاذ ماء الشرب والأجزاء السخامية ضمن تضيق فنتوري

يبين الشكل (12) نتائج عملية الترشيح الرطبة بعد معرفة توزع التدفق الكتلي الداخل والخارج إلى الهيدروسيكلون ضمن تطبيق CFD:



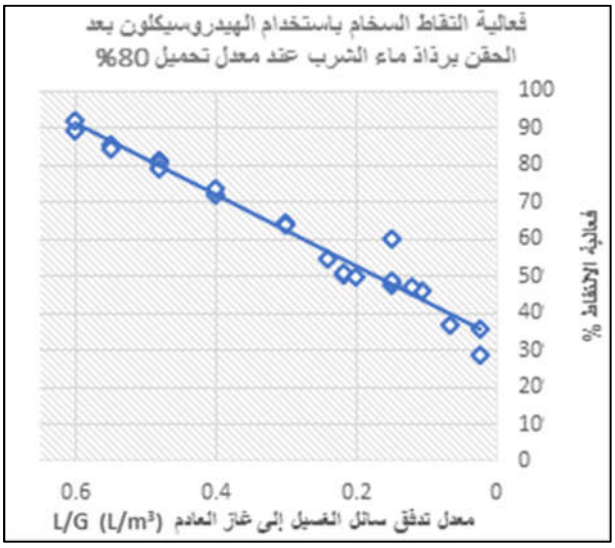
الشكل (12): فعالية التقاط الهيدروسيكلون بحسب CFD

نتيجة تحليل CFD لعملية الغسيل وفق الشروط المحددة للعمل تبين أن فعالية الالتقاط تتراوح ما بين (82 – 25%) من أجل معدل تدفق تيار من رذاذ الماء إلى غاز العادم يتراوح ما بين (0.48 – 0.05 L/m3).

7. الدراسة العملية التجريبية

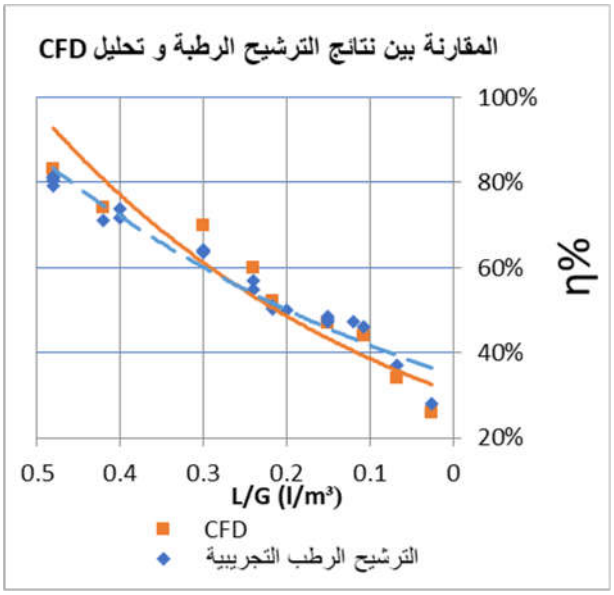
نتائج اختبار عملية الترشيح الرطبة باستخدام الهيدروسيكلون بعد الحقن بتيار من رذاذ ماء الشرب.

بعد إجراء الدراسة التطبيقية واخذ فكرة واضحة عن كفاءة منظومة الترشيح المقترحة، نفذ الهيدروسيكلون بالأبعاد المحددة وبدأت الدراسة العملية التجريبية على مولد الاحتراق Perkins (120 kW/150kVA) generator) والشكل (13) يشرح نتائج عملية الترشيح الرطبة:



الشكل (13): فعالية التقاط الأجزاء السخامية ضمن عملية الترشيح الرطبة

حققت عملية الترشيح الرطبة فعالية التقاط للكتلة الكلية للجزيئات السخامية ضمن المجال [92 – 29%] نتيجة ازدياد نسبة الحقن برذاذ ماء الشرب بالنسبة لتيار غاز العادم الداخل ضمن وحدة المعالجة والذي يتراوح ضمن المجال[0.6 -0.025] [l/m3] على التوالي. تتفق نتائج الدراسة التطبيقية باستخدام تحليل CFD مع نتائج التقاط الهيدروسيكلون ضمن عملية الترشيح الرطبة بنسبة خطأ لا يتعدى 4% والموضحة بالشكل (14):



الشكل (14): المقارنة ما بين نتائج الترشيح الرطبة التجريبية ونتائج الدراسة التطبيقية باستخدام CFD

8. الاستنتاجات

تتفق نتائج الدراسة التطبيقية باستخدام CFD مع نتائج التقاط الهيدروسيكلون ضمن عملية الترشيح الرطبة باستخدام ماء الشرب.

يعطي تطبيق CFD توقع مسبق للنتائج ويحاكي عملية الترشيح الرطبة من أجل التقاط الأجزاء السخامية الناتجة عن محرك الديزل بنسبة خطأ لا يتعدى 4%.

9. التوصيات

بعد إجراء البحث نوصي بما يلي:

اعتماد عملية المحاكاة الحاسوبية باستخدام تطبيق CFD من اجل دراسة تطبيقات الهندسة البيئية من حيث توزع الملوثات وتوسيع نطاق الدراسة باستخدام برنامج OPENFOAM والذي يعتبر من البرامج الأوسع والتي تحاكي سير عمليات التفاعل الكيميائي وامتصاص الغازات ضمن الهيدروسيكلون.

Refrences

[1] A. Fakhru'l-Razi, J. Gimbun, 2005-A CFD Study On The Prediction Of Cyclone. International Journal for Computational Methods in Engineering Science and Mechanics, 19P.

[2] BENWEI .L, SHUEIWAN H. J, HAUCHIEH.L,2016- A New Design Of Wet Scrubber For Removal Of Fine Particles From Exhaust Gas .Environment Protection Engineering , DOI: 10.5277/epe160105 , 12p.

[3] BASHIR .A DANZOMO, MOMOH.J, SANI .J, KHANMD. R., 2012- Design Evaluation of Particulate Wet Scrubbing Systems, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 9p.

[4] http://www.SOLIDWORKS.com/sw/products/simulation/flow-simulation.htm.

[5] VERSTEEG. H.K, MALALASEKERA.W, 1995-AN Introduction to Computational Fluid Dynamics the Finite Volume Method. Longman scientific, 267p.

[6] O.Stein, 2013- Modelling and simulation of turbulent Reacting flows. STUTTGART UNIVERSITY, 150P.

[7] Performance for Various Operating Conditions Using a General Software .Chemical Engineering and Processing 511–522, 12p.

[8] SALCEDO .R, 2010- CAPTURA DE POEIRAS FINAS COM CICLONES DE RECIRCULAÇÃO ELECTROSTÁTICA. Coordinator do Departamento de Tecnologia, Engenharia de Processos e Desenvolvimento da CUF - Químicosn Industriais, S.A., 371p.

[9] SALCEDO.R, PAIVA.J, 2008- Efficient Cyclone Systems For Fine Particle Collection In The Pharmaceutical Industry. Department de Engenharia Química, LEPAE Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Rua Roberto Frias, 4200-46 5 Porto ,3p

Modeling And Designing Simulation Using CFD Computational Fluid Dynamics Application For The Process Of Capture Diesel Soot Particles By Hydro Cyclone

Mai Hanna Shahda [1,*], ***Mahmod Alfattamah*** [2], **and** ***Youssef Johar*** [3]

[1] *Department of Civil Engineering, Al-Baath University, Syria, mai.shahda@yahoo.com*

[2] *Department of Environmental Engineering, Al-Baath University, Syria.*

[3] *Department of Petroleum Engineering, Al-Baath University, Syria.*

** Corresponding Author: Mai Hanna Shahda mai.shahda@yahoo.com*

Published online: 31 August 2019

Abstract— The research aims to predict the efficiency of capturing the soot particles generated by the diesel generator within the Hydro Cyclone by conducting the applied study using the Computational Fluid Dynamics (CFD) application through modeling and simulation of the turbulent flow within the Hydro Cyclone using SOLIDWORKS Flow Simulation. The ability to predict the impact of such flows on your product performance is time consuming and costly without some form of simulation tools...SOLIDWORKS Flow Simulation uses Computational Fluid Dynamics (CFD) analysis to enable quick, efficient simulation of fluid flow and can easily calculate fluid forces and help the designer to understand the impact of a liquid or gas on product performance and comparing the results with experimental reality. In this research, the engineering simulation confirmed the importance of using Hydro Cyclone in the capture of diesel soot particles by an error rate of only 4% compared to experimental reality.

Keywords— Soot particles, Hydro Cyclone, SOLIDWORKS Flow Simulation Programe, CFD.