

University of Mosul
College of Engineering



Modeling of Three-Phase Oil Separator Considering Qayyarah Crude Oil Using CFD Analysis

Ali Ahmed Ibrahim

M.Sc. Thesis in Mechanical Engineering/Mechanical Engineering

Supervised by

Prof. Dr. Amir S. Dawood

Lect. Dr. Younis M. Najim

ABSTRACT

The significance of the three-phase oil-water separator is of paramount importance within the context of the oil and gas industry. Its pivotal role arises from its capability to facilitate the efficient separation of oil, water, and gas phases, which is indispensable for achieving optimal processing outcomes. This separation process plays a pivotal role in ensuring the purity of the extracted oil, mitigating environmental impacts, and enhancing production efficiency. However, it is noteworthy that the design of an effective separator can be intricate and costly when employing traditional experimental methodologies.

Theoretical analysis serves as a fundamental approach to determining the initial dimensions of the separator under specific operating conditions. These conditions include an inlet flow velocity of 0.2 m/s, along with volume fractions of 20% oil, 30% water, and 50% gas. This study primarily centers on investigating the impact of the inlet diverter on the performance of three-phase horizontal separators. Four instances of separators, sharing identical designs, are examined. Among these, one operates without an inlet diverter, while the remaining three feature inlet diverters positioned at distances of 0.05, 0.1, and 0.15 times the effective length from the inlet.

A Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation tool is used to analyze a three-phase separator's flow structure and interface behavior. The research aims to identify flow patterns, phase intermixing, stratification, and erosion for efficient separator design. Inlet diverter

placement is crucial to mitigate turbulence and mixing effects. The results reveal a noticeable accumulation of water droplets within the oil phase in Case A, indicative of inefficient phase separation. The employment of an inlet adapter significantly reduces the presence of water droplets, thereby enhancing separator performance. Among all the cases studied, the lowest concentration of water droplets is observed in Case C, signifying the superior separation performance compared to other configurations. Furthermore, it is observed that the interface between the gas and oil phases assumes a more uniform configuration when the inlet adapter is utilized, whereas a wavy or wrinkled interface is discerned in cases where the separator adapter is absent. This underscores the significance of the inlet adapter in separator design.

The inlet diverter is instrumental in reducing turbulence and promoting a quieter mixed flow when it interacts with the fluid at the bottom of the separator. Additionally, the inlet diverter serves to suppress the propagation of strong turbulent flow behind it, thereby minimizing the development of wrinkles at the gas-liquid interface in the region immediately following the inlet diverter. The temporal evolution of separation efficiency reveals two distinct phases: an initial transient phase characterized by an increase in separation efficiency, followed by a steady-state phase where separation efficiency exhibits fluctuations with varying amplitudes. Based on the average time, Case A yields the lowest separation efficiency for all phases (79% for oil, 88.8% for water, and 96% for gas), while Case C demonstrates the highest separation efficiency for all phases (89.5% for oil, 94.5% for water, and 95% for gas).



جامعة الموصل

كلية الهندسة

نمذجة فاصل نفطي ثلاثي الطور لنفط القيارة الخام وباستخدام ديناميكية الموائع الحسابية

رسالة تقدم بها

علي احمد ابراهيم خليل

الى

مجلس كلية الهندسة في جامعة الموصل كجزء من متطلبات نيل شهادة

الماجستير علوم الهندسة الميكانيكية / الهندسة الميكانيكية

بإشراف

الأستاذ الدكتور امير سلطان داود

المدرس الدكتور يونس محل نجم

الخلاصة

تتمثل أهمية فاصل المياه والزيت ثلاثي الأطوار في دورها الحيوي ضمن صناعة النفط والغاز، حيث يعتبر الفصل بين طبقات الزيت والماء والغاز أمراً حاسماً لتحقيق المعالجة الأمثل. يضمن هذا الفصل نقاء الزيت المستخرج، ويقلل من تأثيرات البيئة السلبية، ويعزز كفاءة الإنتاج. ومع ذلك، قد يكون تصميم الفاصل الفعال أمراً معقداً ومكلفاً باستخدام الأساليب التجريبية التقليدية. تظهر ديناميكية الموائع الحسابية كأداة قوية لتصميم الفاصل من خلال محاكاة الظروف الواقعية افتراضياً، مما يقلل من الحاجة إلى تجارب فيزيائية مكثفة ويؤدي إلى توفير كبير في التكاليف ويسرع عملية التصميم. تجمع هذه الدراسة بين جزئين تحليليين. يُستخدم التحليل النظري لتحديد الأبعاد الأولية للفاصل في ظروف التشغيل المحددة، وهي سرعة تدفق مدخل 0.2 م/ث مع نسب حجمية قدرها 20% من الزيت، و30% من الماء، و50% من الغاز. يتم بعد ذلك إجراء محاكاة ديناميكية الموائع الحاسوبية لأربع حالات على الشكل الهندسي المصمم بدون جدار المدخل، ومع جدار المدخل الموضوع في 0.05، 0.1، 0.15 من الطول الفعال للفاصل. تقدم نتائج ديناميكية الموائع الحاسوبية فهماً شاملاً لتطور الهياكل التدفقية داخل فاصل الأطوار الثلاثة مع مراعاة سلوك الحدود بين الأطوار المختلفة. تركز الدراسة على تحديد أنماط التدفق المحتملة، ومناطق خلط الأطوار، والمناطق المعرضة للطبقات، وهي جوانب حاسمة في تصميم نظام فاصل فعال. بالإضافة إلى ذلك، موقع جدار المدخل هو معامل مفتاحي للفاصل، مصمم لتخفيف التأثيرات السلبية لكثافة الاضطراب ومعدلات الخلط العالية التي تُولد عندما يصطدم تيار المدخل بالحدود السائلة. تكشف النتائج أنه يمكن ملاحظة تراكم واضح لقطرات الماء في طبقة الزيت في الحالة (أ) نتيجة فشل في فصل الأطوار بشكل فعال. استخدام جدار المدخل قد خفض بشكل كبير قطرات الماء، مما يحسن أداء الفاصل. تم الحصول على أقل قطرات مائية بين جميع الحالات في الحالة (ج)، مما يمثل أفضل أداء للفصل بين الحالات الأخرى. أظهرت النتائج أن بعض فقاعات الغاز تتحرك مع الماء والزيت، حتى بعد أن يصبح التدفق مستقرًا بعيدًا عن مدخل الفاصل نتيجة معدل الخلط العالي في هذا المنطقة. تتحرك هذه الفقاعات بشكل غير متوقع في السائل، محاولة الخروج من خلال سطح السائل. تصبح الحدود بين الغاز والزيت أكثر توحيداً عند استخدام جدار المدخل، في حين يتم ملاحظة واجهة موجة أو مجمعة عندما يتم إزالة جدار المدخل في

الفاصل، مما يكشف عن أهمية جدار المدخل في تصميم الفاصل. يساعد جدار المدخل على جعل تدفق الاضطراب والخليط أكثر هدوءاً عندما يصطدم بالسائل في أسفل الفاصل. علاوةً على ذلك، يمتص جدار المدخل التدفق الاضطرابي القوي من الانتشار في الخلف، مما يجعل تجاعيد أقل في الواجهة المتكونة بين الغاز والسائل في المنطقة الواقعة خلف جدار المدخل. تطور كفاءة الفصل على مر الزمن اظهر منطقتين متميزتين: الاولى هي الزيادة المؤقتة في بداية المرحلة والثانية هي المرحلة المستقرة حيث تتذبذب كفاءة الفصل بأموح مختلفة بناءً على المتوسط الزمني، تنتج الحالة (أ) كفاءة فصل أقل لجميع الاطوار بينما تحقق الحالة (ج) أعلى كفاءة فصل لجميع الاطوار.