الخلاصة

يقوم هذا البحث بإجراء التحليلات العددية والتجريبية لنظام المبادل الحراري للهواء الأرضي المصمم لتبريد ضواغط إمداد الهواء المستخدمة في عمليات خطوط أنابيب النفط. يلعب ضاغط الهواء دورًا حاسمًا في عمليات إنتاج محطات عزل النفط والغاز، مما يتطلب ظروف تشغيل متسقة للعمل بفعالية. وأي انحراف عن هذه الشروط يمكن أن يؤدي إلى إغلاق المحطات ووقف الإنتاج. الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو تحديد ظروف التشغيل المثلى من خلال ضمان التبريد الكافي لهذه المعدات. يركز البحث في المقام الأول على تأثير تكوينات التصميم المختلفة على معدلات نقل الحرارة، بما في ذلك تصميم الملف (0.152 m)، وتصميم الشبكة (0.1016,0.152 m)، وتصميم الشبكة (0.152 m). يتم استخدام نمذجة ديناميكيات الموائع الحسابية (CFD) للتحليل العددي، مما يؤدي إلى اقتراح عملي للنوع المفضل (تصميم الشبكة (0.152 m)). يتضمن هذا النظام أنبوب PVC بطول 11.88 مترًا وقطر 0.0508 m مدفون بعمق 3.5 متر تقريبًا في الأرض، باستخدام الأرض كمشتت حراري، ويتضمن البحث عمليات محاكاة عددية وتجريبية لمقارنة الأنابيب غير ذات الزعانف مع الأنابيب ذات الزعانف المختلفة (أنابيب الزعانف الحلقية، وأنابيب الزعانف الحلقية المثقبة الدائرية، وأنابيب الزعانف الحلقية المثقبة المربعة). يتكون النظام على أنبوب PVC بطول 1.5 مترًا وقطر 0.152 m مدفونًا على عمق 3.5 مترًا تقريبًا في الأرض، وتظل درجة حرارة الأرض ثابتة نسبياً عند حوالي 30 درجة مئوية وعلى عمق 3 أمتار في مدينة الناصرية جنوب العراق طوال العام. يمكّن هذا الاتساق الأرض من العمل بكفاءة كمشتت للحرارة، وتبريد النظام في الصيف وتوفير الدفء في الشتاء. ولتقييم ثبات النموذج التجريبي، تم إجراء مقارنة بين النتائج العددية والبيانات التجريبية، مما أدى إلى متوسط نسبة الخطأ (7٪)، مما يدل على قبولها. وتشير نتائج النظام، التي تمت مراقبتها بسرعة ثابتة (V = 4.52 م/ث) من نهاية أغسطس 2023 إلى نهاية سبتمبر 2023، إلى أنماط مميزة. في بداية شهر أغسطس، كانت هناك زيادة أولية في درجات الحرارة تعزى إلى ارتفاع درجات الحرارة المحيطة (51.6 درجة مئوية). بلغت ذروة درجة حرارة الهواء الخارج بتاريخ 21 أغسطس 2023 (36.1 درجة مئوية)، بينما سجلت أدنى درجة حرارة بتاريخ 30 سبتمبر 2023 عند (33.1 درجة مئوية). خلال هذه الفترة، كان هناك ارتفاع ملحوظ في معدل انتقال الحرارة وانخفاض في هبوط الضغط، مما أدى إلى تحسين عامل الأداء. ومع ذلك، في الأيام اللاحقة من أغسطس وسبتمبر، مع انخفاض معدل انتقال الحرارة وزيادة هبوط الضغط، كان هناك انخفاض طفيف في عامل الأداء.

وفيما يتعلق بالمقارنة بين الأنابيب ذات الزعانف وغير ذات الزعانف لتقييم موثوقية النموذج العددي، تم إجراء تقييم أدى إلى متوسط نسبة خطأ قدرها (16%) للأنبوبة غير ذات الزعانف و(14%) للأنبوبة ذات الزعانف الحلقية 1، مما يؤكد مقبوليتها.

كشفت التجارب العملية التي أجريت في الفترة من يوليو إلى أغسطس 2023 أنه على الرغم من ارتفاع درجات حرارة المدخل (53.6 درجة مئوية)، فإن التباين في درجة الحرارة بين مخرج الأنبوب ذي الزعانف ودرجة الحرارة المحيطة يبلغ حوالي (10 درجة مئوية)، في حين أن التباين بين الأنبوب غير ذي الزعانف ودرجة الحرارة المحيطة أصغر نسبيًا (4 درجة مئوية)، أظهرت الأنابيب ذات الزعانف الحلقية معدلات نقل حرارة فائقة وانخفاض ضغط أعلى في كل من عمليات المحاكاة النظرية والتجارب العملية مقارنة بالأنابيب غير ذات الزعانف. ساهمت درجات حرارة المخرج المنخفضة الثابتة في تبريد النظام بكفاءة. أشارت عمليات المحاكاة النظرية أيضًا إلى أن الأنابيب ذات الزعانف، وخاصة تلك ذات الأشكال الحلقية، تتفوق على الأنابيب غير ذات الزعانف من حيث معدلات نقل الحرارة. من بين مختلف أشكال الزعانف والأنابيب غير ذات الزعانف، أظهر الأنبوب ذو الزعانف الحلقية أداء التبريد الأكثر فعالية على الرغم من الظروف الخارجية الصعبة، مما يؤدي إلى أعلى انخفاض في الضغط.