

دراسة تجريبية لانتقال الحرارة بالحمل الطبيعي من صف من الاسطوانات المسخنة موضوعة فوق أرضية محددة

مهند عبد الفتاح الظاهر* أوميد اكبر عباس البياتي**

* قسم الهندسة الميكانيكية/ كلية الهندسة- جامعة الانبار

** قسم هندسة النفط/ كلية الهندسة- جامعة كركوك

تاريخ الاستلام: ٢٠٠٨/ ٧/ ١٣، تاريخ القبول: ٢٠٠٩/ ١٠/ ٤

الخلاصة

أجريت دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل الحر لصف مكون من ثلاث اسطوانات أفقية مسخنة بثبوت درجة حرارة السطح، شملت الدراسة بيان تأثير كل من نسبة المسافة الفاصلة الأفقية للاسطوانات عن بعضها والمسافة الشاقولية بينها وبين الأرضية على قابلية الاسطوانات لتبديد الحرارة، تضمن البحث إجراء عدد من الاختبارات مع تغيير نسب المسافة الفاصلة الأفقية بين الاسطوانات ضمن المدى من (١/٨ إلى ١) بقدر قطر الاسطوانة، وتغيير نسب المسافة الفاصلة الشاقولية بين الاسطوانات والأرضية ضمن المدى من (١/٨ إلى ٢) بقدر قطر الاسطوانة ضمن جريان طباقى ولمدى من عدد رايلي تراوح بين (٥٠٠٠ إلى ٨٠٠٠٠). بينت الدراسة أن مقدار الهبوط في معامل انتقال الحرارة للاسطوانة الوسطية كان بمقدار (٤٠%) بالمقارنة مع اختبار الحمل الحر عند نسبة مسافة فاصلة أفقية و شاقولية بمقدار (١/٨) قطر الاسطوانة، تم تسجيل أقصى تحسن لانتقال الحرارة نسبة إلى انتقال الحرارة للاسطوانة المفردة الحرة بمقدار (١٢%) عند نسبة مسافة فاصلة أفقية و شاقولية بمقدار (١) قطر الاسطوانة، بينت الدراسة أيضاً أن أقصى تحسن في انتقال الحرارة لنسب الارتفاعات القليلة يحدث عند أعداد رايلي العالية، ولنسب الارتفاعات العالية، أقصى تحسن نسبي يمكن ملاحظته عند أعداد رايلي المنخفضة.

المقدمة

إن لانتقال الحرارة بالحمل الحر من والى اسطوانات أو أنابيب استخدامات صناعية عديدة كما في تصميم أجهزة التبريد والتكييف ضمن منظومات نقل الماء الساخن أو المتلج أو منظومات نقل البخار، أو في تطبيقات كهربائية مثل خطوط نقل الطاقة، المقاومات الكهربائية، إذ يتبدد جزء من الطاقة خلالها بالحمل الحر.

وكنتيجة للتطبيقات المتعددة للاسطوانة فقد حظيت بقسط وافر من البحث النظري والعملية، حيث استنبط العديد من العلاقات الارتباطية لتخمين انتقال الحرارة من اسطوانة طليقة ومن هذه العلاقات معادلة Morgan الارتباطية (Morgan 1975) التي بالصيغة:

$$Nu = 0.48Ra^{0.26} \quad 10^2 \leq Ra \leq 10^7 \quad \dots \quad (1)$$

أن اغلب المعادلات الحاكمة لانتقال الحرارة في كتب انتقال الحرارة الكلاسيكية عادة ما تكون لأسطوانات طليقة أو مفردة، مما يشكل تقييدا لأستخدم تلك النتائج أو المعادلات أو تعطي نتائج بعيدة عن الواقع لحالات من تراكيب الأنابيب أو الاسطوانات في صفوف أو أعمدة أو تطبيقات يستوجب فيها وضع الأسطوانة بالقرب من جدار أو أرضية أو حيز معين، لذلك فان العديد من الدراسات تناولت تراكيب متعددة للاسطوانات المفردة أو المزعفة أو صفوف منهما، قدم الباحث Sparrow وآخرون عام (1986) بحثا عمليا عن تحسين انتقال الحرارة من اسطوانة أفقية مزعفة موضوعة في قناة شاقولية مفتوحة من الأعلى والأسفل، تم في هذا البحث تقصي ثلاث متغيرات وهي: موقع الاسطوانة في القناة، المسافة الفاصلة بين الاسطوانة والقناة وارتفاع القناة، ومن ثم مقارنة النتائج مع اسطوانة مزعفة أفقية مفردة طليقة، حيث بينت الدراسة أن أقصى تحسن لمعامل انتقال الحرارة نسبة إلى الاسطوانة الحرة يحدث عندما يكون موقع الاسطوانة في أسفل القناة وعند أدنى عدد رايلي.

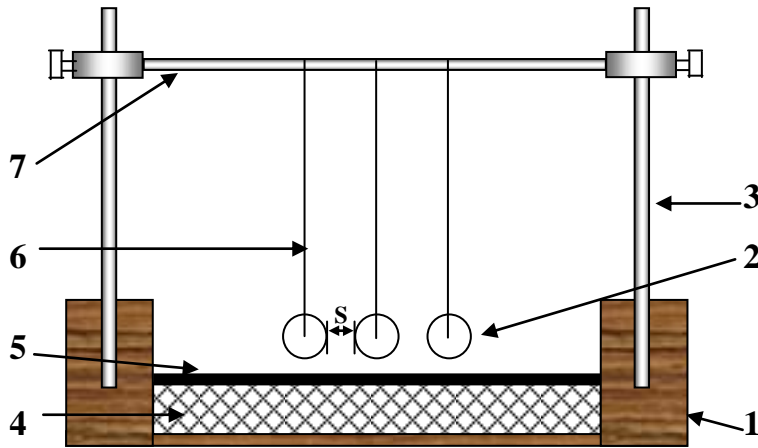
قدم الباحثان الظاهر ويعقوب (١٩٩٢) دراسة عملية لبيان تأثير كل من الجدران الجانبية والأرضية كل على حدة، وتأثير تركيبية من الجدران الجانبية مع الأرضية على قابلية الاسطوانة الأفقية لتبديد الحرارة بالحمل والإشعاع، شمل البحث مدى من عدد رايلي تراوح بين (٢,٧×١٠^٤ و ٣×١٠^٥) في حين تراوحت نسبة المسافة الشاقولية إلى القطر من (٠,٠٥ إلى ٠,٧٥)، كذلك نسبة المسافة الفاصلة الأفقية إلى القطر من (٠,٠٥ إلى ١)، وجد أن عدد نسلت ينخفض بنقصان المسافة الفاصلة، كما لوحظ أن قابلية الأسطوانة على تبديد الحرارة تزداد مقتربة من الحالة الطليقة عند زيادة المسافة الفاصلة.

الباحثان AL-Alusi & Bushnel (١٩٩٢) قدما دراسة عملية لتأثير جدار على انتقال الحرارة من صف شاقولي مكون من ثلاث أسطوانات أفقية موضوعة بشكل موازي للجدار، تم دراسة تأثير تغيير نسب المسافات الفاصلة للاسطوانات عن بعضها بمقدار (١,٥D إلى 4D)، كما تم أيضا دراسة تأثير تغيير المسافات الفاصلة الأفقية للاسطوانات عن الجدار بمقدار (٠,٠٨D) إلى الحالة الحرة، بينت الدراسة أنه عند نسب المسافات الفاصلة المتوسطة يلاحظ انخفاض في معدل انتقال الحرارة المحسوب مقارنة مع أسطوانة حرة مفردة.

إستناداً إلى ما متوفر من البحوث السابقة، تبين ندرة البحوث التي تتناول تأثير الأرضية على انتقال الحرارة بالحمل الحر من اسطوانات، لذا كانت هذه الدراسة من أجل تسليط الضوء على تأثير الأرضية على انتقال الحرارة من صف مكون من ثلاث اسطوانات أفقية.

المنشأ التجريبي

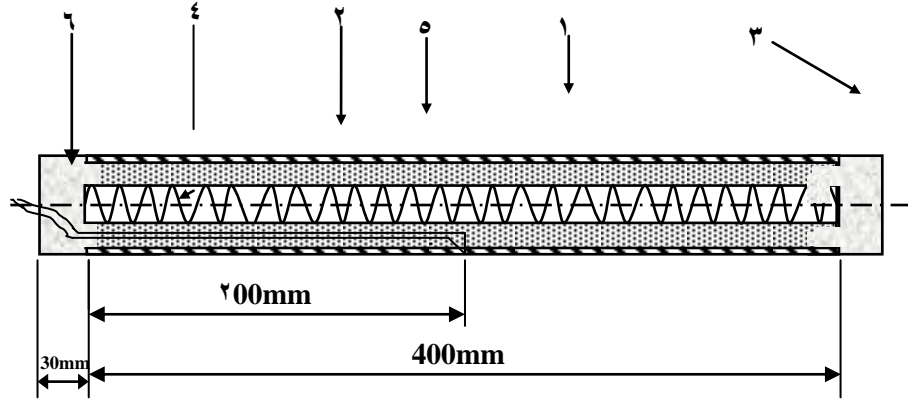
إن المنشأ التجريبي موضح تخطيطياً بالشكل (١) يتألف المنشأ من ثلاث اسطوانات مصنوعة من النحاس التجاري بقطر خارجي (٢٦mm) وسمك جدار (١,٤mm) وطول (٤٠٠ mm)، بنسبة طول إلى قطر ($L/D=15$) لتلافي تأثير النهايات وضمان جريان ثنائي البعد حول اسطوانات (AL-Alusi & Bushnel, 1992)، تم اختيار سمك كبير لجدار الاسطوانة لضمان الحصول على توزيع متساوي لدرجة الحرارة على محيط الاسطوانة وعلى طولها، تم تنظيف وطلاء السطح الخارجي بمعدن النيكل للحصول على سطح صقيل للتقليل من مفايد الإشعاع إلى أقل حد ممكن.



١. هيكل الجهاز . ٢. صف الاسطوانات. ٣. دليل الحركة العمودية. ٤. عازل الفلين . ٥. الأرضية. ٦. اسلاك تعليق . ٧. دليل الحركة الأفقية.

شكل (١) المنشأ التجريبي

أغلقت نهايتا الاسطوانة بقطعتين من مادة التفلون (Teflon) في حين سخنت اسطوانة الاختبار بمسخن كهربائي مصنوع من سبيكة (النيكل - كروم)، الفجوة الفاصلة بين المسخن والاسطوانة تم ملؤها برمل ناعم لتلافي تأثيرات تيارات الحمل الحر داخل الاسطوانة، يبين الشكل (٢) اسطوانة الاختبار بشكل تخطيطي.



- ١- اسطوانة نحاسية. ٢- اسطوانة خزفية. ٣- عازل تفلون. ٤- سلك مقاومة كهربائية.
٥- رمل ناعم. ٦- مزدوج حراري.

شكل (2) رسم تخطيطي للاسطوانة المسخنة

تم اختيار أرضية صقيلة من صلب السرعات العالية من نوع (H.S.S.2411) لتحديد مواصفات الأرضية من ناحية الإشعاع، تم عزل الأرضية من الأسفل بقطعة من الفلين بسمك (٥٠mm) لتقليل التسرب الحراري عبر الأرضية إلى الأسفل.

لضمان جريان هواء ثنائي البعد حول الاسطوانات، تم وضع لوحين من الزجاج، بحيث يكونان عموديين على المحور الطولي للاسطوانات وتركت مسافة فاصلة بمقدار (١٠mm) بين اللوح الزجاجي ونهاية الاسطوانة، رفع الجهاز بمساند معدنية عن أرضية المختبر لضمان استقرارية الهواء المحيط بالاسطوانات. أجريت التجارب داخل مختبر كبير نسبياً محكم الغلق من ناحية الأبواب والشبابيك، ولزيادة تأكيد استقرارية الهواء حول المنشأ التجريبي فقد تم حجر الجهاز في حيز (Enclosure) معمول من مادة (PVC)، ولتجنب تلبد الهواء (Stratification) داخل الحيز، ترك المحجر مفتوحاً من الأعلى وتترك فتحة على محيطه من الأسفل بارتفاع (٣٠mm) (AL-Alusi & Bushnel, 1992).

استخدمت دائرة تيار متناوب ذات فرق جهد مستقر لتجهيز القدرة الكهربائية اللازمة لأجراء الاختبارات، ولغرض تجهيز مسخنات الجهاز بقدرة كهربائية متغيرة وحسب ما يتطلبه الاختبار استخدم جهاز محول متغير يجهز فرق جهد خارج متناوب بمدى (٠-260V)، تم قياس درجات الحرارة في مختلف مواقع المنشأ التجريبي باستخدام مزدوجات حرارية من نوع (T) بقطر سلك يبلغ (٠,١٨mm)، وزعت المزدوجات الحرارية على اسطوانة الاختبار كالاتي:

أربعة مزدوجات حرارية في وسط الاسطوانة بإزاحة زاوية مقدارها (٩٠°) عن بعضها، في حين ثبت مزدوجان على مسافة (١٠mm) من طرفي الاسطوانة للتأكد من انتظام درجة

الحرارة على طولها، كما ثبت مزدوجان حراريان على قطعة التفلون العازلة للحرارة لحساب كمية الحرارة المتسربة بالتوصيل خلالها.

اجري اختبار الحمل الحر من اسطوانة مفردة أفقية إذ تعد كمرجع أو أساس لمقارنة الاختبارات اللاحقة المتضمنة تأثير الأرضية، تلاها إجراء سلسلة من الاختبارات على صف من الاسطوانات. وبتغيير النسبة (H/D) ضمن المدى من (١/٨ إلى ٢)، في حين غيرت النسبة (S/D) ضمن المدى من (١/٨ إلى ١). تسجل قراءات المزدوج الحراري لسطح الاسطوانة كل (١٥) دقيقة، حتى تستقر قراءة درجة الحرارة لمدة (٢٠) دقيقة على الأقل حيث تتراوح مدة اخذ قراءة واحدة من (٢,٥ - ٢) ساعة اعتمادا على القدرة المجهزة للمسخن. بعد الوصول إلى حالة الاستقرار يتم تسجيل قيم الفولتية والتيار المجهزين للمسخن إضافة إلى تسجيل قراءات المزدوجات الحرارية كافة.

إن مفايد انتقال الحرارة بالتوصيل تشكل نسبة ضئيلة من كمية الحرارة الكلية المجهزة ونسبتها عند أقصى قدرة مجهزة لا تتجاوز (١,٥%) تم حسابها بمعرفة معامل انتقال الحرارة بالتوصيل وتدرج درجة الحرارة خلال عازل التفلون، في حين يكون انتقال الحرارة بالإشعاع من الاسطوانة على ثلاث محاور، الأول بين الاسطوانات المتجاورة، الثاني بين الاسطوانة والأرضية، أما الثالث فهو تبادل الحرارة بالإشعاع بين الاسطوانة والمحيط الخارجي. تبادل الحرارة بالإشعاع ما بين الاسطوانات المتجاورة يمكن أن يهمل على اعتبار التقارب الكبير في درجة الحرارة ما بين الاسطوانات (AL-Alusi & Bushnel, 1992)، (Chouikh et al. 1999)، أما تبادل الحرارة بالإشعاع بين صف من الاسطوانات والأرضية فيمكن اعتباره تبادلًا للإشعاع بين مستويين متوازيين (Al-Alusi & Bushnel 1992)، يمكن حساب عامل الشكل بين الاسطوانة والمحيط ($F_{1-\infty}$) من العلاقة:

$$F_{1-2} + F_{1-3} + F_{1-\infty} = 1 \dots \dots (2)$$

إذ أن (F_{1-2}) يمثل عامل الشكل بين الاسطوانات (Al-Alusi, T.R. 1992) ويحسب كما يلي:

$$F_{1-2} = \frac{2}{\pi} \left[\sin^{-1}(S/D) + \left((S/D)^2 - 1 \right)^{0.5} - (S/D) \right] \dots \dots (3)$$

في حين يمثل (F_{1-3}) عامل الشكل بين الاسطوانات والأرضية الذي يحسب كعامل شكل بين مستويين متوازيين (كريث، ١٩٨٨).

يحسب صافي كمية الحرارة المنتقلة من الاسطوانة كالتالي:

$$Q_{net} = P - (Q_{Cond} + Q_{rad}) \dots \dots (4)$$

يتم حساب متوسط معامل انتقال الحرارة بالحمل كالاتي :

$$h = \frac{Q_{net}}{(A_c \cdot (T_c - T_\infty))} \dots \quad \dots(5)$$

ثم حساب عدد نسلت على أساس قطر الاسطوانة المعرف بالمعادلة التالية :

$$Nu = h \cdot D / k \dots \quad \dots(6)$$

يحسب عدد رايلي من العلاقة :

$$Ra = \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot D^3}{\alpha \cdot \nu} \dots \quad \dots(7)$$

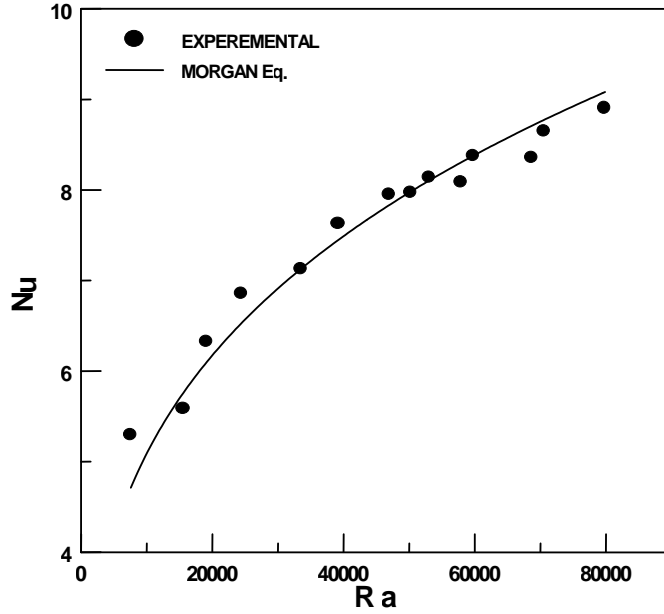
تحتسب خواص الهواء عند درجة حرارة الهواء الغشائية (T_f) في حين تم استكمال خواص الهواء مثل معامل التوصيل الحراري (k)، اللزوجة الكينماتية (ν) والانتشارية الحرارية (α) مع درجة الحرارة فيمكن بالتالي حساب أي خاصية من الخواص الثلاث بأي درجة حرارة (Holman, ١٩٧١).

استخدمت طريقة Kline&McClitock (١٩٧١, Holman)، في تحليل الخطأ التجريبي في حسابات كل من عدد رايلي (Ra) وعدد نسلت (Nu) ووجد أن نسبة الخطأ في حساب عدد رايلي كانت بمقدار (١,٩%)، في حين بلغت نسبة الخطأ في حساب عدد نسلت (٣,٠٥%) .

النتائج والمناقشة

اجري اختبار الحمل الحر لاسطوانة أفقية مفردة لبيان مدى مطابقة قابليتها على تبديد الحرارة مقارنة بما متوفر من علاقات تجريبية ولمقارنة الأداء الحراري لكل من الاسطوانتين الوسطية والجانبية ضمن الصف مع الحالة الطليقة.

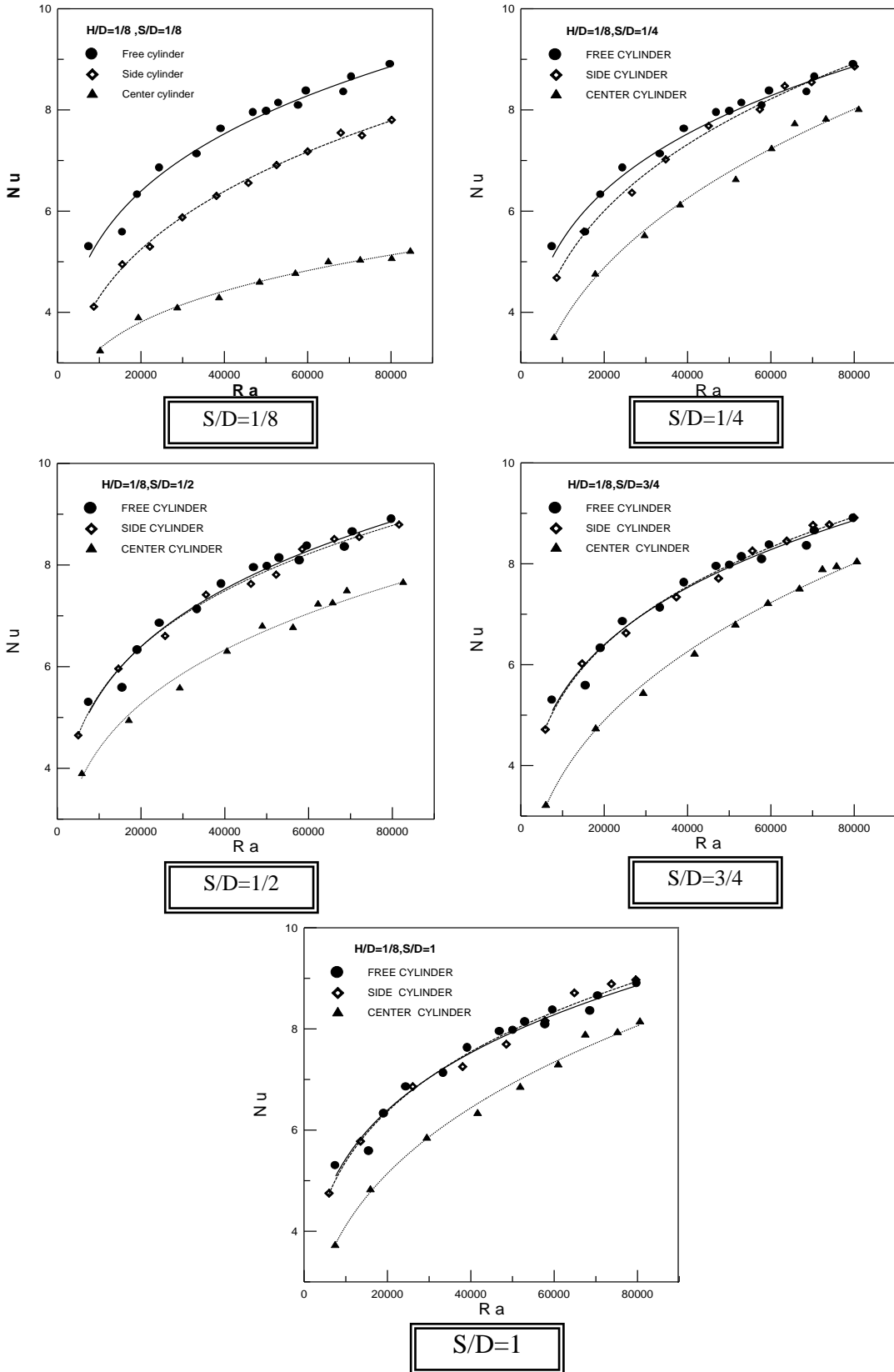
اجري الاختبار لمدى من عدد رايلي تراوح بين ($٧,٩ \times ١٠^٣$ و $٨,٣ \times ١٠^٤$)، ومن ثم مقارنة النتائج مع معادلة (Morgan) الارتباطية، يتبين من الشكل (٣) إن هناك توافق جيد بين الكميتين أما بالنسبة إلى الفرق الطفيف بين المعادلتين، فيمكن تفسيره بان معادلة (Morgan) هي لمدى واسع من عدد رايلي ($١٠^٧ - ١٠^٢$)، وان نتائج البحث الحالي لا تشكل إلا جزءاً صغيراً من منحنى المعادلة (١).



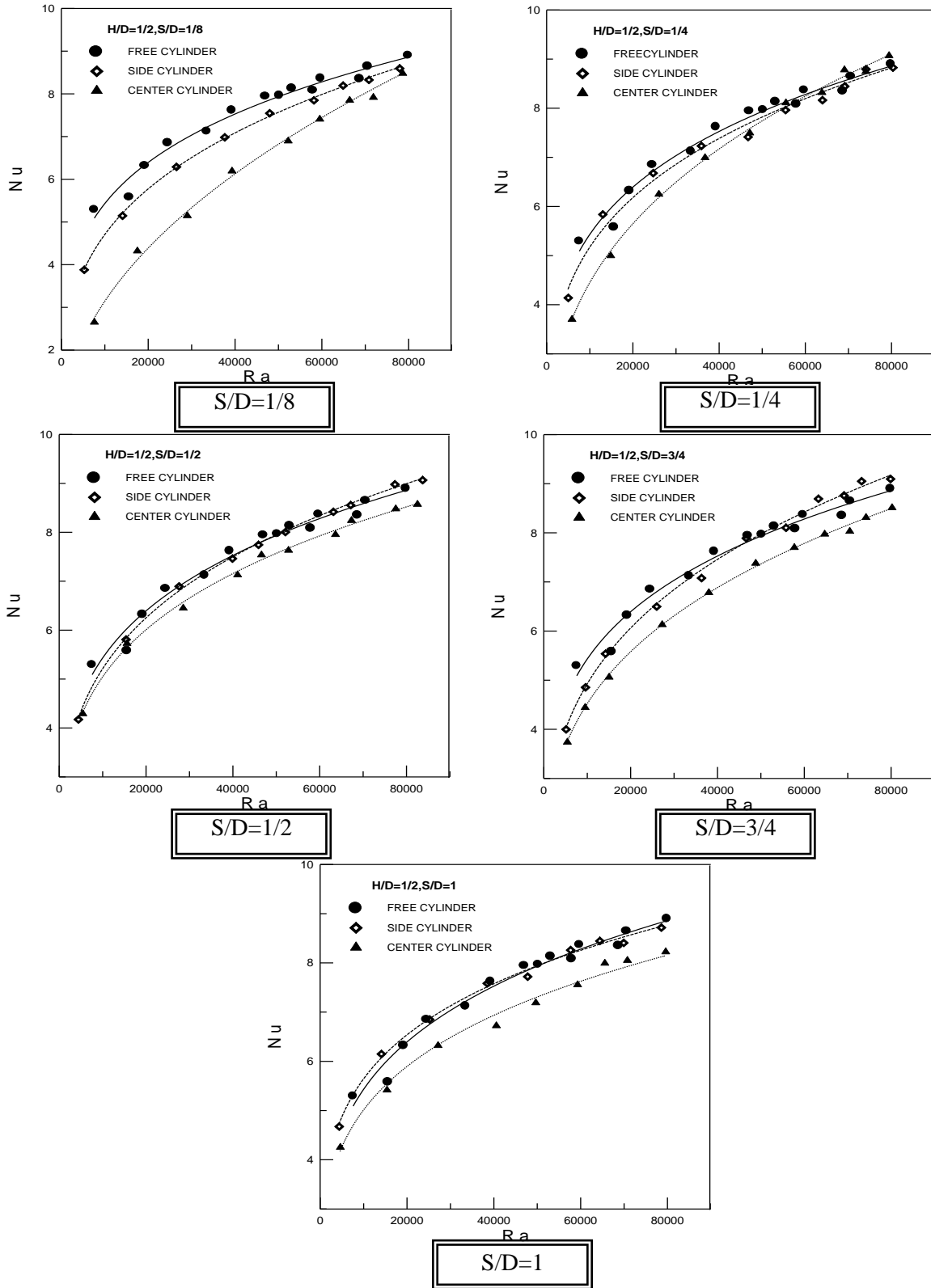
شكل (٣) مقارنة النتائج العملية مع المعادلة الارتباطية لـ (Morgan)

تبين الأشكال (٤ إلى ٦) تغير عدد نسلت مع عدد رايلي لنسب فاصلة مختلفة لكل من الاسطوانتين الوسطية والجانبية مقارنة مع الاسطوانة الحرة، بصورة عامة فان الاسطوانة الوسطية تعاني انخفاضاً حاداً في أداءها الحراري عند المسافات الفاصلة الأفقية و الشاقولية القليلة، ويكون التدني الأعظم عند نسبة مسافة فاصلة $(H/D=1/8, S/D=1/8)$ ، بسبب أن وجود الاسطوانة ضمن الصف وقربها من الأرضية وتداخل الطبقة المتاخمة الحرارية للاسطوانة الوسطية مع الاسطوانة الجانبية و الأرضية يعمل على إعاقة الجريان وبالتالي تكون الاسطوانة الوسطية في مائع شبه ساكن و حار مما يؤدي إلى تدني معامل انتقال الحرارة من الاسطوانة والصف بالكامل.

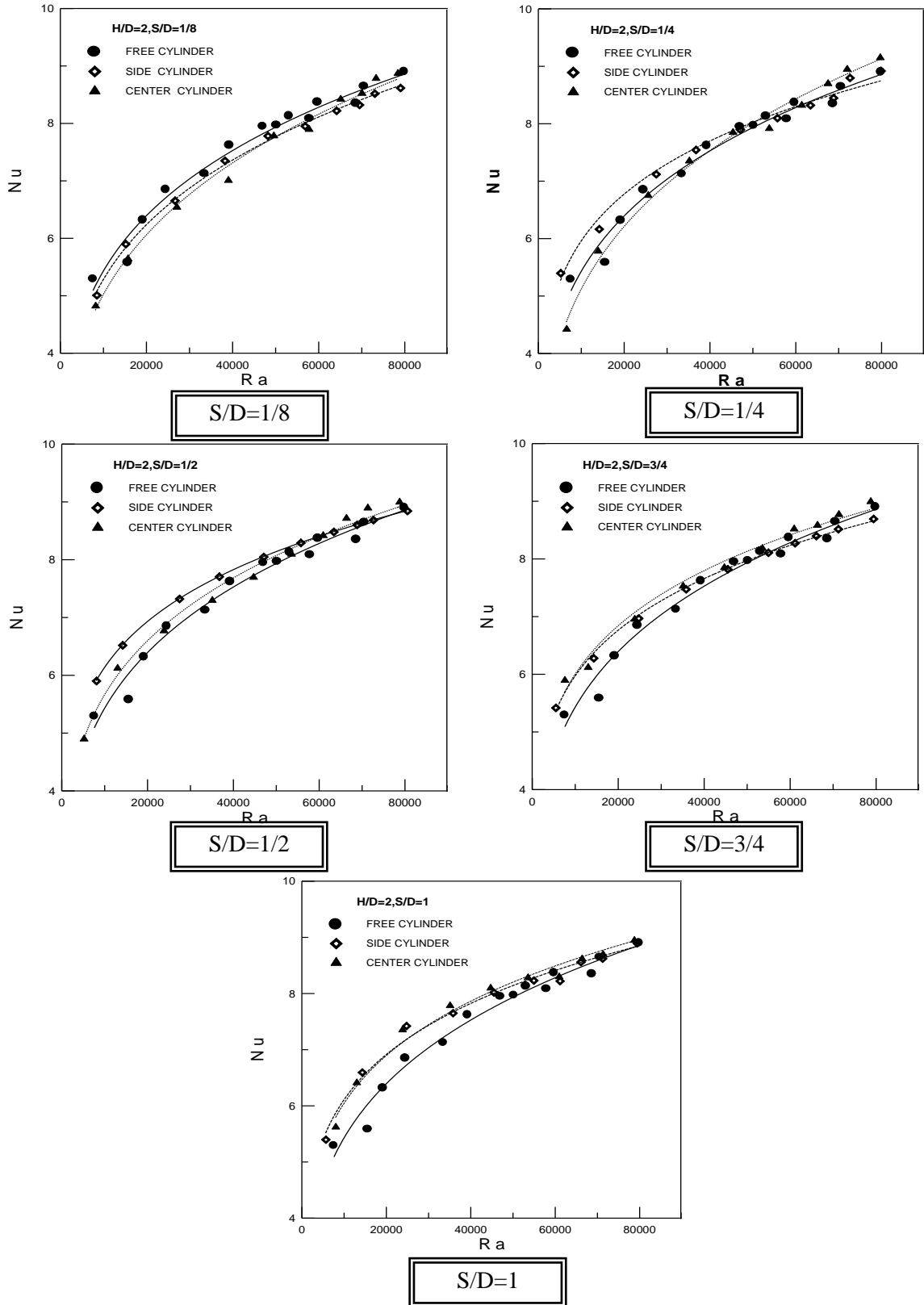
بزيادة عدد رايلي فان سمك الطبقة المتاخمة الحرارية سوف يقل مما يسمح للجريان البارد نسبياً بالمرور من أسفل الاسطوانة الجانبية حيث يعمل هذا التيار وكأنه نفث يصد من الاسطوانة الوسطية مما يحفز انتقال الحرارة ما يجعلها مساوية لقابلية الاسطوانة الجانبية أو تفوقها أحياناً عند أعداد رايلي العالية.



شكل (٤) تغير معدل عدد نسلت لنسبة المسافة الفاصلة ($H/D=1/8$) ولمختلف نسب (S/D)



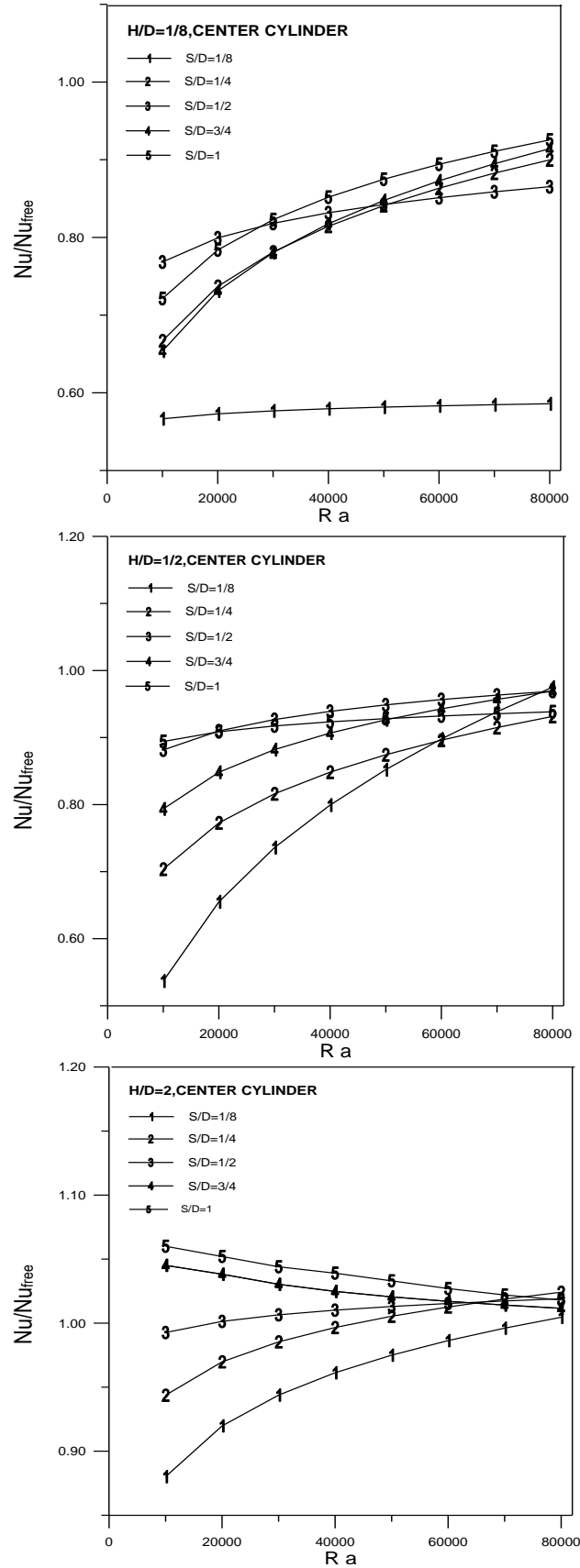
شكل (٥) تغير معدل عدد نسلت لنسبة المسافة الفاصلة ($H/D=1/2$) ولمختلف نسب (S/D)



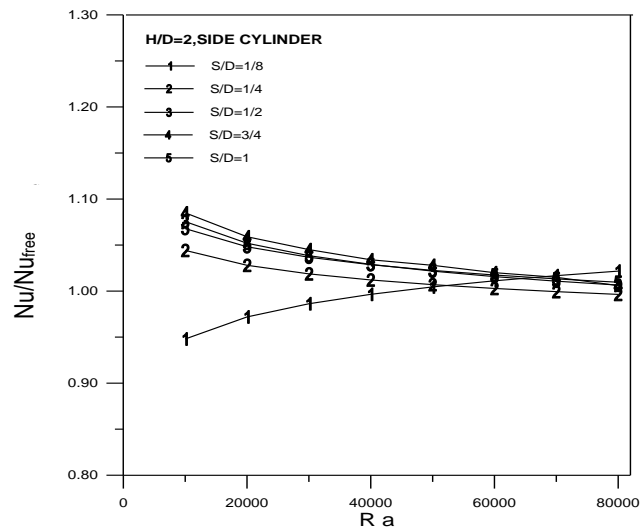
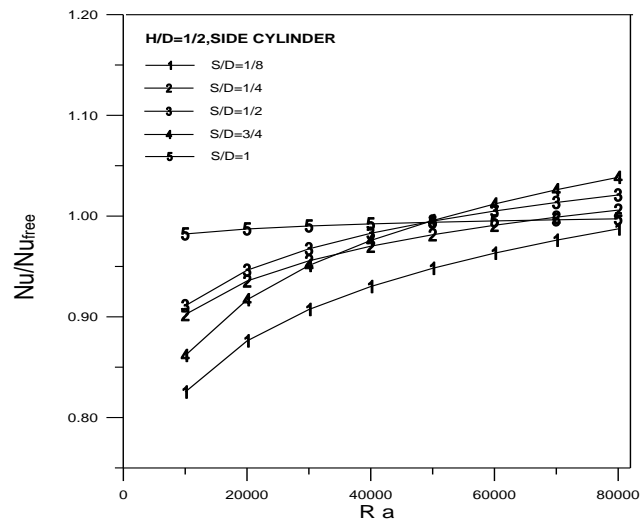
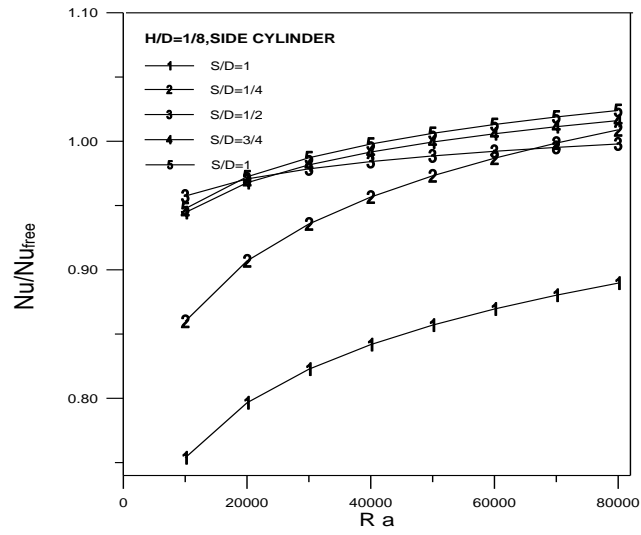
شكل (6) تغير معدل عدد نسلت لنسبة المسافة الفاصلة ($H/D=2$) ولمختلف نسب (S/D)

زيادة نسب المسافات الفاصلة بوجود الأرضية، يجعل التيار الحار الصاعد من الاسطوانة الوسطية اكبر منه لاسطوانة مفردة وذلك لتغذيته بالهواء الحار من الاسطوانات الجانبية مما تجعل له القدرة على سحب التيار الصاعد من الاسطوانتين الجانبيتين وإزاحة نقطة الركود العليا لهما بالاتجاه المماسي مما يستدعي زيادة انتقال الحرارة لعموم الاسطوانة، ولكن إزاحة نقطة الركود وبالتالي النفاذ الجريان حول الاسطوانة الجانبية عند المسافات الفاصلة الشاقولية الصغيرة لا تعوض الانخفاض الكبير في قابلية الاسطوانة على تبديد الحرارة في الجزء المقابل للاسطوانة الوسطية والذي يكون ملامسا لمائع حار .

يبين الشكلان (٧ و ٨) التغير النسبي لقابلية الاسطوانة الوسطية والجانبية على تبديد الحرارة مقارنة بالحالة الطليقة عند نسب مسافة فاصلة شاقولية ثابتة ولجميع النسب الفاصلة الأفقية مع عدد رايلي، من هذه الأشكال يتضح أن هناك انخفاض ملحوظ لقابلية الاسطوانة الوسطية عند القيم الفاصلة الشاقولية الأقل من (١/٢) حيث السلوك العام هو انخفاض قابلية تبديد الحرارة عند أعداد رايلي الواطئة ثم تزايدها بزيادة عدد رايلي مقتربة من الحالة الطليقة، هذا يشير وبوضوح على بقاء تأثير الأرضية على ميكانيكية انتقال الحرارة من صف الاسطوانات، عند تجاوز قيمة المسافة الفاصلة الشاقولية عن (١/٢)، فان قابلية الاسطوانات تتحسن وتتجاوز قابلية الاسطوانة الطليقة في بعض المسافات الفاصلة وعند أعداد رايلي العالية، في حين ينقلب هذا التحسن عند زيادة نسبة المسافة الفاصلة الشاقولية ليحدث عند أعداد رايلي الواطئة، إذ يلحظ التحسن الواضح في قابلية الاسطوانة على تبديد الحرارة حتى عند المسافات الفاصلة الأفقية الصغيرة، بزيادة هذه المسافة تزداد قابلية الاسطوانة حتى تبلغ أقصاها عند اقل قيمة لعدد رايلي ولأكبر مسافة فاصلة حيث تبلغ (١٢%) مقارنة باختبار الاسطوانة الحرة المفردة للاسطوانة الوسطية و(٨%) بالنسبة للاسطوانة الجانبية عند نسبة مسافة فاصلة (H/D=1, S/D=3/4). تبين المجموعة الثالثة تأثير تغير المسافة الفاصلة العمودية بين صف الاسطوانات والأرضية على انتقال الحرارة ولمختلف نسب المسافات الفاصلة الأفقية ولإعداد رايلي ثابتة.



شكل (7) تغير النسبة (Nu/Nu_{free}) مع عدد رايلي للاستوانة الوسطية



شكل (٨) تغير النسبة (Nu/Nu_{free}) مع عدد رايلى للاسطوانة الجانبية

يبين الشكلان (٩) و (١٠) السلوك الحراري للاسطوانة الوسطية والجانبية، يلاحظ بشكل عام أن المنحنيات في الشكلين تميل إلى أن تأخذ شكل المنحني الجيبي (Sinusoidal curve) حيث تبدأ من قيمة دنيا عند نسب المسافات الفاصلة الصغيرة ثم تميل للتصاعد تدريجياً حتى تصل القمة، بعدها تتجه للهبوط ومن ثم الارتفاع متجهة إلى نقطة التعادل للنسبة (Nu/Nu_{free}) مؤذنة بنهاية تأثير المسافة الفاصلة بين الاسطوانتين (S/D) ، تبدأ معاملات انتقال الحرارة بالارتفاع مع زيادة نسبة المسافة الفاصلة إلى أن تصل أعظم قيمة لها ثم تبدأ بالهبوط، إن ذلك يمكن أن يفسر على أنه عند نسب معينة تسارع الجريان خلال المسافة الفاصلة بين الاسطوانتين يمكن أن يحفز انتقال الحرارة عند تلك النسب، ولكن بزيادة عدد رايلي يمكن للتداخل بين الطبقات المتاخمة الحرارية أن ينفك وبالتالي إلى أن يقل التسارع في حركة الهواء بين الاسطوانتين بذلك تهبط معاملات انتقال الحرارة من جديد.

يمكن التعبير عن العمل التجريبي بمعادلة عملية تربط بين المتغيرات، إذ يمكن كتابة معادلة الربط على الشكل التالي:

$$Nu = f[Ra, (H/D), (S/D)] \quad \dots(8)$$

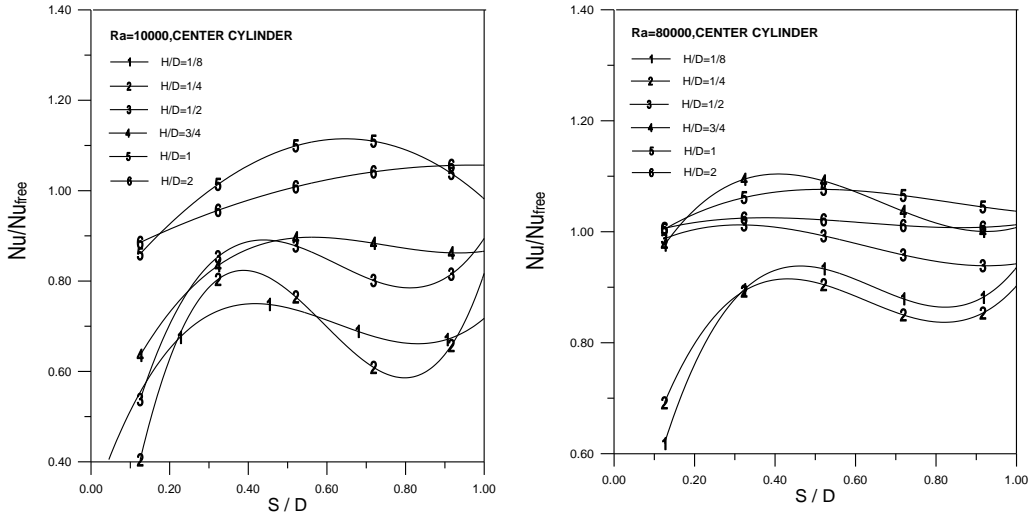
بعد إجراء عملية الاستكمال باستخدام طريقة المربعات الصغرى (Least square method) على النتائج التجريبية، أمكن الحصول على صيغة معادلة ارتباطية للاسطوانة الوسطية كالتالي:

$$Nu = 0.3997.Ra^{0.2786}.(H/D)^{0.0954}.(S/D)^{0.06069} \quad \dots \left\{ \begin{array}{l} 5000 \leq Ra \leq 80000 \\ 0.125 \leq H/D \leq 2 \\ 0.125 \leq S/D \leq 1 \end{array} \right. \quad \dots(9)$$

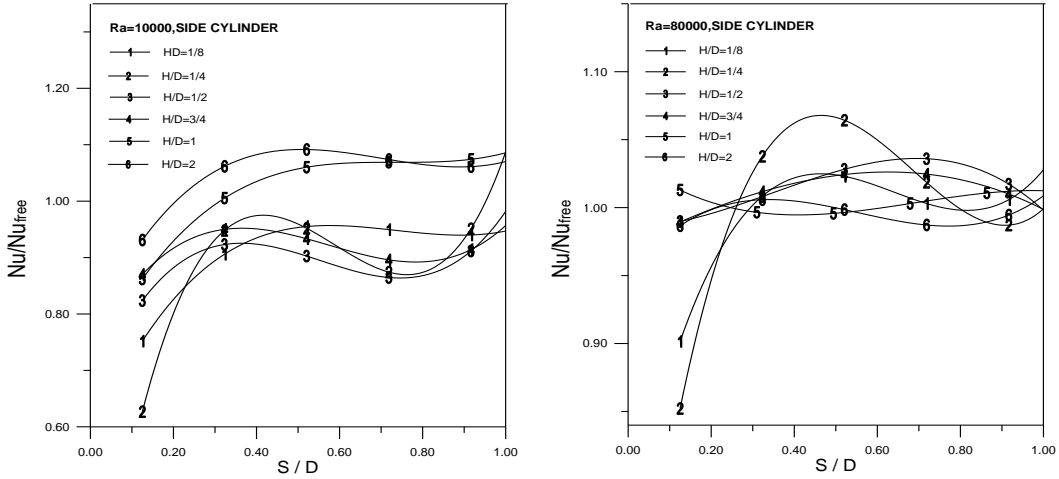
في حين أمكن الحصول على معادلة ارتباطية للاسطوانة الجانبية بالشكل التالي:

$$Nu = 0.6523.Ra^{0.2325}.(H/D)^{0.0112}.(S/D)^{0.0357} \quad \dots \left\{ \begin{array}{l} 5000 \leq Ra \leq 80000 \\ 0.125 \leq H/D \leq 2 \\ 0.125 \leq S/D \leq 1 \end{array} \right. \quad \dots(10)$$

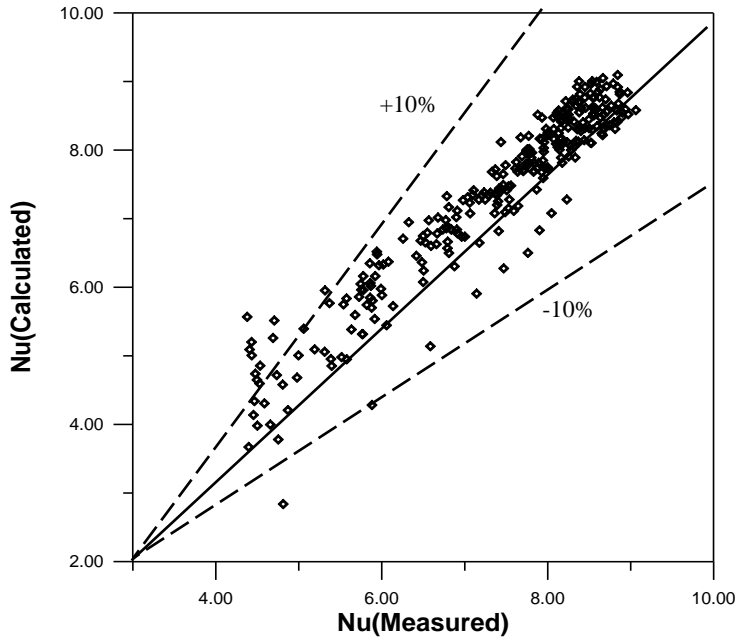
تم مقارنة عدد نسلت المحسوب من المعادلة (٩) الخاصة بالاسطوانة الوسطية، مع النتائج التجريبية المناظرة، كما مبين في الشكل (١١)، ولوحظ أن أقل من (٨%) من القراءات تقع ضمن مدى انحراف $(\pm 10\%)$ ، وبرسم عدد نسلت المحسوب من المعادلة (١٠) الخاص بالاسطوانة الجانبية، مع النتائج التجريبية المناظرة لها، كما مبين في الشكل (١٢) نجد أن (١٠%) من القراءات تقع ضمن مدى انحراف $(\pm 10\%)$ ، وهذا في الواقع أمر مقبول وجيد، ويدل على إمكانية استخدام المعادلتين الارتباطيتين في التعبير عن النتائج العملية أو التنبؤ بالسلوك الحراري للاسطوانة عند أي كمية ضمن مدى المعادلتين.



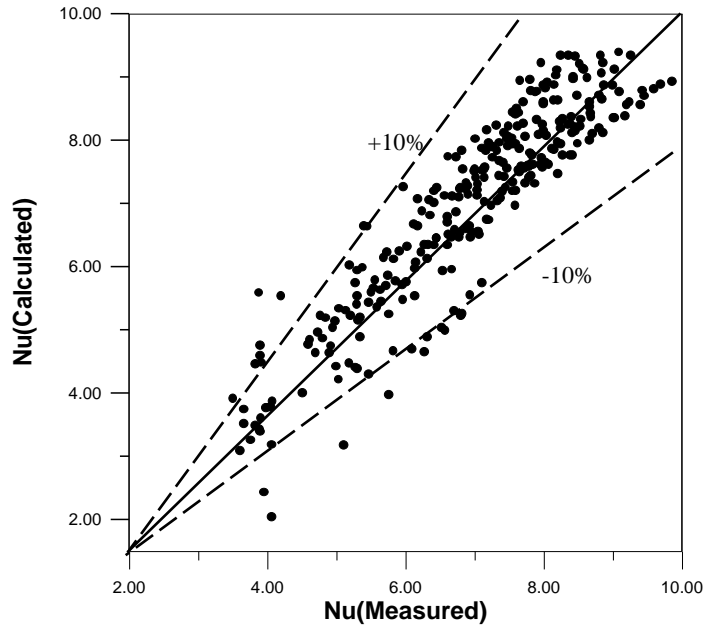
شكل (٩) تغير النسبة (Nu/Nu_{free}) مع المسافة الفاصلة الافقية للاسطوانة الوسطية



شكل (١٠) تغير النسبة (Nu/Nu_{free}) مع المسافة الفاصلة الافقية للاسطوانة الجانبية



شكل (11) مقارنة عدد نسلت المقاس مع عدد نسلت المحسوب من المعادلة (٩) للاسطوانة الوسطية



شكل (12) مقارنة عدد نسلت المقاس مع عدد نسلت المحسوب من المعادلة (1٠) للاسطوانة الجانبية

الاستنتاجات

١. يتأثر انتقال الحرارة من صف الأسطوانات سلبيا وبشدة عندما تكون المسافة الفاصلة بين الأسطوانات نفسها وبين الاسطوانات والأرضية صغيرة، ويرتفع الأداء الحراري للاسطوانتين الوسطية والجانبية بزيادة نسب المسافات الفاصلة.
٢. يكون الأداء الحراري بالنسبة للاسطوانة الوسطية أدنى من مثيله للاسطوانة الجانبية عند نسب المسافات الفاصلة الصغيرة، ولكن بزيادة المسافة الفاصلة يرتفع الأداء الحراري للاسطوانة الوسطية حتى يتجاوز مثيله للاسطوانة الجانبية.
٣. إن أقصى تحسن في انتقال الحرارة لنسب الارتفاعات القليلة يحدث عند أعداد رايلى العالية، في حين انه لنسب الارتفاعات العالية، أقصى تحسن يمكن ملاحظته لأعداد رايلى الواطئة.

References

- AL- Alusi, T .R , Bushnell D .J,(1992): An Experimental Study of Free Convection Heat Transfer From an Array of Horizontal Cylinders Parallel to a Vertical Wall, ASME Journal of Heat Transfer, Vol.114. pp.394-400.
- Chouikh, R., A. Guizani, M.Maalej, and A. Belghit.,(1999): Experimental Study of the Natural Convection Flow around an Array of Two Horizontal Cylinders, Int. Com. Heat Mass Transfer, Vol. 26, No. 3, pp. 329-328.
- Holman, J. P., (1971): Experimental Methods for Engineers, 4th Edition, McGraw-Hill, Tokyo, Japan, pp. 80-88.
- Morgan V.T.,(1975): The Overall Convective Heat Transfer from Smooth Circular Cylinders, Advances in Heat Transfer Vol. 11, McGraw-Hill, New York, pp.199-210.
- Sparrow, E .H. Ansari, M .A. Stryker, P .C. Ruiz, (1986): Enhanced Heat Transfer From a Horizontal Finned Tube Situated in a Vertical Channel, ASME Journal of Heat Transfer, vol.108., pp.62-69.

المصادر

- الظاهر، مهند عبد الفتاح، ويعقوب، قاسم يوسف، (١٩٩٢): تأثير الجدران الجانبية والأرضية على انتقال الحرارة بالحمل والإشعاع من أسطوانة أفقية، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، العدد العاشر، صفحة ٩-٢٤.
- كريث، ف.، وبوهن، م. س.، (١٩٨٨): أساسيات انتقال الحرارة، ترجمة د.علي، برهان محمود، الصبحة، احمد نجم، ومصطفى، بهجت مجيد، الطبعة الأولى، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل ص ٣١٠-٣١٥.

قائمة الرموز

الوحدات	المعنى	الرمز
m ²	المساحة	A
m	قطر الاسطوانة	D
m/s ²	التعجيل الأرضي	G
m	المسافة الشاقولية الفاصلة بين الاسطوانة والأرضية	H
W/m ² K	متوسط معامل انتقال الحرارة	H
A	التيار الكهربائي	I
K W/m	معامل التوصيل الحراري	K
m	الطول	L
W	القدرة الكلية المجهزة للمسخن	P
W	معدل الحرارة المتولدة او المنتقلة	Q
m	المسافة الأفقية الفاصلة بين الاسطوانات	S
K	درجة الحرارة	T
$\frac{g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot D^3}{\alpha \cdot \nu}$	عدد رايلي	Ra
$h \cdot D / k$	عدد نسلت	Nu

الرموز اليونانية

الوحدات	المعنى	الرمز
m ² /s	الانتشارية الحرارية	α
K ⁻¹	معامل التمدد الحجمي	β
-	الفرق بين قيمتين	Δ
W/m ² .K ⁴	ثابت ستيفان-بولتزمان ($5,67 \cdot 10^{-8}$)	σ
-	ابتعاثية الإشعاع	\mathcal{E}
N.s/m ²	اللزوجة الديناميكية	μ
m ² /s	اللزوجة الكينماتية	ν
kg/m ³	الكثافة الكتلية	ρ
-	المحيط	∞

Experimental study on Natural Convection heat transfer from an array of heated Cylinders located on specified floor

Muhand A. Al dhahir*

Omed A. Abbass **

***College of engineering - University of Al-Anbar**

****College of engineering - University of Kirkuk**

تاريخ الاستلام: ١٣ / ٧ / ٢٠٠٨ ، تاريخ القبول: ٤ / ١٠ / ٢٠٠٩

Abstract

An experimental study on free convection heat transfer from a horizontal array consists of three cylinders heated under the condition of constant surface temperature was carried out. The study included clarifying the effect of separation distance between the cylinders and the distance that separate them from a floor, on the natural convection heat transfer from the array.

The study showed that the ability of the cylinders to transmit heat with free convection is a function to separation distances between the cylinders also the distance between the cylinders and the floor, as well as Rayleigh number, this ability is decrease too much when the separation distance from the floor and the neighborhood cylinder is small, the reduction in heat transfer for the center cylinder was (40%) in comparison with single cylinder test at vertical and horizontal separation distance of (1/8), the thermal performance for both cylinders may be got better as the separation distance increase, where the maximum enhancement in heat transfer for the center cylinder was recorded as (11%) in comparison with single cylinder test at vertical separation distance of (1) and horizontal separation distance of (3/4).

The experimental results showed that the enhancement in heat transfer increases as the separation distance from the floor being larger, and the maximum heat transfer at small heights may be at high Rayleigh numbers, where for high separation distances, the maximum relative enhancement may be observed at low Rayleigh numbers.