دراسة تأثير الفيض الحراري في الاهتزاز الناتج عن جريان مائع خلال أنبوب يحتوي على حاجز في منتصفه

زينة خليفة كاظم* و عمر هاشم علوان*
تاريخ التسلم : 2007/10/22
تاريخ القبول : 2008/4/3

الخلاصة

يتناول هذا البحث دراسة نظرية لاستقصاء تأثير الفيض الحراري في الاهتزازات الناتجة عن جريان مائع خلال أنبوب من النحاس قطره الخارجي (12.7mm) وقطره الداخلي (10.7mm) .طول الأنبوب (1m) ومسند من النهايتين(مسند بسيط ومسند مرن) يحتوي على حاجز عبارة عن مقياس تدفق وهي معرض الى فيض حراري مقداره ($20\ kW/m^2$,$10\ kW/m^2$).تم اعتماد الجريان متكامل النمو في الأنبوب , كما تم حل معادلة الحركة الاهتزازية الحرة والقسرية في الاتجاهين لحالتي المسند البسيط والمرن. اتبعت طريقة المصفوفات الانتقالية لتوضيح تأثير الاهتزاز في الخصائص الديناميكية للأنبوب الذي قسم الى (21 مقطع و20 نقطة على طول الأنبوب الناقل للمائع وتم تحديد)) لكل (الخصائص الديناميكية متمثلة بـ)الانحراف ، الميل ،عزم الانحناء ،قوى القص ، السرعة ، الضغط موقع وتم أيضاً بناء برنامج بلغة فورتران للتعامل مع الجانب النظري والتحليلي وللتأكد من عمل هذا البرنامج بصورة صحيحة تمت مقارنته مع برنامج (Ansys.Ver.9) الذي يتبع طريقة العناصر المحددة (F.E.M) .

اثبتت النتائج أن طريقة انتقال المصفوفة تعد فعالة وناجحة في تحديد الخصائص الديناميكية لأنبوب ينقل مائعاً وحساب مقدار الترددات الطبيعية ودراسة نسق الاهتزاز للأنبوب. كما أن الاجهادات الحرارية الناتجة عن الفيض الحراري المسلط على الأنبوب تؤثر في قيم الترددات الطبيعية والسعات الاهتزازية اذ أن زيادتها تؤدي إلى تقليل قيم الترددات الطبيعية وان زيادة مقدار السعات الاهتزازية على طول الانبوب يكون في حالة مساوات او اقتراب الترددات الاهتزازية من الترددات الطبيعية اذ ان .تأثير هذا الاقتراب هو الفعال في زيادة مقدار السعات المذكورة اكثر من تأثير الفيض الحراري المسلط

Abstract

In this work theoretical study is carried out to the effect of heat flux on induced vibrations from a fluid flow in a simply and flexible supported pipe with a restriction.The water flow in the pipe is assumed to be fully developed region . The dynamics of a pipe conveying fluid is described by the transfer matrix approach. It provides a numerical technique for solving the equations of motion of forced and free vibrations for simply and flexible support .The pipe is divided into (21) nodes and (20) element along its length.Then, from the pipe analysis equation, a fortran Language computer program has been built to embrace the theoretical and analytical work. And then to ensure that the program developing is suitable, it has been compared with another program called (ANSYS Ver.9) which it use FEM.The Obtained results show that the transfer matrix method is a suitable technique to compute the eigen modes in addition to the natural frequency of vibration systems.From this research it has been found that the heat flux affects the natural frequencies and the amplitude of vibration . So the increasing the thermal force results in the decreasing of the magnitude of the natural frequencies. The amplitudes of vibration along the pipe increase as the excitation frequency is so close to the natural frequencies of the system, and this effect is predominate than the effect of the heat flux .

Keyword: (Effect of Heat Flux On Induced Vibrations, Fluid Flow In A pipe With A Restriction At Mid The Pipe)

https://doi.org/10.30684/ etj.26.10.15
University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq/2412-0758

الرموز المستخدم

الرمز	المعنى	الوحدات
A_f	مساحة مقطع جريان المائع	m^2
A_p	مساحة مقطع الأنبوب	m^2
A	مساحة مقطع العتبة	———
A_2	مساحة المقطع المتقلص (Vena Contracta)	m^2
a	سعة الاهتزاز	m
D	قطر الانبوب	m
E	معامل المرونة لمعدن الأنبوب	N/m^2
$[\bar{F}]_i$	مصفوفة المجال	———
F_i	القوة المستثيرة	N
G	معامل الجساءة لمعدن الأنبوب	N/m^2
h	معامل انتقال الحرارة بالحمل	$W/m^2.c^o$
I	عزم القصور الذاتي لمساحة الأنبوب	m^4
k_F	معامل التوصيل الحراري للمائع	$W/m.c^o$
m_f	كتلة المائع لكل وحدة طول	kg/m
m_p	كتلة الانبوب لكل وحدة طول	kg/m
N	القوة الحرارية الناتجة من التأثير الحراري	N
N_{Ud}	عدد نسلت	———
P	ضغط المائع	N/m^2
$[\bar{P}]_i$	مصفوفة النقطة	———
q	الفيض الحراري	W/m^2
T_w	درجة حرارة الجدار	C^o
T_b	معدل درجة حرارة المائع عبر الانبوب والتي تسمى بدرجة الحرارة المجملة (Bulk Temperature).	C^o
V_f	سرعة المائع	m/s
V_J	سرعة النفث	m/s
W	قوة الدوران + القوة الانحناء	N

الرمز	المعنى	الوحدات
$[\bar{Z}]_i$	متجه الحالة	ـــــ

الرموز اللاتينية

الرمز	المعنى	الوحدة
ω_n	التردد الطبيعي	rad/s
α_p	معامل التمدد الطولي لمعدن الأنبوب	$1/C^o$

الرموز السفلية

الرمز	الدلالة
f	مائع
J	نفث
i	متجه الحالة
p	أنبوب

الرموز العلوية

الرمز	الدلالة
R , L	يمين ويسار الكتلة
ـــــ	قيم لا بعدية

المقدمة

تعد منظومات نقل الموائع ذات تطبيقات واسعة الاستعمال مثل أنابيب نقل النفط (Oil pipe line) وأنابيب تغذية المنظومات ذات الاداء العالي مثل الصواريخ والطائرات (Rockets and Aircraft) والمبادلات الحرارية (Heat Exchanger) التي اصبحت تطبيقاً عملياً واسعاً في مختلف منظومات انتقال الحرارة حيث تتمثل في المبادلات البسيطة الى المبادلات التي تستعمل في المفاعلات النووية.

اهتم الباحثون والمصممون بزيادة كفاءة أداء المبادلات الحرارية من خلال دراسة العوامل التي تؤدي إلى تحسين عملية انتقال الحرارة وكذلك دراسة العوامل التي تزيد من عمر أنابيب المبادلات الحرارية لما له من أهمية خصوصاً في المبادلات الحرارية الكبيرة. ومن الجوانب المهمة التي يجب أن تعطى الاهتمام المطلوب فضلاً عن الدقة في التصميم ومعالجة مشاكل التوسيخ والترسيب في أنظمة التدفق **(هولمن) [1]** هو دراسة الاهتزازات المحتثة نتيجة لجريان المائع خلال الأنابيب حيث أن هذه الاهتزازات قد تؤدي الى تعجيل تآكل الأنابيب خصوصاً عند المساند وبالتالي تؤدي إلى تمزق أو حدوث تسريب في هذه الأنابيب **(Little and Weaver)[2]**. أو قد تؤدي هذه الاهتزازات إلى تحسين عملية انتقال الحرارة من خلال تحسين معامل انتقال الحرارة عن قيمته في حالة الجريان المستقر للمائع **(Roberrt and Chung)[3]**. في بعض التطبيقات الهندسية مثل المبادلات الحرارية(Heat Exchanger) والمحركات النفاثة(Jet Engine) تتعرض الأنابيب الى درجات حرارة عالية مما يؤدي الى نشوء اجهادات حرارية تؤدي الى كارثة فيما لو توافقت مع الاجهادات الناتجة عن الاهتزازات الطبيعية للمنظومة حيث يكون تأثير قوى المائع في جدران الأنابيب متداخلاً مع تاثير

القوى الدينامية للانبوب وهذا يعني ان جدران الأنابيب تتأثر بالقوى التي يسلطها المائع مما تؤدي الى تشوه الأنابيب وانحرافها وهذا التشوه يؤثر في خواص المائع.

عندما يكون هيكل الانبوب متداخلاً مع مائع في وسط ذي درجات حرارة عالية تحصل عدة ظواهر تعتمد على قوى التداخل بين مرونة المعدن والمائع الساخن.وفي حالة الأنابيب الناقلة للموائع يسيطر على الاهتزاز بوساطة القوى الدينامية للمائع ويمكن ادراج هذه القوى كما ياتي:

1-القوى الحرارية نتيجة درجات الحرارة

2-قوى الاثارة الخارجية الناتجة من اي ترددات اثارة خارجية

3-القوى الدينامية الناتجة عن التداخل بين المائع وجدران الأنابيب وتتمثل في:

a-قوى الضغط (Compressive Force)

b-قوى الدوران (Rotational Force)

لذا تم دراسة تأثير الاهتزاز الناتج عن جريان المائع في انبوب مسند النهايتين(مسند بسيط ومسند مرن) تحت فيض حراري مختاف ولمعدلات تدفق مختلفة نظرياً باتباع طريقة المصفوفات الانتقالية (Transfer Matrix Method). لحساب الترددات الطبيعية وأطوار النسق ودراسة تأثير الاهتزاز القسري وتوزيع قوى القص وعزوم الانحناء على طول الانبوب .وقد أجريت العديد من الدراسات المتعلقة بصورة مباشرة بالاهتزازات الناتجة عن جريان الموائع خلال الانابيب ومدى تأثيرها في قيم الترددات الطبيعية والسعات الاهتزازية واطوار النسق الا انها لم تعط الاهمية المطلوبة لتأثير الفيض الحراري في الاهتزازات المحتثة

بناء على ماتقدم فان هذا البحث يسلط الضوء على مدى تأثير الفيض الحراري في الاهتزازات المحتثة لانبوب ينقل مائعاً.

في عام (1989) درس الباحثون **[4] (Shigea ,atel)** امكانية السيطرة على الاهتزازات الناتجة عن نظام أنابيب بوساطة جهاز امتصاص دينامي مزدوج (double Dynamic absorber) حيث تم اتباع طريقة المصفوفات الانتقالية في تحليل الاهتزازات المتولدة وبالاتجاهات الثلاثة .

وتوصل الباحثون الى تصميم جهاز امتصاص دينامي مزدوج واختيار الموقع الأمثل له فتم إخماد أول ثلاث ذروات رنينيه (Resonance Peaks) وبالاتجاهات الثلاثة لأنموذج من الأنابيب .

وفي عام (2001) قام الباحث **[5] (Alaa.A.M.H)** بدراسة لاستقصاء تأثير الاهتزاز الناتج عن جريان المائع خلال أنبوب مسند النهايتين يحوي حاجزاً .حيث تضمن البحث دراسة تأثير الاهتزاز الناتج في الخصائص الدينامية لأنبوب ينقل مائعاً بتطبيق طريقة المصفوفات الانتقالية في حل معادلة انتقال الحركة الاهتزازية القسرية والحرة.

أستنتج الباحث ان قوة ضغط المائع ودوران المائع ذات تأثير واضح في الخصائص الدينامية لهيكل الأنبوب نتيجة الاهتزازات الناتجة عن حركة المائع.

في عام (2003) درس الباحثان **[6] (Yang and Soon)** تأثير الاهتزازات في الفيض الحراري الحرج حول أنبوب عمودي بسبب أهميته الكبيرة في تحديد عمل أي نظام انتقال حرارة يتم فيه غليان المائع مثل المفاعلات النووية حيث تكون درجة حرارة جدار الانبوب عالية جداً مما قد تؤدي الى حدوث فشل فيزيائي في هذه الانظمة

حيث استنتج الباحثان ان قيمة الفيض الحراري الحرج تعتمد على عدة عوامل منها :

1- الاهتزاز الميكانيكي للانبوب .

2- رقم رينولدز الاهتزازي $(\mathrm{Re_v})$ (Vibrational Reynolds Number)

$$\mathrm{Re}_v = \frac{a \cdot \omega \cdot D}{\upsilon}$$

3-السعة والتردد .

حيث تزداد قيمة الفيض الحراري الحرج بزيادة الاهتزاز الميكانيكي للانبوب وكذلك بزيادة رقم رينولدز الاهتزازي .كما ان الفيض الحراري الحرج يعتمد بصورة رئيسة على السعة اكبر من اعتماده على قيمة التردد .

في عام (2005) قدمت الباحثة **[7] (Zena)** دراسة نظرية وعملية لتحليل الاهتزازات الناتجة عن جريان مائع في أنبوب حلقي، الخارجي معرض الى فيض حراري منتظم والداخلي معزول عزلاً تاماً مسند

الجانبين باتباع طريقة المصفوفات الانتقالية في حل معادلات الحركـة الاهتزازيـة الحـرة و القسرية لمعرفة الخواص الديناميكية له.
توصلت الباحثة إلى أن القوى الحرارية هـي المسيطرة علـى قيمـة التـرددات الطبيعيـة للمنظومة حيث تقل بزيادة معـدلات الفـيض الحراري، ويزداد معدل انتقال الحرارة بزيادة الترددات القسرية.

في عـام (2006) درسـت الباحثـة **(Ansam) [8]** تأثير الاهتزاز المستحــث في الخواص الديناميكية لأنبـوب ناقـل للمـائع مجهز بفتحـة ولمواقع مختلفـة مـن طـول الانبـوب باتبـاع طريقــة المصــفوفات الانتقالية.وتوصلت الباحثة الى أن جريان مائع خلال انبوب معرض للاهتزاز يحتـوي علـى عائق يؤثر في التصرف الديناميكي للانبـوب فضلاً عن تأثيره في هيكلية الجريـان بسـبب الاهتزاز المستحث .

البحث الحالي يتضـمن دراسـة تـأثير الفيض الحراري في الاهتزازات الناتجة عـن جريان مائع خلال أنبوب مـن خـلال تـأثير الفيض الحراري في مرونة الانبـوب وكـذلك توليد قوة محورية تؤثر هـي الاخـرى فـي الاهتزازات المحتثة.

التحليل النظري

تتضــمن التحليــل النظــري للاهتـزازات الحرة والقسرية الناتجـة عـن جريان المائع والقوى المحوريـة الناتجـة عن التأثير الحـراري باتبـاع طريقـة انتقـال المصفوفة لانبـوب مسنـد مـن الجانبيـن (Simply Supported) ينقل مائعاً يحتوي على حاجز اذ ان الحاجز عبارة عن مقياس تـدفق وهـي (Orifice Plate) ويتعرض الانبـوب الـى فـيض حـراري ثابـت (Constant Heat Flux).

ان معادلة الحركـة للاهتـزاز القسـري لأنبوب ينقل مائعاً يحتوي على حاجز، وغيـر مخمـد وبالاعتمـاد علـى نظريـة (Beam Theory) وبإهمال التشـوه القصـي (Shear Deformation) وتأثير عزم القصور الـذاتي الـدوار (Rotatory Inertia) بسـبب قيمتهـا الصغيرة جدا هي [7],[9] .

$$EI\frac{\partial^4 Y}{\partial X^4}+N\frac{\partial^2 Y}{\partial X^2}+\left[m_f V_f V_J+PA_f\right]\frac{\partial^2 Y}{\partial X^2}+2m_f V_f\frac{\partial^2 Y}{\partial X\partial t}+$$
$$(m_f+m_p)\frac{\partial^2 Y}{\partial t^2}=F(x,t) \qquad ....\ (1)$$

حيث $F(x,t)$ تساوي صـفراً عنـدما تكـون الاهتزازات حرة.
عند تعريض عتبة كابولية الى تأثير حـراري فانها سوف تستطيل استطالة حرارية مقـدارها (δT) [10] :

$$\delta T=\alpha_p.L.\Delta T \qquad ....\ (2)$$

وعند وجود قيـد محـوري فـان الاسـتطالة الحرارية سوف تتحول الـى قـوة محوريـة ضاغطة وهذه القوة المحورية يمكن ان تحسب من مساواة الاستطالة الحرارية مع الاسـتطالة التي تسببها قوة محورية فيما لو أثرت لوحدها في العتبة .

$$\delta T=\frac{N\cdot L}{E\cdot A} \qquad ....(3)$$

نعوض ا (3) في المعادلة (2) ينتج:

$$\alpha_p\cdot L\cdot\Delta T=\frac{N\cdot L}{E\cdot A} \qquad ....(4)$$

$$\therefore N=\alpha_p.A.E.\Delta T \ ....(5)$$

ومن ملاحظة المعادلـة (5) نجـد ان القـوة المحورية تعتمد على فرق درجـات الحـرارة ومعامل المرونة اذ ان معامل المـرونة هـو دالـة لـدرجـة الحرارة ويمـكن التعبيرعنه بالمعادلة (6) [7] . أما مساحة المقطع ومعامل التمدد الخطي فتعدان ثابتتين بالنسـبة لدرجـة الحرارة، ولذا فان رفع درجة الحرارة يـؤدي الى زيادة القوة المحوريـة وبالتـالي انحنـاء العتبة.

$$E=[1.09939*10^{2}-2.917459*10^{-2}*(T)-5.7084838*10^{-5}*(T^{2})+3.75691996*10^{-9}*(T^{3})]*10^{9} \qquad ....\ (6)$$

تم حساب درجة حرارة جدار الانبـوب المعرض الى فيض حراري منتظم بالاعتمـاد على قوانين أنتقال الحرارة اذ ان الحرارة تنتقل عبر جدار الانبوب بالتوصيـل (Conduction) ومن الجدار الى المائع المتدفق عبر الانبوب

بالحمل (Convection) على وفق قانون نيوتن للتبريد.

$$q=h(T_w-T_b) \qquad ....(7)$$

وبما ان توزيع درجات الحرارة خطيـاً على طول الانبوب تم افتراض درجة حـرارة دخول المائع (T_i) لذلك يمكن حسـاب درجـة حرارة المائع في كل موقع على طول الانبوب. وبما ان عدد نسلت (N_{Ud}) المحسـوب علـى أساس القطر الداخلي هو دالة لمعـدل انتقـال الحرارة لذا يمكن حساب معامل أنتقال الحرارة بالحمل لمائع يتدفق عبر أنبوب معرض الـى فيض حراري منتظم كما ياتي [1] :

$$N_{Ud} = \frac{h \cdot d_o}{k_F} = 4.36 \qquad ..(8)$$

$$h = \frac{4.36 \cdot k_F}{d_o} \qquad .....(9)$$

بتعويض مقدار معامل أنتقال الحـرارة بالحمل في المعادلة (7) نحصل علـى درجـة حرارة الجدارعند كل موقع وكما يأتي:

$$T_{wi} = T_{bi} + \frac{q}{h} \qquad .....(10)$$

عندما يحصل تداخل بين هيكل الانبوب ووسط المائع (بمعنى ان جدار الانبوب سـوف يؤثر بقوة على المائع وفي نفس الوقت سـوف يؤثر المائع بقوة على جدار الانبوب) تحصـل ظواهر معقدة تعتمد على مقدار قـوة التـداخل مسببة قوى دينامية من المائع تؤثر في اهتزاز هيكل الانبوب وتكون هذه القوى على نوعين.

1- قـوى الضـغط (Compressive Force) الناتجة عن تأثير ضغط المائع والتغيـر فـي الزخم وتؤدي هذه القوى الـى انحنـاء غيـر مستقر (Buckling Instability).

2- قوى الدوران (Rotational Force) وهي القوى الناتجة عن دوران جـزيء المـائع اذ يكون تأثيرها مزدوجاً للفترة والموقع اذ تعـد هذه النقطة مهمة رياضياً لانهـا تجعـل حـل المعادلة التفاضلية الجزئية للحركة صعباً. لـذا تم افتراض ان الحدين الثالـث والرابـع فـي معادلة الحركة (1) يشيران الى قـوة الضـغط وقوة الدوران للمائع وتم تمثيلهما بـ[W(x,t)]

$$W(x,t) = (m_f . V_f V_J + PA_f)\frac{\partial^2 Y}{\partial X^2} + (2m_f V_f)\frac{\partial^2 Y}{\partial X \partial t} \qquad .... (11)$$

وبحل المعادلة (11) يمكن حساب قوى المائع المؤثرة في معادلة الحركة وكما موضح فـي المعادلة الاتية:

$$W(x.t) = \left\{ \begin{bmatrix} -a_1(m_f V_f V_J + PA_f)(\frac{n\pi}{L})^2 Sin(\frac{n\pi}{L}X) - \\ a_2(2m_f V_f)(\frac{n\pi}{L})\omega.Cos(\frac{n\pi}{L}X) \end{bmatrix}^2 + \begin{bmatrix} a_1(2m_f V_f)(\frac{n\pi}{L})\omega.Cos(\frac{n\pi}{L}X) - \\ a_2(m_f V_f V_J + PA_f)(\frac{n\pi}{L})^2 Sin(\frac{n\pi}{L}X) \end{bmatrix}^2 \right\}^{1/2}$$

ويمكن التعبير عن السرعة الحقيقية عند مقطع التقلص (V_J) كما في المعادلة الاتية[11]:

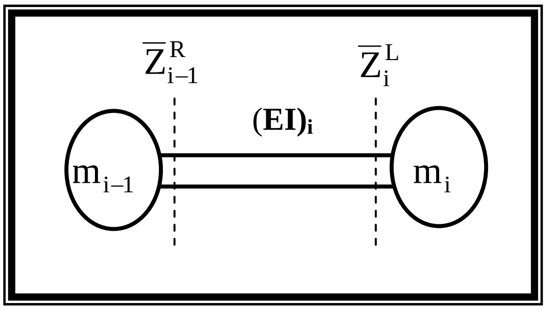
$$V_J = C_v \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)/\rho}{1 - \left(\frac{A_2}{A_p}\right)^2}} \qquad .....(12)$$

اذ تتراوح قيمة معامـل السـرعة (C_V) بـين (0.97-0.99) [11].

مصفوفة المجال (Field Matrix)

تسمى المصفوفة التي تربط مـا بـين متجه الحالة الايمن للكتلة (m_{i-1}) ومتجه الحالة الايسر للكتلة (m_i) كما مبين في الشـكل (1) بمصفوفة المجال (Field Matrix) وتكون كما في المعادلة الاتية :

$$[\bar{Z}]_i^L = [\bar{F}] \cdot [\bar{Z}]_{i-1}^R \qquad ....(13)$$



شكل (1) اتصال المقطع (Element) بكتلتين مجتمعتين

مصفوفة النقطة (Point Matrix)

تسمى المصـفوفة التـي تـربط بـين متجهات الحالة لمحطة معينة بمصفوفة النقطة .وغالبا ما تعتمد لتحليل النقطة التي يمكـن ان تمثل ككتلة مجمعة (Lumped Mass) او كرسي

تحميل (Bearing) او قرص دوار (Pully or Flywheel) ويمكن ان تكتب بالصيغة الاتية.

$$[\bar{Z}]_i^R = [\bar{P}] \cdot [\bar{Z}]_i^L \quad ....(14)$$

حيث يمكن حساب الازاحات والقوى والعزوم على طول الانبوب من خلال عملية ضرب المصفوفات الانتقالية اما عملية حساب الترددات الطبيعية فتتم من خلال تحديد نقطة معينة على الانبوب و حساب سعة الاهتزاز (Amplitude Vibration) في هذه النقطة لكل تردد مفترض ولمدى من الترددات ولهذا سوف يتكون منحنى بين سعة الاهتزاز والترددات المفترضة، قمم هذا المنحنى تمثل الترددات الطبيعية [12]،[13].

النتائج والمناقشة

أجريت هذه الدراسة على أنبوب من النحاس قطره الخارجي (12.7mm) وقطره الداخلي (10.7mm) يحوي في منتصفه على فتحة قطرها (5.35mm) طول الأنبوب (1m) وكثافته (8733 Kg /mm^3) الخواص الفيزيائية للأنبوب متمثلة بمعامل المرونة (E) موضحة في المعادلة (6) .

لقد تم دراسة نوعين من الشروط الحدية المحتملة وهذه الشروط هي :

1- إسناد بسيط من نهايتين (Simply Supported)

2- إسناد مرن (Flexible – Flexible) اذ تم معاملة المسند على انه نابض بسيط ذو ثابت جساءة مقداره (11.86*10^4 N/m^2)[7] .

3- تم اعتماد جريان طباقي تام التطور (Fully Developed) لمدى عدد رينولدز يتراوح بين ($250 \le Re \le 1500$) .

4- تم تعريض المنظومة الى فيض حراري منتظم (Heat Flux) وثابت على طول الانبوب لمدى يتراوح بين ($10 \le q \le 20$) kW/m^2

5- تم بناء برنامج بلغة فورتران لاحتضان الجانب النظري والتحليلي اذ قسم الأنبوب الى (21) كتلة مجمعة و(20) مقطعاً مهمل الوزن وتم التحليل باتجاه المحور أي أن قيم (الانحراف , الميل , العزم , القص) باتجاه المحور(y) .

وللتأكد من عمل هذا البرنامج بصورة صحيحة تمت مقارنة النتائج المستحصلة باتباع طريقة المصفوفات الانتقالية مع النتائج المستحصلة من برنامج (Ansys Ver. 9) أذ تم اختيار العنصر من نوع (Pipe 16) في تعريف الأنموذج وتم تقسيم الأنبوب الى (22) عنصر و(23) نقطة.

تأثير الفيض الحراري في قيم الترددات الطبيعية

تبين الجدولين (1) , (2) الترددات الطبيعية الثلاثة الاولى لنوعين من الشروط الحدية وذلك بتسليط قيم للفيض الحراري وهي (20 kW/m^2,10 kW/m^2) لمدى رقم رينولد ($250 \le Re \le 1500$) ومقارنته مع حالة عدم وجود فيض حراري. ان التأثيرات الحرارية الناتجة عن القوى الحرارية (Thermal Forces) على الانبوب نتيجة الفيض الحراري الثابت ذات تأثير فعال في قيم الترددات الطبيعية للمنظومة حيث تقل بزيادة معدلات الفيض الحراري ويكون تأثير القوى الحرارية في حالة الشرط الحدي (Flexible – Flexible) اعلى من الشرط الحدي (Simply Supported) ويعزى ذلك الى ان جساءة المنظومة في حالة المسند المرن اقل من جساءة المنظومة في حالة المسند البسيط .

تأثير الفيض الحراري في السعة الاهتزازية للأنبوب

يبين الشكلين (2) و (3) السعة الاهتزازية لأنبوب بنقل مائع ومعرض الى فيض حراري منتظم ولنوعين من الشروط الحدية وسرع الجريان .ومن خلال ملاحظة هذه الأشكال نؤكد بوضوح الاستنتاج السابق المتضمن أن زيادة الفيض الحراري تؤدي إلى تقليل قيم الترددات الطبيعية ولجميع الشروط الحدية حيث أن الفيض الحراري يؤدي إلى زيادة القوى الحرارية وكذلك تقليل جساءة المنظومة والتي تتسبب في تزحيف سعة الاهتزاز للترددات الناتجة عن تاثير الفيض الحراري إلى ترددات اقل من الترددات الطبيعية في حالة عدم وجود فيض الحراري.

تأثير الفيض الحراري في نسق الاهتزاز (mode shape)

تمت دراسة هذا التأثير من خلال تثبيت سرعة جريان المائع عند قيمة معينة وتثبيت مقدار التردد القسري وحساب قيمة الانحراف الناتج عن الاهتزاز على طول الأنبوب لمدى

من الفيض الحراري الذي تمت دراسته في هذا البحث .

ولغرض الإيضاح تركزت المناقشة على حالة الأنبوب ذي النهايات المسند إسناداً بسيطاً. نلاحظ من الشكل (4-a) عندما يكون التردد (94.24 rad/s) وهو أقل من التردد الطبيعي الأول المحسوب في حالة عدم وجود فيض حراري ($q = 0\ kW/m^2$) أن زيادة الفيض الحراري يؤدي إلى زيادة قيم الانحراف على طول الأنبوب. وعند أخذ تردد اكبر من التردد الأول وليكن (120 rad/s) الشكل (4-b) هو اقل من التردد الطبيعي للمنظومة في حالة ($q = 0\ kW/m^2$) نلاحظ ان قيم الانحراف على طول الأنبوب تزداد بصورة كبيرة مع زيادة الفيض الحراري مقارنة بـالتردد الأول (94.24rad/s) شكل(4-a).

وعند اعتماد التردد الطبيعي الأول للمنظومة في حالة عدم وجود فيض حراري (126.9 rad/s) شكل (4-c) نلاحظ أن مقدار السعة الاهتزازية لا يعتمد على مقدار الفيض الحراري وانما يعتمد على مدى اقتراب التردد المسلط من التردد الطبيعي للمنظومة حيث كلما اقترب التردد المسلط من التردد الطبيعي زاد مقدار السعات الاهتزازيةوذلك لحدوث ظاهرة الرنين.

وعند اعتماد ترددات أعلى من التردد الطبيعي الأول للمنظومة بدون تأثير حراري وليكن التردد (130.4 rad/s) والتردد (157.07 rad/s) وملاحظة تأثير الفيض الحراري على نسق الاهتزاز سوف نجد أن زيادة الفيض الحراري يؤدي إلى تقليل قيم الانحراف على طول الأنبوب كما في الشكل (4-d) و (4-e) . ويستمر تأثير الفيض الحراري في تقليل قيم الانحراف على طول الأنبوب بعد التردد الطبيعي الأول إلى ان يبدأ نسق الاهتزاز بالتغير من نسق الاهتزاز الأول إلى نسق الاهتزاز الثاني.

اما تأثير الفيض الحراري على قيم الانحراف لترددات قبل وبعد التردد الطبيعي لأنبوب مسند إسناداً مرناً (Flexible-Support) وهو مشابه تماما في التصرف والسلوك للتأثير الذي يخص الترددات في حالة الأنبوب المسند إسناد بسيطاً (Simply-Support).

المقارنة مع برنامج الـ (ANSYS 9)

اجريت هذه الدراسة لغرض التأكد من عمل برنامج الفورتران المعد لتحليل الاهتزازت المحتثة .وبما ان برنامج الـ (Ansys . 9) لاياخذ بنظر الاعتبار تاثير سرعة جريان المائع في تحليل الاهتزازات لهذا تم الغاء هذا التأثير من برنامج الفورتران المعد وتم أعتماد تاثيرالسرعة في درجة حرارة الانبوب فقط وادرجت النتائج في الجداول (3) و(4).

حيث يظهر ان اغلب قيم الترددات الطبيعية المستحصلة باتباع برنامج الفورتران تتطابق مع قيم الترددات الطبيعية المستحصلة باتباع برنامج الـ (Ansys. 9) . أما بالنسبة لقيم الانحراف فنجد أن هناك نسب خطأ والسبب بذلك يعزى إلى أن الطريقة المتبعة في معاملة الأنبوب في برنامج الـ (Ansys 9) هي طريقة العناصر المحددة (F.E.M) حيث أن برنامج الـ (Ansys 9) يتعامل مع الأنبوب على انه يتكون من مقاطع ذات وزن تختلف عن طريقة انتقال المصفوفة (T.M.M)التي تم تطبيقها في برنامج الفورتران المعد والتي تتعامل مع الأنبوب على انه يتكون من كتل مجمعة ومقاطع مهملة الوزن .

يبين الشكلين (5) و (6) نسق الاهتزاز الأول والثالث لاهتزاز الأنبوب مسند اسناداً بسيطاً لثلاث قيم من الفيض الحراري ولترددات مختلفة باتباع البرنامج

الاستنتاجات

بعد مناقشة النتائج تم التوصل الى ما يأتي:

1-الفيض الحراري يؤثر في التردد الطبيعي للأنبوب أذ أن زيادته تؤدي الى تقليل قيم الترددات الطبيعية لجميع الشروط الحدية كما أن مقدار النقصان في مقدار التردد الطبيعي يعتمد على نوع الشرط الحدي المطبق ودرجة طور النسق (أول , ثاني , ثالث ,... الخ).

2-يؤثر الفيض الحراري في السعات الاهتزازية وأطوار النسق (Mode Shape) اذ أن زيادته تؤدي إلى زيادة مقدار السعات الاهتزازية على طول الانبوب الا انه في حالة مساواات او اقتراب الترددات الاهتزازية من الترددات الطبيعية فيكون تأثير هذا الاقتراب هو الفعال في زيادة مقدار السعات

المذكورة اكثر من تـأثير الفـيض الحـراري المساط.

3-سرعة جريان المائع لها تـأثير فـي قـيم الترددات الطبيعية اذ ان زيادتها تـؤدي إلـى زيادة مقدار الترددات الطبيعية ومعـدل تلـك الزيادة يعتمد على نوع الشرط الحدي المطبـق ودرجة طور النسـق اما في حالة عدم وجـود فيض حراري مسلط فأن سرعة جريان المـائع لا يوجد لها تأثير في قيم الترددات الطبيعية في حالة الجريان الطباقي وإنما يكون تأثيرها فقـط في السعات الاهتزازية أذ أن زيـادة السـرعة تؤدي إلى زيادة مقدار تلك السعات.

المصـادر

[1] هولـمن , جـي – بـي , " **انتقـال الحرارة** ", ترجمـة الدكتـور ريـاض عبـد المنعم الهـايس وبدري الجلبي , وزارة التعليم العالي والبحـث العلمي , جامعـــة بغـداد , الطبعـــــــة الخامســــــة , 1985.

[2] Little J.F. and Weaver D.s.," **The effect of damping on the stability of heat exchanger tube"**,Island fluids Mechanics metting ,2002.

[3]Roberrt Lemlich and Chung Kong , **"The effect of acoustic vibration on forced convective heattransfer"**,A.I.Ch.E.J.March 1961.

[4]Shigeo Yamashita ," Kazuto seto ''and Fumio HARA **, "Vibration control in piping system by dual dynamic absorber" ,** JSME , international Journal Series 3,Vol.32 ,1989.

[5]Alaa.A.M.H, **"the effect of induced vibration on a pipe with a restriction conveying fluid",** Ph.D. thesis ,University of technology , 2001.

[6]Yang HoLee and soon Heung Chang , **"The effect of vibration on critical heat flux in a vertical round tubes "** , J. Nuclear Science and Technology . October 2003.

[7]Zena Khalefa , **"The effect of induced vibration and heat transfer on a annulus pipe conveying fluid ",** Ph.D. thesis , University of technology , 2005.

[8]ANSAM .A.M**, "the effect of induced vibration on the flow properties in a pipe fitted with an orifice",** Ph.D. thesis University of Nahrain , 2006.

[9]Belevins D.R., **"Flow Induced Vibration",** Van Nostrand Reinhold , New York, 1977.

[10] محمد عبد الكاظم **, "دراسة تاثير درجة الحرارة على الاسـتجابة الديناميـة لمحـور باستخدام طريقة المصـفوفات الانتقاليـة"** , رسالةلماجســتير , قســم هندســة المكــائن والمعدات,الجامعة الجامعة التكنلوجية, 2000

[11]Massey B.S., **"Mechanics of fluid",** 5^{th} edition , Van Nostrand Reinhold(UK) Co.Ltd , 1983.

[12] land J.W and Orcutt F.K, **"calculations and Experiment on the unbalance response of a flexible rotor",** Journal of engineering for industry , vo.1.1989, No.4, page (785-7969),quoted by Mohammed A.K.

[13]Singresu S. Rao **," Mechanical vibration ",** Addison – Wesley publishing company , 1986.

q (kW/m^2)	V_f = 0.0306 (m/s)					
	Simply Support (rad/s)			Flexible Support (rad/s)		
	ω_1	ω_2	ω_3	ω_1	ω_2	ω_3
0	126.9	508.9	1137.26	125.66	485.06	1020.38
10	125.66	503.9	1128.46	118.12	459.93	980.18
20	124.4	500.14	1118.41	111.84	441.08	950

جدول (1) أول ثلاث ترددات طبيعية لأنبوب مسند أسناداً بسيطاً ومرناً لقيم مختلفة من الفيض الحراري عند سرعة جريان المائع ((V_f = 0.0306 (m/s)).

q (kW/m^2)	V_f = 0.122 (m/s)					
	Simply Support (rad/s)			Flexible Support (rad/s)		
	ω_1	ω_2	ω_3	ω_1	ω_2	ω_3
0	126.9	508.9	1137.26	125.66	485.06	1020.38
10	125.66	505.17	1129.71	118.12	461.19	982.69
20	124.4	501.39	1120.92	113.09	443.59	955.04

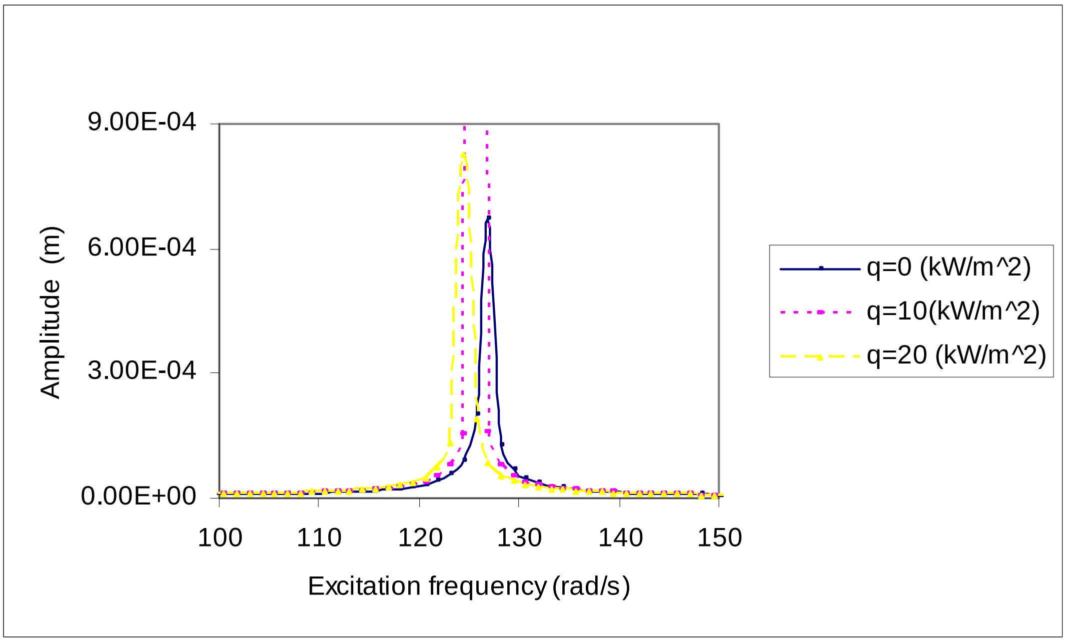
جدول (2) أول ثلاث ترددات طبيعية لأنبوب مسند أسناداً بسيطاً ومرناً لقيم مختلفة من الفيض الحراري عند سرعة جريان المائع ((V_f = 0. 122 (m/s)).

q(kW/m^2)		0	10	20
First Mode ω_1(rad/s)	**T.M.M**	126.9	125.6	124.4
	Ansys(FEM)	126.9	125.6	124.4
	Error	0	0	0
Second Mode ω_2(rad/s)	**T.M.M**	508.9	503.9	500.14
	Ansys(FEM)	-----	-----	-----
	Error	-----	-----	-----
Third Mode ω_3(rad/s)	**T.M.M**	1137.26	1128.46	1118.41
	Ansys(FEM)	1137.26	1129.7	1119.66
	Error	0	0.1	0.1

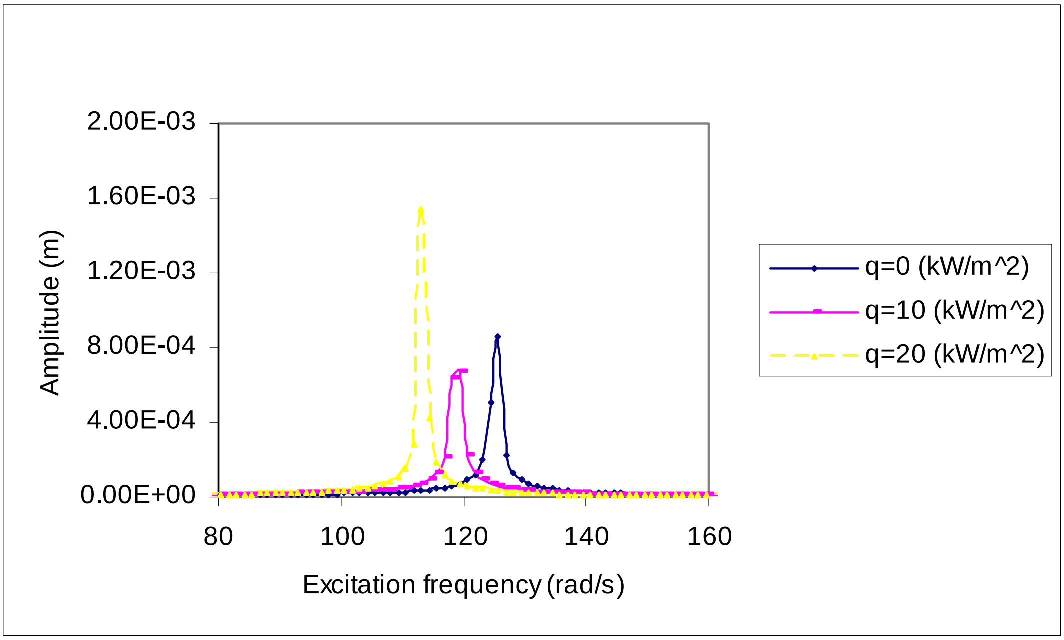
جدول (3) نسب الخطأ بين نتائج البرنامـج المعد بلغة الفورتران وبرنامج (Ansys 9) لأول ثلاث ترددات طبيعية لأنبوب مسند اسناد بسيطاً بوجود التأثير الحراري.

q (kW/m²)	First Mode Deflection (m)		Third Mode Deflection (m)	
	T.M.M	**Ansys**(FEM)	**T.M.M**	**Ansys**(FEM)
0	$-6.53*10^{-4}$	$-5.63*10^{-3}$	$-6.07*10^{-5}$	$-3.47*10^{-5}$
10	$1.05*10^{-2}$	$-5.79*10^{-4}$	$-1.7*10^{-4}$	$4.1*10^{-5}$
20	$8*10^{-4}$	$-3.79*10^{-4}$	$3.18*10^{-5}$	$1.58*10^{-4}$

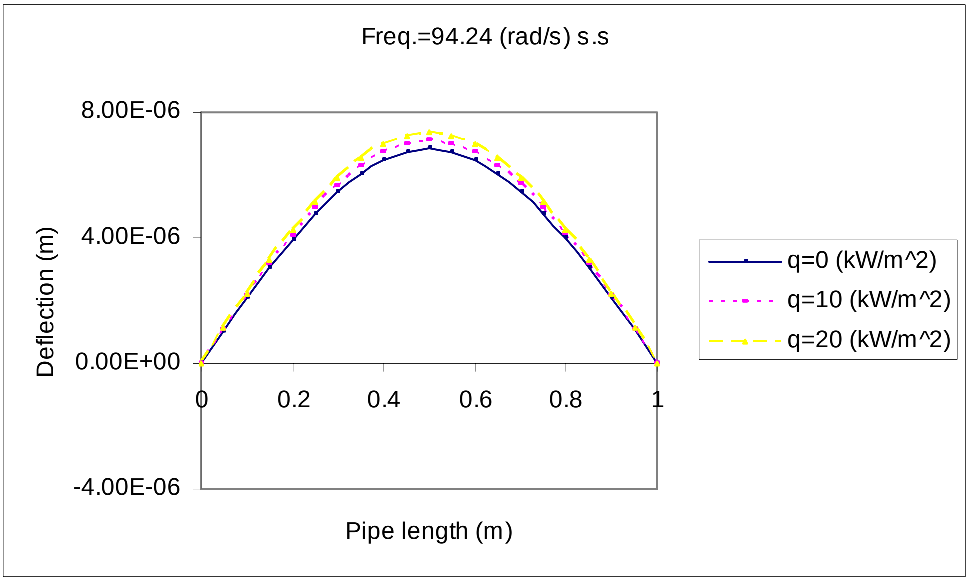
جدول (4) المقارنة بين نتائج البرنامج المعد بلغة الفورتران وبرنامج (Ansys 9) لمقدار الانحراف في منتصف أنبوب مسند اسناد بسيطاً بوجود التأثير الحراري.



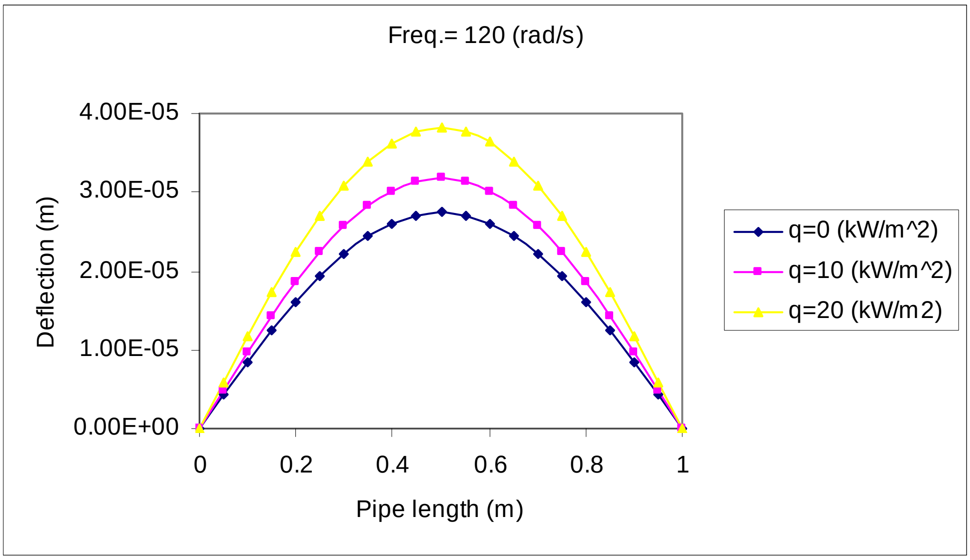
شكل (2) السعة الاهتزازية لانبوب ذي نهايات مسندة أسناداً بسيطا وبسرعة جريان (V_f =0.0306 m/s).



شكل (3) السعة الاهتزازية لانبوب ذي نهايات مسندة أسناداً مرناً
وبسرعة جريان (V_f =0.0306 m/s).

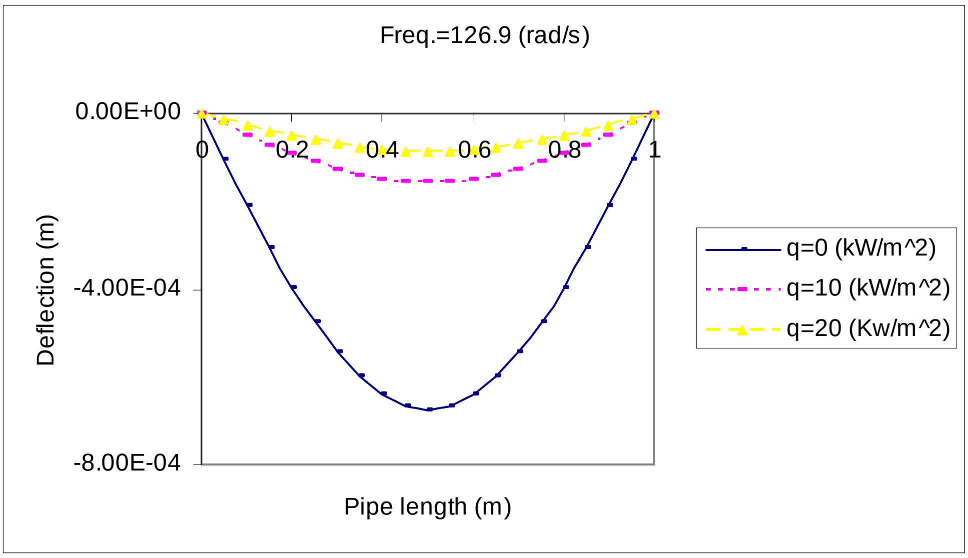


(a)

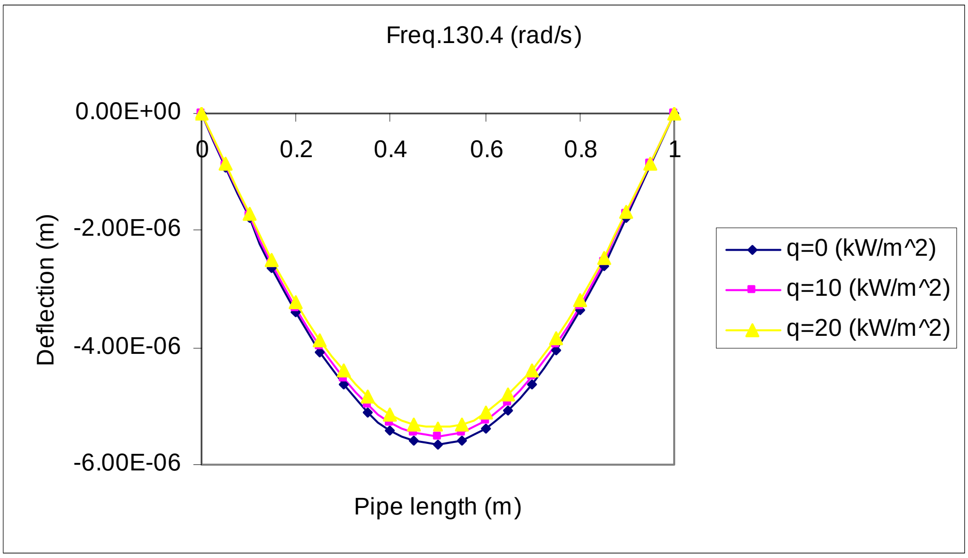


(b)

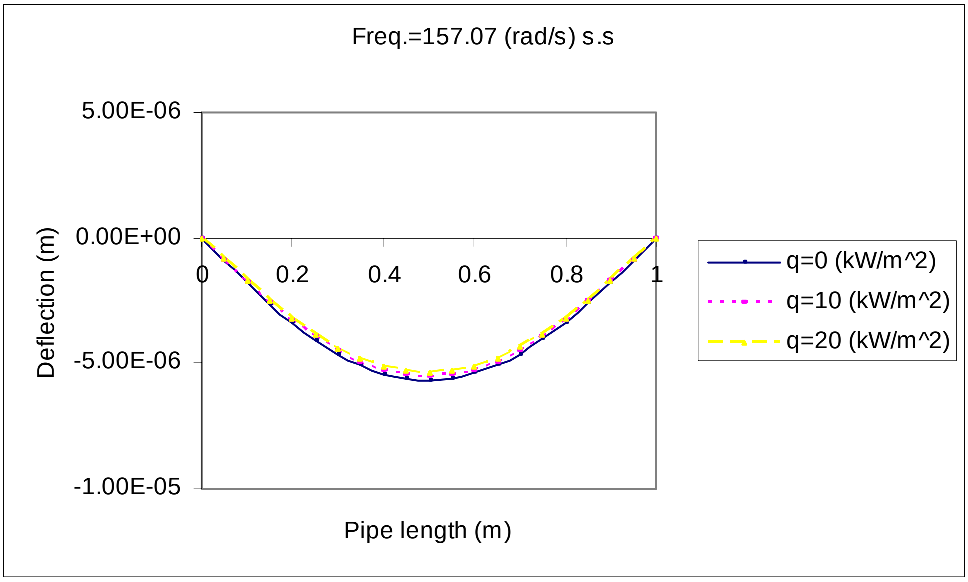
شكل(4) توزيع الانحراف على طول الانبوب (mode shape) لثلاث قيم من الفيض الحراري لانـبـوب مـسـند اسـادا بسـيطـا (Simply-Support) عـنـد سرعـه جريـان (V_f =0.0306 m/s) ولترددات مختلفه لنسق الاهتزاز الاول.



(c)

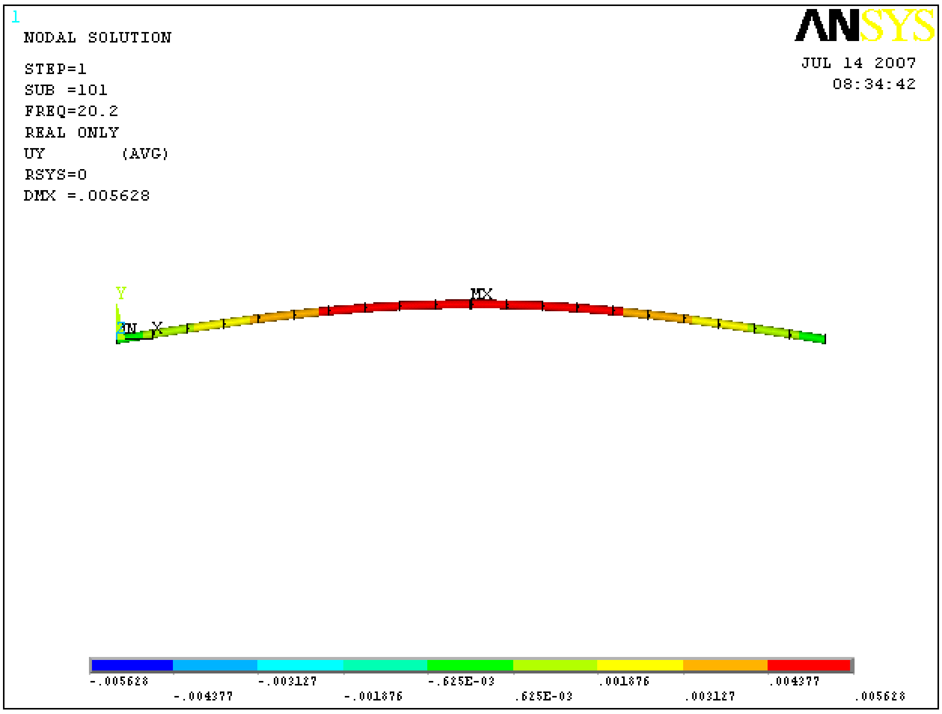

Freq.130.4 (rad/s)
0.00E+00
-2.00E-06
-4.00E-06
-6.00E-06
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
Deflection (m)
Pipe length (m)
q=0 (kW/m^2)
q=10 (kW/m^2)
q=20 (kW/m^2)

(d)

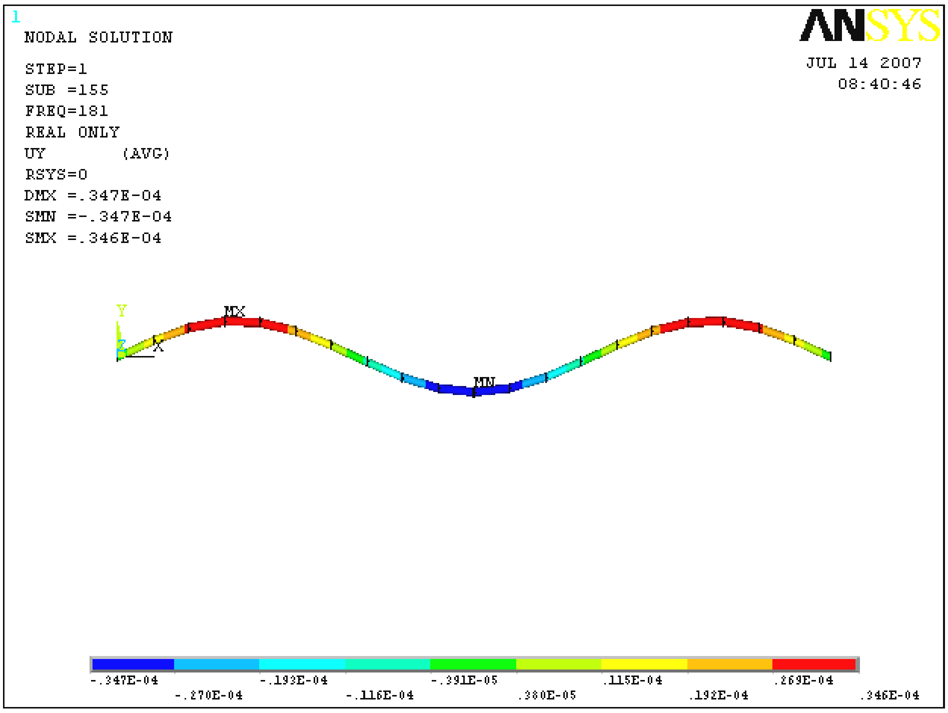

Freq.=157.07 (rad/s) s.s
5.00E-06
0.00E+00
-5.00E-06
-1.00E-05
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
Deflection (m)
Pipe length (m)
q=0 (kW/m^2)
q=10 (kW/m^2)
q=20 (kW/m^2)

(e)

يتبع شكل (4)

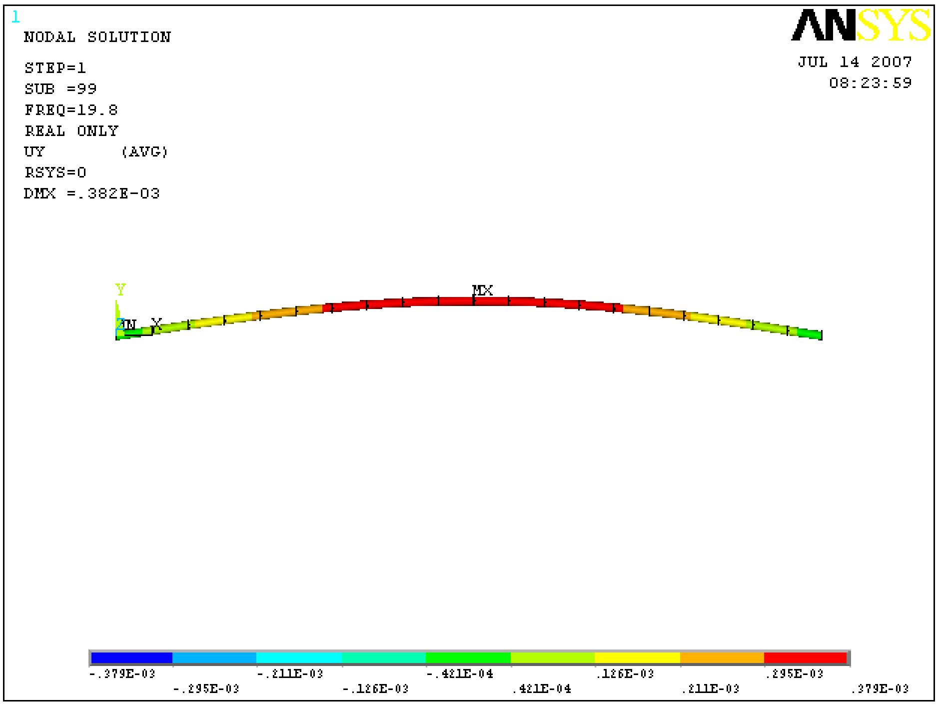


(a)

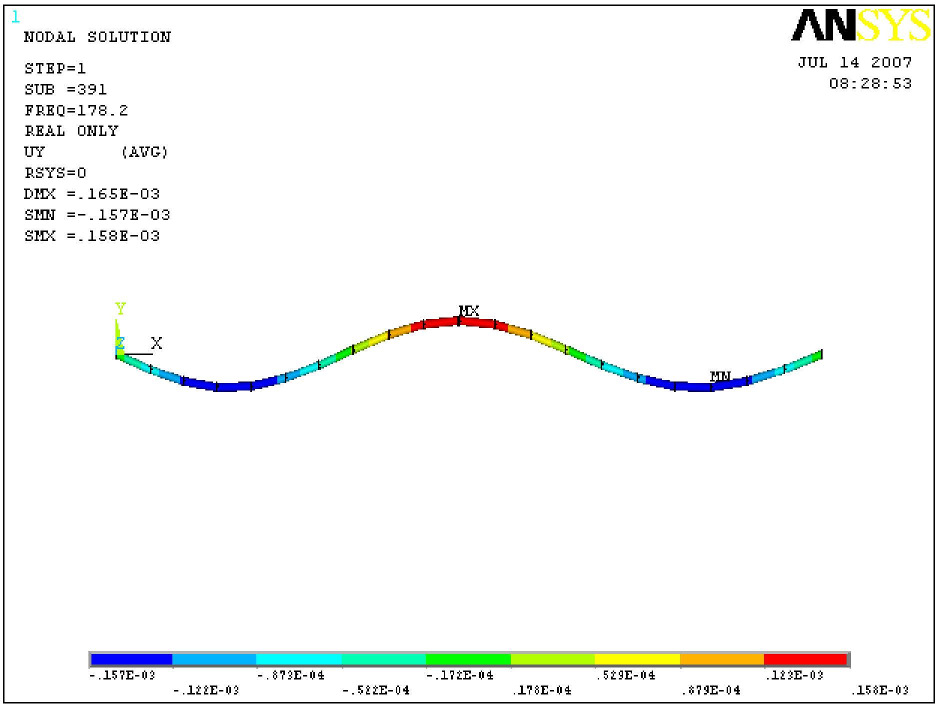


(b)

شكل (5) نسق الأهتزاز الأول والثالث لأنبوب مسند اسنادا بسيطا ولترددات مختلفة بدون وجود تأثير حراري



(a)



(b)

شكل (6) نسـق الأهتزاز الأول والثالث لأنبوب مسند اسنادا بسيطا ولترددات مختلفة عند q=20 (kW/m^2)