مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (1) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (1) 2017

الحساب النظري للشحنات الكهربائية المستقرة على جدران أنابيب شبكات نقل الغاز وتأثيرها على صلاحيتها العملية

عزيز الحزوري*

(تاريخ الإيداع 1 / 8 / 2016. قُبِل للنشر في 14/ 2 / 2017)

□ ملخّص □

يقدم البحث نموذج رياضي افتراضي لحساب قوى الاحتكاك السلبية في أنابيب نقل الغازات أو السوائل المختلفة.هذا الاحتكاك بين السائل وجدران الأنبوب يولد شحنات كهربائية تستقر على جدران الانابيب تتحكم بالعمر الزمني لشبكات الأنابيب. لهذا الغرض تم إعداد برنامج حاسوبي خاص لإيجاد حلول معادلات النموذج الرياضي الافتراضي من خلال برنامج بلغةMATLAB، كما ويحدد كل من مقدار الطاقة المتولدة عن جريان الغاز ويحديد عدد الالكترونات المنبعثة من جد ران الانابيب نتيجة للاحتكاك، ومن ثم يقوم برنامج أخر بتحديد العمر الزمني للأنابيب. تمت هذه الدراسة كمثال على نوع من أنابيب الحديد ذو طاقة شد سطحي مساويةγ=2.2 J/m²وطاقة انبعاث الكترونية تقع في حدود Φ=3.91−4.77 eV ولأقطار مختلفة من الأنابيب وذلك لنظامي الجريان،الصفائحي و المضطرب ($Re=0-10^5$). لقد أعطى البرنامج نتائج ايجابية مشجعة أثبتت صحة الافتراض النظري بالمقارنة مع بعض النتائج العملية المتوفرة، وقد تم تمثيل هذه النتائج بمنحنيات واضحة القيمة تبين العلاقات بين قطر الأنبوب ومعدل الجريان وعدد رينولدز، بالإضافة إلى عدد الالكترونات المحررة وعمر وسماكة الطبقة المتآكلة، وكذلك العلاقة بين سرعة جريان الغاز وعمر الأنبوب، هذه النتائج تم الحصول عليها عند أقطار أنابيب d=0.01 – 2m، بسماكة 0.01m.

الكلمات المفتاحية: الغاز الطبيعي، انابيب حديدية، الانبعاث السلبي، الشد السطحي، برنامج MATLAB

* مشرف على الأعمال – قسم هندسة المعدات والآليات – كلية الهندسة التقنية –جامعة طرطوس– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (1) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (1) 2017

Theoretical Estimation To The accumulated Static Chrage On The Gas Net Pipes And Their Practical Life

Aziz Reazek AL-hazoury*

(Received 1 / 8 / 2016. Accepted 14 / 2 / 2017)

□ ABSTRACT □

This paper introduces a mathematical model concerned the estimation of the friction forces on the walls of the gas net pipes, which causesaccumulation of the static electric charge on the pipes wall. The solutionenable to control the life time of the pipes for any gas or fluid nets. Such pipes were assumed to be made of material of well known surface tension γ=2.2 J/m², and of work function within the range Φ=3.91- 4.77 eV. Then a computer program was constructed for the present hypothetic model within the MATLAB ones, to calculate the energy losses due to the friction between the gas or liquid and the pipe wall, then to calculate the rate of emittingelectrons from the that wall, further to estimate the pipe working hours and its validity for implementation. The program gave faster and more accurate results, and more that the present solution shows positive results to proof the present phenomena in comparison with a number of practical data. Those valuable results obtained for various flow Reynolds's numbers 'Re=0 – $10^{\wedge 5}$, and for pipe sizes d=0.01 to 2 m of thickness 0.01 m.

Key Wards: Natural Gas, Iron Pipes, Negative-Emission, Surface Tension, MATLB Program**.**

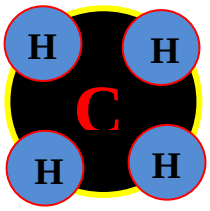
***Work Supervisor, Dept. OfMachines And Equipments, Technical Faculty, Tartous University, Tartous Syria**

مقدمة

تعتبر السوائل والغازات بصورة عامة من المواد الحيوية والضرورية لجميع المجتمعات لما لها من أهمية كبرى في مختلف الاستخدامات، ومع تطور الزمن اهتم الباحثون في عملية نقل الغاز من مصدره إلى أماكن استخدامه، وقد توصلوا إلى أن أفضل الطرق لنقلها هي عبر شبكة الأنابيب التي تعتبر أكثر اقتصادية وأمانا، لكن هذه الطريقة لا تخلو من بعض السلبيات.إن نقل الغاز الطبيعي يملك أهمية إستراتيجية في توليد الطاقة والاستخدامات المنزلية [1].و يعتبر من الغازات المهمة جدا ويتصف بأنه عديم اللون والشكل عندما يكون نقيا ،وسريع الاحتراق ويملك طاقة عالية، كما أن مخلفاته قليلة بالمقارنة مع أنواع الوقود الاخرى. إن الغاز الطبيعي هو مزيج من مجموعة من الغازات قبل التنقية كما هو مبين في الجدول (1)، كما انه يولد طبيعيا من غاز الميثان [2 & 1]CH4،بعد التنقية يتم توصيله إلى البيوت بشكل جزيء أحادي تركيبته الذرية مكونة من أربعة جزيئات هيدروجين حول جزيئه كربون كما مبينه في الشكل (1).

الجدول (1). الغازات المكونة للغاز الطبيعي.

اسم الغاز	رمز الغاز	النسبة%
ميتان	CH_4	70–90
ايتان	C_2H_6	0–20
بروبان	C_3H_8	
بيوتان	C_4H_{10}	
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	0–8
أوكسجين	O_2	0–0.2
كبريت الهيدروجين	H_2S	0–5
الغازات النادرة	A, He, Ne, Xe	trace



الشكل (1)التركيبة الذرية لغاز الميتان.

إن تحويل هذا الغاز إلى سائل يتطلب تبريده إلى درجة حرارة منخفضة مساوية إلى K°110.9277 وذلك عند الضغط الجوي وأكثر برودة عند الضغوط العالية، وينتج عن ذلك غاز مكثف إلى درجة السيولة يسمى الغاز الطبيعي المسال (LNG).إن عملية إسالة الغاز تسهل مهمة نقله إلى البيوت السكنيـــة أو المصانع، ولتحقيق ذلك يتطلب شبكة من الأنابيب المـــدروسة والمحسوبة بدقة علمية فائقة المهارة كما هو مبين في الشكل (2).

الشكل (2)شبكة أنابيب نقل الغاز المسال.

ويمكن إحراقه إذا ما خلط بنسبة 5إلى15%مـــع الهواء وهو لايحترق انفجاريا وبذلك يتصف بالأمانة [3].وطبقا للمعايير الدولية وقسم النقل الأمريكي (DOT) فان النقـلب الأنابيب هو الطريقة الأكثر أمانا. ومن المعلوم أن المصدر الخطر الأول يأتي من وجود الأسلاك الكهربائية بجوار شبكة لأنابيب والتي تسبب الشرارة الكهربائية وقد تم تجاوزها، كما أن الشحنات الكهربائية المستقرة على جدران الأنابيب تمثل المصدر الثاني على المدى البعيد [3]،خاصة عندما تصل طاقة الشحنات المتراكمة على جدران الأنابيب إلى مستوى أعلى من طاقة الشد السطحي لمعدن الأنبوب، مما

يؤدي إلى انفجار أو ثقب في المنطقة الأضعف من جدار الأنبوب تسرب الغاز مما يقود إلى كارثة بيئية وبشرية إذا ما أهمل، وهو موضوع بحثنا الحالي.

أهمية البحث وأهدافه

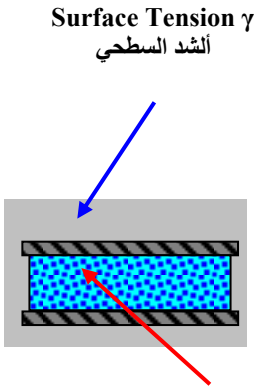
تكمن أهمية البحث في دراسة تراكم الشحنات الكهربائية التي تستقر على جدران أنابيب نقل الغاز نتيجة لجريان الغازات فيها والتي تؤدي إلى تآكل واهتراء جدران الأنابيب ثم التسرب أو الانفجار. كما أن لهذا البحث أهمية خاصة في المؤسسات التي تتعامل مع تنقية أو نقل السوائل والغازات.

يهدف البحث إلى إعداد نموذج رياضي لحساب قوى الاحتكاك السلبية في أنابيب شبكات نقل الغاز أو السوائل المختلفة، ومن ثم حل معادلات النموذج من خلال إعداد برنامج حاسوب يقوم بحساب كل من هذه القوى، والطاقة المتولدة منها، وعدد الالكترونات المنبعثة نتيجة احتكاك الغازات مع جدران الأنابيب، ويقدر العمر الزمني للأنابيب، الأمر الذي يعطي الإشارة إلى إيقاف النقل عبرها وتفريغ الشحنات الكهربائية منها ثم استبدالها استباقا لحدوث التآكل أو التسرب المحتمل وتوابعه الكارثة مما يوفر السلامة الكاملة في الأرواح والمنشآت.

طرائق البحث ومواده

تتضمن طريقة البحث إعداد نموذج رياضي على نوع من أنابيب الحديد ذات طاقة شد سطحي $\gamma = 2.2 J/m^2$ ، وطاقة الكترونية تقدر ب $\Phi = 3{,}91 - 4.77 .... eV$ ، أقطار الأنابيب من $d = (0.1 - 2) m$ ، سماكة كل أنبوب لاتتجاوز $0.01 m$ ، نظامي الجريان في الأنابيب صفائحي ومضطرب $(\mathrm{Re} = 0 - 10^5)$.

معتبرين أن الغاز الطبيعي المسال يحتك مع جدار الأنبوب كما هو مبين على الشكل (3)،وان الاحتكاك يولد طاقة حرارية مع الزمن [3,4 & 5]، ويسبب انبعاثات الكترونية من جدران الأنابيب وهذه الانبعاثات تولد شحنات كهربائية موجبة تتراكم مستقرة على جدار الأنبوب، والتي تقودنا مع الزمن إلى كوارث بشرية ومادية عندما تصبح أكبر من طاقة الشد السطحي لجدار الأنابيب، لذلك يتطلب الأمر تفريغ هذه الشحنات بصورة مستمرة.



الشكل (3)احتكاك الغاز المسال مع جدار الأنبوب

تشكيل النموذج الرياضي

لحساب الطاقة المتولدة من جريان الغاز نتيجة للاحتكاك بينه وبين جدار الأنبوب سوف نستخدم علاقة Darcy–Weisbach's[4, & 5].

$$(1)\ [m]\ h = f^* (l/d)^* (v^2/2g)$$

حيث: f – معامل الاحتكاك ، l – طول الأنبوب m ، d – القطر الداخلي لأنبوب الغاز m ، v – سرعة تدفق الغاز m/s ، g – ثابت التسارع الأرضي m/s^2 .

وتصبح الطاقة المتولدة هي:

$$(2)\ W\ \text{P= Q*g*h}$$

حيث : Q – معدل تدفق الغاز Kg/s .

أما الطاقة المتولدة على كل وحدة طول من الأنبوب هي:

$$(3)\ J/m\ \text{el= P*t}$$

حيث: t – الزمن اللازم لقطع وحدة طول الأنبوب s/m .

ويمكن تحويلها إلى عدد الكترونات منبعثة وذلك من العلاقة المشتقة التالية:

$$(4)\text{ne = el / (}\Phi\text{*1.602*10.^-16)}$$

حيث: ne – عدد الالكترونات المنبعثة نتيجة الاحتكاك لكل واحدة طول.

بينما طاقة الشد السطحي لجدار أنبوب الغاز هي:

$$\text{es= As * }\gamma\ J/m\ (5)$$

حيث As – مساحة المنطقة المعرضة للانفجار من الأنبوب m^2 .

من العلاقتين (2) و (5)يمكن حساب عمر صلاحية الأنبوب:

$$(6)\ year\ \text{tt= es/P}$$

وعمليا تم حساب معدل سماكة الطبقة المتآكلة من سطح الأنبوب إلى سماكة جدار الأنبوب الأصلي من النتائج المقاسة عمليا في مصفاة الزاوية في ليبيا:

$$(7)\text{Cr= C*t.^n}$$

حيث: c,n – الثوابت التجريبية للمعادلة ويمكن تحديدهم من العلاقات التالية المستندة على النتائج العملية المذكورة سابقا:

$$(8)\text{n=(logm(Cr}_2\text{)−logm(c}_{r1}\text{)).*(logm(t}_2\text{)−logm(t}_1\text{)).^−1}$$

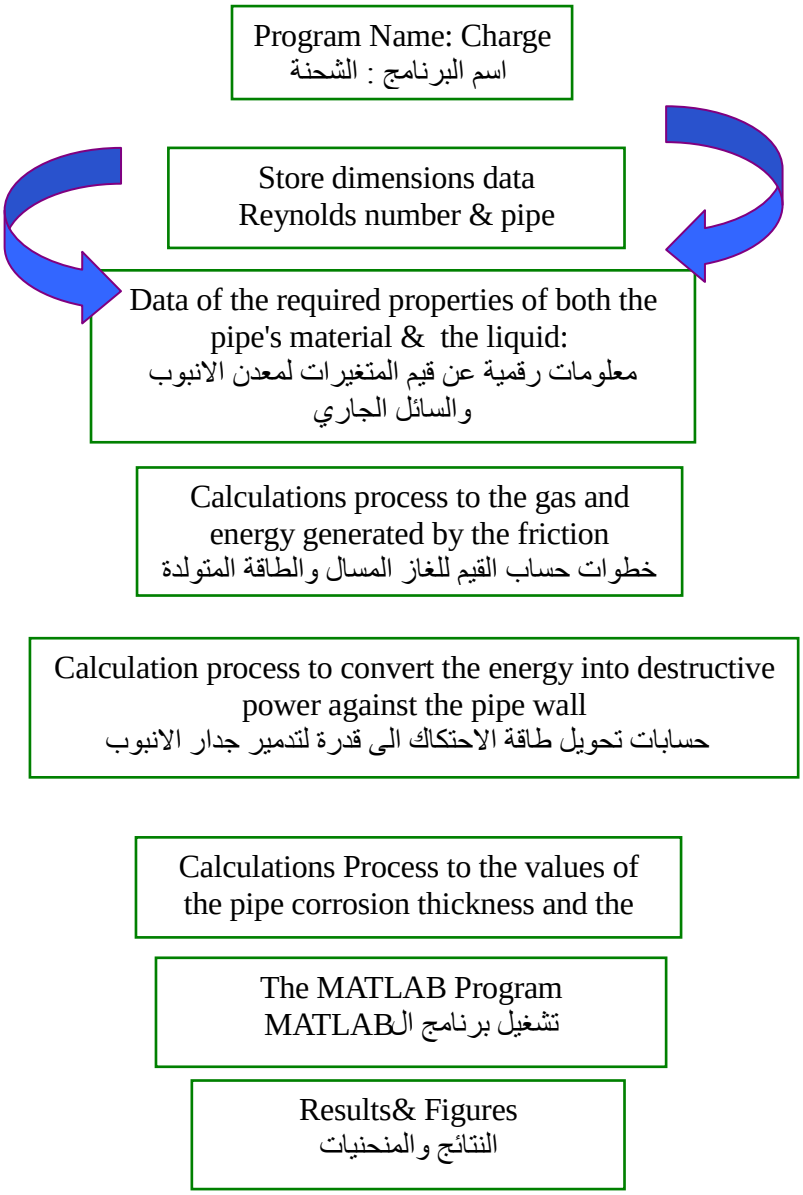
$$(9)\text{c=exp(logm(Cr}_2\text{.*10)−n.*logm(t}_2\text{))}$$

حيث: $t_1\ ,\ t_2$ – السنة الأولى والثانية.

$Cr_1\ ,\ Cr_2$ –سماكة تآكل السنتين الأولى والثانية مقدرة بالمتر.

لقد تم إعداد برنامج الحاسوب وفق المخطط المبين على الشكل (4)وذلك ضمن برنامجMATLAB، وتم تشغيله للمتغيرات العديدة التالية[3]:

ضغط الغاز $102.04atmos$، درجة الحرارة $110.92K$ ،طاقة الشد السطحي لأنبوب الغاز المصنع من الحديد $\gamma = 2.2J/m^2$ ؛ عدد رينولدز $\text{Re} = 0 - 10^7$ ؛ الأقطار الداخلية للأنابيب المستخدمة $(0.1...0.5..\&1)m$ ،سماكة جدار الأنابيب $10mm$ ؛ الطاقة اللازمة لانبعاث إلكترون الحديد $\Phi = (3.91 - 4.77)eV$ ؛ وحدة طول الأنبوب $1m$ ؛ لزوجة غاز الميتان $\mu_{CH4} = 0.000184\,Kg/ms$.



الشكل (4) خطوات تسلسل برنامج الحاسوب.

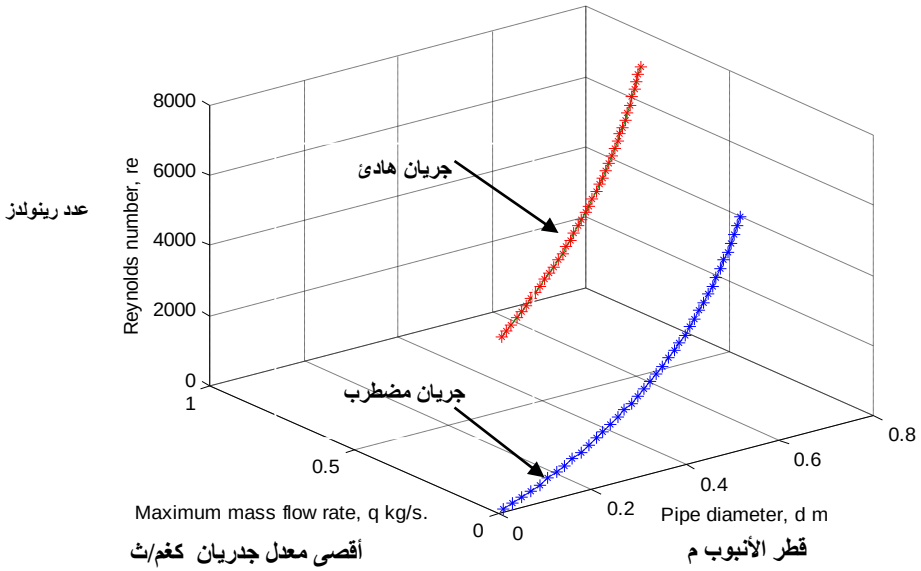
مناقشة النتائج:

النتائج التي تم الحصول عليها من تشغيل برنامج الحاسوب المصمم المحتوى ضمن برنامج MATLABمبينه في الأشكال(10-5). وقد تم تشغيل البرنامج للظروفالواردة أدناه والتي تشمل:

1 - جريان هادئ أو صفائحي

re =100 to 4000 d =0.01 to 0.8 m Th=0.001m

2 - جريان مضطرب



re =5000 to 7000 d =0.01 to 0.8 mTh=0.002 m

الشكل(5)العلاقة بين قطر الأنبوب ومعدل جريان الغاز وعدد رينولدز.

يبين الشكل (5) العلاقة بين معدل جريان الغاز المسال وقطر الأنبوب وعدد رينولدز لكلا نظامي الجريان. وواضح من الشكل أن سرعة الجريان في أنبوب ذو قطر معين لها تأثير كبير في تحديد قيمة عدد رينولدز الذي منه يمكن أن نحدد نوعية الجريان، ومن الطبيعي أن الجريان الهادئ الصفائحي هو الأفضل، ولكن الكمية المنقولة هي التي تحدد قطر الأنبوب المطلوب للحصول على اقل احتكاك ممكن وبالتالي تقليل الشحنات الكهربية التراكمية على جداره و التي تطيل من عمر الأنبوب كمثال على ذلك:

في الجريان الصفائحي:

لقطر: d= 0.1918 m يكون: q=0.0277 Kg/s ;re=1000.

بينما في الجريان المضطرب: q=0.1514 Kg/s ; re=5461.5.

في الجريان الصفائحي:

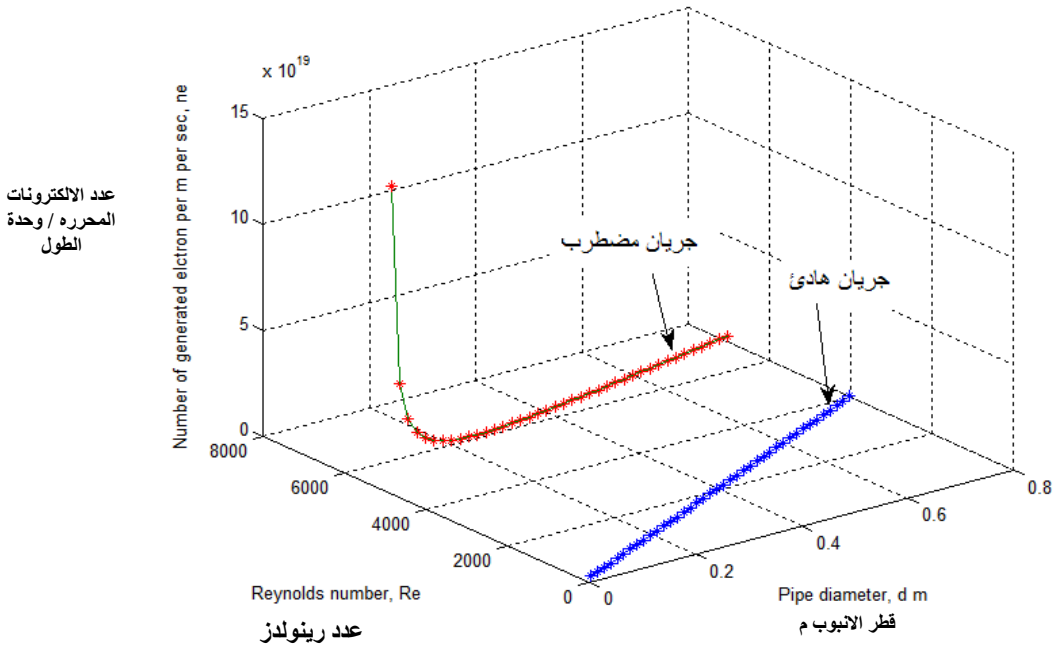
ولقطر d= 0.7978 m يكون : q=0.4612 Kg/s ; re=4000.

بينما في الجريان المضطرب q=0.807 Kg/s ; re=6999.9.

أما الشكل(6) فيبين العلاقة بين هذه المتغيرات وكمية الالكترونات المحررة من جدار الأنبوب نتيجة للاحتكاك الحاصل بين جريان الغاز وجدار الأنبوب، ومن هنا يتضح أنه يجب تجنب الانبعاث الالكتروني في الجريان السريع (المضطرب) ضمن الأنابيب ذات الأقطار الصغيرة .ولنفس ظروف الجريان أعلاه فان عدد الالكترونات المحررة لجريان صفائحي ومضطرب على التوالي هي:

لقطر: d= 0.1918 m يكون : 89.0*10^17 el/m/sec & ne= 6.559*10^17

ولقطر: d=0.7978 m يكون : 35.1*10^17 el/m/sec & ne= 6.308*10^17

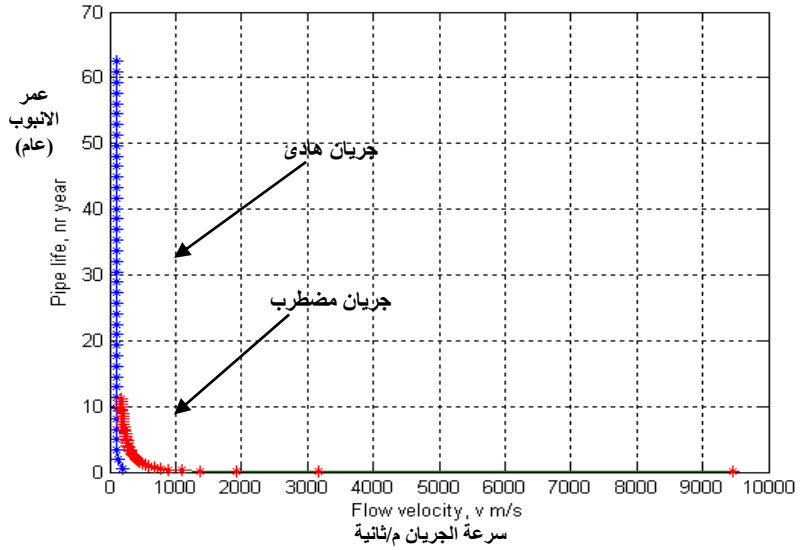


الشكل (6)العلاقة بين رقم رينولدز وقطر الأنبوب وعدد الالكترونات المحررة.

بينما الشكل(7) يوضح العلاقة بين سرعة الجريان وعمر الأنبوب، ومن هذا الشكل يمكن التنبؤ بعمر الأنبوب الزمني نتيجة لهذه الظاهرة وهي الانبعاث الالكتروني ثم التآكل كمثال لنفس الظروف السابقة أعلاه لجريان صفائحي ومضطرب على التوالي هي:

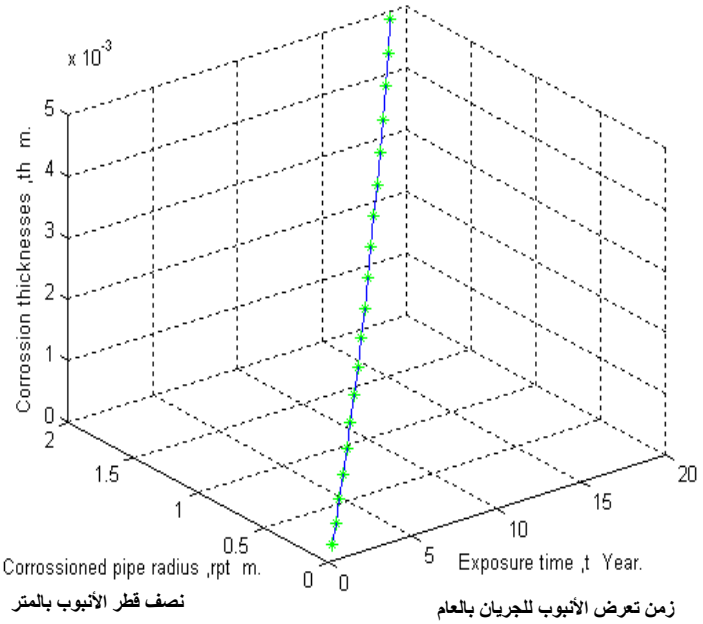
لقطر: d= 0.1918 m يكون : 1.069 year & nr= 14.5012

لقطر: d= 0.7979 m يكون : 11.2171 year & nr= 62.477



الشكل (7) العلاقة بين سرعة جريان الغاز وعمر الأنبوب.

وأخيرا الشكل(8) يقدم النتائج التي تم الحصول عليها عمليا من احد أنابيب مصافي النفط في مدينة الزاوية ليبيا وهي تأكد نظريتنا في عملية التبعثر الالكتروني في جدار الأنبوب مع الزمن وهي موثقة في برنامج الحاسوب الثاني المرفق.



الشكل (8) العلاقة بين عمر الأنبوب ونصف قطره وسماكة الطبقة المتآكلة.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

1 -إن جريان الغاز المسال داخل شبكة الأنابيب يولد الكترونات تتبعث نتيجة احتكاك الغاز او السائل مع جداران ألأنابيب تاركا شحنات متراكمة موجبة على أسطحها.

2 -لكل سرعة جريان ورقم رينولدز قطر معين مثالي للأنابيب يقلل من الانبعاث الالكتروني.

3 -التأكد من عمر الأنبوب من خلال نتائج الشكل (8)واستبداله قبل أن تتراكم الشحنات عليه وخاصة على المناطق الضعيفة من الجدار.

-التوصيات:

1 توصي بتفريغها الشحنات المتراكمة على أسطح الانابيب بشكل مستمر بتأريضها بشكل جيد.

2 توصي بالاختيار المناسب لأقطار الانابيب بما يتوافق مع رقم رينولدز وسرعة الجريان.

3 توصي باستبدال الانابيب بعد مدة زمنية يمكن تحديدها من خلال البرنامج الحاسوبي المنفذ.

المراجع العلمية:

[1]-Natural Gas.org (2004), Time;9:06 Date: Wednesday 28-7-2010.
http://en.wikipedia.org/wiki/Natural_gas
http://www.rice.edu/energy/research/LNG%20(GeoPol%20NG)/geopoliticsofLNG.htm
[2]-MICHAEL, G. DYER, '*Static Electric Discharge Hazard On Bulk Oil Tank Vessels'*.Time;9:06 Date:28-7-2010.
http://enautica.pt/publico/Professores/**...**/NT_I/Static_electric.pdf
[3]-GAS PropertiesTable; Time;9:06 Date: Wednesday 28-7-2010.
http://www.wikidoc.org/index.php/Methane_%28data_page%29#Structure_and_properties
[4]-STREETER V.L.&WYLIE E.B.;" *Fluid Mechanics*"; 6th ed McGraw-Hill KogakushaLtd.PP; 931 (1975). Time:12:36 PM Dtae:2-8-2010.
http://books.google.com/books?id=gdNv789Rv3IC&pg=PA306&lpg=PA306&dq=Fluid
[5]- JAMEL M.A.M." *The Relation between the material surface tension and its static charge.*"Iraqi –St. Org. For Engineering Industry,Vol.10,No1;PP 8-18(1985).
[6]- JAIN G.C.;"*Properties of the Electrical Engineering Materials"*, Harper & Row Publisher,P.61(1967).