



كوابح المطرقة المائية؛ الدراسات السابقة والتجارب العملية لإيجاد البدائل

م.م عبدالكريم منير عبدالرزاق
مدرس مساعد
جامعة بغداد-مدير مكتب رئيس الجامعة

د. باسم حسين خضير
مدرس
جامعة بغداد-كلية الهندسة/القسم المدني

الخلاصة:

البحث الحالي مجموعة تجارب لحالات متعددة لظاهرة المطرقة المائية التي تحدث في انابيب المياه التي تعمل بالضغط , مع دراسة مستفيضة في بحوث سابقة لخصائص ظاهرة المطرقة المائية وكوابحها المصنعة للتخلص من تأثيرها . استخدمت تركيبات انبوبية في التجارب هدفت الوصول الى تركيبية تحد من هذه الظاهرة وعملها كبدايل عن الكوابح (المصنعة في الخارج) والمستخدمه في التركيبات الصحية للمنازل في الوقت الذي يجهل فيه المستهلك العراقي أي معلومات عنها لكونها غير متداولة لاسباب عديدة منها انخفاض ضغوط المياه في الشبكات ولجوء المستهلك الى سحب المياه بالمضخات مباشرة من الشبكة. خلصت الدراسة الى جملة من الاستنتاجات والتوصيات من اهمها ان بعض التركيبات الانبوبية البسيطة التي يمكن ان يعملها المستهلك بيده كانت فعالة في كبح هذه الظاهرة او الحد منها كما ورد في الاشكال التوضيحية التي تضمنها البحث .

الكلمات الرئيسية: المطرقة المائية ، الضغوط ، خزان ماء ، كوابح ، منحنيات.

Water Hammer Arresters; Review Studies and Practical Experiments for Alternatives

Dr. Basim Hussein Khudair
Instructor (Lecturer)
Baghdad university-engineering college/civil
department
E-mail: basim22003@yahoo.com

bdulKarimMuneerAbdulRazzak
Assistance Lecture
Baghdad University /Director Of The University
President Office
E-mail: abd_almokhtar59@yahoo.com

ABSTRACT:

The current research deals with practical studies that explain to the Iraqi consumer multiple instances about the phenomenon of water hammer which occur in the water pipeline operating with pressure. It concern a practical study of the characteristics of this phenomenon and economically harmful to the consumer the same time. Multiple pipe fittings are used aimed to reduce this phenomenon and its work as alternatives to the manufactured arresters that used to avoid water hammer in the sanitary installations, while the consumer did not have any knowledge as to the non-traded for many reasons, including the water pressure decreases in the networks and the use of consumer pumps to draw water directly from the network. Study found a number of conclusions and recommendations of some of the most important pipe fittings have been effective in curbing this phenomenon, as reflected in the illustrations included in the search.

KEY WORDS: Water hammer, pressures, water tank, arresters, curves

المقدمة:

البحث، حيث يلاحظ فيه انه في اللحظة التي يغلق فيها الصمام تكون قيمة الزمن ($t=0$) والمائع قرب الصمام مضغوط ويقاد الى السكون

وجدار الانبوب شكل (2-a)، وحالما تضغط الطبقة الاولى تعاد العملية للطبقة اللاحقة، والمائع في منطقة المنبع من الصمام يستمر بالتحرك باتجاه المصب بسرعة لابعدية حتى تتضغط الطبقات المتعاقبة (Bergant and Tijsseling, 2001).

يتحرك الضغط العالي في الخزان على شكل موجة جالبا المائع للاستقرار كلما مر وضاعطا اياه وممددا للانبوب وعندما تصل الموجة نهاية منبع الانبوب يكون ($t=L/a$) بالثانية والمائع كله يكون تحت ضغط (h) والزخم كله يكون قد فقد والطاقة الحركية كلها

(Kinetic Energy) تكون قد تحولت الى طاقة مرنة (Elastic Energy)، وهنالك حالة عدم توازن في نهاية اعالي الخزان في لحظة وصول موجة الضغط كما ان ضغط الخزان لن يتغير وبعدها يبدا السائل بالجريان العكسي بادنا من نهاية المنبع وهذا الجريان يعيد الضغط الى الصمام الذي كان اعتياديا قبل الاغلاق وجدار الانبوب يعود لحالته والمائع بسرعة (v_0) في الاتجاه المعاكس وهذه العملية التحويلية ترحل الى الاسفل باتجاه الصمام بسرعة الصوت (a) في الانبوب (Chen, C., 1992)، وفي لحظة الفترة ($2L/a$) بالثانية تصل الموجة الى الصمام تعود الضغوط الى الحالة الاعتيادية على طول الانبوب وكذلك السرعة في كل مكان هي (v_0) في الاتجاه المعاكس وعندما يغلق الصمام لايتوفر مائع لابقاء الجريان عند الصمام وينشأ ضغط قليل قيمته ($-h$) لهذا يفقد المائع للاستراحة وترحل موجات الضغط الهابطة في المنبع بسرعة (a) وفي كل مكان تقود السائل الى الراحة مسببة تمدده بسبب الضغط الواطيء،

وإذا لم يكن الضغط الساكن في الانبوب لتحمل الضغط العمودي ($-h$) فوق ضغط البخار يتبخر السائل في جزء ويستمر بالحركة الى الخلف خلال فترة زمنية اطول، في نفس اللحظة تصل موجات الضغط السالب الى النهاية العليا للانبوب ($3L/a$) بالثانية بعد الاغلاق يكون الضغط مرتاح ولكن منجانس عند الضغط ($-h$) اقل من الاغلاق السابق، وهذا يخلق حالة عدم توازن عند الخزان ويسري المائع الى الانبوب مكتسبا سرعة (v_0) بالاتجاه ويعيد الانبوب والمائع الى الحالة الطبيعية كلما تتقدم الموجة باتجاه الصمام بسرعة (a)، وفي لحظة وصول هذه الموجة الى الصمام فان حالات شبيهة بالضبط في لحظة الاغلاق ($4L/a$) بالثانية بالبداية وهذه العملية تعاد كل ($4L/a$) بالثانية مع العلم ان ردة فعل الاحتكاك ومرونة المائع تهمل فيما بعد ومعادلات حسابها ستلي لاحقا (Bergant, and et., al., 2003).

معادلة الحركة (Equation of motion):

نلاحظ الشكل (3) الذي يوضح شريحة صغيرة من المائع في الانبوب (Free Body Diagram) لإيجاد المعادلات التفاضلية للجريان العابر (Transient Flow) وبموجب قانون نيوتن الثاني بالحركة حصلنا على المعادلة:

يجهل الكثير من المواطنين ظاهرة المطرقة المائية التي حيرت ولازالت تحير المهندسين في اكثر مشاريع الماء، وقد تعددت تعاريف المطرقة المائية في اكثر البحوث والكتب المنهجية بانها حدوث تغير فجائي أو أي سرعة جريان المائع في الأنبوب نتيجة لإغلاق صمام بصورة فجائية ولا يمكن إغفالها في بعض الحالات مطلقاً، ويمكن أن يكون من نتائجها اقتلاع الأنابيب أو الأقبنة من محامل تثبيتها أو حتى كسر الأنابيب، وتحدث هذه الظاهرة الهيدروليكية في كل الأنابيب وبكل مقاساتها وانواعها ولكنها تكون ظاهرة واضحة في الاقطار الكبيرة والضغوط العالية وكذلك في السرعات العالية. ولمرونة السائل وجدران الانابيب دورا هاما في هذه الظاهرة وإن تذبذبات الضغط الناشئة عن المطرقة المائية يمكن أن تولد ضغوطاً زائدة عظيمة تهدد متانة الأنابيب بخطر التمزق، كما أنها تولد ضغوطاً ناقصة يمكن أن تصل قيمتها المطلقة الأصغرية لقيمة ضغط التبخر المناسب لدرجة حرارة السائل مما يهدد بخطر نشوء ظاهرة التكيف وتولد فجوات متكيفة مملوءة ببخار الماء تقسم عمود السائل الى قسمين يتحركان باتجاهين متعاكسين وغالبا يتصادمان مع بعضهما البعض بفرق السرعة مما يؤدي لحدوث النخر التكيفي. لهذه الأسباب يتوجب إجراء دراسة شاملة للمطرقة المائية بالنسبة لكل منشأة هيدروليكية وإذا لم يكن بالإمكان تجنبها تصميمياً فيجب اعتماد إحدى وسائل الأمان ضد المطرقة المائية والشكل (1) يقرب فيه احد الباحثين الفكرة ويشبهها بالقطار المحمل بالبضائع (Mohamed S. G., and et.al., 2005).

هدف البحث (Research objective):

يهدف البحث الحالي الى تعريف المستهلك العراقي بالمطرقة المائية وكوابحها من خلال مراجعات البحوث السابقة مع تقديم حلول لتفادي حالات الاضرار التي تحدثها في التاسيسات الصحية المنزلية والاجهزة الملحقة بها، فضلا عن دراسات الكوابح التجارية التي تستخدم في التاسيسات لمنع حدوثها وكذلك القيام بدراسات عملية لإيجاد بدائل الكوابح لتفادي المطرقة المائية او تقليل صدمتها.

خصائص المطرقة المائية (Water hammer characteristics):

عندما يغلق الصمام بسرعة في انبوب معين يقل الجريان ويزيد الارتفاع من جهة الخزان المنبع (Upstream) ويسبب نبض من ضغط عالي ينتشر بالمنبع بشكل موجة بسرعة الصوت (a) وكما موضحة في الشكل (2)، وردة فعل هذه النبضة تقلل سرعة الجريان ومن جهة اخرى فان الصمام المصب (Downstream) يقل الضغط وتسري موجة من ضغط واطيء فيها بسرعة (a) ويقال السرعة. وإذا كان غلق الصمام بسرعة والضغط المستمر منخفض فيكون المنسوب كافي ان يشكل جيوب بخار عند منطقة المصب من الصمام وعندها سينهار التجويف في النهاية وسينتج ضغوط عالية في المصب، نلاحظ الشكل (2) الذي يوضح العملية في وجود خزان ماء وانبوب خارج منه والحالة مشابهة لما تم دراسته في هذا

ولحساب قيمة السرعة (α) فان الشكل (6) يفى بالغرض اذا كانت نوعية الانابيب المستخدمة نفس التي وردت في الشكل واذا كانت من غير نوعية نستخدم المعادلة (9):

$$\alpha = \frac{1440}{\sqrt{1+2.11 \times 10^3 \times \frac{d}{E_s}}} \quad (9)$$

اما الضغط الاعظم المطبق بواسطة المطرقة المائية فيعطى بالعلاقة التالية:

$$p = \frac{1000 \times \alpha v_0}{E} \quad (10)$$

حيث ان

- (α): سرعة موجة الضغط (م/ثا)،
- (d): القطر الداخلي للانبوب (مم)،
- (E): معامل المرونة لمادة الانبوب (كغم/م²)،
- (e): سمك الانبوب (مم)،
- (p): الضغط الاعظم (كغم/م²)،
- (v_0): سرعة الماء الراكد (م/ثا)،
- (g) التعجيل الارضي (م/ثا²).

نلاحظ الشكل (6) الذي يوضح منحنيات يمكن من خلالها الحصول على سرعة موجة الضغط وسرعة الماء وضغط الاهتزاز لنوعين من الانابيب كما يوضحها الشكل وطريقة استخدامه بسيطة حيث تقسم القطر الداخلي للانبوب على سمكه وندخل بالقيمة المستحصلة على المحور السيني وبها نصعد الى الاعلى لاي النوعين ونقطة التقاطع مع المنحني نسير بها يسارا فنحصل على سرعة ضغط الموجة من المحور الصادي، اما الاتجاه الى اليمين فيعطي سرعة الماء وللأسفل يعطي ضغط الاهتزاز (Water-hammer, 2003, and Prasser and Bottger, 1998).

الكوابح (Arresters):

سيتم استعراض مجموعة من الكوابح بهدف التعريف بها سواء ان كانت ضغوط المياه تصل وفق المعايير الهندسية او يعتمد على الخزانات العالية على سطح المنزل لتغذية البناية بالمياه حيث تتسبب بضغوط عالية الى الحنفيات والملحقات الاخرى مسببة هذه الظاهرة والمستهلك العراقي ليست لديه معرفة عالية بالكوابح منذ ان كانت المياه تصل المنازل بضغوط عالية من غير استخدام المضخات الصغيرة لسحبها من الشبكة، وحتى الوقت الحاضر (شحة المياه وقلة الضغوط)، لاحظ الشكل (7) الذي يوضح بعض المواقع التي توضع فيها الكوابح الصغيرة في المنزل. اما اشكالها واعدادها فهناك شركات متعددة تقوم بتصنيعها ونلاحظ الشكل (8) الذي يوضح بعضا منها بالشكل والوظيفة، في حين يعطي الجدول (1) اعدادها في عدة مواقع في التركيبات الصحية وللماء البارد (CW) والماء الحار (HW) (Covas, D., 2003).

الجانب العملي:

الدراسة العملية الاولى: تم تحضير خزان مياه بابعاد (طول 80 سم وعرض 60 سم وارتفاع 100 سم) وكما موضح في الشكل (9)،

$$PA - \left[PA + \frac{\partial}{\partial x} (PA) \delta x \right] + P \frac{\partial A}{\partial x} \delta x - \gamma A \delta x \sin \theta - \tau_0 \pi D \delta x = \rho A \delta x \frac{dV}{dt} \quad (1)$$

وبعد جملة من العمليات الرياضية واشتقاقات واهمال حدود لقلة قيمها نخلص بنتيجة الى المعادلة التالية:

$$L_1 = \left(\frac{\partial V}{\partial x} \lambda \rho \alpha^2 + \frac{\partial V}{\partial t} \right) + \lambda \left(\frac{\partial p}{\partial x} \frac{1}{\rho \lambda} + \frac{\partial p}{\partial t} \right) + g \sin \theta + \frac{fV|V|}{2D} = 0 \quad (2)$$

معادلة الاستمرارية (Equation of continuity):

لو طبقت معادلة الاستمرارية على حجم السيطرة في الشكل (4) نحصل على المعادلات التالية بعد جملة من الاشتقاقات (Streeter and Wylie, 1983):

$$\frac{\partial}{\partial t} \int \rho dV + \int \rho v dA = 0 \quad (3)$$

حيث ان (dV) عنصر الحجم (المعاد ترتيبه بعد الاضافة والطرح):

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho A \delta x) = - \frac{\partial}{\partial x} \rho AV \delta x \quad (4)$$

نهاية الاشتقاقات تخلص الى المعادلة التالية:

$$L_2 = \frac{\partial p}{\partial t} + \rho \alpha^2 \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

وبطريقة حل خصائص المعادلتين (L_1 & L_2) اللتين تحتويان مجهولين برابطهما بمضاعف غير معروف مثل:

$$L = L_1 + \lambda L_2 \quad (6)$$

وباستخدام الشكل (5) مخطط محوري الزمن (t) والمسافة (x) للخصائص التي سيكون عليها الحصول على الحل من خلال تعويض معادلتني (2) و(5) في معادلة (6) نحصل على المعادلتين (7) و(8):

$$C +: H_p = H_A - B(Q_p - Q_A) - RQ_A |Q_A| \quad (7)$$

$$C -: H_p = H_B + B(Q_p - Q_B) + RQ_B |Q_B| \quad (8)$$

يلاحظ استخدام B و R عنصران جديان لتسهيل المعادلة حيث ان:

$$B = \frac{a}{gA} \quad \text{and} \quad R = \frac{f \Delta x}{2gDA^2}$$

ملم وبطول واحد متر لكليهما. ملخص الدراسة لهذه الحالة في جدول (4)، علما تم ملء الخزان الى ارتفاع 92سم. ملاحظة المسافة من الخزان الى اول انبوبة مطاطية 18.5سم، المسافة بين الانبوبة المطاطية الاولى والثانية 14.5سم، المسافة من الانبوبة الثانية الى صمام الغلق 16.5 سم. اما عند غلق الصمام فكانت تتكرر حالة ارتفاع المياه في الانبوبة ذات القطر الاكبر بتموجات متعددة تصل من (7-8) موجات واضحة مع تموجات صغيرة يصعب تسجيلها قبل استقرار المنسوب بينما يكون في القطر الاصغر بعدد 4 موجات واضحة ويستقر. لاحظ الشكل (15) الذي يوضح منحنيات نقاط صعود ونزول المياه في كل انبوبة لحين الاستقرار في الحالة التي يفتح فيها الصمام ويغلق خلال ثواني معدودة عندما كان الماء بمنسوب 88 م.

الحالة الثانية: تم استبدال الانبويتين احدهما بدل الاخر فاصبح ذا القطر (12.7) ملم قريب من الخزان وتم تسجيل قراءات بنفس الطريقة كما مبين في جدول (5)، ويلاحظ فيه ان بداية منسوب الخزان من 0.95 م. وتم تسجيل موجات صعود ونزول المياه لكل انبوية خلال فتح وغلق الصمام في عدة مناسيب للخزان لاحظ الشكلين (16 & 17) الذي اخذت قراءاته عندما كان المنسوب 86 سم. لكن لوحظ ان صعود المياه في الانبوية القليلة القطر كان تدريجيا وببطء بدون تموجات ضغط لحين وصوله منسوب الاستقرار، اي كلما ابتعدنا عن الخزان ولمسافة معينة تتلاشى الظاهرة ويجهض تأثيرها في القطر الاصغر اذا كانت نهايته مثنية. وبعدها تركت فوهة الانبويتين مفتوحة للهواء (الشكل 18) ودرست عدة حالات اولها عندما فتح وغلق الصمام كانت الحالة تتكرر ويحدث صعود ونزول للمياه بالانبويتين بصورة مشابهة للحالة الاولى. ثم على هامش هذه الحالة تم ثني الانبوية الكبيرة القطر من اعلاها وجعل طرف الاخرى القليلة القطر سائبا فكانت الحالة ان توقف نزول المياه في ذات القطر الكبير عند فتح الصمام ونزل المنسوب في الانبوية ذات القطر الاصغر وعند الغلق بعد ثواني تكررت حالة ظاهرة المطرقة في ذات القطر الصغير بينما ضلت ذات القطر الكبير ثابتة المنسوب، بعدها اثبتت الانبويتين فتكررت نفس الحالة اي الحركة تكون ظاهرة في القطر الاصغر.

الحالة الثالثة: تم ازالة الانبوية القليلة القطر ثم اثبتت ذات القطر الكبير لتحل فوهتها محل الانبوية ذات القطر الصغير لاحظ شكل (19). ان الذي حصل هنا عند عملية فتح وغلق الصمام لعدة مناسيب في الخزان هو ظهور فجوة هوائية تمتص تموجات الظاهرة قيد الدراسة بسرعه قليلة عما تم ملاحظته عندما كانت معلقة بصورة عمودية وكان هذه الفجوة الهوائية تعمل مثل (Air Chamber) وحيزها بطول 18سم بينما عندما ابدلنا الحالة بالانبوية ذات القطر الاصغر لم نلاحظ سوى فقاعة صغيرة تتحرك عند صعود ونزول المياه بعد فتح وغلق الصمام ولاتاثير لها لان المياه تدور فيها عند الغلق في دورة كاملة.

الحالة الرابعة: ابقيت على الانبوية الصغيرة عمودية لوحدها في الفوهة القريبة من الصمام ثم تم غلق وفتح الصمام بحالتي غلق فوهتها من الاعلى وفتحها لملاحظة تاثير الضغط الجوي ثم نقلت الى

علما ان المعلومات التي اجريت عليها الدراسة ($D=1.27 \text{ cm}$, $e=1.7\text{mm}$, $L = 34 \text{ cm}$) ، ونحسب قيمة (α) من المعادلة:

$$\alpha = \frac{1440}{\sqrt{1+2.11 \times 10^8 \times \frac{d}{E_s}}} = \frac{1440}{\sqrt{1+2.11 \times 10^8 \times \frac{12.7 \times 10^{-3}}{2.1 \times 10^{10} \times 1.7 \times 10^{-9}}}} = 1388 \text{ m/s}$$

وعلى اساس ان قيمة ($\pi=0.0001267 \text{ m}^2$) و ($A=(0.0127/2)^2$)

$$B = \frac{\alpha}{gA} = \frac{1388}{9.806 \times 0.0001267} = 1116929$$

$$R = \frac{f \Delta x}{2gDA^2} = \frac{0.015 \times 0.34}{2 \times 9.806 \times 0.0127 \times (0.00027)^2} = 1274971$$

وبهذا تصبح المعادلتين 7 و 8 كما في ادناه:

$$C +: H_{PB} = H_A - 1116929(Q_{PB} - Q_A) - 1274971Q_A | Q_A |$$

$$C -: H_{PA} = 0.95 + 0.03 \sin \pi t = H_B + 1116929(Q_{PA} - Q_B) + RQ_B | Q_B$$

عندما يكون الزمن ($t=0$) يكون ($H_A=H_B=0.95 \text{ m}$) مع وجوب التذكر بان الطريقة هي ان نبدأ بقيمة (Q_A & H_B) معلومين ثم نحل لإيجاد (H_{PB} & Q_{PA}) وفيما بعد (H_B) تاخذ قيمة (H_{PB} & Q_A) وتاخذ القيمة (Q_{PA}) والوقت بزيادة (Δt) وتعاد العملية والمعادلات تبسط الى:

$$H_{PB} = H_A - 1116929(Q_A) - 1274971Q_A | Q_A |$$

$$Q_{PA} = \frac{0.95 + 0.03 \sin \pi t - H_B}{1116929}$$

وبحل هاتين المعادلتين نحصل على القيم الموجودة في جدول (2) الشكل (12) ومقارنة النتائج بالقيم الموجودة في جدول (3) الشكل (13) الماخوذ من مصدر (Streeter and Wylie, 1983) وهو نتائج مثال لخزان ارتفاعه 100م وقطر الانبوب فيه 500 ملم وطوله 600 ملم، لاحظ شكل (10) و(11).

الدراسة العملية الثانية: وتضمنت عدة حالات:

الحالة الاولى: يوضحها الشكل (14) وفيها ربط بالانبوب الخارج من الخزان ملحقتين عبارة عن نوزلات وربطت بكل واحدة انبوية مطاطية شفافة لمراقبة تاثير فتح وغلق الصمام باعتبار ان صوت المطرقة هنا لا يبدو واضحا كما في الانابيب كبيرة الاقطار ولكن تاثيرها واضح بالضغط الملاحظة اثناء العمل وكان قطر الاولى القريبة من الخزان في هذه الحالة (65) ملم والثانية بقطر (12.7)

ثالثاً:- انجاز بحوث لاحقة تخص هذه الظاهرة مع التركيز على الربط بين جودة المنتج واثر المطرقة المائية عليه للوقوف على الجوانب الاقتصادية التي تضر الدولة والمستهلك على حد سواء.
رابعاً:- يمكن اجراء الدراسة على نوعيات اخرى من الانابيب ذات سرع موجات عالية كانبوب الحديد والفولاذ لوضع ضوابط ربطها والمسافات التي تحد من هذه المطرقة المائية.
خامساً:- من المتوقع ان يكون عمل تركيبات على شكل حرف H او h وربطها بنفس الطريقة التي وردت في هذا البحث ان تكون فعالة في كبح المطرقة مع التحكم بالضغط الجوي بفوهاتنا الطليقة من الاعلى بصمام خافض لقطرها ويمكن انجازها بسهولة.

الفوهة القريبة من الخزان وكذا الحالة كررت للانبوبة ذات القطر الكبير.

الحالة الخامسة: تم لف الانابيب الى الاسفل بحيث كان وضع الانبويتين الى الاسفل في المرة الاولى ربطت ذات القطر الكبير وفي المرة الثانية ربطت ذات القطر الصغير واجريت عملية فتح وغلق الصمام (لاحظ الشكل 20) الذي يوضح العملية وفيها اختفى حيز الهواء وجرى الماء في دورة كاملة لم يلاحظ سوى الاهتزاز عند الغلق المفاجيء للصمام وكان واضحاً في ذات القطر الاكبر.

الاستنتاجات (Conclusion)

اولاً : وجود انبويتين بوضع عمودي مهما كانت اقطارها يوزع تاثير المطرقة المائية عليهما ويبعد خطورتها على الانبوب والملحقات الواصلة بالخزان، اي يمكن عمل تركيبات شبيهة لتفادي المطرقة. والحالة تكون اكفاء فيما لو اغلقت فوهة الانبوبة الصغيرة من الاعلى وابعدت عن الخزان من جهة المنبع (Upstream) بمسافات قيد البحث.

ثانياً: حيز الهواء في الانبوبة ذات القطر الاكبر يمتص الظاهرة بكفاءة عكس الانبوبة القليلة القطر، ويمكن ان تكون هذه الحالة بديلاً لكوايح مكلفة في حال استخدام الانبوبة كحنية كما اوضحها الشكل (18).

ثالثاً:- تتكرر موجات المطرقة في الانابيب باعداد تتضاعف بمضاعفة القطر، ويحكم سرعتها بعدها او قربها من الخزان، وللضغط الجوي علاقة بحركتها في الانابيب المفتوحة. فقد لوحظ ان المطرقة المائية وبالرغم من غلق فوهة التركيبة الانبوية الصغيرة القطر بانث عندما ربطت التركيبة قريبة من الخزان (18.5سم) بينما عندما وضعت على بعد 33سم واغلقت فوهتها كبحت المطرقة وكان صعود الماء انسيابي بدون تموجات لحين الاستقرار على المنسوب (شكل 16).

رابعاً: خصائص المطرقة اوضحتها الدراسة بمقارنة الاقطار الكبيرة في احد المصادر مع الاقطار الصغيرة فكانت منحنياتها متشابهة الشكل رغم اختلاف قيمها.

خامساً: يمكن اعتماد الضغط الجوي في التحكم بالمطرقة للاشكال المدروسة من خلال تركيب فوهات تفتح باقطار ضمن دراسة لاحقة للوقوف على الدرجة المثلى لامكانية تفاديها.

سادساً: تكنولوجيا الكوايح ومناطق استخدامها والكيفية المطلوبة غير شائعة وغير متداولة في العراق برغم التطور التكنولوجي الحاصل في هذا المضمار.

التوصيات (Recommendation)

اولاً: توعية وتعريف المستهلك وعمال التأسيسات الصحية بظاهرة المطرقة المائية من خلال الدورات او الاعلام لان الامر يكون واضحاً مثلاً في العمارات السكنية لارتفاعاتها وكذا الامر في حالة وجود ضغوط عالية في احياء معينة وهذا يتسبب بخسائر مادية فيما لو لم نتقادي تاثيرها .

ثانياً : ارشاد وتعريف الكوايح وانواعها وكيفية استخدامها للتجار المتخصصون باستيراد القطع الصحية ليكون المستورد منها ذا فائدة للمستهلك.

المراجع (References)

- Bergant , A., and Tijsseling, A, (2001) "Parameters affecting water hammer wave attenuation m shap and timing "Proceeding of the 10th international meeting of the Lahr Work Group on The Behavior of Hydraulic Machinery under steady oscillatory condition , Trondheim, Norway, paper C2 ,12pp .
- Bergant, A. , Tijsseling, A. ,Vitkovesky,J., Covas, D., Simpson, A.R., Lambert,M., (2003) "Further investigation of parameter affecting water hammer wave attenuation ,shape and timing Part 1: mathematical tools" Proceedings of the 11th International Meeting of the Lahr Work Group on the Behavior of the Hydraulic Machinery Under Steady Oscillatory condition ,Stuttgart, Germany,12pp.
- Chen, C., (1992)"Momentum and Energy Coefficients Based on power-law Velocity profile" , Journal of hydraulic Engineering , ASCE, 118(11).1571-1584.
- Covas , D., (2003) "Inverse transient Analysis for the leak Detection and Calibration of water pipe system-Modeling Special Dynamic Effects " PhD, Imperial collage of science ,Technology and Medicine , University of London, UN.
- Lahlou, Z, Michael ,PH.D , (2003)"Water Hammer" , National Drinking Water, Clearing House.
- Mohamed S. G, Ming Zhao, Duncan A. M., and David H. A., (2005) "A Review of Water Hammer Theory and Practice" ASME JANUARY 2005, Vol. 58, pp 49-76.
- Prasser H.-M. , A. Bottger, J. Zschau , (1998) "A new electrode-mesh tomography for gas liquid flows" Flow Measurement and Instrumentation, 9, 111-119.
- Streeter, Victor L & Wylie, E., Benjamin,(1983)

supplier since 1995.

-Water-hammer WWW.lawsupply .net/
tech_data,htm#top.2003.

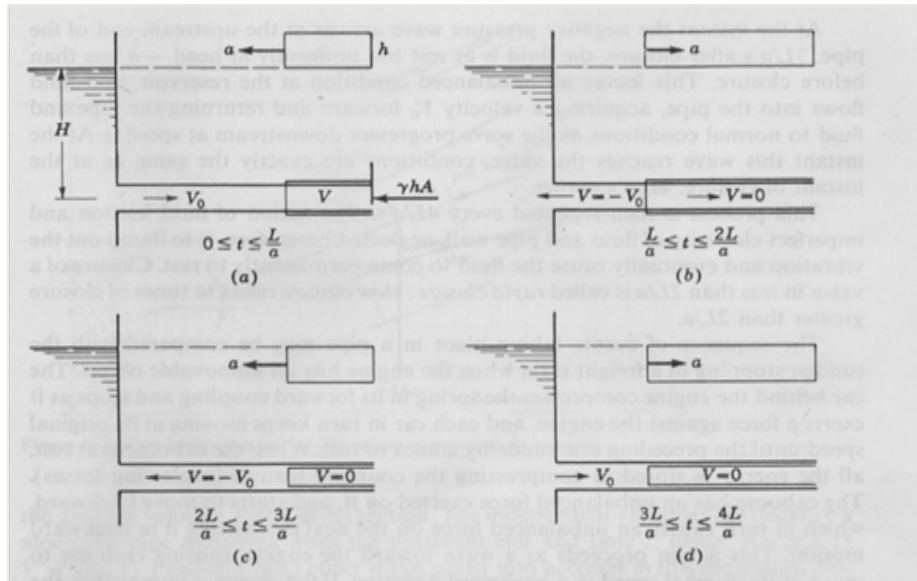
-WWW.siouxchief.com, (Mini Rester Brochure
,6/04 c2004 -Sioux Chief. (2004).

"Fluid Mechanics" First Si Metric Edition
,McGraw, Hill Book Company, printed in
Singapore.

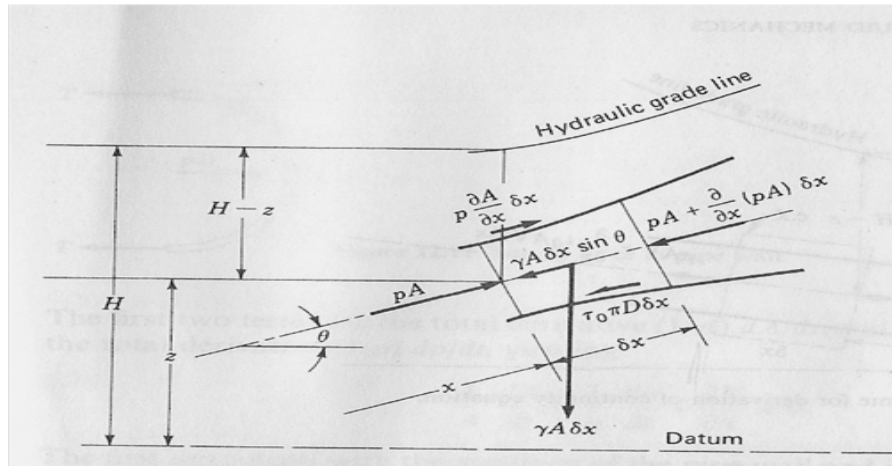
-Water Hammer Arresters, WWW. Plumbing
Supply. Com, 199.PlumbingSupply.com is the
web's leading and most popular Internet plumbing



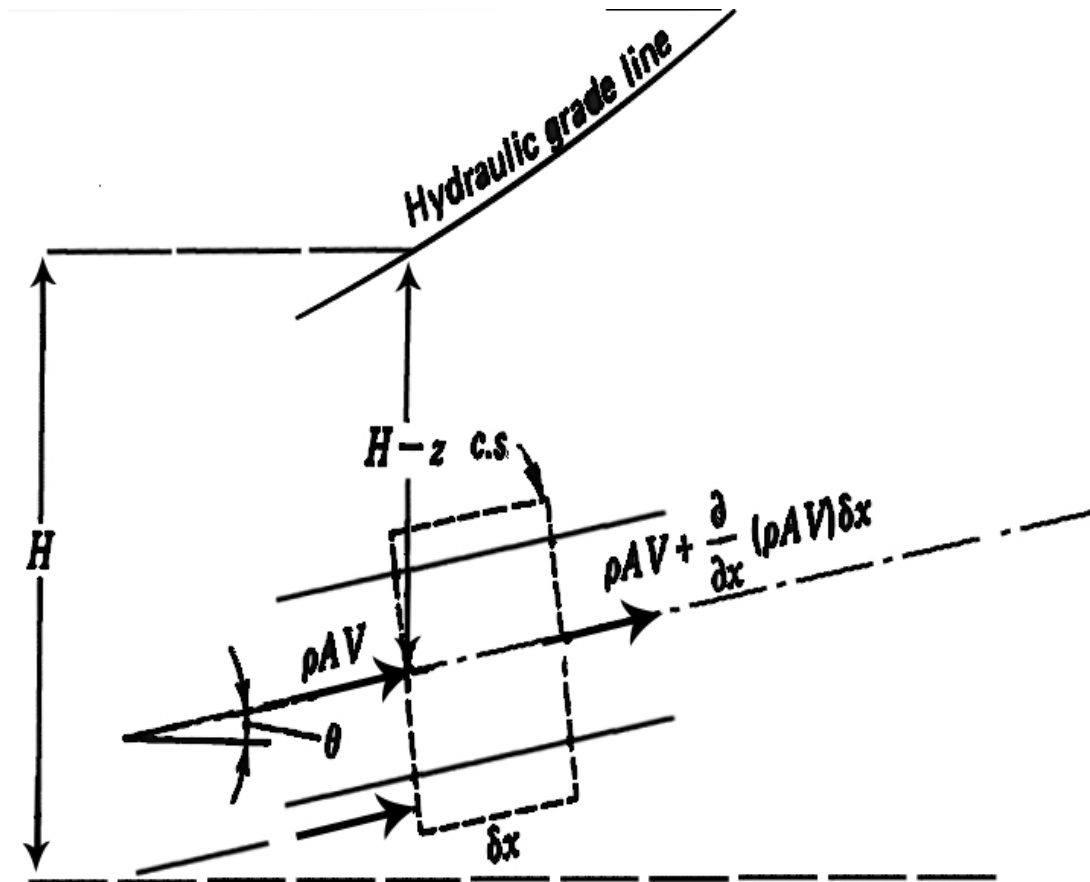
شكل (1): توضيح المطرقة المائية (Mohamed S. G., and et.al., 2005).



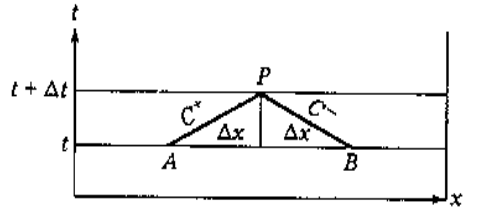
شكل (2): يوضح تتابع الاحداث لدورة واحدة بعد الغلق المفاجيء للصمام (Lahlou, 2003).



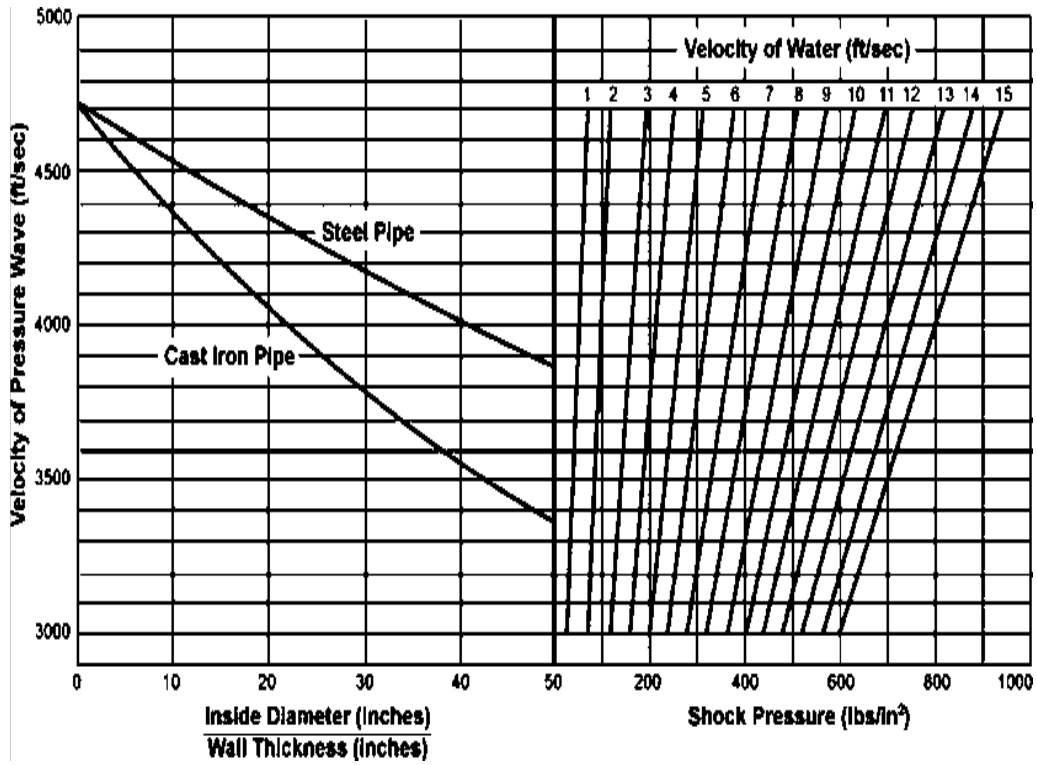
شكل (3): مخطط الجسم الحر (Free body diagram) لاشتقاق معادلة الحركة (Streeter and Wylie, 1983).



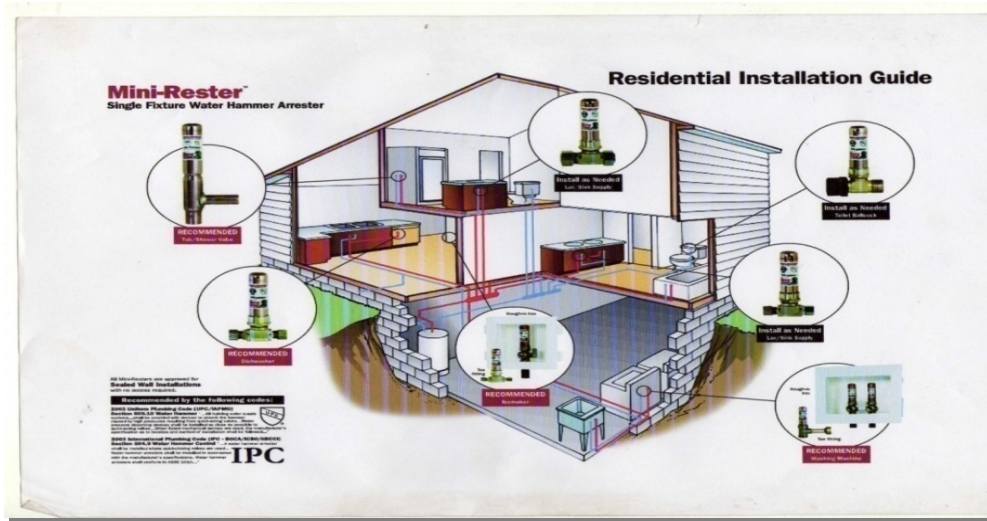
شكل (4): حجم السيطرة لاشتقاق معادلة السيطرة (Streeter and Wylie, 1983).



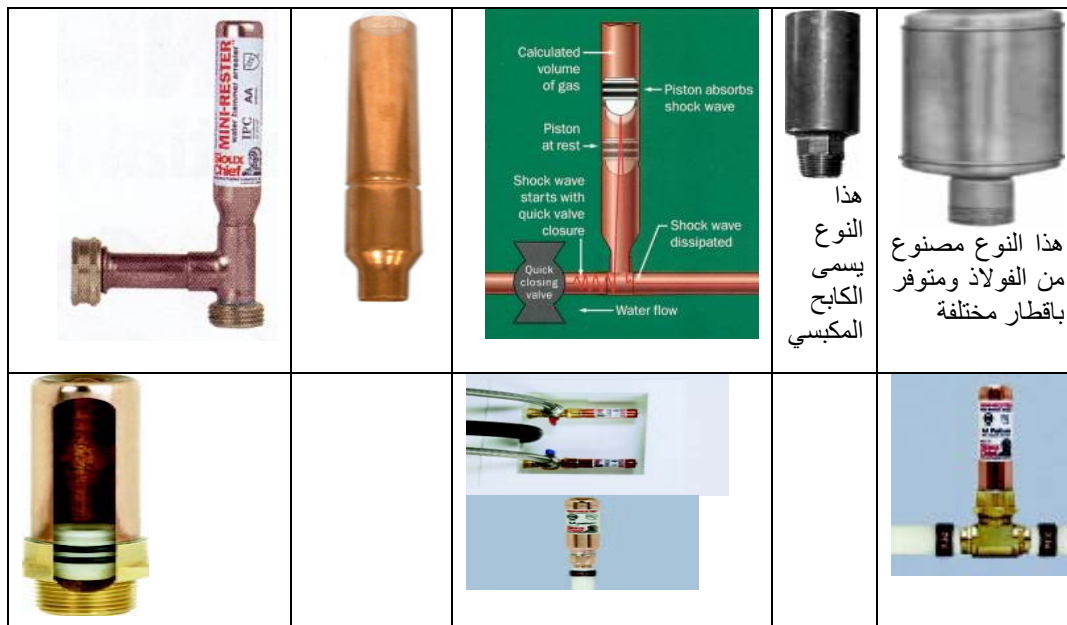
شكل (5): مخطط الزمن والمسافة للخصائص التي سيتم منها الحصول على حل.



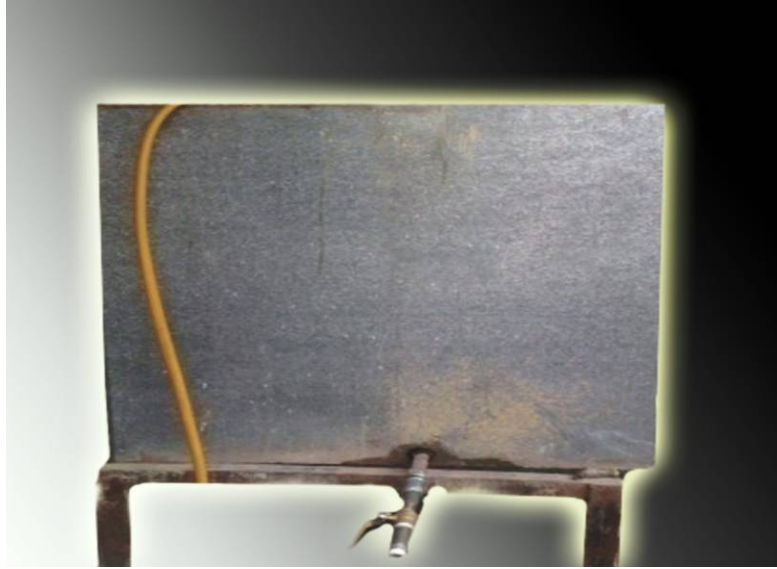
شكل (6): منحنيات الحصول على سرعة ضغط الموجة وسرعة الماء وضغط الاهتزاز لنوعين من الانابيب (Water-hammer, 2003).



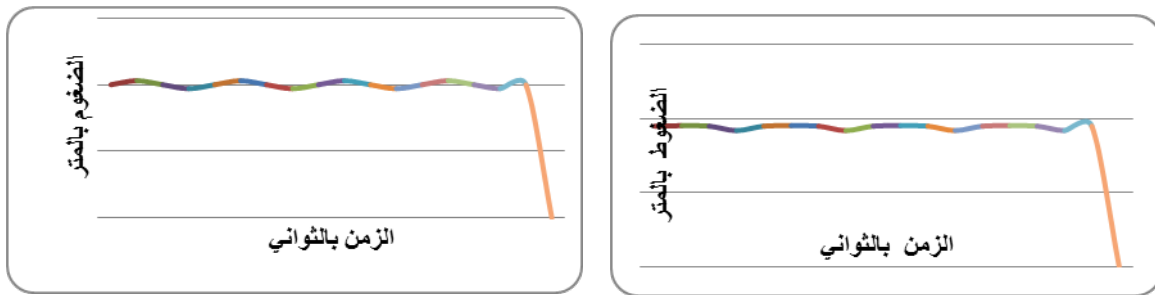
شكل (7): يوضح الكوابح الصغيرة في التاسيسات الصحية للمنزل (Mini Rester Brochure, 2004).



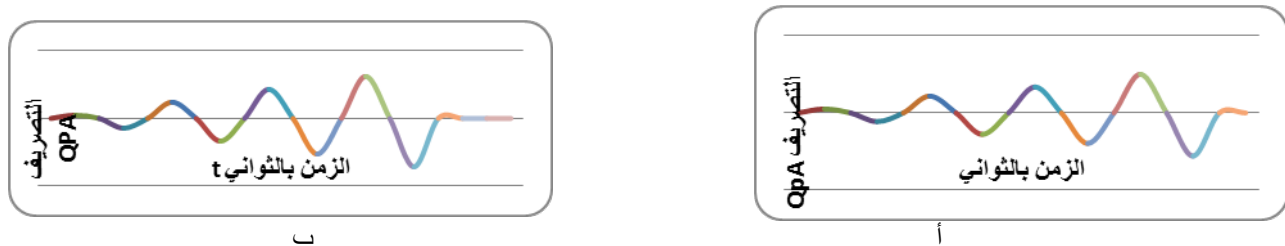
شكل (8): يعطي بعض من انواع الكوابح الصغيرة لشركات متعددة (Mini Rester Brochure, 2004).



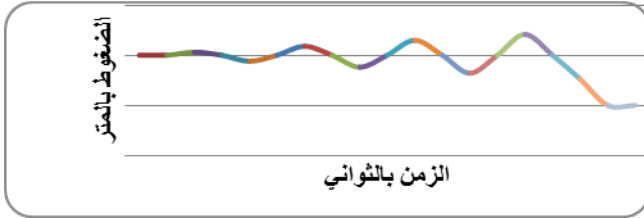
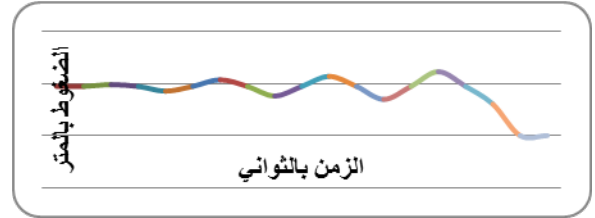
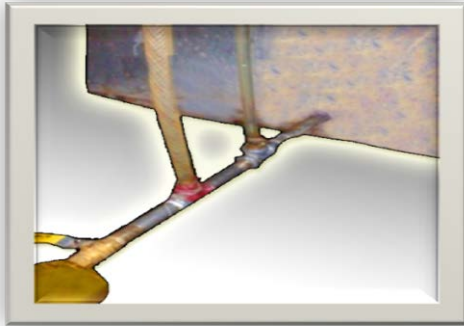
شكل (9): خزان الماء اجريت عليه الدراسة.



شكل (10): أ-العلاقة بين الزمن والضغط H_{PA} من جدول (2)، ب-يوضح العلاقة بين الزمن والضغط H_{PA} من جدول رقم (3).



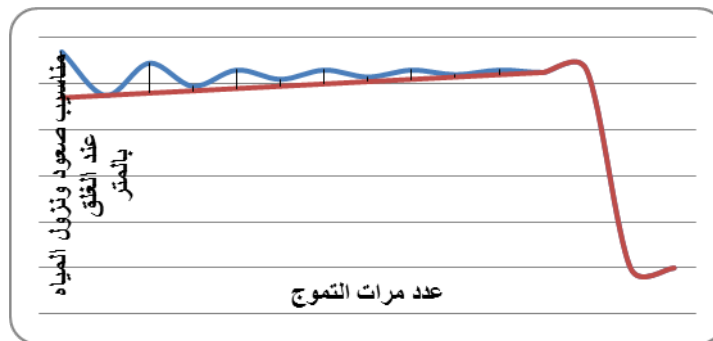
شكل (11): أ- العلاقة بين الزمن والتصريف من قيم جدول (2) و ب- العلاقة بين الزمن والتصريف من جدول (3).

شكل (13): العلاقة بين الزمن وقيم الضغط H_{PB} جدول (3).شكل (12): العلاقة بين الزمن وقيم الضغط H_{PB} جدول رقم (2).

شكل (14): الدراسة العملية الثانية (الحالة الاولى) يلاحظ ان الانبوبة الاقل قطرا متنية من الاعلى.



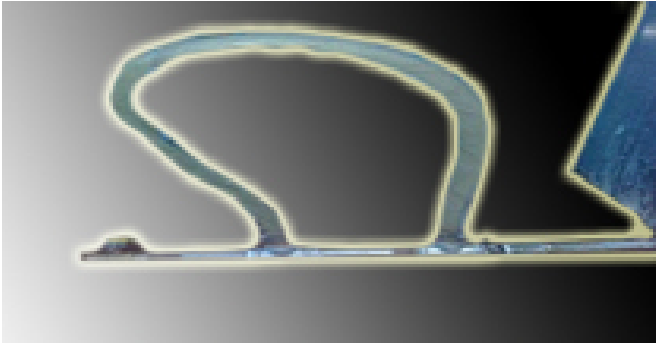
شكل (15): الحالة الاولى منسوب الماء في الخزان 88سم.



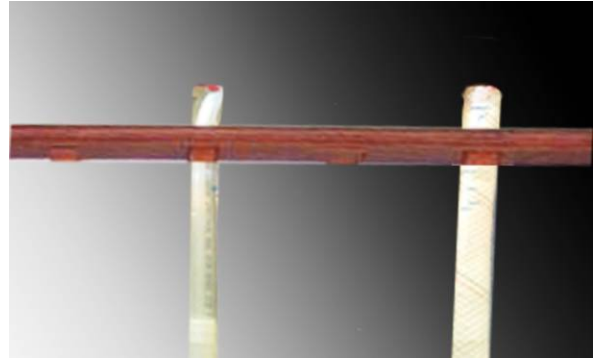
شكل (16): الحالة الثانية منسوب الماء عند الغلق (86سم).



شكل (17): يوضح التاشيرات التي كانت توضع مع عملية غلق وفتح الصمام.



شكل (19): استخدام الانبوبة الكبيرة القطر بصورة منحنية.



شكل (18): فتحتي الانبوتين مفتوحة من الاعلى



شكل (20): تحويل مسار المياه للأسفل (الحالة الخامسة).



جدول (1): اعداد التركيبات الصحية وملحقاتها في مواضع مختلفة (Water Hammer Arresters, 1995).

Fixture	Type of Supply Control	Fixture Units					
		Public			Private		
		كلي	ماء بارد	ماء حار	كلي	ماء بارد	ماء حار
Water Closet	Flush Valve	10	10	10	6	6	-
Water Closet	Flush Tank	5	5	-	3	3	-
Pedestal Urinal	Flush Valve	10	10	-	-	-	-
Stall or Wall Urinal	Flush Valve	5	5	-	-	-	-
Stall or Wall Urinal	Flush Tank	3	3	-	-	-	-
Lavatory	Faucet	2	1-1/2	1-1/2	1	1	1
Bathtub	Faucet	4	2	3	2	1-1/2	1-1/2
Shower Head	Mixing Valve	4	2	3	2	1	2
Bathroom Group	Flush Valve Closet	-	-	-	8	8	3
Bathroom Group	Flush Tank Closet	-	-	-	6	6	3
Separate Shower	Mixing Valve	-	-	-	2	1	2
Service Sink	Faucet	3	3	3	-	-	-
Laundry Tubs (1-3)	Faucet	-	-	-	3	3	3
Combination Fixture	Faucet	-	-	-	3	3	3

جدول (2): القيم محسوبة من المعادلات وحسب ماشير الى الجدول

t (sec)	H_{PA} (m)	Q_{PA} (m ³ /sec)	H_{PB} (m)
0	0.95	0	0.95
0.5	0.953	0.000000026	0.95
1	0.95	0	0.983
1.5	0.92	-0.000000056	0.95
2	0.95	0	0.8574
2.5	0.953	0.000000011	0.95
3	0.95	0	1.07586
3.5	0.92	-0.000000139	0.95
4	0.95	0	0.764
4.5	0.953	0.000000169	0.95
5	0.95	0	1.142
5.5	0.92	-0.000000198	0.95
6	0.95	0	0.6988
6.5	0.953	0.000000251	0.95
7	0.95	0	1.2333
7.5	0.92	-0.00000028	0.95
8	0.95	0	0.607

جدول (3): القيم محسوبة من الجداول (Streeter and Wylie, 1983).

t (sec)	H_{PA} (m)	Q_{PA} (m ³ /sec)	H_{PB} (m)
0	100	0	100
0.5	103	0.00481	100
1	100	0	106
1.5	97	-0.0144	100
2	100	0	88
2.5	103	0.0241	100
3	100	0	117.98
3.3	97	-0.0337	100
4	100	0	76.06
4.5	103	0.0432	100
5	100	0	129.89
5.5	97	-0.0528	100
6	100	0	64.19
6.5	103	0.0623	100
7	100	0	141.70
7.5	97	-0.0717	100
8	100	0	52.45



جدول (4): ملخص حالة فتح الصمام للحالة الاولى (القراءات والجريان مستمر)

ارتفاع الماء في الخران (متر)	فترة فتح الصمام (ثانية)	نزول عمود الماء في الخرطوم (65) ملم (سم)	نزول عمود الماء في الخرطوم (12.7) ملم (سم)
0.92	40	70	75
0.88	60	67	72
0.74	120	55	60

جدول (5): ملخص حالة فتح الصمام للحالة الثانية

ارتفاع الماء في الخران (متر)	فترة فتح الصمام (ثانية)	نزول عمود الماء في الخرطوم (12.7) ملم (سم)	نزول عمود الماء في الخرطوم (65) ملم (سم)
0.95	50	70	73
0.87	40	65	68
0.83	60	62	65