المعهد العالي للعلوم والتقنية الزاوية

قسم: الهندسة الكيميائية

الفصل: الخامس

تصميم مصانع

إعداد: م. احمد سالم فرحات

المحتويات

- صفحة الغلاف.....I
- المحتويات.....II
- تقديم.....III
- مقدمة تصميم مصانع.....2
- فصل سائل–سائل.....3
- تصميم فاصل سائل–سائل.....8
- فصل غاز–سائل.....14
- تصميم فاصل غاز–سائل.....14
- تصميم فاصل غاز–سائل عمودي.....15
- تصميم فاصل غاز–سائل افقي.....21
- جداول البخار والماء.....30

تقديم

إن هذا الكتاب مترجم من كتاب "تصميم المصانع والعمليات واقتصاد الهندسة الكيميائية"
للمؤلف: GAVIN P. TOWLER

إن هذا الكتاب ليس أكثر من نقل وترجمة من الكتاب الأصلي الأجنبي لتسهيل الدراسة في عالمنا العربي التي تعاني كثيرا من الدراسة باللغة الإنجليزية مما يصعب على الطلاب كثيرا ومن هذا المنطلق أتيت بهذا الكتاب المختصر في تصميم الفواصل. والله من وراء القصد والحمد لله رب العالمين.

كتبه: م. احمد سالم فرحات
طرابلس-ليبيا

ELSEVIER
AMSTERDAM • BOSTON • HEIDELBERG • LONDON
NEW YORK • OXFORD • PARIS • SAN DIEGO
SAN FRANCISCO • SINGAPORE • SYDNEY • TOKYO
Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier
B H

مقدمة

إن الهدف العام من التصميم يبدا بالحاجة المدركة لهذا التصميم لإنشاء عمليات كيميائية لإنتاج منتج ما (وخلق فرص تجارية من مبيعات وتسوق).

اما الأهداف الفرعية هي تصميم وحدات مختلفة لتكوين العملية الكلية من امثلة ذلك تصميم وحدات المكونة لمصفاة النفط وتتكون من: برج تقطير-مبادل حراري-غلاية-عمود-ضاغط-مفاعل.

فصل سائل-سائل .10.6

يتم فصل مرحلتين سائلتين غير قابل للامتزاج او سوائل قابلة للامتزاج جزئيا يكون شرط مهم في العمليات الصناعية، على سبيل المثال في عملية وحدة الاستخلاص سائل من سائل، يجب أن تتبع خطوة التلامس مع السائل مرحلة الفصل (الفصل11,القسم 11.16). ومن الضروري بشكل متكرر لفصل الكميات الصغيرة من المياه المحبوسة من مجرى العملية أبسط شكل من أشكال المعدات المستخدمة لفصل الاطوار السائلة هو خزان ترسيب الجاذبية، الدورق. يتم استخدام معدات احتكارية مختلفة أيضًا تعزيز الاندماج وتحسين الفصل في الأنظمة الصعبة، أو حيث توجد المستحلبات من المحتمل أن تتشكل. تستخدم فواصل الطرد المركزي أيضًا.
يتم فصل سائلين غير قابلين للامتزاج نهائيا أو جزئيا شرط مهم لعملية الفصل وتتم هذه العملية باختلاف كثافة السائلين وتأثير الجاذبية الأرضية.

(الفواصل) خزنات الفصل .10.6.1

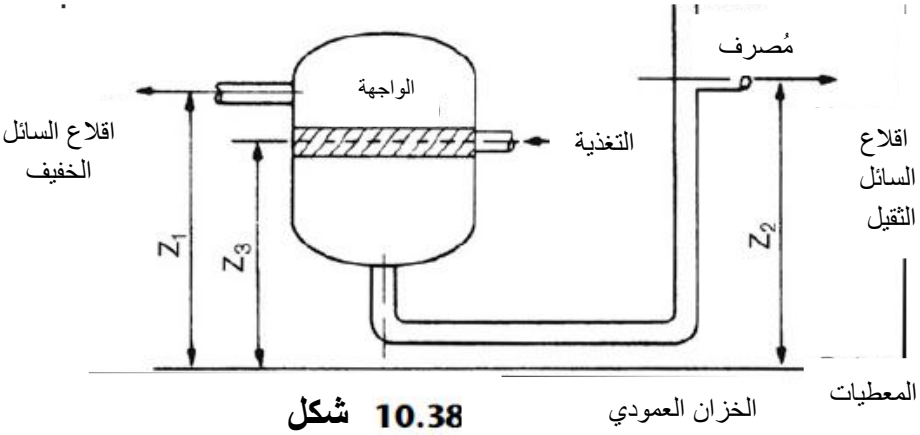
خزنات الفصل تستخدم لفصل السوائل حيث يوجد اختلاف كاف في كثافة بين السوائل بالنسبة للقطرات لتنفصل بسهولة. خزنات الفصل: هي في الأساس خزانات التي تعطي وقتا كافيا لبقاء قطرات من مرحلة التشتت(الخفيف) إلى الارتفاع (او الفصل) إلى واجهة بين الاطوار والاندماج. في خزان التشغيل سوف يكون هناك ثلاثة مناطق او نطاقات مميزة: سائل ثقيل صاف، فصل السائل التشتت (منطقة التشتت) والسائل الخفيف النظيف. والسائل الخفيف النظيف. عادة ما يتم تصميم الدوارق للتشغيل المستمر، ولكن نفس التصميم سيتم تطبيق المبادئ على الوحدات التي يتم تشغيلها على دفعات. يتم استخدام مجموعة كبيرة ومتنوعة من أشكال الوعاء، بالنسبة لخزانات الفصل، لكن بالنسبة لمعظم التطبيقات سيكون الوعاء الأسطواني مناسبًا، وسيكون كذلك أرخص شكل. تظهر التصاميم النموذجية في الشكلين10.38 و10.39. الموقع يمكن التحكم في الواجهة، باستخدام أو بدون استخدام الأدوات يمكن التحكم في موقع الواجهة، مع أو بذون استخدام الأدوات باستخدام ماص لسحب السائل الثقيل، الشكل 10.38. يمكن تحديد ارتفاع الإقلاع عن طريق عمل توازن ضغط. إهمال فقدان الاحتكاك في الأنابيب، والضغط الناتج عن لارتفاع المشترك للأنابيب الثقيلة ويجب موازنة السائل الخفيف في الوعاء بارتفاع السائل الثقيل في الإقلاع الساق، الشكل 10.38

$$(z1 - z3)\rho 1g + z3\rho 2g = z2\rho 2g$$

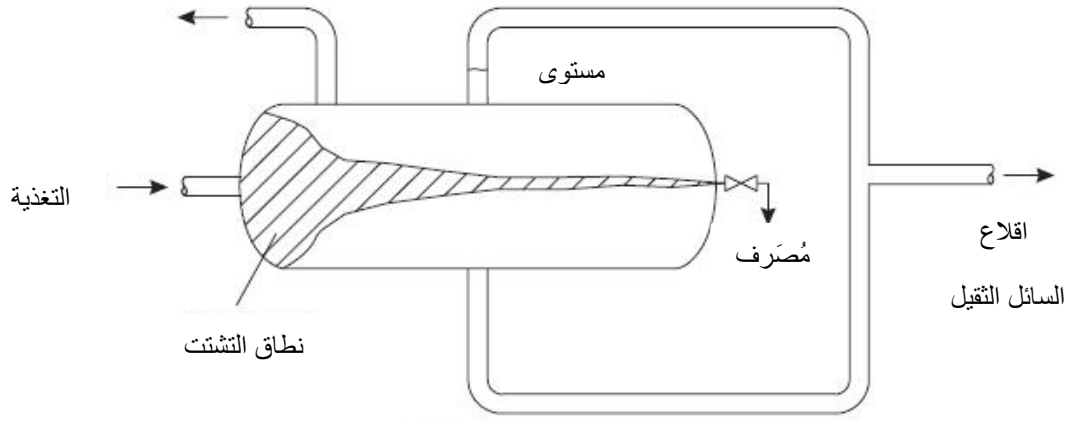
$$z2 = \frac{(z1 - z3)\rho 1}{\rho 2} + z3 \qquad 10.5$$

حيث أن:

$\rho 1$ =كثافة السائل الخفيف, kg/m3;
$\rho 2$ = كثافة السائل الثقيل kg/m3;
z1 =الارتفاع من الاسناد الى تدفق السائل الخفيف, m;
z2 =الارتفاع من الاسناد الى تدفق السائل الثقيل , m;
Z3= الارتفاع من الاسناد الى السطح البيني, m;



شكل 10.38



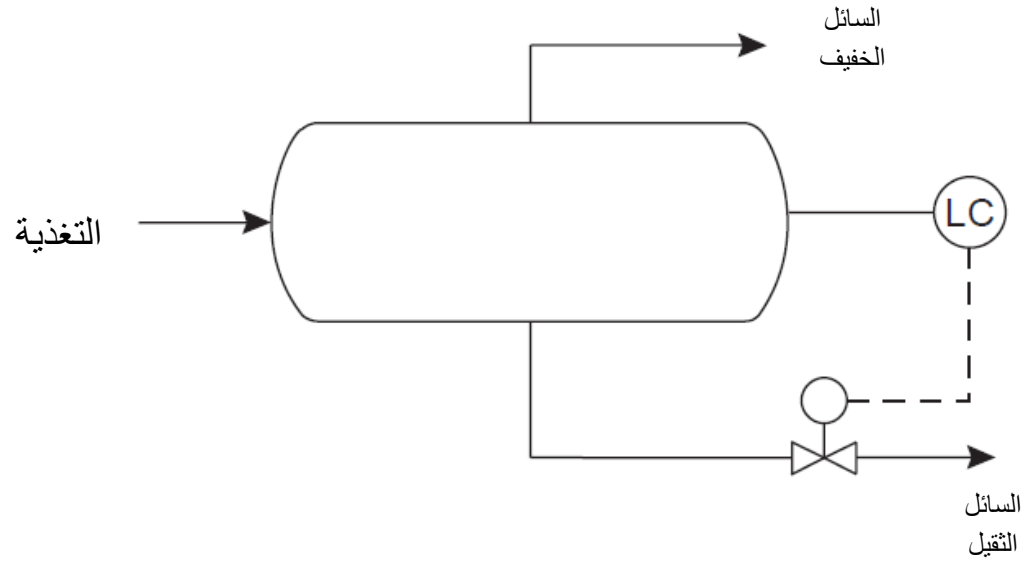
شكل 10.39.

يجب قياس ارتفاع السطح البيني السائل بدقة عند السائل تكون الكثافات متقاربة، عندما يكون أحد المكونات موجودًا بكميات صغيرة فقط، أو عندما يكون الإنتاجية صغيرة جدًا. مخطط نموذجي للتحكم الآلي في الواجهة، باستخدام يظهر الشكل 10.40 أداة المستوى

التي يمكنها اكتشاف موضع الواجهة. عندما تكون إحدى الطور موجودة بكميات صغيرة فقط، يتم إعادة تدويرها في الغالب لتغذية الدورق لإعطاء عملية أكثر استقرارًا.

تصميم خزان الفصل:

يمكن عمل تقدير تقريبي لحجم الدورق المطلوب عن طريق أخذ وقت توقف من 5 إلى 10 دقائق، وهو عادة ما يكون كافياً حيث لا يحتمل أن تتكون المستحلبات، .



الشكل 10.40. التحكم الآلي، واجهة الكشف عن وحدة تحكم المستوى.

طرق لتصميم الدوارق تم تقديمها بواسطة (Hooper و Signales (1975 (1997 النهج العام المتبع موضح أدناه وموضح في المثال 10.3. يتم تحديد حجم وعاء الخزان على أساس سرعة الطور المستمر(الثقيل) يجب أن تكون أقل من سرعة استقرار القطرات الطور المشتتة تدفق المكونات يفترض، وسرعة الطور المستمر(الثقيل) محسوبة باستخدام مساحة السطح البيني المستخدم:

$$U_C = \frac{L_C}{A_i} < U_d \qquad (10.6)$$

حيث أن:

(U_D) سرعة استقرار الطور المشتت(الخفيف) $(\frac{m}{s})$.

(U_c) سرعة الطور المستمر(الثقيل) $(\frac{m}{s})$.

(L_c) معدل التدفق الحجمي في الطور المستمر(الثقيل) $(\frac{m^3}{s})$.

(A_i) مساحة السطح البيني (m^2).

قانون ستوكس يستخدم لتحديد سرعة استقرار القطرات.

$$ud = \frac{d_d^2\, g(\rho_d - \rho_c)}{18\mu c} \qquad 10.7$$

حيث أن:

(d_d) قطر القطرة(m).

(U_d) استقرار(نهائي) لسرعة قطرات الطور الخفيف (المشتت ذات القطر) $(d, \frac{m}{s})$.

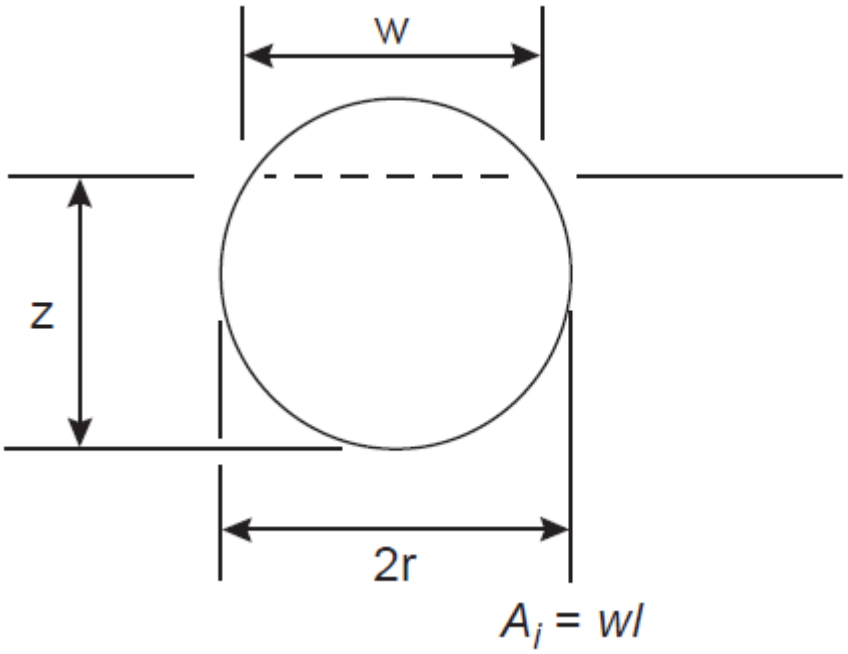
(ρ_c) كثافة الطور المستمر(الثقيل) $(\frac{kg}{m^3})$.

(ρ_d) كثافة الطور الخفيف(المشتت) $(\frac{kg}{m^3})$.

(μ_c) لزوجة الطور المستمر(الثقيل) $(\frac{N,S}{m^2})$.

(g) عجلة الجاذبية $(9.81\frac{m}{s^2})$.

معادلة (10.7) تستخدم لحساب سرعة الاستقرار مع حجم القطرة المفترض ($150\mu m$)، ما هو اقل بكثير من أحجام القرة الموجودة عادة في مغدي الخزان. إذا سرعة الاستقرار المحسوبة أكبر من 10×10^{-3} (متر\ثانية)، من الشكل 10×10^{-3}(متر\ثانية) تستخدم، للأفقي الاسطواني، الخزان، مساحة السطح البيني تعتمد على موضع السطح البيني.



And

$$W = 2(2rs - Z2)^{\frac{1}{2}}$$

حيث ان:

(w) = عرض السطح البيني (m)

(Z) = ارتفاع السطح البيني من قاعدة الوعاء (m)

(L) = طول الأسطوانة (m)

(R) = نصف قطر الأسطوانة (m).

لفصل عمودي، أسطواني:

$$A_{i=\pi r^2}$$

يجب أن يكون موضع السطح البيني مثل نطاق القطرات التي تتجمع عند السطح البيني، الانتظار للاندماج وعبور الواجهة لا يمتد إلى الأسفل (أو أعلى) من الوعاء. ريون وآخرون. (1959) وMizrahi و Barnea(1973) أظهروا أن عمق نطاق التشتت هو دالة لمعدل تدفق السائل ومنطقة بينية. عادة ما يتم أخذ قيمة 10٪ من ارتفاع الدورق للتصميم المقاصد. إذا كان من المحتمل أن يكون أداء الدورق حرجًا، فيمكن أن يكون التصميم كذلك. التحقيق باستخدام نماذج المقياس. يجب تحجيم النموذج ليعمل في نفس الوقت رقم رينولدز هو التصميم المقترح بحيث يمكن أن يكون تأثير الاضطراب التحقيق انظر هوبر (1975).

مثال 10.3

صمم دورق لفصل الزيت الخفيف عن الماء. الزيت هو المرحلة المشتتة.، معدل تدفق الزيت 1000 كجم / ساعة، الكثافة 900 كجم / م تكعيب، اللزوجة 3 ملي نيوتن / م تربيع. معدل تدفق الماء 5000 كجم / ساعة، الكثافة 1000 كجم / م تكعيب، اللزوجة 1 ملي نيوتن / م تربيع.؟

الحل:

نفترض أن قطر قطرة الطور المشتت الخفيف تساوي: $d_{d=150\mu m}$

لإزالة المتر نضربها في 150×10^{-6} .

أولا: نجد U_d (سرعة استقرار قطرة الطور المشتت الخفيف):

نستخدم قانون ستوكس:

$$ud = \frac{d_d^2\, g(\rho_d - \rho_c)}{18\mu c}$$

$$ud = \frac{150 \times 10^{-6}\,(9.81)(900-1000)}{18(1 \times 10^{-3})}$$

$$ud = -0.0012\,\frac{m}{s} \quad \text{بالتحويل} \quad -1.2\,\frac{mm}{s} \quad \text{(ارتفاع)}$$

(نظرا لأن معدل التدفق صغير، نستخدم وعاء عمودي اسطوانيا)

نجد معدل التدفق الحجمي.

معدل التدفق الحجمي H_2O (l_c)=معدل التدفق الكتلي \ الكثافة

$$l_c = \frac{5000\,\frac{\cancel{kg}}{hr}}{1000\,\frac{\cancel{kg}}{m^3}} = 5\,\frac{m^3}{hr}$$

الوحدة هنا بالساعة يجب تحويلها بالثانية وذلك بضربها ب $\frac{1hr}{3600s}$

$$5\,\frac{m^3}{\cancel{hr}} \times \frac{\cancel{1hr}}{3600s} = 1.39 \times 10^{-3}\,\frac{m^3}{s}$$

$$u_c > u_d \; and \; u_c = \frac{l_c}{A_i}$$

نجد المساحة البينية:

$$u_c = \frac{l_c}{A_i} \quad \rightarrow A_i = \frac{l_c}{u_c} = \frac{1.39 \times 10^{-3}\,\frac{m^3}{\cancel{s}}}{0.0012\,\frac{m}{\cancel{s}}} = 1.16m^2$$

نجد نصف القطر بدلالة المساحة:

$$\mathrm{Ai}=\pi r^2 \quad \mathrm{r}=\sqrt{\frac{\mathrm{A_i}}{\pi}} \quad r=\sqrt{\frac{1.16\mathrm{m}^2}{3.14}}=0.61\mathrm{m}$$

نجد الان القطرD وذلك بضربه في 2.

$$r=\frac{D}{2} \quad D=r\times 2 \quad D=0.61m\times 2=1.2m$$

خذ الارتفاع ضعف القطر، وهي قيمة معقولة للأسطوانة:

$$\mathrm{H}=\mathrm{D}\times 2 \quad \mathrm{H}=1.2\mathrm{m}\times 2=2.4\mathrm{m}$$

خد نطاق التشتت بنسبة 10% من الارتفاع

$$\text{نطاق التشتت}=\frac{H}{10\%}=\frac{2.4m}{10\%}=0.24m$$

تحقق من وقت بقاء القطرات في نطاق التشتت:

$$\text{زمن بقاء القطرات}=\frac{\text{الارتفاع}}{\text{السرعة}}$$

$$\text{زمن بقاء القطرات}=\frac{H}{U_d}=\frac{0.24\cancel{m}}{0.0012\frac{\cancel{m}}{\cancel{s}}}=200\cancel{s}\times\frac{1\cancel{s}}{60min}=(\sim 3min)$$

هذا مناسب، يوصي عادة بوقت من 2 إلى 5 دقائق من حجم قطرات الماء (الطور الثقيل الخفيف) التي يمكن ان تنقل بالزيت (الطور الخفيف).

الان نجد سرعة الطور المشتت U_d (الزيت):

$$\text{سرعة طور الزيت}(U_d)=\frac{\dot{m}}{\rho}\times A_i$$

$$U_d = \frac{1000 \frac{kg}{hr}}{900 \frac{kg}{m^3}} \times \frac{1}{1.16m} = 0.95 \frac{m}{hr} \times \frac{1hr}{3600s} = 2.7 \times 10^{-4} \frac{m}{s}$$

$$= 2.7 \times 10^{-4} \frac{m}{s} \quad (0.27 \frac{mm}{s})$$

من المعادلة 10.7: نجد d_d للزيت:

$$ud = \frac{d_d^2 \, g(\rho_d - \rho_c)}{18 \mu c}$$

$$\mathrm{d_d} = \left[\frac{\mathrm{ud18\mu c}}{\mathrm{g(\rho_d - \rho_c)}}\right]^{\frac{1}{2}} = \left|\frac{2.7 \times 10^{-4} \times 18 \times 3 \times 10^{-3}}{9.81(1000 - 900)}\right|^{\frac{1}{2}} = 1.2 \times 10^{-4}\mathrm{m}$$

$$1.2 \times 10^{-4}\mathrm{m} = 120 \mu m$$

الذي يكون مناسب: أقل من 150mm.

ترتيب الأنابيب:

لتقليل الانجراف بواسطة نفاثة السائل التي تدخل الوعاء، فإن سرعة الدخول لـ a

يجب أن يبقى الدورق أقل من $1 \frac{m}{s}$.

معدل التدفق الكلي $= \left[\frac{m^{\circ} oil}{\rho oil} + \frac{m^{\circ} H_2O}{\rho H_2O}\right] = \left[\frac{1000 \frac{kg}{hr}}{900 \frac{kg}{m^3}} + \frac{5000 \frac{kg}{hr}}{1000 \frac{kg}{m^3}}\right] = 6.11 \frac{m^3}{hr}$

نحول الساعة الى ثواني وذلك بضربها في $\frac{1}{3600s}$

$$6.11 \frac{m^3}{hr} \times \frac{1hr}{3600s} = 1.7 \frac{m^3}{s}$$

نجد مساحة الانبوب:

$$\text{مساحة الانبوب} = \frac{\text{معدل التدفق الكلي}}{\text{السرعة}}$$

$$A_{pip} = \frac{1.7\frac{m^3}{s}}{1\frac{m}{s}} = 1.7 \times 10^{-3} m^2$$

نجد قطر الانبوب: باعتبار مقطع الانبوب دائري إذا من مساحة الدائرة نجد القطر:

$$\text{مساحة الانبوب} = \frac{\pi d^2}{4} = D = \sqrt{\frac{A_i(4)}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{1.7\times10^{-3}(4)}{3.14}} \quad D = 0.047M$$

بتحويلها الى mm تصبح:

$$= 0.047\text{m} \approx 0.5\text{m} = 50\text{mm}$$

خذ موضع السطح البيني في منتصف الطريق لأعلى الوعاء والسائل الخفيف عند الامتصاص بنسبة 90٪ من ارتفاع الوعاء:

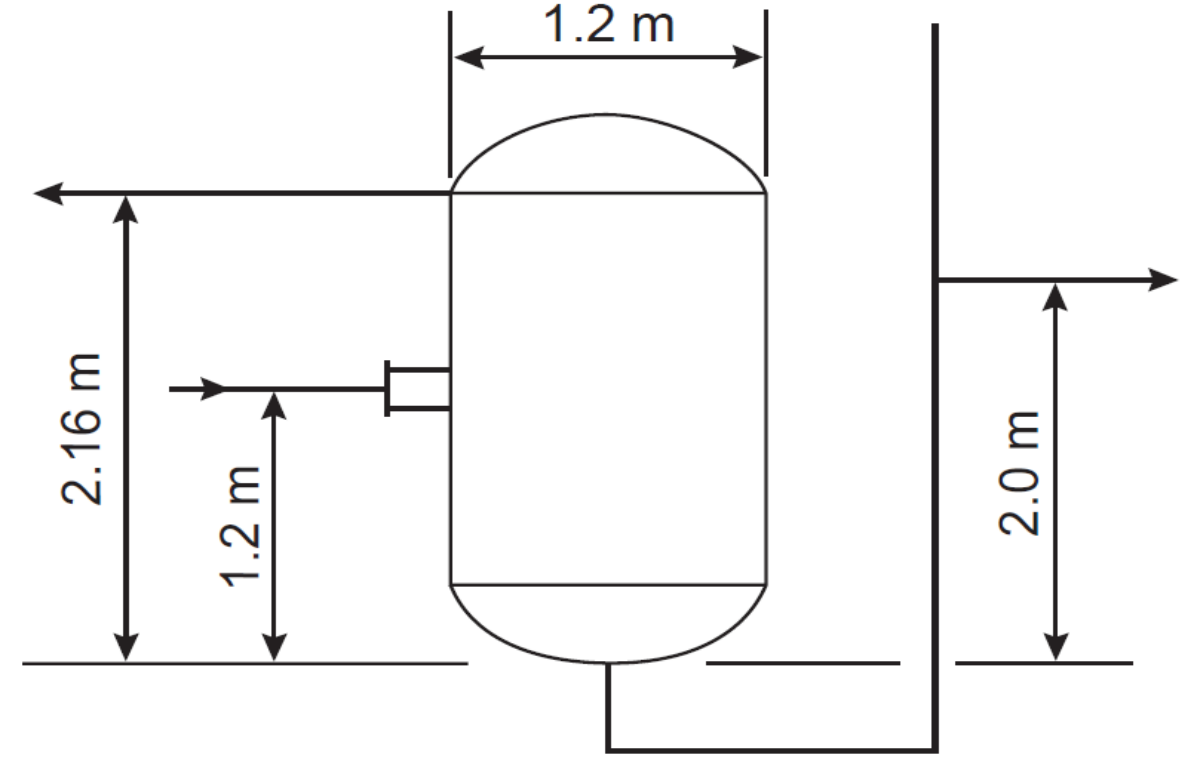
$$Z_1 = 0.9 \times H = 0.9 \times 2.4 = 2.16m$$

$$Z_3 = 0.5 \times H = 0.5 \times 2.4 = 1.2m$$

$$Z_2 = \frac{(Z_1 - Z_3)}{\rho H_2 O} \times \rho Oil + Z_3$$

$$\frac{(2.16\text{m} - 1.2m)}{1000 \frac{kg}{m^3}} \times 900 \frac{kg}{m^3} + 1.2m = 2.06m \text{ نقول } 2.0m$$

مقترح التصميم:



يجب تركيب صمامات التصريف عند السطح البيني بحيث يكون هناك ميل للمستحلب يمكن فحص النموذج واستنزاف المستحلب المتراكم في الواجهة بشكل دوري حسب الضرورة.

فواصل غاز-سائل 10.9

يتم فصل قطرات السائل عن الغاز أو البخار وذلك باستخدام فواصل عمودية أو فوصل أفقية.

سرعة استقرار سائل في غاز 10.9.1

المعادلة 10.10 يمكن ان تستخدم لحساب سرعة استقرار القطرات السائلة، لتصميم وعاء الفصل.

$$U_t = 0.07[\frac{[\rho_L - \rho_v]}{\rho_v}]^{\frac{1}{2}} \qquad (10.10)$$

حيث أن:

(U_t) سرعة استقرار سائل في غاز $(\frac{m}{s})$.

(ρ_L) كثافة السائل $(\frac{kg}{m^3})$.

(ρ_v) كثافة البخار $(\frac{kg}{m^3})$.

-إذا لم يستخدم المتحكم، فإن قيمة، (U_t) التي تم الحصول عليها من المعادلة (10.10) يجب ان يتضاعف باستخدام العامل (0.15) لتوفير حد أمان وللسماح بالزيادة المفاجئة.

10.9.2 الفواصل العمودية

يجب أن يكون قطر الخزان كبيرا بما يكفي لإبطاء الغاز أقل سرعة التي تستقر فيها الجزيئات، لذلك سيتم إعطاء الحد الأدنى للقطر المسموح به من قبل.

$$D_v = \sqrt{\frac{4V_v}{\pi U_s}} \qquad (10.11)$$

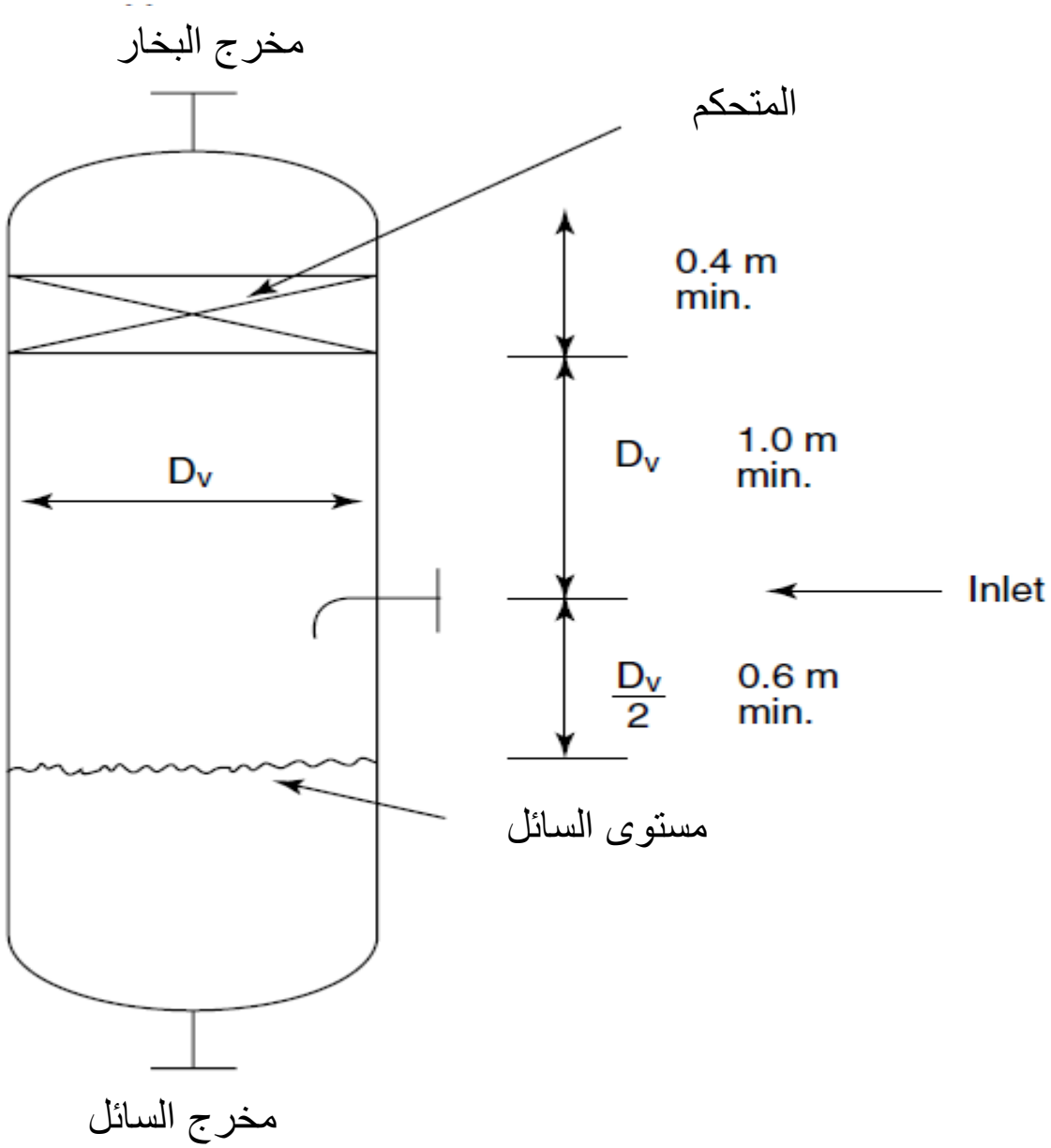
(D_v) الحد الأدنى لقطر الخزان (أقل نسبة) (m).

(V_v) معدل التدفق الحجمي للغاز او البخار ($\frac{m^3}{s}$).

($U_s = U_t$) إذا تم استخدام متحكم،

و ($U_s = U_t \times 0.15$) إذا لم يتم استخدام متحكم.

و (U_t) من المعادلة (10.10) ($\frac{m}{s}$).



(فاصل عمودي بخار-سائل)

يجب ان يكون ارتفاع منفد الخزان فوق البخار كافيا للسماح بتحرر القطرات السائلة.
ارتفاع يساوي قطر الخزان او (1m) والتي هي الأكبر يجب استخدامها سيعتمد مستوى السائل على الوقت المناسب اللازم لمراقبة التشغيل: عادة ما يتم السماح ب 10 دقائق.

مثال10.5:

صمم فاصل لفصل خليط من الماء والبخار إذا كان معدل تدفق البخار ($2000\frac{kg}{h}$) ومعدل تدفق الماء ($1000\frac{kg}{h}$) عند ضغط تشغيل (4bar)؟

الحل:

أولا: نجد كثافة الماء والبخار من جداول البخار عند(4bar):حرارة التشبع = (143.6°C) .

كثافة الماء = ($926.4\frac{kg}{m^3}$) وكثافة البخار = ($2.16\frac{kg}{m^3}$).

ثانيا: نجد سرعة استقرار سائل في الغاز (U_t). من القانون 10.10 .

$$U_t = 0.07[\frac{[\rho_L - \rho_v]}{\rho_v}]^{\frac{1}{2}} \qquad (10.10)$$

$$U_t = 0.07[\frac{[926.4 - 2.16]}{2.16}]^{\frac{1}{2}} = 1.45\frac{m}{s}$$

ثالثاً: نظراً لأن تكثيف الفصل من البخار يكون بعيد الاحتمال ان تكون حاسمة (فلن يتم تحديد المتحكم).

-و إذا لم يستخدم المتحكم، فإن قيمة، (U_t) التي تم الحصول عليها من المعادلة (10.10) يجب ان يتضاعف باستخدام العامل (0.15) لتوفير حد أمان وللسماح بالزيادة المفاجئة.

و $(U_s = U_t \times 0.15)$ إذا لم يتم استخدام متحكم .و (U_t) من المعادلة (10.10) $(\frac{m}{s})$.

$$U_S = 0.15 * U_t = 0.15 * 1.45 \frac{m}{s} = 0.218 \frac{m}{s}$$

رابعاً: نجد معدل تدفق الحجمي للبخار (V_v):

$$\text{معدل التدفق الحجمي للبخار}(V_v) = \frac{\text{معدل التدفق الكتلي للبخار}(m_v)}{\text{كثافة البخار}(\rho_v)}$$

$$V = \frac{m}{\rho} \quad \rightarrow V_v = \frac{m_v}{\rho_v} = \frac{2000 \frac{kg}{hr}}{2.16 \frac{kg}{m^3}} = 925.9 \frac{m^3}{hr}$$

نحول الساعة إلى ثواني وذلك بالضرب في 3600.

$$925.9 \frac{m^3}{hr} \times \frac{1hr}{3600s} = 0.257 \frac{m^3}{s}$$

خامساً: نجد الحد الأدنى لقطر الخزان (D_v):

$$D_v = \sqrt{\frac{4\dot{V_v}}{\pi U_s}} \rightarrow$$

$$D_v = \sqrt{\frac{4(0.257\frac{m^3}{s})}{(3.14)\times(0.218\frac{m}{s})}} = 1.23m$$

$\rightarrow 1.23\text{m}$ حوالي $1.25\text{m}(4\text{ft})$

سادساً: نجد معدل التدفق الحجمي للماء $(\dot{V_L})$:

$$\text{معدل التدفق الحجمي للماء}(\dot{V_L}) = \frac{\text{معدل التدفق الكتلي للبخار}(\dot{m_L})}{\text{كثافة البخار}(\rho_L)}$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad \rightarrow \dot{V_L} = \frac{\dot{m_L}}{\rho_L} = \frac{1000\frac{kg}{hr}}{926.14\frac{kg}{m^3}} = 1.079\frac{m^3}{hr}$$

نحول الساعة إلى ثواني وذلك بالضرب في 3600.

$$1.079\frac{m^3}{hr}\times\frac{1hr}{3600s} = 3.0\times10^{-4}\frac{m^3}{s}$$

سابعاً: السماح بحد أدنى (أقل نسبة) وهي 10دقائق:

الزمن المسموح(10دقائق) × معدل التدفق الحجمي للماء = الحجم المحفوظ في الخزان

نحول 10دقائق إلى ثواني:

$$V = \dot{V_L} \times time(10min) =\rightarrow 10\cancel{min} \times \frac{60s}{\cancel{1min}} = 600s$$

$$\rightarrow V = 3.0 \times 10^{-4} \frac{m^3}{\cancel{s}} \times 600\cancel{s} = 0.18m^3$$

ثامناً: نجد عمق السائل المطلوب(الارتفاع) (h_v):

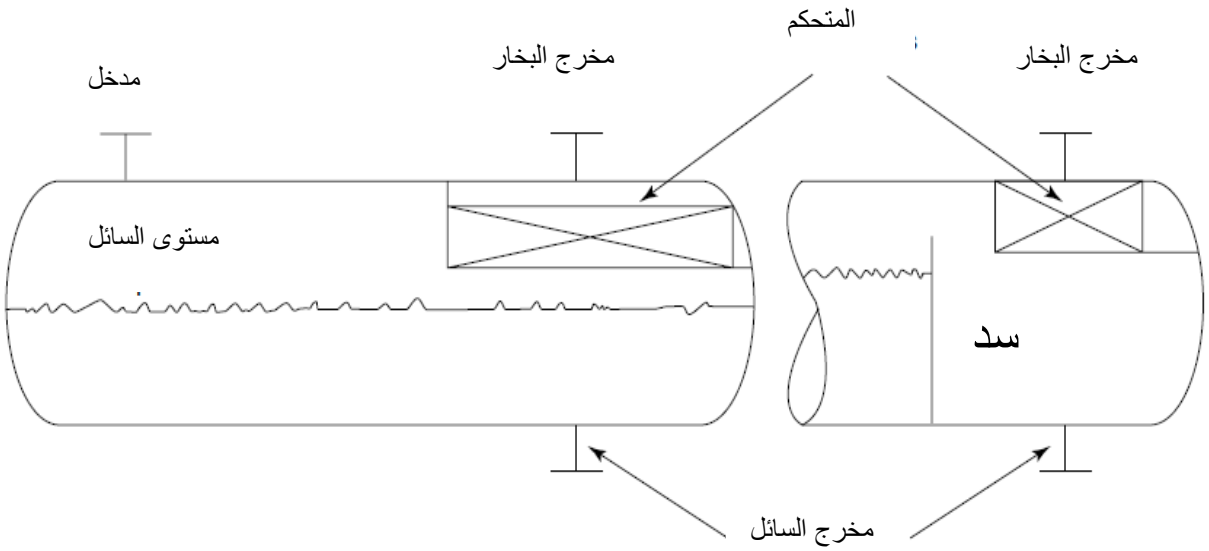
$$\text{عمق السائل المطلوب } (h_v) = \frac{\text{الحجم المحفوظ للخزان}}{\text{مساحة المقطع العرضي للخزان(مساحة الدائرة)}}$$

$$h_v = \frac{V}{\frac{\pi(D_v)^2}{4}} = \frac{0.18\cancel{m^3}}{\frac{3.14(1.25\cancel{m})^2}{4}} = 0.15m$$

زيادة الى 0.3 للسماح بمساحة لوضع وحدة التحكم في المستوى.

الفواصل الأفقية (10.9.3):

يظهر تخطيط الفاصل الأفقي النموذجي في الشكل التالي، ويتم تحديد فاصل أفقي عند الحاجة إلى وقت طويل عند احتجاز السائل:



(فاصل أفقي لفصل السائل عن الغاز او البخار)

في تصميم الفاصل الأفقي، لا يمكن تحديد قطر الخزان بشكل مستقل عن طوله، على عكس الفاصل (العمودي).

يجب اختيار القطر والطول ومستوى السائل لإعطاء وقت بقاء بخار كاف حتى تستقر قطرات السائل، ووقت احتجاز السائل المطلوب.

تعتمد النسبة الأكثر اقتصاداً بين الطول والقطر على ضغط التشغيل.

كدليل عام يمكن استخدام القيم التالية:

الطول\ القطر $(L_v \backslash D_v)$	ضغط التشغيل (bar)
3	0-20
4	20-35
5	>35

العلاقة بين مساحة تدفق البخار (A_v) والارتفاع فوق مستوى السائل (h_v) يمكن العثور عليها من الجداول التي توضح أبعاد مقاطع الدوائر، التصميمات الأولية، أضبط ارتفاع السائل عند نصف قطر الخزان:

$$h_v = \frac{D_v}{2} \text{ و } f_v = 0.5$$

حيث أن:

(f_v)هو جزء من إجمالي مساحة المقطع العرضي التي يشغلها البخار.

يتم توضيح إجراء تصميم أجهزة الفصل الافقية في المثال التالي (10.6):

مثال 10.6:

صمم فاصلاً أفقياً لفصل $(10000\frac{kg}{hr})$ من السائل بكثافة $(962.0\ \frac{kg}{m^3})$ و $(12500\frac{kg}{hr})$ من البخار بكثافة $(23.6\frac{kg}{m^3})$ وعلما بأن ضغط التشغيل الخزان تساوي (21bar)؟

الحل:

أولا: نجد سرعة استقرار سائل في غاز (U_t):

$$U_t = 0.07[\frac{[\rho_L - \rho_v]}{\rho_v}]^{\frac{1}{2}}$$

$$U_t = 0.07[\frac{[962.0 - 23.6]}{23.6}]^{\frac{1}{2}}$$

$$U_t = 0.44\frac{m}{s}$$

جرب الفاصل بذون متحكم:

$$U_a = 0.15 \times U_t \text{ أي}$$

$$U_a = 0.15 \times 0.44\frac{m}{s}$$

ثانيا: نجد معدل التدفق الحجمي للبخار $(\dot{V_V})$.

$$\text{معدل التدفق الحجمي للبخار}(\dot{V_v}) = \frac{\text{معدل التدفق الكتلي للبخار}(\dot{m_v})}{\text{كثافة البخار}(\rho_v)}$$

$$\dot{V_v} = \frac{\dot{m_v}}{\rho_v} = \rightarrow \dot{V_v} = \frac{12500\frac{\cancel{kg}}{hr}}{23.6\frac{\cancel{kg}}{m^3}} = 529.6\frac{m^3}{hr}$$

نحول الساعة إلى ثواني وذلك بالضرب في 3600.

$$529.6\frac{m^3}{\cancel{hr}} \times \frac{1\cancel{hr}}{3600s} = 0.147\frac{m^3}{s}$$

نأخذ: $\left(\frac{\mathrm{L_v}}{\mathrm{D_v}} = 4\right.$ و $\left.h_v = 0.5 \times \mathrm{D_v}\right)$

ومن الجدول نأخذ القطر\الطول عند ضغط تشغيل (21bar):

الطول\ القطر $(L_v \backslash D_v)$	ضغط التشغيل (bar)
3	0-20
4	20-35
5	>35

عند ضغط تشغيل (21bar) $\frac{\mathrm{L_v}}{\mathrm{D_v}} = 4$

ثالثاً: نجد مساحة المقطع العرضي لتدفق البخار:

$$\mathrm{A_v} = \frac{\pi \mathrm{D_v^2}}{4} \times \mathrm{h_v} = \frac{(3.14) \times \mathrm{D_v^2}}{4} \times 0.5 = 0.393 Dv^2$$

رابعاً: نجد سرعة البخار $(\mathrm{U_v})$.

$$U_v = \frac{V_v^{\cdot}}{A_v} \text{ سرعة البخار} = \frac{\text{معدل التدفق الحجمي للبخار}}{\text{مساحة المقطع العرضي لتدفق للبخار}}$$

$$U_v = \frac{0.147}{0.393Dv^2} = 0.374Dv^{-2}$$

سادسا: نجد زمن بقاء البخار المطلوب حتى تستقر القطرات على سطح السائل(t).

$$t = \frac{h_v}{U_a} \rightarrow \text{زمن بقاء البخار المطلوب} = \frac{\text{ارتفاع مستوى السائل}}{\text{سرعة استقرار سائل في غاز}}$$

$$\rightarrow = \frac{0.5D_v}{0.66} = 7.58D_v$$

$$\text{زمن البقاء الفعلي} = \frac{\text{طول الخزان}}{\text{سرعة البخار}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{L_v}{U_v} = \frac{4D_v}{0.374D_v^{-2}} = 10.70D_v^{-3}$$

للانفصال المناسب:

وقت البقاء المطلوب= الوقت الفعلي

$$\frac{h_v}{U_a} = \frac{L_v}{U_v} \rightarrow 7.58D_v = 10.70D_v^3$$

$$D_v = \sqrt{\frac{h_v \backslash U_a}{L_v \backslash U_v}}$$

$$D_v = \sqrt{\frac{7.58}{10.70}} = 0.84m \approx 0.92m(\text{حجم الانبوب القياسي } 3ft)$$

سابعاً: وقت توقف السائل: نجد التدفق الحجمي للماء(للسائل).

$$\text{معدل التدفق الحجمي للماء}(V_L^{\cdot}) = \frac{\text{معدل التدفق الكتلي للبخار}\,(m_L^{\cdot})}{\text{كثافة البخار}\,(\rho_L)}$$

$$V_L^{\cdot} = \frac{m_L^{\cdot}}{\rho_L} \rightarrow \frac{10000 \frac{\cancel{kg}}{hr}}{962.0 \frac{\cancel{kg}}{m^3}} = 10.39 \frac{m^3}{hr}$$

نحول الساعة إلى ثواني وذلك بالضرب في 3600.

$$10.39 \frac{m^3}{\cancel{hr}} \times \frac{1\cancel{hr}}{3600s} = 0.00289 \frac{m^3}{s}$$

ثامناً: نجد مساحة المقطع العرضي للسائل (A_L).

$$A_L = \frac{\pi D_v^2}{4} \times h_v = \frac{(3.14) \times (0.92)^2}{4} \times 0.5 = 0.332m^2$$

تاسعاً: نجد الطول (L_v):

$$L_v = 4 \times D_v \rightarrow 4 \times (0.92) = 3.7m$$

عاشراً: نجد الحجم المتأخر(التأخير).

الحجم المتأخر =المساحة × الطول

الحجم السائل المتأخر =$A_L \times L_v = 0.332m^2 \times 3.7m = 1.23m^3$

نجد زمن التأخير:

$$\text{زمن التأخير} = \frac{\text{حجم السائل}}{\text{معدل التدفق السائل}}$$

$$\text{زمن التأخير} = \frac{1.23m^3}{0.00289\frac{m^3}{s}} = 426s$$

نحول الثواني إلى دقائق وذلك بالضرب في 60.

$$426s \times \frac{60min}{1s} = 7min$$

هذه القيمة غير مرضية، المطلوب 10 دقائق كحد أدنى (أقل نسبة):

نحتاج إلى زيادة حجم السائل، من الأفضل القيام بذلك عن طريق زيادة قطر الخزان. إذا تم الحفاظ على ارتفاع السائل عند نصف قطر الخزان فيجب زيادة القطر بمقدار: تقريبا.

$$= (\frac{10}{7})^{0.5} = 1.2$$

نجد القطر(الجديد) (D_v).

$$D_{v\,new} = 1.2 \times D_{v\,past} = 1.2 \times 0.92m = 1.1m$$

تحقق من وقت بقاء السائل:

نجد الطول الجديد.(L_v)

$$L_{v\,new} = 4 \times D_{V\,new} = 4 \times 1.1m = 4.4m$$

نجد حجم السائل(الجديد):

لإيجاد حجم السائل (الجديد) نجد المساحة الجديدة قبل:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \times 0.5 = \frac{3.14 \times (1.1)^2}{4} = 0.47m^2$$

حجم السائل الجديد= المساحة(الجديدة)* الطول(الجديد)

$$\text{حجم السائل(الجديد)} = (0.47m^2) \times (4.4m) = 2.09m^3$$

نجد زمن البقاء(الجديد):

$$\text{زمن البقاء(الجديد)} = \frac{\text{حجم السائل(الجديد)}}{\text{معدل التدفق الحجمي للسائل(السابق)}}$$

$$\text{زمن البقاء(الجديد)} = \frac{V_{L\,new}}{\dot{V}_{L\,past}} = \frac{2.09\cancel{m^3}}{0.00289\frac{\cancel{m^3}}{s}} = 723s$$

نحول من ثواني إلى دقائق:

$$723\cancel{s} \times \frac{1\cancel{s}}{60min} = 12min$$

و(هذا الزمن مرضي)

أو حل أخر:

تحقق من زمن بقاء السائل: نجد حجم السائل أولاً:

$$V_{L\,new} = \frac{\pi \times D_{v\,new}^2}{4} \times 0.5 \times 4 \times D_{v\,new} =$$

$$V_{L\,new} = \frac{3.14 \times (1.1m)^2}{4} \times 0.5 \times 1.1m = 2.09m^3$$

نجد زمن البقاء(الجديد):

$$\text{زمن البقاء}(\text{الجديد}) = \frac{\text{حجم السائل}(\text{الجديد})}{\text{معدل التدفق الحجمي للسائل}(\text{السابق})}$$

$$\text{زمن البقاء}(\text{الجديد}) = \frac{V_{L\,new}}{\dot{V}_{L\,past}} = \frac{2.09m^3}{0.00289\,\frac{m^3}{s}} = 723s$$

نحول من ثواني إلى دقائق:

$$723\cancel{s} \times \frac{1\cancel{s}}{60min} = 12min$$

وهو زمن مرضي.