٣-١٤-٣- الترسيب

تتم عملية ترسيب في أحواض تلي أحواض الخلط البطيء بغية إزالة المواد العالقة بالمياه أو الندف المتشكلة نتيجة لإضافة المخثرات والتي كتلتها الحجمية أكبر من الكتلة الحجمية للماء، وذلك تحت تأثير الثقالة. إن دراسة عملية الترسيب معقدة حيث تؤثر فيها عدة عوامل منها شكل الجسيمات وأبعادها، نظام جريان الماء.

تتم هذه العملية بترك المياه ساكنة لمدة من الزمن، في خزانات وأحواض ترسيب، فإنه يرسب ما بها من مواد عالقة وميكروبات إلى القاع. ولزيادة سرعة الترسيب، تضاف المخثرات إلى الماء، لزيادة سرعة تجمع الجسيمات الغروانية، وتكوين معلق غرواني، يرسب سريعاً، حاملاً معه الأحياء الدقيقة والأجسام المعلقة.

لتبسيط الدراسة نعتبر ترسيب جسيمة كروية معزولة.

٣-١٤-٣-١- تحليل عملية ترسيب جسيمة معزولة

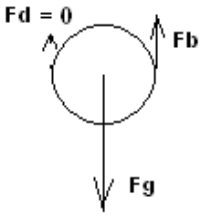
قبل تصميم حوض الترسيب يجب معرفة سرع ترسيب الجسيمات المراد إزالتها، و إن الصفات الفيزيائية للجسيمة تحدد سرعة الترسيب الحدية لها.

من أجل تحليل القوى المؤثرة على الجسيمة المترسبة في كتلة مائع سنأخذ الإفتراضات التالية بالحسبان:

- الجسيمة منفصلة عن باقي الجسيمات في المعلق لا يتغير حجمها و لا شكلها ولا كتلتها الحجمية أثناء الترسيب.
- يتم الترسيب في وعاء كبير نسبة إلى حجم الجزيئة بحيث يمكن حذف تأثير جدران الوعاء على عملية الترسيب.
- الجسيمة المنفصلة كروية الشكل (كرية) قطرها d ووزنها النوعي ρ_s موجودة في مائع كتلته الحجمية ρ_w (الكثافة)

وعند ترك الجسيمة دون دفع في المائع تبدأ بالسقوط بحركة متسارعة بتأثير القوى المؤثرة عليها (مبينة في الشكل).

www.islamsc.com

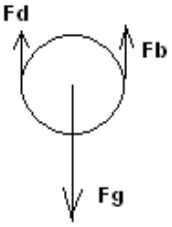


$F_g - F_b = (\rho_s - \rho)(g)(V_p)$

t = 0

Vo

(a)

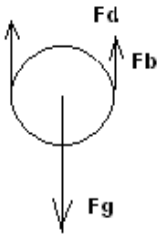


$Fd = \frac{C_D A_p \rho V_s^2}{2}$

t = t

V_s

(b)



$F_g - F_b = Fd$

Vsc

(c)

حيث:

Fg: قوة الثقالة.

Fb: قوة الطفو المؤثرة على الجسيمة في الماء.

Fd: قوة ممانعة الحركة من المائع (تزداد بزيادة سرعة سقوط الجسيمة) .

V_p: حجم الجسيمة (الكرية) .

g تسارع الجاذبية الأرضية .

إن قوة الجذب إلى الأسفل تساوي الوزن المغمور للجسيمة F_G:

$$F_G = F_g - F_b = (\rho_p - \rho_w) \cdot g \cdot V_p \quad \text{.....(1)}$$

و قوة ممانعة الحركة نتيجة الاحتكاك Fd تعطي حسب قانون نيوتن:

$$F_D = \frac{C_D \cdot A_p \cdot \rho_w \cdot v_s^2}{2} \quad \text{.....(2)}$$

www.islamsc

حيث:

CD: عامل مقاومة الحركة وتتبع لنظام الجريان.

A_p : مساحة مقطع الجسيمة باتجاه معامد على اتجاه الحركة.

V_s :سرعة سقوط الجسيمة.

بفرض أن الجسيمة تنطلق من السكون، تكون سرعة السقوط معدومة في بداية الزمن و تكون قوة ممانعة الحركة معدومة أيضاً، و لكن تبدأ الكرية بحركة متسارعة بسبب تعرضها لمجموع قوتين هما الوزن الذاتي و قوة الطفو و يكون قانون الحركة (قانون نيوتن) لهذه الجسيمة:

$$m\frac{dV}{dt} = F_g - F_b \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث

m : كتلة الجزيئة.

v : سرعة حركة الجسيمة في الماء

بعد مرور فترة من الزمن ومع زيادة السرعة تزداد قيمة قوة ممانعة الحركة Fd التي جهتها نحو الأعلى حتى نصل إلى حالة تتساوى فيها القوة المسببة للحركة مع القوة الممانعة، عندها تنعدم القوة المحركة.

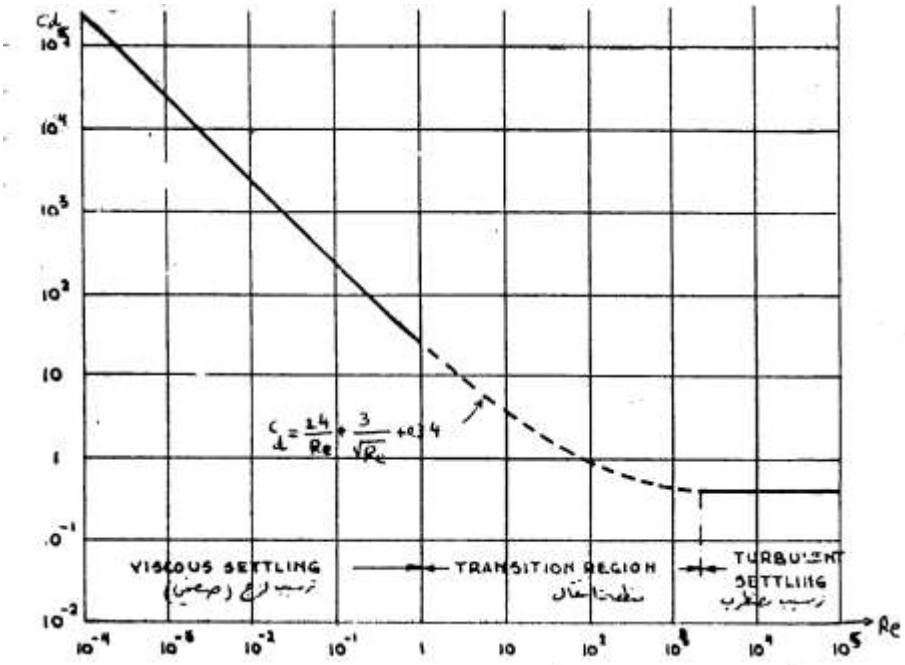
$$m\frac{dV}{dt} = F_g - F_b - F_d = 0 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

بتعويض قيم $F_g - F_b$ و F_d من المعادلات (١) و (٢) في المعادلة (٤) نجد

$$m\frac{dV}{dt} = (\rho_p - \rho)V_p g - \frac{C_D A_p \rho V_s^2}{2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

www.islam.com

و تتبع قيمة عامل الاحتكاك CD لنظام الجريان أي لرقم رينولدس كما يبين الشكل ٣ . ١٨.



الشكل (٣ – ١٨): منحني علاقة معامل الاحتكاك برقم رينولدس.

و نلاحظ وجود ثلاث مناطق متميزة حسب قيمة رقم رينولدس Re وهي:

أ . من أجل : Re < 1

إن جريان الماء باتجاه الأعلى على مسار جزيئة تتحرك باتجاه الأسفل يحدث في ظروف الجريان الصحفي.

وهنا تعزى مقاومة الإحتكاك لقوى لزوجة السائل فقط ويأخذ عامل الإحتكاك القيمة:

$$C_D = 24/Re \qquad (3 - 6)$$

www.isla

$$C_D = \frac{24}{R_e} = \frac{24\mu}{\rho V_s d_p} \qquad \text{.....(6)}$$

بتعويض قيم CD , Ap , Vp نحصل على معادلة ستوكس من أجل سرعة الترسيب الحدية.

$$V_S = \frac{1}{18} \cdot \frac{g}{\upsilon} \cdot \frac{(\rho_P - \rho_W)}{\rho_W} \cdot d^2$$

حيث υ اللزوجة الحركية للمائع.

وتطبق علاقة ستوكس من أجل الجريان الصحفي وجسيمات أبعادها أقل من 0.1 ميلي متر وذات كتلة حجمية .

إن كافة الجسيمات المعلقة الموجودة في حوض الترسيب والتي لها سرعة ترسيب في الماء تزيد عن السرعة الحدية V_s تترسب في الحوض . أما الجسيمات ذات سرعة الترسيب V_{si} أقل من Vs فيتم إزالتها من الحوض بشكل يتناسب مع النسبة V_{si} / V_s .

ب . من أجل : Re > 2000

إن جريان الماء في هذه الحالة باتجاه الأعلى على مسار جسيمة تتحرك باتجاه الأسفل يتم في شروط الجريان المضطرب وتهمل قوى اللزوجة للسائل بالمقارنة مع المقاومة الناتجة عن الدوامات.

وقيمة عامل الاحتكاك Cd تصبح ثابتة تقريباً من أجل شكل معين للجسيمات.

أما إذا كانت الجسيمات المترسبة أكبر من ١ ميلي متر فإن طبيعة الجريان مضطرب ونأخذ Cd = 0.4 من أجل الجسيمات الكروية، وتعطى سرعة ترسيب الجسيمة بالعلاقة:

$$V_S = 1.83 \; g^{0.5} \left(\frac{\rho_P - \rho_W}{\rho_W} \right)^{0.5} \cdot d^{0.5}$$

www.islamsc.com

ج. من أجل: $1 < Re < 2000$

إن الجسيمات التي أبعادها بين ٠.١ و ١ ميلي متر تسقط تحت منطقة انتقالية للترسيب، حيث تتعلق شروط الحركة باللزوجة ومركبات الاضطرابات معاً. وتعطى سرعة الترسيب بعلاقة هيزن المعدلة:

$$Vs = 60.6 * d* \quad (3T+70/100) \qquad ( )$$

حيث Vs : سرعة الترسيب (سم/ثا)

d: قطر الجسيمة (سم)

T: درجة حرارة المائع (درجة مئوية).

من أجل كتلة حجمية للجسيمة قدره ٢.٦٥ وللمائع ١ نجد:

$$Vs = d \ (3T+70) \qquad ( )$$

من علاقة ستوكس يتبين أن سرعة ترسيب الجسيمة المنفصلة الأثقل في كتلة مائية تعتمد على:

- الكتلة الحجمية للجسيمات المترسبة، مع ازدياد الكثافة النوعية للجسيمة تزداد سرعة الترسيب.
- الكتلة الحجمية للمائع ، مع انخفاض الكثافة النوعية للمائع تزداد سرعة الترسيب.
- درجة حرارة المائع ، مع ازدياد درجة حرارة المائع تنخفض الكتلة الحجمية للمائع وبالتالي تزداد سرعة الترسيب.
- حجم الجسيمات المترسبة، مع ازدياد حجم الجسيمات تزداد سرعة الترسيب.

٣-١٤-٣-٢- تجربة عمود الترسيب:

لإجراء التجربة نحتاج عمود ترسيب بارتفاع حوالي 3m و يجب أن لا يقل عن الارتفاع المتوقع لحوض الترسيب. ويوجد على العمود عدد من نقاط جمع العينات بتباعد حوالي 0.5 m .

www.islamsc.com

و نبدأ التجربة بتأمين تجانس في تركيز الجسيمات على كامل ارتفاع العمود هو التركيز الابتدائي (بالتحريك).

و باستمرار عملية الترسيب نجمع عينات متواقتة من نقاط مختلفة على ارتفاع العمود و في أزمنة مختلفة و ذلك من أجل تحديد تركيز المواد الصلبة المعلقة عند نقطة و زمن الإعتيان .

و نحدد نسبة الازالة لكل عينة و نوقعها على مستوى الاحداثيات على شكل رقم يعبر عن نسبة الإزالة عند الارتفاع المحدد و الزمن المحدد.

$$\%R_{ti,h} = \frac{X_o - X_{ti,h}}{X_o} \times 100\%$$

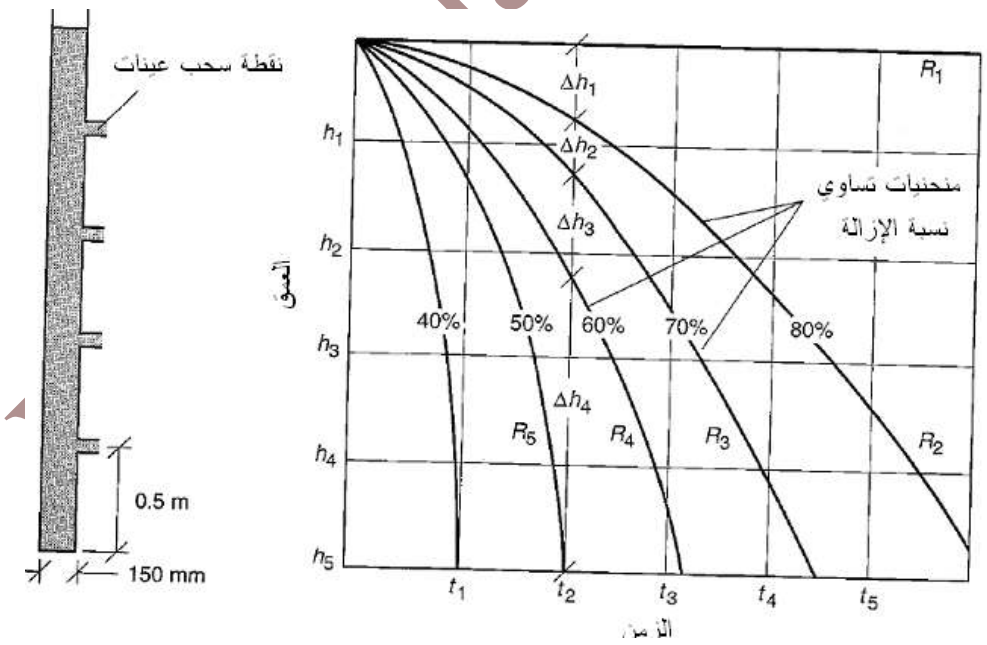
حيث:

$R_{ti,h}$ النسبة المئوية لإزالة المواد الصلبة المعلقة عند الزمن ti و العمق h %

X_o التركيز الابتدائي للمواد الصلبة، mg/l

$X_{ti,h}$ تركيز للمواد الصلبة عند الزمن ti و العمق h ، mg/l

رسم خطوط تساوي نسبة الإزالة المارة بين النقاط ذوات الأرقام



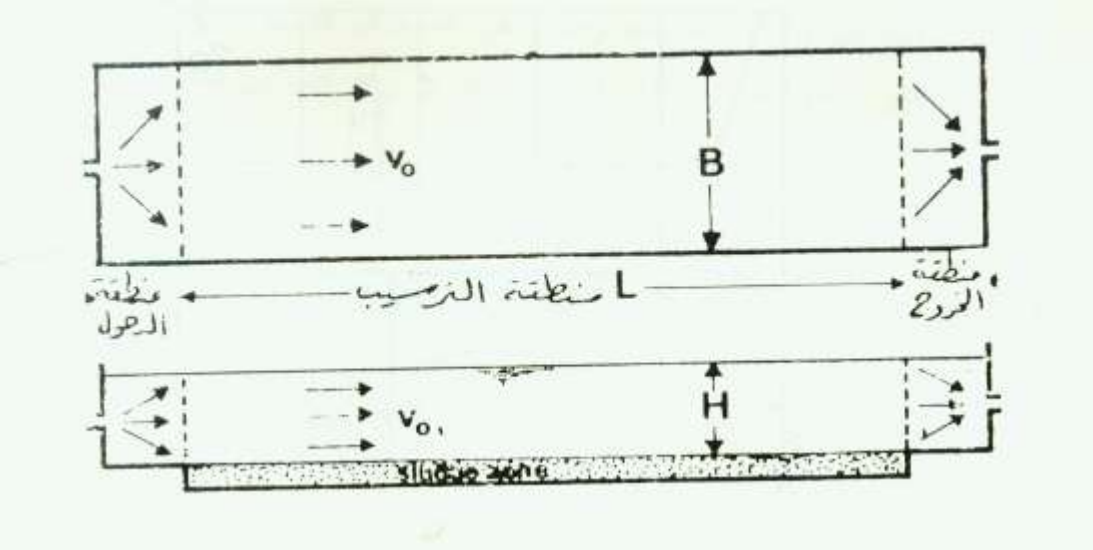
من الناحية العملية يجب تأمين عمق معين للحوض لتجب حصول حالات الدارة القصيرة ، فالقيمة العملية لعمق الحوض هي 3m– 6m و زمن مكوث لعدة ساعات.

٣-١٤-٣ - ٣- نماذج أحواض الترسيب

لا ينبغي اعتبار حوض الترسيب كوعاء بسيط، لأنه يشكل في الواقع مجموعة معقدة قليلاً أو كثيراً حسب نموذج الحوض وحيث تتحدد فعالية الترسيب بهيدرولكية الحوض.

تميز أحواض الترسيب حسب شكلها الخارجي (مستطيلة، دائرية) وتبعاً لأسلوب عملها هل هو مستمر أو متقطع، والمرسبات ذات العمل المستمر هي الأكثر استخداماً في الوقت الحاضر. كما تصنف الأحواض حسب اتجاه جريان المياه فيها إلى أحواض ذات تدفق أفقي عندما يتحرك الماء باتجاه أفقي، وأحواض ذات تدفق شاقولي تتكون بشكل عام من جزء علوي أسطواني يعلو جزء مخروطي ذو ميل ٤٥° وتنتقل فيه المياه المعدة للترسيب شاقولياً من الأسفل إلى الأعلى وتخرج المياه المرسبة من أعلى الجزء الأسطواني للحوض. تستخدم الأحواض ذات الجريان الشاقولي في معالجة مياه محملة كثيراً بالمعلقات.

يمكن أن يفترض بأن حوض الترسيب المستطيل يحوي مناطق مختلفة، كما في الشكل (٣ - ١٩).



الشكل (٣ - ١٩): المناطق الرئيسية في حوض الترسيب.

باعتبار الطول الفعال للحوض L، عرض الحوض B ، عمق منطقة الترسيب H ، سرعة الدخول الأفقية للماء v_h ، تكون كمية الماء المتدفقة عبر الحوض Q هي:

msc.com

$$Q = B \cdot H \cdot v_h \qquad ( )$$

سوف تزال الجسيمة من الحوض إذا وصلت إلى منطقة الرواسب قبل دخولها في منطقة الخروج أي إذا كان زمن الترسيب أصغر من زمن قطع المسافة الأفقية للحوض:

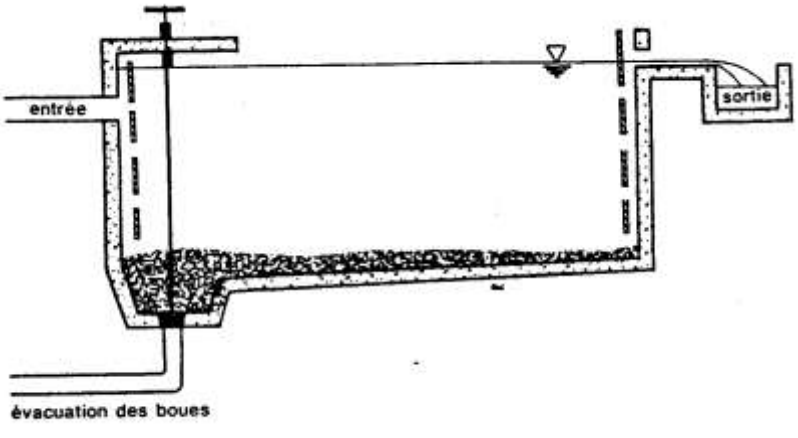
$$H/S < L/v_h$$

و تصنف أحواض الترسيب تبعاً لإسلوب جمع وتفريغ الرواسب.

أ . أحواض الترسيب المستطيلة ذوات الجريان الأفقي والتفريغ اليدوي:

يدخل الماء المعد للترسيب من أحد طرفي الحوض بالتدريج بحيث لا يخلق اضطراب ضار بالترسيب مع ضمان تغذية منتظمة لمنطقة الترسيب ويحسب حجم الحوض ليؤمن زمن مكوث كافي لترسيب المعلقات أو الندف وتتوضع الرواسب على أرضية الحوض المائلة على الأفق ، وتزال هذه الرواسب دورياً (كل ١٢ يوم مثلاً) بعد أن يكون قد فرغ الحوض من المياه الموجودة فيه (شكل ٣ . ٢٠).

أحواض الترسيب هذه غير مناسبة إلا إذا كان حجم المواد القابلة للترسيب ضعيف، ويحسب حجم الرواسب المتجمعة لمعرفة الزيادة اللازمة لعمق الحوض من أجل تخزين الرواسب.



الشكل (٣ – ٢٠): حوض ترسيب مستطيل ذو تفريغ يدوي للرواسب.

تطبيق عددي:

islamsc.com

حدد حجم الرواسب المتجمعة في حوض ترسيب تدخله مياه بتدفق ٤٠٠٠ متر مكعب، إذا كانت المياه الداخلة تحتوي على تركيز مواد معلقة ٢٥٠ ملغ/لتر، وكانت كفاءة إزالة المواد المعلقة ٧٠%، وأن تنظيف الرواسب يتم مرة كل عشرة أيام، إذا علمت أن نسبة الرطوبة في الرواسب ٩٥%.

الحل:

لنحسب وزن المواد المعلقة المترسبة في اليوم الواحد= التدفق X تركيز المواد المعلقة X نسبة الإزالة

$$W = 4000.250.0.7 /1000 =700 \ Kg$$

فيكون وزن الرواسب المتجمعة خلال عشرة أيام ٧٠٠٠ كيلو غرام.

وبما أن نسبة الرطوبة في الرواسب ٩٥% فإن كل ١ كيلو غرام من المادة الصلبة موجود ضمن ٢٠ كيلو غرام (عشرين لتر) من الرواسب الرطبة، وبالتالي حجم الرواسب الرطبة المجمعة في يوم ١٤٠٠٠ كيلوغرام (١٤ متر مكعب).

حجم الرواسب الرطبة المجمعة في ١٠ أيام ١٤٠٠٠٠ كيلوغرام (١٤٠ متر مكعب).

نلاحظ أن حجم الرواسب الرطبة المتجمعة كبير يلزم أخذه بالاعتبار عند تحديد ارتفاع حوض الترسيب.

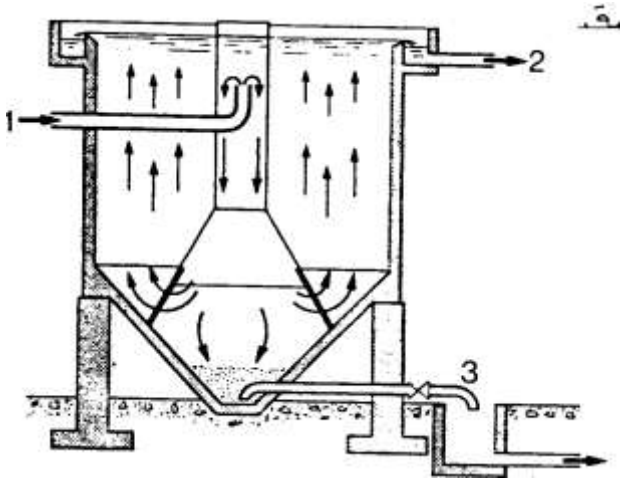
ب . أحواض الترسيب الدائرية ذوات الجريان الشاقولي وبدون كشط آلي للرواسب

تتكون هذه الأحواض بشكل عام من جزء علوي أسطواني يعلو جزء مخروطي ذو ميل ٤٥° وتنتقل فيه المياه المعدة للترسيب شاقولياً من الأسفل إلى الأعلى وتخرج المياه المرسبة من أعلى الجزء الأسطواني للحوض (شكل ٣ . ٢١).

تستخدم هذه الأحواض لمعالجة تدفقات ضعيفة حتى ٥٠ م٣/سا إذا كانت محملة كثيراً بالمعلقات. لكن يمكن استخدامها لمعالجة تدفقات أكبر عندما تكون حجوم الرواسب المطلوب إزالتها ضعيفة وكتلتها الحجمية عالية.

يتم تصميم الحوض بحيث يؤمن سرعة شاقولية للمياه بطيئة جداً لتتمكن المواد العالقة من الترسب، وتؤخذ عادة السرعة من ١.٨٠ إلى ٢.١٠ م/سا ويؤخذ بالاعتبار عند تصميم المرسب حجم الرواسب المتجمعة.

www.islamsc.com

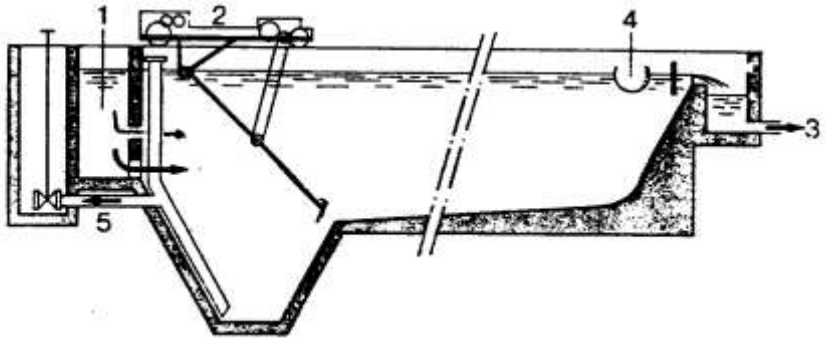


١ . دخول الماء الخام ٢ . خروج الماء المعالج ٣ . تفريغ الرواسب

الشكل (٣ – ٢١): المرسب الأسطواني المخروطي بدون كشط آلي للرواسب.

جـ . أحواض الترسيب المستطيلة ذوات الكشط الآلي للرواسب:

هذه الأحواض تختلف عن أحواض الترسيب المستطيلة المذكورة سابقاً بوجود نظام كشط للرواسب في قاع الحوض ذي الميل، يجر هذا النظام لكشط الرواسب بوساطة جسر يتخطى الحوض وينتقل من طرف الحوض إلى الآخر (الشكل ٣ . ٢٢).



١ . وصول الماء المعد للترسيب ٢ . جسر كاشط ٣ . خروج الماء المرسب ٤ . سحب الملوثات الطافية ٥ . تفريغ الرواسب

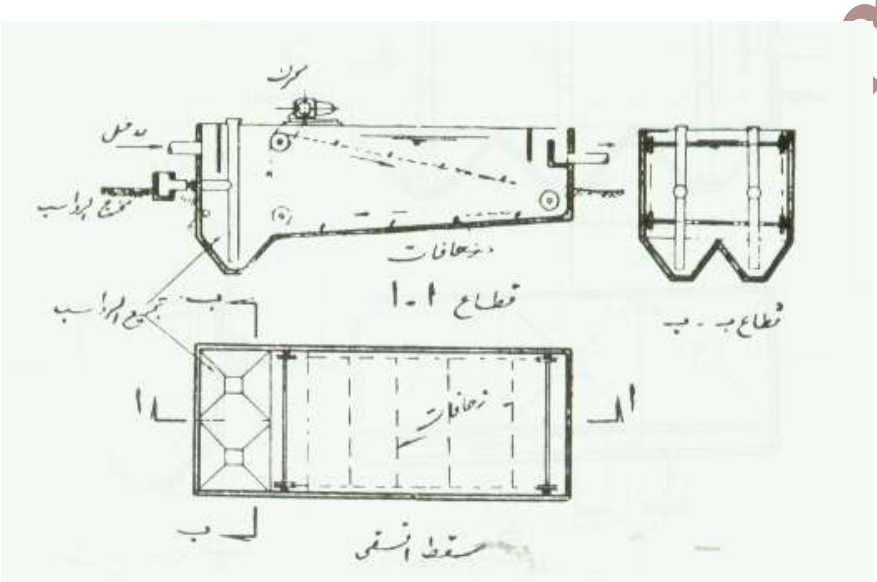
الشكل (٣ – ٢٢): حوض ترسيب مستطيل ذو جسر كاشط.

أو بوساطة سلاسل بلا نهاية مغمورة في الماء.

www.islamsc.com

ويتم تنظيف الرواسب بتحريك زحافات على قاع الحوض على فترات زمنية قصيرة ومتقاربة لتدفع أمامها الرواسب إلى هرم مقلوب (أو أكثر) عند مدخل الحوض (شكل ٢٣.٣)، ويخرج من رأس الهرم أنبوب مركب عليه سكر وعند امتلاء الهرم بالرواسب يفتح السكر لتخرج الرواسب تحت ضغط الماء.

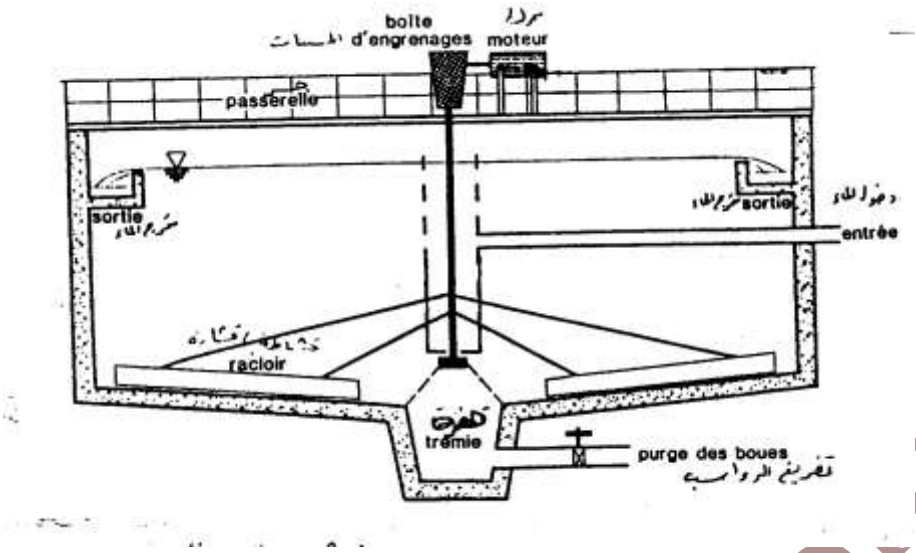
ومن مزايا الكشط الآلي أنه لا يحتاج إلى عمق إضافي للحوض لتخزين الرواسب، كما أنه يمكن تشغيل الزحافات إما بشكل مستمر أو على فترات متقطعة، إلا أن سرعة سير الزحافات يجب ألا تتجاوز ٥ متر/دقيقة، حتى لا تثار المواد المعلقة التي تم ترسيبها مما يقلل من كفاءة الترسيب.



الشكل (٣- ٢٣): حوض ترسيب مستطيل ذو زحافات كاشطة.

د ـ أحواض الترسيب الدائرية ذوات الجريان القطري والكشط الآلي للرواسب:

تنشأ هذه الأحواض من البيتون المسلح على شكل أسطوانة، تدخل المياه المعدة للترسيب إلى مركز الحوض حيث تتوزع المياه وتتحرك باتجاه قطري حتى هدار المخرج الممتد على طول محيط الحوض. ويتم تنظيف الحوض بوساطة كشاطات تدور بفضل محرك مركزي (شكل ٣ . ٢٤) وبدوران هذه الكاشطات تجرف أمامها الرواسب لتجمعها في حفرة موجودة في مركز القاع حيث القاع يميل باتجاه المركز بنسبة من ٤ إلى ١٠% .



الشكل (٣- ٢٤): حوض ترسيب دائري ذو كشط آلي للرواسب.

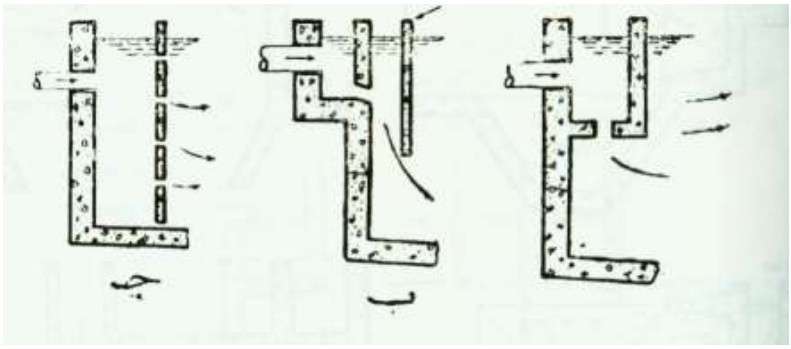
٣-١٤-٣ - ٤- مداخل ومخارج أحواض الترسيب

من أهم العوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب مدى انتظام دخول وخروج الماء من الحوض وما قد يتوالد في منطقتي المدخل والمخرج من دوامات وتيارات ثانوية تحد من ترسيب المواد المعلقة.

كما أن عدم انتظام توزيع المياه في المدخل وتجميعها في المخرج بكامل قطاع الحوض قد يسبب تشكل مناطق مشلولة في انحاء الحوض مما يحد من السعة الفعالة للحوض ويقلل ذلك زمن مكوث الماء في الحوض وينعكس ذلك سلباً على كفاءة الترسيب، لذلك كان من الواجب مراعاة تصميم كل من المدخل والمخرج بحيث يضمن انتظام توزيع المياه وتجميعها وعدم تواجد المناطق المشلولة.

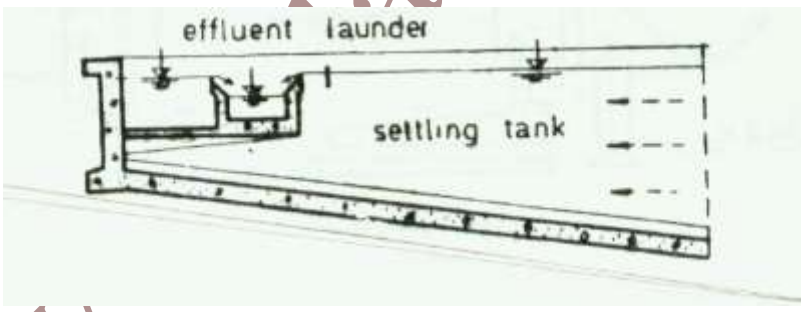
يصمم مدخل الماء إلى الحوض بحيث يكون الدخول على كامل عرض الحوض ومن أكثر من فتحة على أن يزود المدخل بحائط حائل baffle تمر المياه من تحته كما في الشكل(٣- ٢٥ أ)، كما يجوز أن يمتد الحائط الحائل إلى قاع الحوض على أن تعمل به فتحات تمر منها المياه كما في الشكل(٣- ٢٥ ب)، و يمكن أن يزود مدخل حوض الترسيب بحائطين كما في الشكل(٣- ٢٥ ج)، بهدف انتظام توزيع المياه على كامل قطاع الحوض لمنع تشكل التيارات الثانوية أو تواجد المناطق المشلولة.

www.islamsc.com

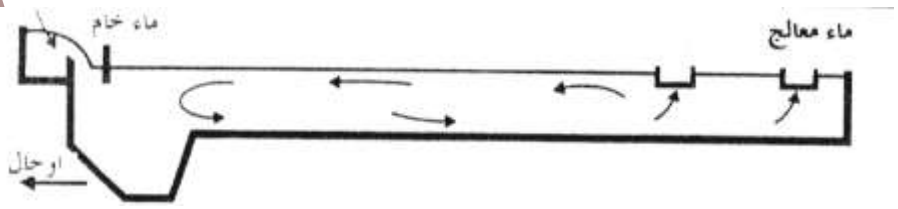


الشكل (٣- ٢٥): نماذج مداخل الماء إلى أحوض الترسيب.

أما مخرج الحوض فهو عادة عبارة عن هدار تمر فوقه المياه بمعدل بين ١٠ و ١٠٠ ويفضل أن لايزيد على ٢٥ متر مكعب في الساعة للمتر الطولي من الهدار . فإذا كان عرض الحوض غير كاف لتأمين طول الهدار الذي يحقق معدل التحميل اللازم يمكن تثبيت الهدار بعيداً عن الحائط النهائي لحوض الترسيب وبذلك يتضاعف طول الهدار الذي تمر عليه المياه إلى المخرج كما في الشكل(٣- ٢٦)، بل يمكن إنشاء هدارين متتاليين في نهاية الحوض فيتضاعف طول الهدار أربع مرات كما في الشكل(٣- ٢٧).



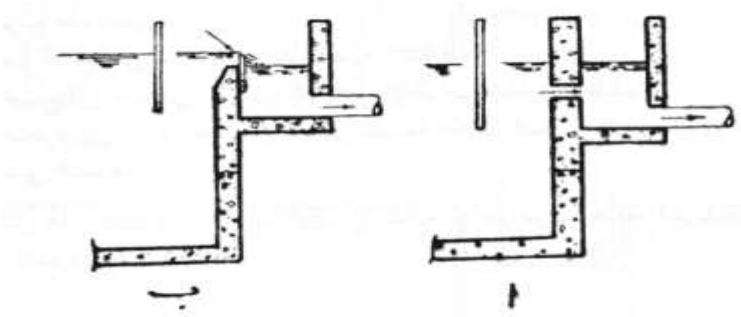
الشكل (٣- ٢٦): تثبيت هدار خروج المياه بعيداً عن الحائط النهائي لحوض الترسيب.



الشكل (٣- ٢٧): حوض الترسيب ذو هداري خروج .

www.iamsc.com

ولتفادي تشكل مناطق مشلولة بالقرب من الهدار يلجأ في بعض الحالات إلى إنشاء حائط حائل أمام هذا الهدار، تمر المياه من تحت هذا الحائط إلى الأعلى متجهة إلى هدار المخرج كما في الشكل(٣- ٢٨ ب)، كما يستفاد من هذا الحائط الحائل في حجز المواد التي قد تجد طريقها إلى سطح الماء فتطفو عليه مثل أوراق الشجر وخلافه.



الشكل (٣- ٢٨): نماذج مخارج الماء ذوات الحوائط الحائلة من أحوض الترسيب.

٣ . ١٤ . ٣ . ٥ . تصميم أحواض الترسيب

٣ . ١٤ . ٣ . ١.٥ أحواض الترسيب المستطيلة ذات الحركة الأفقية

لنفرض أنه لدينا حوض ترسيب مقطعه مستطيل كما في الشكل ٣-٢٣ طوله L وعرضه B ، وعمق الماء في هذا الحوض H. إذا كان التدفق الداخل للحوض Q واتجاه الجريان أفقي، وبفرض أن سرعة الجريان تبقى نفسها في كل أقسام الحوض وأن تركيز الجسيمات المعلقة متجانس في وحدة الحجم، لندرس حركة جسيمة منعزلة في المرسب.

لتكن سرعة الترسيب الشاقولية Vs وسرعة الدخول الأفقية Ve حيث:

$$V_h = Q/(b.h) \qquad (\ )$$

أما زمن المكوث في الحوض T فيعطى بالعلاقة:

$$T = L/V_h = L/(Q/(b.h)) \qquad (\ )$$

أما زمن السقوط فيمكن حسابه من العلاقة:

$$T = h/Vs \qquad (\ )$$

www.islamsc.com

وحتى تترسب الجسيمة إلى قعر الحوض قبل مغادرته ينبغي أن يكون زمن المكوث (T) أكبر أو على الأقل مساوي لزمن السقوط (T) أي:

$$h/Vs = L/(Q/b.h) \Rightarrow \quad Vs = Q/L.b = Q/A \quad ()$$

حيث:

A : السطح الأفقي للمرسب.

Vs : سرعة السقوط الحدية وهي السرعة اللازمة حتى تصل الجسيمات إلى قاع الحوض قبل مغادرته.

إن الجسيمات التي سرعة ترسيبها أكبر من السرعة الحدية سوف تترسب إلى قعر الحوض قبل الخروج منه. أما الجسيمات التي سرعتها أقل من Vs ولنفرض 0.5Vs فإن نصف الجسيمات ستترسب والباقي سيخرج من الحوض، طبعاً بفرض أن جميع الجسيمات موجودة في طرف الدخول على ارتفاع h من قعر الحوض.

نلاحظ من علاقة السرعة الحدية Vs التي تتحكم بمردود الإزالة أنها لا تتبع لعمق الحوض h بل للسطح الأفقي للمرسب وللتدفق الداخل إلى حوض الترسيب. عملياً سرعة جريان المياه Ve ليست ثابتة على كامل طول الحوض، لذلك لن يكون مردود إزالة الحوض ١٠٠% وحتى نصل إلى إزالة شبه كاملة ينبغي زيادة حجم الحوض عن الحجم النظري بعدة مرات.

لقد افترض أن سرعة الجريان الأفقية في المرسب ثابتة في كل نقاط حوض الترسيب، ولكن مقاومة الاحتكاك على طول جدران الحوض وعلى أرضه سوف تعيق حركة الماء وبالتالي ستكون حركة الماء قرب هذه الجدران والقاع أقل من قيمتها الوسطية بينما ستكون في مركز الحوض أكبر من قيمتها الوسطية.

إن تأثير تغير السرعة على عرض الحوض يمكن أن يدرس بتوزيع الحوض إلى شرائح طولانية كل منها ذات معدل تحميل سطحي ومعدل إزالة خاصين بها، وبالتالي فإنه يتوقع انخفاض بسيط في كفاءة الحوض بسبب هذا التوزيع غير المنتظم للسرعة على عرض الحوض.

بالاضافة إلى تأثير الجدران فسوف يحدث بعض الاضطراب بسبب الدخول غير المنتظم للمياه الخام أو بسبب الخروج غير المنتظم للمياه على عمق وعرض الحوض أو بسبب تأثير الرياح أو تأثير الاختلاف في الكتلة الحجمية للماء الداخل عن الكتلة الحجمية للماء في الحوض، أو تأثير تيارات الدوامة التي تحدث بسبب عطالة الماء الداخل مما قد يؤدي إلى زيادة كبيرة في سرع جريان الماء في جزء من الحوض وبالتالي انقاص واضح لكفاءة إزالة الجسيمات المعلقة، وأيضاً إلى نقل للمواد الصلبة المترسبة على القاع. وهنا يبقى جزء من السائل ساكناً أو يدور حول نفسه.

يمكن انقاص تأثير حادثة الدورة القصيرة بادخال واخراج الماء بانتظام ضمن الحوض، ومنع دخول مركز للتدفق بسرع كبيرة، وتأمين خلط جيد للمياه الداخلة مع محتوى حوض الترسيب.

www.islamsc.com

من المهم إذاً أن تتواجد في الحوض ظروف جريان متوازن يستطيع أن يصمد أمام تأثير الرياح واختلاف الكثافة.

وهذا التوازن يصبح أفضل كلما ازدادت النسبة بين قوى العطالة وبين الثقالة الأرضية المعبر عنها برقم فرود اللابعدي.

$$Fr = V^2/(g.R)$$

حيث V: سرعة الجريان الأفقية في الحوض.

R: نصف القطر الهيدروليكي ويساوي نسبة المساحة المبلولة إلى المحيط المبلول.

$$R = B.H/(B+2H)$$ أي

$$Ve = Vs.L / H$$ وبما أن

فيعطى رقم فرود بالعلاقة

$$Fr = Vs^2.L^2/(g.RH^2)$$

أي أن رقم فرود سيكون أكبر، وتوازن الجريان أفضل عندما تزداد سرعة السقوط وعندما يكبر طول الحوض. واختيار رقم فرود مقداره 10^{-5} أو أكبر بقليل هو أمر مناسب للتصميم. أما إذا زاد رقم فرود بشكل واضح فإن هذه الزيادة ستسبب اساءة إلى الحوض بالاضطراب أو نقل رواسب القاع.

وعند تصميم المرسب المستطيل ينبغي مراعاة النواحي التصميمية التالية:

. سرعة الأفقية لدخول الماء يجب أن لا تزيد عن ٣٠ سم/دقيقة.

. زمن المكوث في الحوض من ٢ إلى ٦ ساعات.

. عمق الحوض بين ٣ و ٤ متر يضاف إليه عمق الرواسب في حالة عدم استخدام الكشط الآلي.

. أن لا يتجاوز طول الحوض ٥٠ م وأن لا يتجاوز عرضه ١٠ م وأن تكون نسبة الطول إلى العرض ضمن المجال ١/٣ حتى ١/٥.

. أن تقع نسبة طول الحوض إلى عمق الماء ضمن المجال ١/٧ حتى ١/١٠.

. أن لا يتجاوز معدل التحميل السطحي (التدفق الداخل/السطح الأفقي للمرسب) للقيمة ٧٥ م٣/م٢ اليوم.

. أن لا يتجاوز معدل التحميل على هدار مخرج المياه عن حد أقصى قدره ١٠٠ م٣/م. الساعة ويفضل أن لا يزيد هذا المعدل عن ٢٥ م٣/م. الساعة.

www.islamsc.com

تطبيق عددي ١:

صمم حوض الترسيب اللازم لمعالجة ٤٠٠٠ متر مكعب في اليوم بحيث يحقق شروط التصميم ويكون زمن مكوث الماء فيه ٣ ساعة، ومعدل التحميل السطحي ٣٢ متر مكعب/متر مربع.اليوم.

الحل:

لنحسب حجم الحوض اللازم

$$C = Q. T$$

$$C = 4000. 3/24= 500\ m^3$$

لنحدد مساحة سطح الحوض

مساحة سطح الحوض = التدفق/ معدل التحميل السطحي

مساحة سطح الحوض = 4000/ ٣٢ =١٢٥ متر مربع

بفرض طول الحوض يساوي خمسة أمثال العرض

$$L = 5B$$

$$L.B = 5B^2 = 125\ m^2$$

$$.B = 5B^2 = 125\ m^2$$

$$B=5\ m\ ,\quad L = 25m$$

لحساب طول هدار المخرج اللازم نأخذ معدل تحميل على هدار المخرج قيمته ٢٥ متر مكعب/متر. ساعة أي ٦٠٠ متر مكعب/متر. يوم

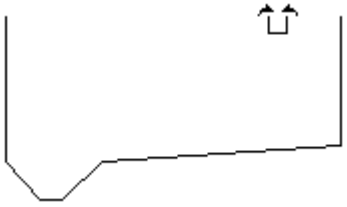
طول الهدار اللازم= التدفق/ معدل التحميل على الهدار

طول الهدار اللازم= ٤٠٠٠/ ٦٠٠ = ٧ متر تقريباً

نلاحظ أن طول الهدار اللازم أكبر من عرض الحوض لذلك ينفذ هدار بعيداً عن الحائط النهائي لحوض الترسيب بحيث يصبح طول الهدار ضعف عرض الحوض أي ١٠ متر.

ويبين الشكل نموذج الهدار المنفذ بعيداً عن الحائط

www.islamsc.com



تطبيق عددي٢ :

يراد ترسيب جسيمات معلقة قطرها ٠.٠٢ ملم في حوض ترسيب بسيط عمق الماء فيه ٣.٥ متر، فإذا علمت أن الكتلة الحجمية لهذه الجسيمات ٢.٦٥ غرام/ سم^{٣} ، واللزوجة الحركية للماء 10^{-2} . ١.٠١٢cm^2/sec والمطلوب:

- تحديد سرعة الترسيب
- معدل التحميل السطحي
- زمن المكوث في الحوض.

الحل

بتطبيق علاقة ستوكس

$$V_S = \frac{1}{18} \cdot \frac{g \cdot (\rho_p - \rho_w)}{\upsilon \quad \rho_w} \cdot d^2$$

$$Vs=٩٨١\ (٢.٦٥-١)\ (٠.٠٠٠٢)^{٢}\ /\ ٠.٠٠٠١٠١٢\ (١٨)$$

نجد $Vs=\ ٠.٦٢\ mm/sec$

أما معدل التحميل السطحي الموافق فيعطى بواحدة متر مكعب/متر مربع. اليوم ، أي

$$٠.٦٢.\ 24.\ 3600/1000\ m^3/\ m^2.d$$

www.islamsc.com

لحساب زمن المكوث اللازم لترسيب الجسيمات ذات القطر ٠.٠٢ ملم نطبق العلاقة:

$$T= H/ Vs =3.5 .1000 /0.62.60=98min$$

في الواقع يكون الزمن الحقيقي للترسيب أكبر بكثير من الزمن النظري المحسوب بسبب الشروط غير الهادئة للماء والتيارات العرضية.

تطبيق عددي ٣ :

يراد معالجة مياه بتدفق ٤.٨ متر مكعب/دقيقة في حوض ترسيب مثالي ذي مساحة أفقية مقدارها ٢٠ متر مربع فإذا كانت الكتلة الحجمية للجسيمات المعلقة المراد ترسيبها ٢.٦٥ غرام/ سم^{٣} واللزوجة الحركية للماء $1.012 . 10^{-2}$ cm^2/sec المطلوب:

أ- حساب قطر الجسيمات التي ستترسب جميعها في هذا المرسب.

ب- ما هو تأثير إنقاص عمق المرسب إلى النصف على كفاءة الترسيب.

ج- تحديد نسبة الجسيمات ذات القطر ٠.٠٣ ملم المترسبة إلى القاع.

الحل

حتى تترسب كامل الجزيئات ذات القطر d فإن سرعة سقوطها يجب أن تكون أكبر أو مساوية لمعدل التحميل السطحي

نساوي سرعة السقوط الحدية ذات القطر d_0 المطلوب حسابه لمعدل التحميل السطحي

$$S_o = Q/BL = (4.8 /60) /(20) =0.004 \text{ m/sec}$$

نحسب هذا القطر بتطبيق علاقة ستوكس

$$V_S = \frac{1}{18} \cdot \frac{g}{\upsilon} \cdot \frac{(\rho_p-\rho_w)}{\rho_w} \cdot d^2$$

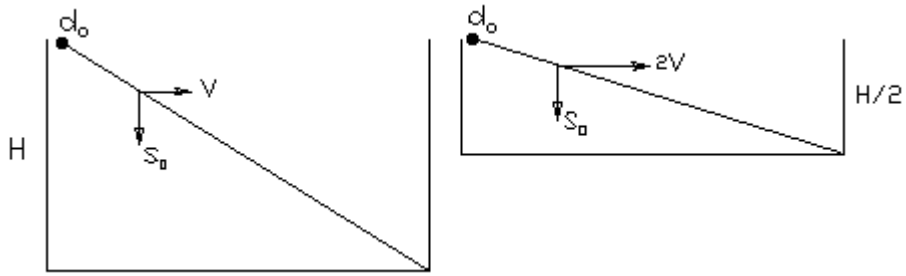
d_o=0.068mm

www.islamsc.com

ب- إذا أنقصنا عمق الحوض إلى النصف فإن السرعة الأفقية لجريان الماء في حوض الترسيب ستتضاعف وبالمقابل فإن على الجسيمات المعلقة أن تقطع نصف المسافة الشاقولية لتصل إلى القاع زمن المكوث ضمن الحوض الجديد يساوي نصف زمن المكوث في الحوض القديم وكذلك زمن السقوط في الحوض الأخير يساوي نصف زمن السقوط بالحوض القديم وبما أن زمن المكوث يساوي زمن السقوط في الحوض القديم فإن زمن السقوط يساوي زمن المكوث في الحوض الجديد وبالتالي فإن إزالة الجسيمات ذات القطر d_o=0.068mm ستبقى إزالة كاملة وتغيير ارتفاع الحوض لن يؤثر على فعالية الترسيب .

وكما نعلم فإن السرعة الحدية تساوي معدل التحميل السطحي $S_o = Q/BL$

و هي كما نرى من العلاقة لا تتعلق بالارتفاع و بالتالي فإن الجسيمات ذوات الأقطار d_o=0.068mm وذوات السرعة S_o ستترسب جميعها و ذلك لأن S_o لا تتأثر بتغير الارتفاع.



ملاحظات

تتضاعف السرعة الأفقية لمساواة المساحة العرضية نصف المساحة العرضية السابقة مع ثبات التدفق

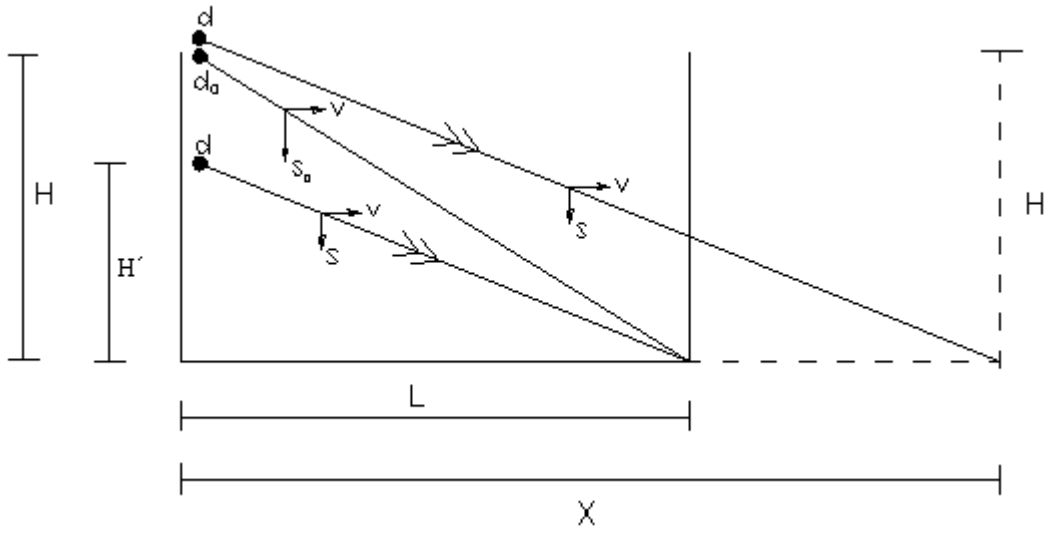
$$V'=Q/(B.\ H/2)=2Q/(B.H)\ =2v$$

زمن المكوث الجديد يساوي نصف زمن المكوث القديم لمساواة حجم الحوض نصف حجم الحوض القديم مع ثبات التدفق

www.amsc.com

$$T = (0.5V)/Q = 0.5\,(V/Q) = 0.5\,T$$

بالنظر إلى الشكل التالي



كما نلاحظ من الشكل فإن نسبة الجزيئات المترسبة إلى القاع ذات القطر d الأصغر من القطر الحدي d_o=0.068mm تساوي النسبة H/H

ومن التشابه

$$H/H = L/X$$

$$S_o / H = V / L \qquad 1$$

$$S / H = V / X \qquad 2$$

بنسب العلاقتين إلى بعضهما

www.isla

$$L / X = S / S_o$$

وبالتالي فإن نسبة الجزيئات المترسبة إلى القاع ذات القطر d الأصغر من القطر الحدي d_o=0.068mm تساوي النسبة S / S_o.

لذلك فلنحسب سرعة السقوط للجزيئات ذات القطر d_o=0.03mm بتطبيق قانون ستوكس:

$$V_S = \frac{1}{18} \cdot \frac{g \cdot (\rho_p - \rho_w)}{\upsilon \quad \rho_w} \cdot d^2$$

S = 0.0008 m/sec
S / S_o =0.0008/0.004 = 0.2

بالتالي فإن نسبة الجزيئات المترسبة إلى القاع ذات القطر d_o=0.03mm تساوي 20 %

٣ . ١٢ . ٣ . ٤ . ٢ . أحواض الترسيب الدائرية (حوض أسطواني . مخروطي)

تصم أحواض الترسيب الدائرية ذوات الجريان الشاقولي بحيث تؤمن سرعة شاقولية للمياه V بطيئة جداً (من 1.8 إلى 2.1 م/سا) حتى تتمكن المواد العالقة من الترسب.

تحدد مساحة منطقة الترسب بالعلاقة:

$$A = Q/v$$

حيث:

Q التدفق الداخل إلى الحوض م٣/سا .

أما ارتفاع منطقة الترسيب الأسطوانية H فيؤخذ من ٤ إلى ٥ م .

وإذا كان قطر الحوض D فينبغي أن تتحقق النسبة :

$$D/H \leq ٥/١$$

www.islamsc.com

تطبيق عددي:

في أحواض ترسيب مثالية يراد معالجة مياه بتدفق 5000 متر مكعب/ساعة، والمطلوب تصميم:

أ- حوض الخلط السريع.

ب- أحواض الخلط البطيء وأحواض الترسيب المستطيلة.

ج- أحواض الترسيب والتخثير الدائرية المشتركة.

د- كمية كبريتات الألمنيوم المستخدمة في التخثير في السنة إذا كانت الجرعة المستخدمة في التخثير ٣٠ ملغ/لتر.

هـ – حجم الرواسب المترسبة في أحواض الترسيب في اليزم ، مع تحديد حجم حبز الترسيب في حالة تصريف الرواسب كل ٤ ساعات إذا كان تركيز المواد العالقة في المياه ٦٠ ملغ/لتر، ونسبة الرطوبة في الرواسب ٩٨%.

حيث الكتلة الحجمية للجسيمات المعلقة المراد ترسيبها ٢.٦٥ غرام/ سم^{٣} ، واللزوجة الحركية للماء . $1.0112 10^{-2}$ cm^2/sec.

الحل

أ- حوض الخلط السريع.

بفرض زمن مكوث المياه في حوض الخلط السريع ٤٠ ثانية، فيكون حجم حوض الخلط السريع:

$$(٥٠٠٠) (٤٠) / ٣٦٠٠ = ٥٥.٥ m^3$$

وباختيار حوض الخلط السريع بشكل أسطوانة قطرها d مساوي لارتفاعها، يكون:

$$(٣.١٤ * d^{٢}./٤) * d = ٥٥.٥ m^3$$

$$d = ٤.٢ m^2$$

ب- أحواض الخلط البطيء وأحواض الترسيب المستطيلة.

نلاحظ أن التدفق المطلوب معالجته كبير وبالتالي سيلزم عدد غير قليل من أحواض الترسيب المستطيلة وكذلك من أحواض الخلط البطيء .

www.islamsc.com

لنبدء بتصميم أحواض الترسيب:

لنأخذ معدل التحميل السطحي $٣٠ m^3/m^2/day = 1.25\ m^3/m^2/hr$

إذاً المساحة السطحية لأحواض الترسيب

$$5000/1.25 = 4000\ m^2$$

بفرض طول حوض الترسيب الواحد ٣٢ متر، وعرض الحوض ٨ متر

تكون مساحة الحوض الواحد

$$(٣٢ * ٨) = ٢٥٦ m^2$$

عدد الأحواض اللازمة

$$4000/256 = 15.6$$

نختار الرقم الأكبر مباشرة أي نختار ١٦ حوض، فتكون مساحة الحوض الواحد ٢٥٠ متر مربع، ويكون طول الحوض الواحد

$$250/8 = 31.25\ m$$

وبفرض زمن مكوث الماء في حوض الترسيب ٣ ساعات يكون الحجم اللازم للأحواض

$$(٥٠٠٠ * ٣) = ١٥٠٠٠ m^3$$

وبالتالي الحجم اللازم للحوض الواحد:

$$15000/16 = 9375\ m^3$$

وبالتالي العمق الفعال للحوض الواحد:

$$9375/250 = 3.75\ m$$

العمق الفعال للحوض مقبول.

لنصمم أحواض الخلط البطيء

www.islamsc.com

نختار عدد أحواض الخلط البطيء مساوي لعدد أحواض الترسيب المستطيلة = ١٦ حوض، وبفرض زمن مكوث الماء في حوض الخلط البطيء ٣٠ دقيقة .

يكون الحجم اللازم لأحواض الخلط البطيء:

$$(٥٠٠٠/٦٠)* ٣٠ \quad =٢٥٠٠m^3$$

فتكون حجم حوض الخلط البطيء الواحد:

$$(٢٥٠٠/١٦)* \quad = \quad ١٥٦.٢٥m^3$$

وحيث أن عرض حوض الخلط البطيء هو نفس عرض حوض الترسيب ويساوي ٨ متر ، وبفرض عمق الماء في أحواض الخلط البطيء 2.5 متر يكون طول الحوض الواحد:

$$(١٥٦.٢٥/٨)/ ٢.٥ \quad =٧.٧٥m$$

ج– أحواض الترسيب والتخثير الدائرية المشتركة.

من الخطوات السابقة:

مساحة أحواض الترسيب = ٤٠٠٠ متر مربع

حجم أحواض التخثير = حجم أحواض التخثير الخلط البطيء = ٢٥٠٠ متر مكعب.

لنختار عمق حوض الترسيب ٤.٥ متر ، وعمق حوض التخثير ٣.٠٢٥ متر .

إذا مساحة أحواض التخثير اللازمة:

$$(٢٥٠٠/٣.٢٥) \quad = \quad ٧٦٩.٢m^2$$

فيكون مجموع مساحة أحواض الترسيب والتخثير = ٤٧٦٩.٢ متر مربع.

وبفرض القطر D للحوض الذي يشمل الترسيب والتخثير = ٣٢ متر تكون مساحة الحوض الواحد:

$$(٣.١٤* 32^٢./٤) \quad = \quad ٨٠٣.٨٤m^2$$

فيكون عدد الأحواض اللازمة هو:

$$(٤٧٦٩.٢/٨٠٣.٨٤) \quad = \quad ٥.٩٣$$

ليكن ٦ أحواض لتعويض سمك الحوائط بين حيز الترسيب والتخثير.

www.islamsc.com

ولإيجاد القطر الداخلي لحوض التخثير d ، تكون مساحة حوض التخثير الواحد:

(٧٦٩.٢/٦) = ١٢٨.٢m^2

فيكون القطر الداخلي لحوض التخثير = ١٢.٨ متر.

د– كمية كبريتات الألمنيوم المستخدمة في التخثير في السنة.

بما أن الجرعة المستخدمة في التخثير ٣٠ ملغ/لتر أي ٣٠ غرام/ متر مكعب فإن كمية الشبة المستخدمة في اليوم:

(٥٠٠٠* 24 .) *٣٠ = ٣٦٠٠٠٠Gr/day= 3.6 ton/day

كمية الشبة اللازمة في السنة

(٣.٦* ٣٦٥.) = ١٣١٤ ton/day

هـ – حجم الرواسب المترسبة في أحواض الترسيب في اليوم

بما أن تركيز المواد العالقة ٦٠ ملغ/لتر أي ٦٠ غرام/متر مكعب، وبفرض المترسب في أحواض الترسيب ٩٠% من المواد العالقة، يكون وزن المواد المترسبة في الساعة:

(٥٠٠٠*٠.٩ *60 .) = ٢٧٠٠٠٠Gr/hr = 0.270 ton/day

وبما أن نسبة الرطوبة في الرواسب ٩٨%فإن كل ١٠٠ طن من الرواسب الرطبة فيها ٢ طن فقط مادة صلبة جافة، أي وزن الرواسب الرطبة الناتجة في ساعة واحدة:

(٠.٢٧٠* 100 ./٢) = ١٣.٥ ton/ hr

يمكن اعتبار الكتلة الحجمية للرواسب ذات نسبة الرطوبة ٩٨% مساوي ١ طن/متر مكعب، أي حجم الرواسب الرطبة الناتجة في ساعة واحدة ١٣.٥ متر مكعب .

وفي حالة أحواض الترسيب المستطيلة التي عددها ١٦ حوض يكون حجم الرواسب المترسبة في كل حوض:

www.islamsc.com

$$(١٣.٥ \ /١٦) \ = \ ٠.٨٤٣٧٥ \ m^3/hr$$

وفي حالة صرف هذه الرواسب كل ٤ ساعات يكون حجم حيز تجميع الرواسب في كل حوض ترسيب:

$$(٠.٨٤٣٧٥* \ ٤.) \ = \ 3.375 \ m^3$$

أما في حالة أحواض الترسيب الدائرية التي عددها ٦ حوض ، يكون حجم الرواسب المترسبة في كل حوض= ١٣.٥/٦ = ٢.٢٥ متر مكعب/ساعة.

وفي حالة صرف هذه الرواسب كل ٤ ساعات يكون حجم حيز تجميع الرواسب في كل حوض:

$$(٢.٢٥* \ ٤) \ = \ ٩ \ m^3$$

٣ . ١٢ . ٣ . ٥ . ٣ . دراسات هيزن لأحواض الترسيب المستطيلة

في دراسات للعوامل المؤثرة على كفاءة إزالة المعلقات لاستنباط قوانين مبنية على أسس حسابية لتصميم أحواض الترسيب أفترض الباحث هيزن (Hazen) أنه عند هبوط الجسيمات تبقى في القاع ولاتتحرك كما أن كل الجسيمات لها نفس سرعة الترسيب Vs.

إن الجسيمات المعلقة في المياه ليست جسيمات كروية، والجسيمات غير الكروية وذات الشكل غير المنتظم تترسب أبطأ من الجسيمات الكروية ذات الحجم المكافئ.

عند اشتقاق المعادلة من أجل تحديد سرعة ترسيب جسيمة صلبة تستخدم فرضيات غير صحيحة تماماً من الناحية العملية ، هذه الفرضيات هي:

أ- إن الماء يبقى في شروط هادئة.

ب- إن طبيعة الترسيب هي لجسيمة منفصلة، ولكن عملياً معظم الجسيمات ذات طبيعة متندفة.

و المعادلات المعطاة سابقاً لحساب سرعة الجريان الأفقية و سرعة الترسيب قابلة للتطبيق في حوض مثالي فيه اتجاه الجريان أفقي والسرعة متجانسة في كافة أجزاء منطقة الترسيب، وتركيز الجسيمات المعلقة في كل نقاط المقطع الشاقولي عند المدخل.

إن كفاءة إزالة حوض الترسيب الحقيقي للمواد المعلقة تكون أقل من كفاءة الحوض المثالي بسبب:

- وجود تيار الدوامات الذي تحدثه عطالة المائع الداخل إلى الحوض.
- وجود تيار تحدثه الريح عندما يكون الحوض مكشوفاً.

www.islamsc.com

- وجود تيارات الحمل الحراري.
- وجود تيارات الكثافة التي تسبب هبوط الماء البارد إلى أسفل الحوض و صعود الماء الحار، فإذا كانت درجة حرارة الماء الداخل إلى الحوض أعلى من درجة حرارة الماء في الحوض فإن الماء الداخل يصعد إلى السطح ويخرج قبل أن يمكث الزمن اللازم ضمن الحوض.

إن كل هذه الأسباب تسبب الدارة القصيرة للتيار وتقلل من أداء وكفاءة حوض الترسيب. وحسب نظرية هيزن للترسيب يمكن اعطاء هامش من أجل ابتعاد حوض الترسيب الحقيقي عن الحالة المثالية، وذلك بفرض أن المادة المعلقة يعاد توزعها بشكل منتظم في كلا الاتجاهين الأفقي والشاقولي ضمن تتابع من الخلايا الجزئية الافتراضية. إن اعادة التوزيع تقتصر على خلية في كل مرة وإن التشتت الأفقي والمادة المعلقة تقل نتيجة لذلك.

إن موضوع المقارنة يمكن أن يعبر عنه بالعلاقة العامة التالية:

$$dy/dt = F(y_0-y)$$

حيث F تابع للزمن وفق العلاقة:

$$F = 1/t_0 + (1/n)\, t$$

t_0 : زمن وصول الجسيمات إلى القاع.

t :زمن مكوث الماء في حوض الترسيب.

$$t = C/Q = L.B.H/Q$$

(y_0-y) : كمية المادة الصلبة المعلقة المترسبة المزالة خلال زمن مكوث الماء.

والمعامل n يقيس عدد الخلايا الافتراضية أو درجة اعاقة التيارات التي تعترض الجريان، وتتراوح قيمة هذا المعامل بين ١ من أجل حوض ترسيب سيء التصميم والتنفيذ إلى قيمة غير متناهية من أجل حوض الترسيب المثالي النظري.

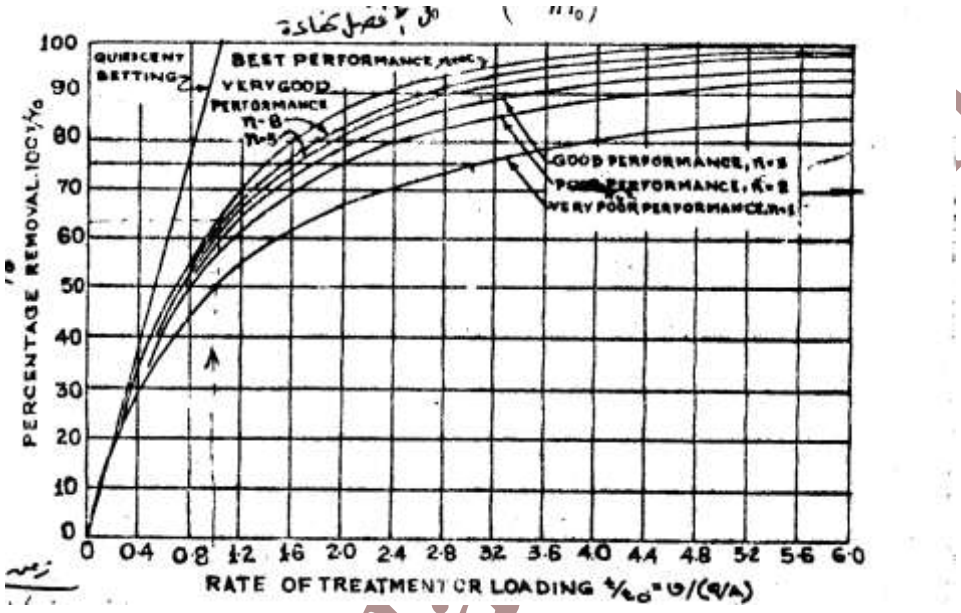
بالتكامل وحل المعادلة

$$x = 1- y/y_0 =y- y_0= \ (1+1/n \ . \ \ Vs / (Q/A) \ )^{-n}$$

www.islamsc.com

ترسم منحنيات الترسيب هذه العلاقة من أجل قيم مختلفة للمعامل n ١،٢،،٣،٥،٨ واللانهاية ، وهي مبينة في الشكل(٣ – ٢٩).

إن الإزالة الأعظمية المترافقة مع قيم t/t_0 أو $Vs / (Q/A)$ تساوي الواحد ليست ١٠٠% وإنما ٦٣% .



الشكل(٣-٢٩): منحنيات كفاءة أحواض الترسيب باعتبارها مكونة من عدد من أحواض الترسيب الافتراضية الموصولة على التسلسل.

وبفرض:

T الزمن اللازم لسقوط الجسيمات من سطح حوض الترسيب إلى قعره.

a زمن مكوث الماء في الحوض.

n عدد أحواض الترسيب الافتراضية الموصولة على التسلسل.

Y نسبة المواد العالقة التي لاتزال متبقية في الماء ولم ترسب بعد مرور الزمن a

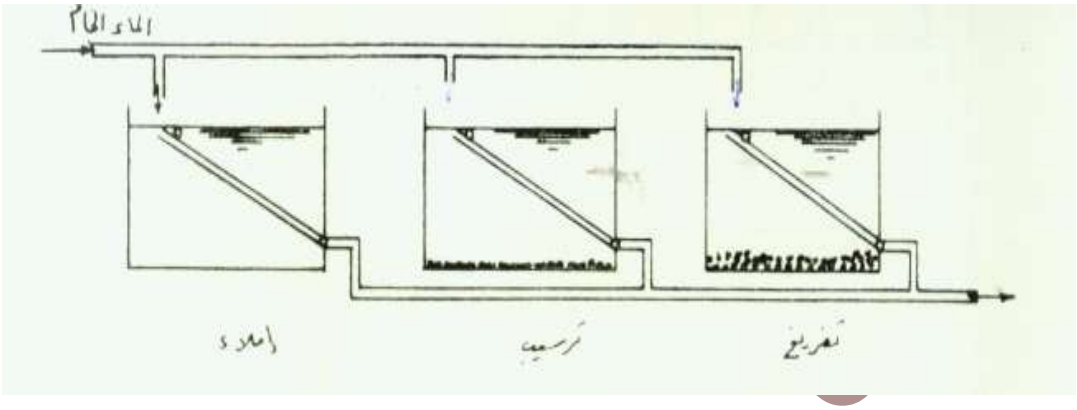
تمكن هيزن التوصل حسابياً إلى القوانين التي تعطي قيم X (وبالتالي كفاءة الإزالة) تبعاً لإسلوب تشغيل الحوض.

أ . تشغيل الحوض بالملئ والتفريغ كل فترة معينة:

لتنفيذ هذا الأسلوب في التشغيل يلزم ثلاثة أحواض عوضاًعن حوض واحد بسبب كون التشغيل يتطلب ثلاثة مراحل متتالية، في البداية يملئ الحوض خلال فترة زمنية ما ثم تحجز المياه ساكنة في الحوض لمدة

www.isl

حوالي ٦ ساعات لترسيب المواد العالقة إلى قعر الحوض وأخيراً في نهاية مدة الترسيب يفرغ الحوض من الماء المترسب كما في الشكل (٣ . ٣٠).



الشكل(٣ – ٣٠): أسلوب تشغيل حوض الترسيب بالملئ والتفريغ.

يصاحب تشغيل حوض الترسيب بالمليء والتفريغ ضياع في الوقت أثناء عملية مليء وتفريغ الحوض كما أنه يحتاج لعدد كبير من الأحواض وبالتالي الكلفة الإنشائية مرتفعة.

قدم هيزن العلاقة التالية لتحديد قيمة X في حالة تشغيل الحوض بالمليء والتفريغ:

$$X = 1 - a/T \qquad (3 - 16)$$

أي إذا كان زمن المكون a في الحوض مساوياً للزمن اللازم لسقوط الجسيمات فإن مردود الإزالة ١٠٠% أي :(X = 0).

ب . تشغيل الحوض باستمرار وبدون تزويد الحوض بحوائط حائلة:

حيث يمر الماء في حوض الترسيب باستمرار وبسرعة صغيرة جداً مما يسمح للمواد العالقة بالرسوب إلى قاع الحوض قبل أن تصل إلى المخرج، ولا يصاحب هذا الأسلوب ضياع في الوقت.

وقدم هيزن العلاقة التالية لحساب قيمة X عند التشغيل المستمر للحوض غير الحاوي على حوائط حائلة:

$$X = 1/(1 + A/T) \qquad (3 - 17)$$

أي إذا كان زمن المكون a مساوياً للزمن اللازم لسقوط الجسيمات فإن مردود الإزالة في حوض يعتبر سيء أي فيه قيمة العامل n مساوية ١ سيكون ٥٠% فقط (X=٥٠).

www.islamsc.

ج . تشغيل حوض ترسيب يمكن اعتباره مؤلفاً من N حوض افتراضي موصولين على التسلسل وغير مزودين بحوائط حائلة:

قدم هيزن العلاقة التالية لحساب X:

$$X = 1/((1 + A/NT)^N \qquad (3 - 18)$$

تطبيق عددي ١:

صمم حوض ترسيب بسيط مثالي من أجل معالجة مياه شرب لمدينة عدد سكانها ٢٠٠٠٠ نسمة واستهلاك الفرد ٢٠٠ لتر/اليوم، لإزالة كاملة لجسيمات معلقة بقطر ٠.٠٠٢ ملم وذات كتلة حجمية ٢.٦٥ غرام/ سم^3 وأوجد سرعة الترسيب وحجم الجسيمات التي يمكن ترسيبها إذا كانت الكتلة الحجمية للجسيمات ١.٢غرام/سم^2 ، و ٨٠% من الجسيمات يتوقع إزالتها في حوض ترسيب مصمم ومنفذ بشكل جيد جداً (أي n =٨)، عند معدل تحميل سطحي ٥٠٠٠٠ لتر/متر مربع اليوم. علماً أن اللزوجة الحركية للماء $1.011 . 10^{-2}$ cm^2/sec

الحل

$$Q/A = 50.100/ 24.60.60 = 5.56.10^{-2} \text{ cm/sec}$$

من الشكل (٣-٢٩) نجد أنه من أجل نسبة إزالة ٨٠% وقيمة n=٨ يكون

$$Vs /(Q/A) = 1.8$$

$$Vs = 1.8 . Q/A = 1.8 . 5.56.10^{-2} = 0.1 \text{ cm/sec}$$

$$V_S = \frac{1}{18} \cdot \frac{g \cdot (\rho_p - \rho_w)}{\upsilon \quad \rho_w} \cdot d^2$$

نجد

$$d = ٠.٠٠٠٩٩ \text{ cm}$$

www.islamsc.com

تطبيق عددي ٢:

أ- صمم حوض ترسيب بسيط مثالي من أجل تنقية مياه الشرب لمدينة عدد سكانها ٢٠٠٠٠ نسمة، ويستهلك الشخص الواحد ٢٠٠ لتر/اليوم، ودرجة الحرارة الوسطية للماء ٢٠ درجة مئوية، أي اللزوجة الحركية للماء $1.001.10^{-2}$ cm^2/sec، والكتلة الحجمية للجسيمات المراد إزالتها ٢.٦٥ غرام/ سم^3 ، وأصغر قطر للجسيمات المراد إزالتها إزالة كاملة ٠.٠٢ ملم، من أجل زمن مكوث للماء ضمن الحوض ٣ ساعة.

ب - احسب سرعة الترسيب لهذه الجسيمات إذا انخفضت درجة الحرارة إلى ١٠ درجة مئوية أي أصبحت اللزوجة الحركية للماء $1.331.10^{-2}$ cm^2/sec، باهمال التغير في الكتلة الحجمية للماء.

ج- صمم حوض ترسيب يعمل بشكل متقطع ويعطي كفاءة تشغيل ٧٠% بفرض ارتفاع الحوض ٣ متر.

د- أعد التصميم من أجل حوض ارتفاعه ٣.٥ متر ويعمل باستمرار وبشروط تصميم سيئة وشروط تنفيذ غير مراقبة جيداً و بحيث يمكن اعتباره حوض افتراضي وحيد (أي n =١ حسب هيزن).

هـ - أحسب نسبة الإزالة لهذه الجسيمات بالعتبار أن الحوض يعمل باستمرار وبشروط تصميم وتنفيذ جيدة بحيث يعطي كفاءة إزالة جيدة جداً أي يمكن اعتبار الحوض مكون من ثمانية أحواض افتراضية (أي n =٨ حسب هيزن).

الحل

أ- حساب التدفق الداخل إلى حوض الترسيب

$$Q = 20000.200/1000 = 4000 \quad m^3/day$$

حساب سرعة الترسيب الشاقولية في حوض الترسيب المثالي بتطبيق علاقة ستوكس:

$$V_S = \frac{1}{18} \cdot \frac{g}{\upsilon} \cdot (\rho_p - \rho_w) \cdot d^2$$

$$V_S = 0.0356 \text{ cm/sec}$$

www.islamsc.com

لنتأكد من أن الجريان صفحي بحساب رقم ريتولدس:

$$Re= V_S\, d/(\nu) = 0.007$$

رقم رينولدس أصغر من الواحد فالجريان صفحي.

لتصميم حوض الترسيب يلزم تحديد طول الحوض L ، وعرضه B وارتفاعه H ، لنبدأ بحساب حجم الحوض C اللازم من أجل زمن مكوث ٣ ساعة.

$$C= Q.t =4000/(3/24) =500m^3$$

لنحسب مساحة السطح الأفقي لحوض الترسيب المثالي حيث معدل التحميل السطحي يساوي سرعة الترسيب الشاقولية:

$$Q= V_S .A =4000/(3/24) =500\ m^3$$

$$A= Q/V_S =4000/(24.3600.0.000356) =130m^2$$

بفرض أن طول الحوض يساوي خمسة أمثال العرض أي $L= 5\ B$

$$A= L.B=5B^2 \quad =650\ \ m^2$$

$$B = 5.10\ \ m$$

$$L= 5\ B =5.\ 5.1= 25.5\ m$$

لحساب ارتفاع الحوض

$$H = C/A= 500/130 =3.8\ m$$

لنتأكد من أن سرعة الجريان الأفقية محققة:

$$Ve = Q/B.H =4000/(24.\ 60.\ 3.8\ .\ 5.1) = 0.143m/min = 14.3\ cm/min$$

سرعة الجريان الأفقية محققة وهي أقل من 30 cm/min

www.islamsc.com

ب- عندما تتغير درجة الحرارة من ٢٠ مئوية إلى ١٠ مئوية تتغير مواصفات الماء، وباهمال تغير الكتلة الحجمية للماء يبقى المؤثر هو تغير اللزوجة الحركية للماء، ويتناسب تغير سرعة ترسيب الجسيمات عكساً مع تغير اللزوجة الحركية للماء، أي:

$$V/V_1 = v_1/v$$

$$0.0356/V_1 = 1.31.10^{-2}/1.01.10^{-2}$$

$$V_1 = 0.0274 \text{ cm/sec}$$

ج- بما أن الحوض الجديد الذي ارتفاع الماء فيه ٣ متر يعمل بشكل متقطع فإن نسبة المواد التي لم تترسب X بعد مرور زمن المكوث t تعطى بالعلاقة:

$$X = 1 - (t/T)$$

ومن جهة أخرى بما أن كفاءة المرسب ٧٠% فإن نسبة المواد التي لم تترسب X بعد مرور زمن المكوث t هي

$$X = 1 - (70/100) = 0.3$$

وزمن الترسيب بالاتجاه الشاقولي يحسب بالعلاقة:

$$T = H/Vs = 300/0.0356 = 2.34 \text{ hr}$$

$$0.3 = 1 - (t/2.34)$$

أي قيمة زمن المكوث في الحوض t

$$t = 0.7 . 2.34 = 1.64 \text{ hr}$$

www.islamsc.com

حساب حجم الحوض

$$V= Q.t = (4000 /24).1.64 =273.33\ m^3$$

بما أن ارتفاع الحوض ٣ متر فتكون مساحة السطح الأفقي للحوض:

$$L.B= C/H = (273.33 /3) =91.11\ m^2$$

بفرض أن طول الحوض يساوي خمسة أمثال العرض أي $L= 5\ B$

$$A= L.B=5B^2 = 91.11\ m^2$$

$$B = 4.27\ m$$

$$L= 5\ B =5.\ 4.27= 21.34\ m$$

لنتأكد من نسبة L/H

$$L/H = (21.34 /3) = 7.11$$

إن نسبة الطول إلى الارتفاع تقع ضمن المجال المسموح (٧- ١٠)، ولنحسب سرعة الجريان الأفقية:

$$Ve = Q/B.H =4000/(24.\ 60.\ 3\ .\ 4.27) = 0.21\ m/min = 21\ cm/min$$

سرعة الجريان الأفقية محققة وهي أقل من 30 cm/min

د- من أجل حوض ارتفاعه ٣.٥ متر ويعمل باستمرار وبشروط تصميم سيئة وشروط تنفيذ غير مراقبة جيداً و بحيث يمكن اعتباره حوض افتراضي وحيد (أي n =١ حسب هيزن) فإن نسبة الجسيمات المعلقة التي لم تترسب تعطى بالعلاقة:

www.islamsc.com

$$X = 1/(1+ (t /T))$$

$$0.3 = 1/(1+ (t /2.73)) = 6.36 \text{ hr}$$

نقبل زمن المكوث في الحوض على الرغم م، أنه كبير نسبياً ويزيد على ٦ ساعات.
حساب حجم الحوض C اللازم من أجل زمن المكوث ٦.٣٦ ساعة.

$$C = Q.t = 4000/(6.36/24) = 1060 \ m^3$$

بما أن ارتفاع الحوض ٣.٥ متر فتكون مساحة السطح الأفقي للحوض:

$$L.B = C/H = (1060/3.5) = 302.86 \ m^2$$

بفرض أن طول الحوض يساوي خمسة أمثال العرض أي $L = 5 B$

$$A = L.B = 5B^2 = 302.86 \ m^2$$

$$B = 7.8 \ m$$

$$L = 5 B = 5. 7.8 = 39 \ m$$

لنتأكد من نسبة L/H

$$L/H = (39 /3.5) = 11$$

إن نسبة الطول إلى الارتفاع مرتفعة ولا تقع ضمن المجال المسموح (٧- ١٠)، فكان يفضل زيادة الارتفاع قليلاً لتصبح النسبة L/H محققة.

www.islamsc.com

هـ- من أجل حوض ارتفاعه ٣.٥ متر ويعمل باستمرار وبشروط تصميم وتنفيذ جيدة جداً و بحيث يمكن اعتبارالحوض مكون من ٨ حوض افتراضي موصولين على التسلسل (أي n =٨ حسب هيزن) فإن نسبة الجسيمات المعلقة التي لم تترسب تعطى بالعلاقة:

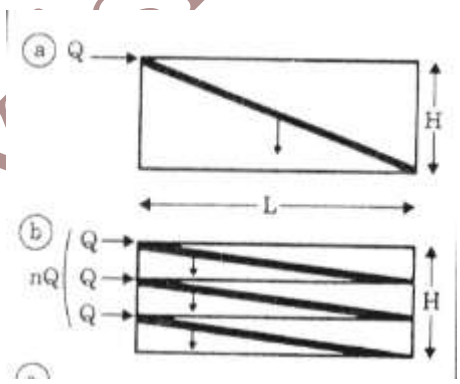
$$X = (1/(1+1/n .(t /T))^8$$

$$X = 1/(1+1/8 (6.36 /2.73)) = 0.129$$

أي في حالة التصميم والتنفيذ الجيد ارتفعت نسبة إزالة الجسيمات المعلقة إلى ٨٧%.

٣ . ١٤ . ٣ . ٦ . المرسبات ذوات الصفائح أو ذوات الأنابيب المائلة

رأينا أن سرعة الترسيب الحدية S التي تميز مردود إزالة حوض الترسيب لا تتعلق بارتفاع الحوض وإنما بالسطح الأفقي للمرسب من أجل تدفق معين. ولقد تمت المحاولات الأولى لاستثمار هذه الخاصية بتزويد المرسب ذي الجريان الأفقي بعدة صفائح إضافية للحصول على مرسبات متعددة الطوابق أو مرسبات ذوات سطوح ترسيب متعددة (الشكل ٣ . ٣١ ب) .



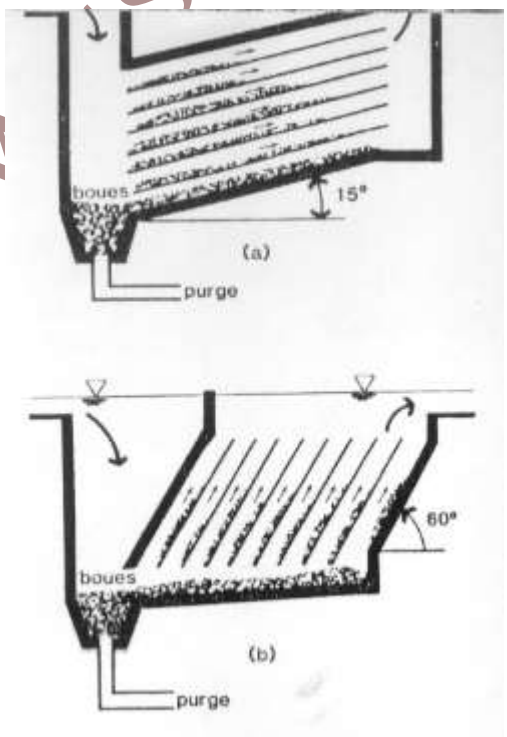
أ . حوض ترسيب ذو طابق وحيد ب حوض ترسيب ذو ثلاثة طوابق

الشكل(٣ - ٣١): أحواض ترسيب متعددة الطوابق.

www.alamsc.com

إذا حافظنا على المرسب الأصلي الشكل (٣ . ٣١ أ) ، وبإدخال أرضيتين إضافية يصبح السطح الكلي للترسيب ثلاثة أمثال السطح في الحوض الأصلي، والتدفق الممكن معالجته يصبح 3Q مقارنة مع مرسب بسيط ذو طابق وحيد يشغل نفس المساحة كما في الشكل (٣ .٣١ ب).

عملياً التدفق الممكن معالجتها بعد وضع n صفيحة أفقية في المرسب هو أقل من nQ لكنه مع ذلك يبقى أكبر بكثير من Q، بيد أن استعمال مرسبات ذوات صفائح أفقية تماماً يُظهر مشاكل عملية جدية فيما يخص التوزيع المتساوي للماء وإزالة الرواسب. في الإنجازات الحديثة، يتستخدم عدد كبير من الصفائح المعدنية القريبة من بعضها البعض والتي نعطيها ميلاً ضعيفاً أو كبيراً، لتشكل مرسبات صفيحية. من ناحية أخرى لزيادة صلابة وخفة هذه التجهيزات الملحقة يمكن استبدال الصفائح المعدنية بأنابيب دائرية أو موشورية المقطع، هذا هو الترسيب ذو الأنابيب المائلة. يبين الشكل (٣ . ٣٢ أ) مرسب ذو صفائح مائلة بزاوية ١٥° علىالأفق. هذا الميل الضعيف لايسمح للرواسب بالإنزلاق مع تيار معاكس (جهة جريان الماء تعاكس جهة جريان الرواسب) نحو حفرة الرواسب، أي يلزم غسيل دوري للصفائح بتيار عكسي لاتجاه جريان الماء المعد للترسيب بغية طرد الرواسب. أما في حالة وضع الصفائح بميل ٦٠° على الأفق كما في الشكل (٣ . ٣٢ ب) فإن الرواسب تنزلق من ذاتها نحو الأرضية وبالتالي إزالتها لا تتطلب أي إيقاف للتدفق المعد للترسيب.

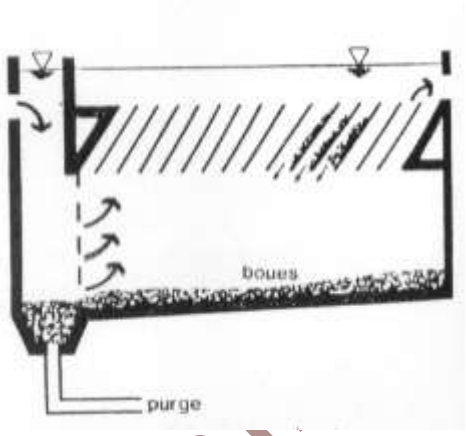


www.islamsc.com

أ . صفائح بميل ضعيف ب . صفائح بميل كبير

الشكل (٣ . ٣٢): المرسبات ذوات الصفائح المائلة.

من ناحية أخرى يمكننا زيادة معدل التحميل السطحي للمرسب من ٣ م٣/م٢ .سا إلى ٢٠ م٣/م٢ بفضل إضافة مجموعة من الصفائح أو الأنابيب المائلة كما في الشكل(٣ . ٣٣).



الشكل(٣ .٣٣): مرسب تقليدي بعد إضافة مجموعة من الصفائح المائلة.

٣ . ١٤ . ٣ . ٧ . المرسبات ذوات الجريان الشاقولي مع تماس الحمأة:

الأجهزة ذوات التماس مع الحمأة ، تدعى أيضاً ((مرسبات . مشكلات الندف)) هي بالأحرى مشكلات ندف لأنها تجمع ضمن نفس الجهاز وظائف الخلط والتخثير، تشكيل الندف والترسيب هذه الأجهزة مُدمجة (Compact) أكثر من أحواض التخثير وتشكيل الندف التقليدية.

المبدأ المستخدم في هذه الأجهزة هو استخدام الندف المتشكلة مسبقاًكمساعد للتخثير وتشكيل الندف: يحقق تماس الماء الخام والمخثر مع معلق من الندف المتشكلة مسبقاً. تتميز هذه الأجهزة بترسيب ذي جريان صاعد. نجد عملياً نموذجيان للمرسبات الشاقولة مع تماس الحمأة:

١ . الأجهزة ذوات إعادة تدوير الحمأة

٢ . أجهزة ذوات أسرة الحمأة

أ . المرسبات الشاقولية مع إعادة تدوير الحمأة

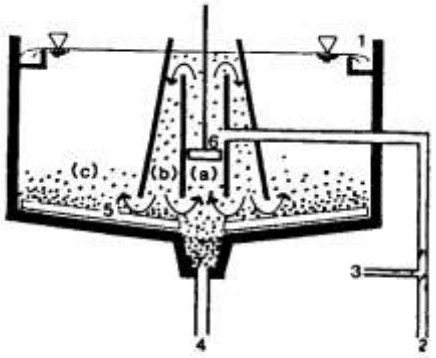
يبين الشكل (٣ .٣٤) المبدأ العام لهذه الأجهزة . نميز ثلاثة مناطق ضمن الجهاز:

a . منطقة الخلط والتخثير

www.islam.com

b . منطقة تشكيل الندف

c . منطقة الترسيب



١ . مخرج الماء المعالج ٢ . دخول الماء الخام ٣ . دخول المخثر ٤ . استخراج الحمأة الفائضة
٥ . مجرفة (كاشطة) ٦ . مروحة

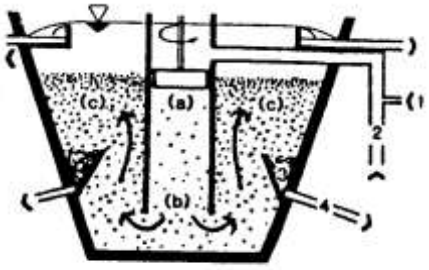
الشكل(٣ . ٣٤): مرسب شاقولي مع إعادة تدوير الحمأة.

الأسطوانة المركزية مزودة بمروحة ذات سرعة قابلة للتعبير والتي تسحب جزء من معلق الندف المشكلة في الجزء السفلي من الجهاز وتخلطه مع الماء الخام والمخثر. يقلع التخثير بوجود ندف مشكلة مسبقاً. تشكيل الندف يستمر ضمن المنطقة b المحددة بوساطة غلاف مخروطي، حيث يقلع الترسيب. يصل الماء بعد ذلك إلى منطقة محيطية C حيث يستكمل الترسيب. إن السرعة المتناقصة للماء تسمح للندف الصغيرة بالترسيب. يبقى سرير رقيق من الحمأة معلقاً بفضل الحركة الصاعدة للماء، أما الحمأة الفائضة فتكشط نحو حفرة الحمأة المركزية.

ب . المرسبات الشاقولية ذوات أسرة الحمأة:

في هذه الأجهزة ننجز إيجاد تماس لندف ميكرونية تتشكل مع حمأة متشكلة مسبقاً عن طريق إرغام الماء على إيجاد طريق له عبر سرير الحمأة (المميع) المحافظ عليه بشكل معلق بفضل التيار الصاعد للماء كما في الشكل(٣ . ٣٥).

www.islamsc.com



١ . دخول المخثر ٢ . دخول الماء الخام ٣ . حفرة استخراج الحمأة ٤ . طرد الحمأة

الشكل (٣ . ٣٥) : المرسب الشاقولي ذو سرير الحمأة.

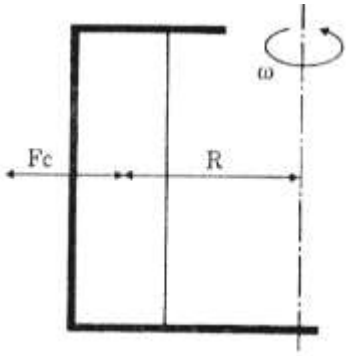
٣ . ١٥ . إزالة الجسيمات المعلقة بالقوة النابذة

تستعمل القوة النابذة لفصل الجسيمات الصلبة المعلقة عن السوائل.

تطبق القوة النابذة في وعاء أسطواني، وعندما يدور الوعاء بسرعة زاوية $W(rad/sec)$ كما في الشكل الشكل (٣ . ٣١) أو $n\ (tour/min)$ ويحتوي على حلقة من سائل قطرها الوسطي $R(m)$ فإن التسارع الزاوي $Z(m/sec^2)$ يعطى بالعلاقة:

$$Z= W^2. R = 0.011. n^2 R$$

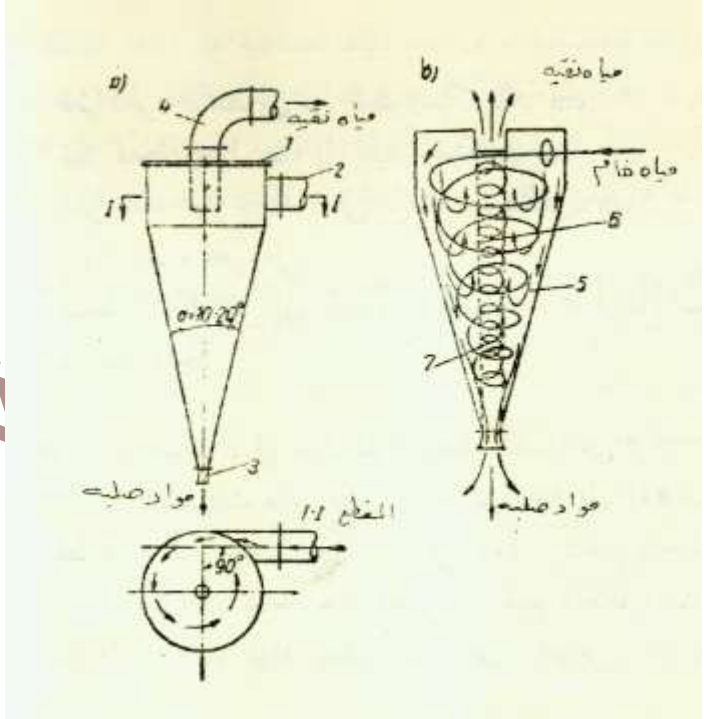
www.islamsc.com



الشكل (٣ . ٣٦) : إزالة الجسيمات المعلقة بالقوة النابذة.

و تستخدم قوة الطرد المركزي في جهاز الهيدرو سيكلون لمعالجة المياه الحاوية على مواد صلبة معلقة وغير منحلة.

يتألف جهاز الهيدروسيكلون كما يبين الشكل (٣ . ٣٧) من جزأين أسطواني ومخروطي، الجزء الأسطواني مغلق من الأعلى بشكل محكم.



الشكل(٣ . ٣٧): مكونات جهاز الهيدروسيكلون .

www.msc.com

يدخل الماء إلى الجهاز تحت الغطاء المحكم (١) تحت الضغط وذلك بشكل مماسي مما يسبب دوران الماء بشكل حلزوني ضمن الجهاز، إن قوة الطرد المركزي لدوران الماء تسبب اندفاع المواد الصلبة إلى الجدار السفلي للجهاز حيث تنساب هذه المواد إلى الثقب السفلي (٣) ومنه تصرف إلى الخارج، أما بقية الماء الذي يكون قد تخلص جزئياً من المواد الصلبة فإنه يتابع دورانه مغيراً اتجاهه من الأسفل إلى الأعلىفيخرج من فتحة علوية (٤).

أي أن ضمن الهيدروسيكلون هناك حركتان لولبيتان للماء ، الأولى الحلزون الخارجي المتجه إلى الأسفل (٥) والثانية الحركة الحلزونية الداخلية المتجهة إلى الأعلى (٦)، وعلى محور الهيدروسيكلون يتشكل ضمن اللولب الداخلي عمود من الهواء(٧).

وبما أن تسارع الطرد المركزي أكبر بكثير من تسارع الجاذبية الأرضية فإن الهيدروسيكلون يمكن أن يعمل في أي اتجاه ممكن سواء كان شاقولياً أو مائلاً أو أفقياً.

تستعمل حالياً هيدروسيكلونات أقطارها تتراوح من ٢٥٠ إلى ٥٠٠ ملم. وتكون زاوية مخروطها متراوحة بين ١٠ إلى ٣٠ درجة ، وتصمم عادة بشكل مجموعات تعمل على التوازي ، ويمكن أن تعمل على التسلسل إذا كان المطلوب زيادة كفاءة التنقية في الهيدروسيكلونات.

وبشكل عام فإن التدفق الذي يمكن أن يمر في الهيدروسيكلون الواحد يمكن أن يعطى بالعلاقة التجريبية:

$$Q = 0.131 * K_D * d_p * d_c * g * H^{0.5} * (tg\ a/2)^{-0.3}$$

حيث Q : التدفق المار في الهيدروسيكلون بواحدة سنتيمتر مكعب/ثانية.

d_p: قطر فتحة دخول ماء الصرف إلى الهيدروسيكلون.

d_c: قطر فتحة خروج الماء المنقى من الهيدروسيكلون.

a: زاوية الجزء المخروطي من الهيدروسيكلون.

H: ضغط الماء الداخل إلى الهيدروسيكلون بواحدة سنتيمتر عمود ماء.

K_D : عامل تتعلق قيمته بقطر الجزء الأسطواني من الهيدروسيكلون، وتعطى قيمته بالعلاقة التالية:

$$K_D = (0.08*D + 2) / (0.1*D+1)$$

www.islamsc.com

إن كفاءة الهيدروسيكلون في إزالة المواد الصلبة تعتمد على تركيز هذه المواد ووزنها النوعي . في هيدروسيكلونات ذات قطر يتراوح بين ٢٥٠ إلى ٥٠٠ ملم يمكن إزالة مواد صلبة قطرها ٥ ميكرومتر ووزنها النوعي ٢.٥.

إن ميزات الهيدروسيكلونات تتلخص في قدرتها على استيعاب كميات كبيرة من المياه الصناعية بالنسبة إلى المساحة التي تشغلها. فهي انفس التدفق تشغل مساحة أقل بعشرات المرات عن المساحة التي تشغلها المرسبات الأفقية. لكن من أهم عقباتها استهلاك كبير من التيار الكهربائي.

www.islamsc.com

تطبيق عددي

يراد معالجة مياه صناعية محملة بتراكيز عالية من المواد الصلبة الثقيلة الناتجة عن معامل استخراج المعادن من فلزاتها ولهذا تم اختبار جهاز الهيدروسيكلون المناسب لمثل هذه المياه والمطلوب

١- صمم جهاز الهيدروسيكلون واحسب التدفق الذي يمكن أن يستوعبه وذلك إذا علمت أن ضغط الماء الداخل إلى الجهاز هو $P=6m$ (ارتفاع عمود من الماء) وأن زاوية الجزء المخروطي هي 20 درجة

٢- حساب عدد الهيدروسيكلونات اللازمة وذلك إذا كان التدفق المطلوب معالجته هو 6000 m^3/day

الحل :

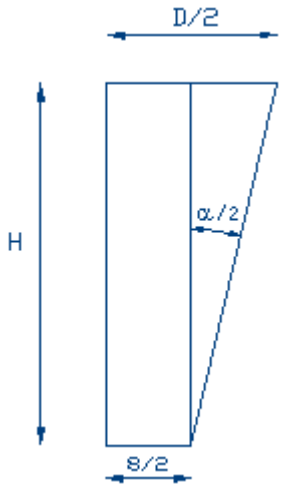
بفرض أن D قطر الجزء الاسطواني للهيدروسيكلون هو 40cm [25-50]

و أن قطر فتحة دخول الماء إلى الهيدروسيكلون 10 cm (تقريبا 25% من D)

و قطر فتحة خروج الماء المنقى من الهيدروسيكلون 8cm والتي يمكن اعتبارها تقريبا مساوية لفتحة خروج المواد الصلبة

نحسب ارتفاع الجزء المخروطي علما أن زاوية المخروط $\alpha = 20^o$: (20 – 30)

$$H= (40/2-8/2)/ tg(20/2) =90.7cm$$



وارتفاع الجزء الاسطواني 20 cm (تقريبا ضعف قطر فتحة دخول الماء)

التدفق الذي يمكن أن يمر في الهيدروسيكلون الواحد يعطى بالعلاقة

$$Q = 0.131 . K_D . dp . dc . \sqrt{(g . P)} . (tg(\alpha/2))^{-0.3}$$

يأخذ العامل K_D بالاعتبار قطر الجزء الاسطواني و تغير سرعة دوران الماء في الجهاز و يعطى بالعلاقة

$$K_D = \frac{0.08 . D+2}{0.1 . D+1}$$

www.islamsc.com

حيث تعوض قيمة D في علاقة K_D بالسنتمتر

P : ضغط الماء الداخل إلى الهيدروسيكلون وواحدته ارتفاع عمود من الماء

$$K_D = \frac{0.08 \cdot 40 + 2}{0.1 \cdot 40 + 1} = 1.04$$

$$Q = 0.131 \cdot 1.04 \cdot 10 \cdot 8 \cdot \sqrt{(981.600)} \cdot (\operatorname{tg}(20/2))^{-0.3}$$

$$= 14074 \text{ cm}^3/\text{sec} \quad = 1216 \text{ m}^3/\text{day}$$

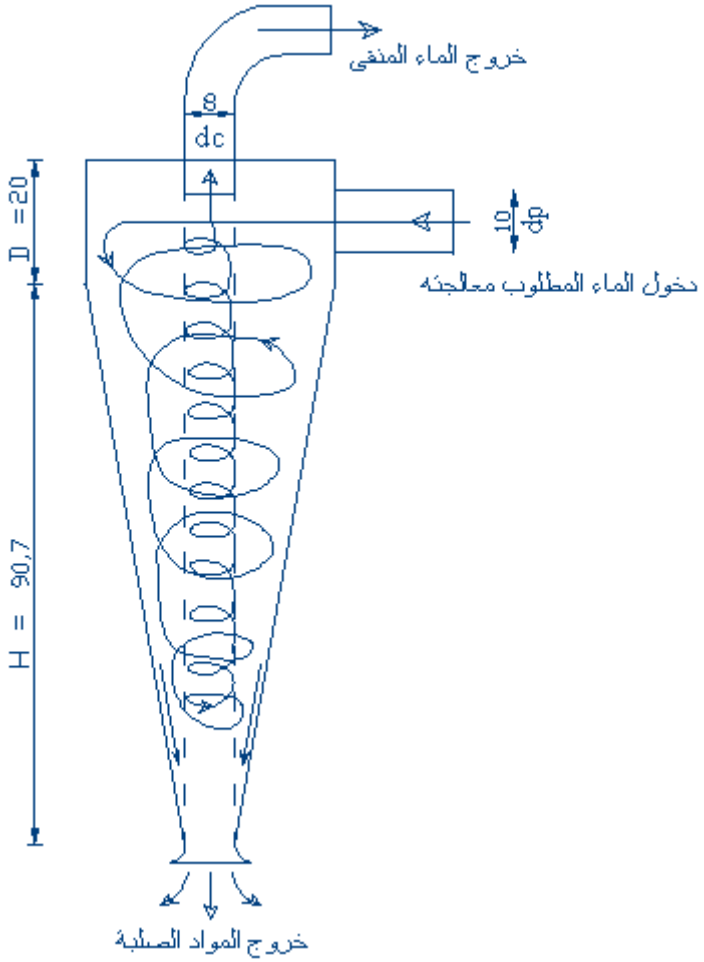
عدد الهيدروسيكلونات المطلوبة

$$= 6000/1216 = 4.93$$

أي نستعمل خمسة هيدروسيكلونات و يكون التدفق الداخل إلى الهيدروسيكلون الواحد

$$= 6000/5 = 1200 \text{ m}^3/\text{day}$$

www.islamsc.com


خروج الماء المنقى
8
dc
D =20
10
dp
دخول الماء المطلوب معالجته
H = 90,7
خروج المواد الصلبة

www.isl