الباب الثالث

طرق ترسيب المواد الصلبة العالقة

obeikandl.com

obeikandl.com

الباب الثالث

طرق ترسيب المواد الصلبة العالقة (العكارة)

التخلص من المواد الصلبة العالقة (العكارة) تتم فى مرحلتين:

المرحلة الأولى: وتشمل حقن كيماويات الترويب وترسيب المواد الصلبة العالقة.

المرحلة الثانية : الترشيح لتنقية المياه من العكارة والتطهير.

وتتم المرحلة الأولى فى أربع عمليات متتالية أو متداخلة وهى:

بتجهيزات التغذية بكيماويات الترويب – الخلط السريع – الخلط البطئ – الترسيب

المرحلة الثانية: وهى الترشيح وتتم إما فى مرشحات رملية بطيئة أو سريعة أو الترشيح بضغط المياه.

obeikandl.com

obeikandl.com

القسم الأول

تجهيز الكيماويات – الخلط السريع – الخلط البطئ

المرحلة الأولى وتشمل إعداد كيماويات الترويب في الشكل الجاف أو المحلول ثم الخلط السريع للمروب مع المياه العكرة لتحقيق الانتشار السريع للمروب مع المياه العكرة والتلامس مع الأجسام العالقة كاملا فى جميع محتويات الماء ثم الخلط البطئ حيث يتم الالتصاق بين زغبات المروب والمواد الصلبة العالقة وتتكون زغبات كبيرة الحجم فى حوض المزج البطئ والتى ترسب ولذلك تسمى أحواض المزج البطئ بالمروقات (Clarifiers).

١- تجهيزات التغذية بكيماويات الترويب :

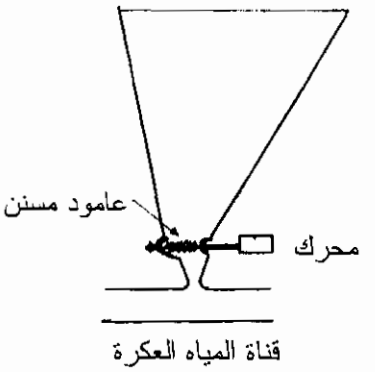
نظراً لأن الخلط السريع يهدف إلى الانتشار الفورى لجرعة الكيماويات خلال كتلة المياه لذلك يتم التقليب السريع للمياه مع حقن كيماويات الترويب فى اكثر المناطق اضطرابا (Turbulent) للتأكد من المزج السريع والمتجانس فى كتلة المياه ولأن تميؤ الماء المروب يتم فى ثوان قليلة كما أن عملية عدم ثبات المواد العالقة (Destabilization) نتيجة وجود شحنات كهربية مختلفة بين المروب الذى يكون زغبات موجبة الشحنة والعكارة التى تحمل شحنة سالبة تستغرق وقت صغير جدا. لذلك يوضع تجهيز الخلط السريع (Rapid Mixer) قرب مخازن الكيماويات وقريباً من حوض الخلط البطئ وتكون ماسورة التغذية للمروب قصيرة. قد تتم التغذية بالمروبات فى الشكل الجاف أو المحلول. التغذية الجافة سهلة وتتطلب حيز صغير جداً واقتصادية ولا تحدث تآكل ولكن ليس كل الكيماويات يمكن استخدامها فى

الشكل الجاف نظراً لأن بعضها قد يحدث انسداد. التغذية الجافة تتم للمروب ذو الحبيبات المنتظمة وثابت التركيب ولا يتميأ ولا يولد أبخرة ويظل جاف تحت ظروف الضغط والحرارة المتغيرة ولهذا يمكن استخدام كبريتات الحديدوز والجير المطفى فى الشكل الجاف.

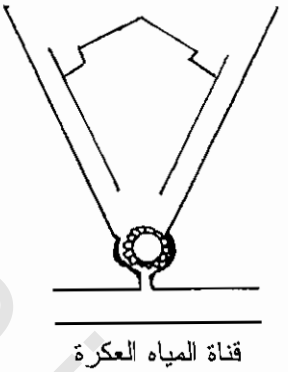
أ- تجهيزات التغذية الجافة بكيماويات الترويب : شكل (١٤، ١٥)

تعمل هذه التجهيزات على أساس الإزاحة الحجمية والوزنية للكيماويات الجافة حيث توضع الكيماويات فى القادوس القمعى ويجرى سحب المادة الجافة بفعل دوران العامود المسنن شكل (١٤) أو العجلة المسننة شكل (١٥) فى قاع القلادوس التى تدار بواسطة الفنتوى الموجود على ماسورة المياه العكرة التى تغذى وحدة المعالجة حيث يمكن زيادة سرعة الدوران آلياً مع زيادة تدفق المياه العكرة.

obeikandl.com

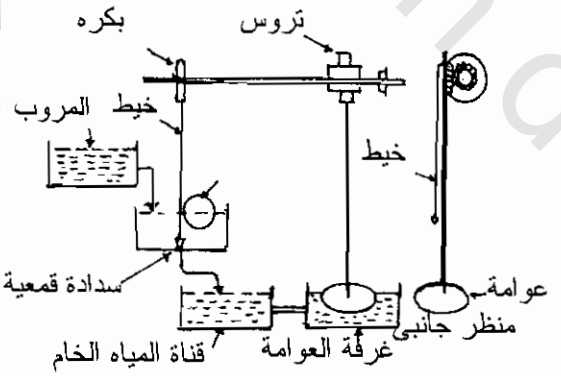


شكل (١٤) العامود المسنن للخلط الجاف



شكل (١٥) العجلة المسننة للخلط الجاف

شكل (١٦) تجهيز محلول المروب



شكل (١٧) التغذية بالمروب بالسدادة القمعية

ب- تجهيز محلول كيماويات الترويب : شكل (١٦)

يجهز المحلول المروب فى سلة معدنية مثقبة أو صندوق معدنى مثقب أو أى وعاء مثقب من البلاستيك (من البولى اثيلين أو البولى بروبلين) ثم رشه بالماء الساخن ثم يوضع المحلول فى خزانات تسع لتشغيل وردية واحدة وذلك عند استخدام الشبة كمروب. يجهز محلول الشبة بتركيز ٤-٥ % ولا يقل التركيز عن ١,٥% قبل الحقن للمحلول سواء كان هذا المحلول معد مسبقا من مادة المروب الصلبة أو المحلول التجارى (بتركيز ٥٠%). كما يلزم الإشارة إلى إن محلول الشبة بتركيز اقل من ١% يجعل الشبة تكون زغبات الشبة مع مياه التخفيف قبل حقنها فى كتلة المياه العكرة ، ولهذا فان تركيز محلول الشبة يجب ألا يقل عن ١,٥ % ويعد محلول الشبة كما فى الشكل (١٦) والتغذية بالمحلول بالسداده القمعية شكل (١٧).

٢- طرق الخلط السريع : Rapid Mixing الأشكال (١٧ – ٣٥).

تتوقف الطريقة المستخدمة فى الخلط السريع على حجم المحطة ومعدل التدفق ونوع مادة الترويب وتشمل هذه الطرق .

الخلط الميكانيكى وهو شائع الاستعمال.

الخلط الهيدروليكى و يتميز بالبساطة فى التشغيل ولا يحتاج إلى طاقة ميكانيكية.

الخلط بالمضخات وهو لا يتأثر بمعدل التدفق.

الخلط فى الخط In Line Blender ويشمل نوعين.

الخلط فى الخط الميكانيكى وهو جيد وبسيط عند كل التدفقات.

الخلط فى الخط الإستاتيكى حيث تتغير الطاقة مع معدل التدفق.

أ- الخلط الميكانيكى :

الخلط الميكانيكى السريع يتم فى حوض مجهز بأذرع الخلط وتكون سرعة دوران أذرع الخلط من ٣٠٠ - ٦٠٠ لفة فى الدقيقة . ويراعى إن يصمم حوض الخلط ليوفر زمن تلامس (Contact Time) من ٢-٥ ثانية

ب- الخلط الهيدروليكى: شكل (١٨ ، ١٩ ، ٢٠ ، ٢٥) .

فى الخلط الهيدروليكى السريع تستخدم بتجهيزات مثل القنوات أو الغرف المجهزة بعوائق (Baffles) التى تحدث اضطرابات (Turbulence) لتدفقات المياه شكل (١٨، ١٩) كما تستخدم الهدارات (weirs) والقفز الهيدروليكى (Hydraulic jumps) كما فى الأشكال (٢٠) كما يمكن عمل الخلط الهيدروليكى بتغذية المحلول عند جانب السحب للطلمبة مع التصميم الجيد المناسب. الشكل (٢٥) الخلط الهيدروليكى بالحوائط الحائله.

جـ- الخلط بالمضخة على الخط : شكل (٢٢)

يشمل الخلط السريع بالمضخة على الخط بتجهيزات ميكانيكية وهيدروليكية وفى هذه الحالات يجب ألا يزيد معدل ضخ الماء بالطلمبة عن ١٠٠ ضعف حجم المحلول للمروب شكل (٢٢).

د- الخلط فى الخط: (In Line Blender)

ويشمل الخلط الميكانيكى فى الخط والخلط الاستاتيكى فى الخط.

الخلط الميكانيكى شكل (٢١، ٢٢) والخلط الإستاتيكى شكل (٢٤).

عند استخدام التغذية الميكانيكية لمحلول الشبة فى الخط فانه يمكن تغذية الشبة مباشرة لماسورة الطرد لمضخات الضغط العالى حيث يسحب المحلول بواسطة مروحة تتبع لفاتها لفات عامود إدارة مضخة الضغط المنخفض فيكون تصرف الجرعة مناسب لتصرف ماسورة التغذية.

وهناك طريقة أخرى موضحة فى الشكل (٢٣) فعند مرور المياه فى الماسورة (أ) إلى الاتجاه (ب) تدور مروحة صغيرة (ج) بواسطة مجموعة الحركة المبينة فى الشكل فيدور عامود المضخة (د) التى تنقل المحلول فى الماسورة بمعدل يتوقف على سرعة المياه فى الماسورة (أ).

وفى جميع حالات الخلط السريع فان سرعة تدفق المياه فى وعاء الخلط تكون ما بين ١٥-٣٠ سم / ث ولا تقل السرعة عن ١٠ سم / ث ولا تزيد عن ٧٥سم/ث حيث فى الحالة الأولى فان الزغبات ترسب وفى الحالة الثانية فإنها تذوب وتختفي.

٣- تكوين الزغبات بالخلط البطئ : flocculation

الأشكال أرقام (٣٦ - ٣٠)

أ- رحلة المياه ما بين حوض الخلط السريع وحوض الخلط البطئ (التزغيب):

السرعة المناسبة للمياه من حوض الخلط السريع الى حوض الخلط البطئ هى ٧٠سم/ث وقنوات التوزيع للمياه ما بين حوض الخلط السريع وحوض التزغيب عادة تتناقص تدريجيا فى مساحة المقطع للمحافظة على ثبات سرعة المياه. وفى المحطات الكبيرة فان مسافة انتقال المياه من أحواض الخلط السريع الى أحواض الخلط البطئ قد تزيد عن ٤٠ متر. وتتدفق المياه بسرعة بطيئة خلال المواسير أو القنوات المجهزة بالهدارات المغمورة لتبطئ السرعة مع تجنب الاضطرابات فى حركة المياه وكذلك ثبات كلا من المنسوب ومعدل التبطئ لسرعة المياه. الزغبات التى تتكون بعد ٢ ثانية من إضافة المروب والخلط السريع تتفتت إذا كان هناك اختلاف فى السرعة أو المنسوب فى مسار المياه من الخلط السريع الى الخلط البطئ. الزغبات المفتتة قد لا ترسب بسرعة ولا يعاد تجميعها مما يتطلب سرعة التغذية بالمروب ولذلك فان أقصى زغبات مناسبة للترسيب والترشيح هى التى تتكون فى ظروف الخفض المتدرج لسرعة المياه.

وهناك فكر آخر الذى يوصى بتوفير طاقة متغيرة ومفاجئة فى حوض التزغيب وهذه تتم فى شكل نبضات (Variable Energy or Pulsating Energy). وان كان هذا يخالف نظرية الطاقة (السرعة) المتدرجة فى التبطئ ولضمان نجاح فكرة النبضات المفاجئة (Pulsation) والتى ستناقش فى القسم الثالث من الباب الثالث فانه يلزم عمل التجارب النصف صناعية قبل التصميم لهذا النوع من أحواض التزغيب.

ب- التزغيب بالخلط البطئ : Flocculation :

فى حوض الخلط البطئ والمستمر تتكون الزغبات نتيجة التصاق الجسيمات الصغيرة العالقة لتكوين جسيمات اكبر حجما يمكن إزالتها بالترسيب أو بالترشيح. إن بناء أقصى حجم من الزغبات والذى يتراوح ما بين ٠,١ الى ٠,٢ مليمتر يتطلب الخلط البطئ لمدة ٢٠ق مع التدرج فى تقليل طاقة الخلط أي فى تقليل سرعة ازرع الخلط عند استخدام الخلط الميكانيكى أو باستخدام الحوائط الحائلة. ولذلك فان حوض التزغيب يجب إن يوفر الالتصاق أو الصدامات الهادئة بين الأجسام العالقة وتتوقف عملية التزغيب على عدد هذه الصدامات بين الزغبات الصغيرة فى وحدة الزمن. لذلك فعند تصميم حوض التزغيب لا يؤخذ فى الاعتبار التدرج فى السرعة (G – الطاقة) فقط بل كذلك زمن المكث Detention Time(T) والنتائج GT هو قياس لعدد الصدامات للجسم العالق وبالتالى لعملية تكوين الزغبات.

والتدرج فى السرعة $G = \sqrt{\frac{MV}{P}}$

حيث :

G = التدرج فى السرعة (ثانية $^{-1}$)

P = الطاقة المنقولة للمياه (كيلو وات)

V = حجم المياه أو حجم حوض الخلط البطئ (التزغيب)

M = لزوجة الماء

اللزوجة للماء هى :

١,١٤ ×١٠$^{-٦}$م٢ / ث عند درجة حرارة ١٥ ْ م

١ ×١٠$^{-٦}$م٢ / ث عند درجة حرارة ٢٠ ْ م

٠,٩ ×١٠$^{-٦}$م٢ / ث عند درجة حرارة ٢٥ ْ م

٠,٨ ×١٠$^{-٦}$م٢ / ث عند درجة حرارة ٣٠ ْ م

القيم المثالية لقيم (GT) فى حوض الترغيب هى كالأتي :

$G\ sec^{-1}$ = من ٤٥ –٩٥

T sec = ١٢٠٠ – ١٨٠٠

GT = ٥٠٠٠٠ – ١٥٠٠٠٠

ولكل نوع من أحواض التزغيب يتم الاختيار بعناية لقيمة GT المناسبة وتكون عالية بما يوفر أفضل تكوين للزغبات بدون حدوث تفتت أو تشتت لهذه الزغبات بعد تكوينها. وكذلك يمكن تحسين الصدامات الداخلية للزغبات باستخدام كيماويات مساعدة مثل السيليكا المنشطة أو البولى اليكتروليت وهما من مساعدات الترويب كما أنه من المفضل توفر قوة قص مستمرة (Shear Force) لتبطئ السرعة فى كل مقطع الحوض ولهذا يقسم حوض التزغيب إلى غرف لمنع قصر الرحلة والتناقص فى الطاقة ولهذا توضع العوائق (Baffles) فى حوض التزغيب الهيدروليكى الكبير فقط والذى تزيد طاقته عن ٢٠٠٠٠ متر مكعب فى اليوم وتلغى فى الأحواض ذات الطاقة اقل من ذلك لتبسيط التصميم. وفى حالة عدم وجود تقسيمات فى الحوض يزداد زمن المكث عن ٢٠ دقيقة. واذا كان الحوض يعمل بالتزغيب والترسيب معا فان الطاقة المستخدمة تكون اقل وزمن المكث للماء فى الحوض يكون من ١٨–٢٥ دقيقة. ويجب مراجعة حجم وكثافة الزغبات بالنسبة لعملية الترسيب والترشيح. الزغبات الكبيرة قد تكون قابلة للترسيب ولكنها غير مناسبة للترشيح المباشر والذى يتطلب عندئذ الغسيل العكسى للمرشح من إن إلى آخر. الزغبات

obeikandi.com

المناسبة للفصل بالترشيح المباشر (بدون الترسيب المسبق) هى الزغبات صغيرة الحجم وذات الكثافة العالية.

٤- أحواض المزج البطئ (التزغيب) : Flocculator

المزج البطئ لتكوين الزغبات يمكن إن يتم بالتجهيزات الميكانيكية أو بالطرق الهيدروليكية. المزج الهيدروليكى البطئ مناسب للمحطات الصغيرة والميكانيكى مناسب لكل المحطات الصغيرة والكبيرة.

أ- المزج الميكانيكى البطئ (التزغيب الميكانيكى) : Mechanical Flocculator

المزغبات الميكانيكية تتكون غالبا من الازرع والتى تدور بسرعة بطيئة جدا بمعدل ٢-٣ لفة فى الدقيقة. وأزرع التقليب قد تدور على عامود إدارة رأسي أو أفقي. المزغبات ذات عامود الإدارة الرأسى وأزرع التقليب العمودية عادة تكون مرتبطة بأحواض مربعة وأقصى أبعادلها هى ٦ متر × ٦ متر وعمق من ٣ - ٥ متر. المزغبات ذات الهيكل الأفقى وأذرع التقليب الأفقية عادة تكون طويلة ويتراوح الطول ما بين ١٠ -٣٠ متر والعرض ما بين ٣-٥ متر والأبعاد الصغيرة هى المستخدمة عادة.

وتصمم الحوائط الحائلة فى أحواض التزغيب بالتقليب الميكانيكى البطئ لمنع قصر المسافة (Short Circuit)، وتكون مسافة الفتحات فى الحوائط الحائلة بما يسمح بسرعة تدفق للمياه من ٣٠-٤٥ سم/ث. وعادة فان أحواض التقليب الميكانيكى البطئ ذات أذرع التقليب الأفقية. ولذلك فان السرعة العالية قد لا تنتج الزغبات المناسبة للترسيب فى المروقات ذات أذرع التقليب العمودية مما يتطلب زيادة جرعة المروبات أو إضافة مساعدات الترويب (Coagulant Aids). أحواض الخلط البطئ ذات الأزرع العمودية تكون أجزاء الحركة بها غير مغمورة فى الماء وهى عادة اقل فى التكاليف وازرع التقليب الأفقية اكثر مناسبة للاستخدام فى حالة الترشيح المباشر والسرعة المناسبة لزراع التقليب هى من ٣٠-٧٥ سم /ث

وتصمم الهدارات لخروج المياه من حوض التقليب الميكانيكى بسرعة ٣٠ سم / ث أو بتوفير نسبة فتحات من ٣-٦% شكل (٣٠،٢٩).

ب- المزج الهيدروليكى البطئ (التزغيب الهيدروليكى) Hydraulic Flucculator: الأشكال (٢٦-٢٩)

التزغيب الهيدروليكى بسيط وفعال وخاصة فى حالة ثبات التدفقات ويمكن توفير الطاقة للماء وقصر الرحلة باستخدام العوائق المعقدة (Maze Type) شكل (٢٦) أو باستخدام العوائق ذات التدفق المتقاطع شكل (٢٧). العوائق المعقدة تعطى نتائج جيدة عند سر عات ٢٠-٤٠ سم/ ث وقد يكون التزغيب جيد بسبب الاضطراب الذى يحدث نتيجة التغير فى الاتجاه ١٨٠ درجة عند نهاية كل عائق. وفى المزغبات ذات العوائق الأفقية أشكال (٢٧،٢٦) فان السرعة المياه عموما هى من ١٠-٣٠ سم / ث وزمن المكث من ١٥-٢٠ ق، هذا النوع يناسب المحطات الصغيرة جدا. وتتوقف الكفاءة على عمق المياه فى الحوض والذى يتراوح ما بين ٣-٥ متر لكل من حوض التزغيب والمروق بالإضافة إلى وجود.ميل فى قاع الحوض. وتجهز الأحواض ذات التدفق المتقاطع شكل (٢٧) بفتحات فى قاع العوائق لأغراض النظافة بارتفاع ١٠-١٥ سم وبطول ٤٠-٦٠ سم.

المزغبات ذات التدفق الرأسى خلال الحارات المعدة بالعوائق الراسية تناسب المحطات المتوسطة والكبيرة وسرعة المياه فيها من ١٠-٢٠ سم /ث وزمن المكث من ١٠-٢٠ ق ويعد الحوض كذلك بتجهيزات لإزالة الرواسب شكل (٢٨).

جـ- المزغب الهيدروليكى ألا باما : Alabama flocculater شكل (٣١)

يتكون المزغب الهيدروليكى ألا باما من غرف منفصلة ملتصقة على التوالي حيث تتدفق المياه خلالها فى اتجاهين ومن غرفة الى الغرفة التى تليها تدخل المياه اسفل كل عائق مجاور عند نهاية القاع خلال مخارج منحنية الى أعلى ولأحداث التزغيب المؤثر فى كل غرفة فان المخارج توضع على عمق ٢,٥ متر اسفل منسوب المياه.

بيانات التصميم لمزغب ألا باما :

الطاقة العادية لكل غرفة من ٢٥ – ٥٠ لتر/ث لكل متر مربع .

السرعة عند الانحناءات من ٤٠–٥٠ سم/ث .

طول الغرفة الواحدة (L) من٠,٧٥ – ١,٥ متر .

العرض (B) من ٠,٥ – ١,٢٥ متر .

العمق (H) من ٢,٥ – ٣,٥ متر .

زمن المكث (T) من ١٥–٢٥ ق .

والفقد فى الضغط عادة من ٠,٣٥ الى ٠,٥ متر لكل وحدة والتدرج فى السرعة عادة من ٤٠–٥٠ ثانية$^{-1}$

الجدول رقم (١٠) يوفر بيانات استرشادية لتصميم مزغب ألا باما.

مثال :

معدل التدفق (Q) = ١,٢ م^{٣}/ق، زمن المكث = ١٥ ق

الحل :

معدل التدفق ١,٢ م^{٣} / ق =٢٠ ل /ث

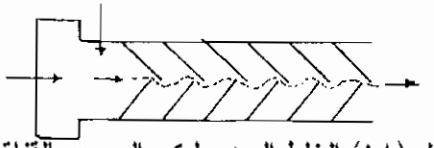
بما أن قطر الماسورة المنحنية ٢٥٠ مم (١٠") (D)

حجم الغرفة الواحدة ١,٣ م^{٣} (العرض B=٠,٦ متر، الطول L = ٠,٧٥ متر)

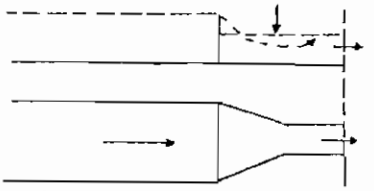
إجمالي الحجم المطلوب = معدل التدفق × زمن المكث

= ١,٢×١٥=١٨ م^{٣}

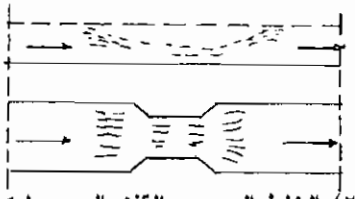
عدد الغرف = ١٨/ ١,٣ = ١٤ غرفة



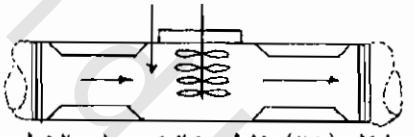
شكل (١٨) الخلط الهيدروليكى السريع بالقناة المجهزة بعوائق



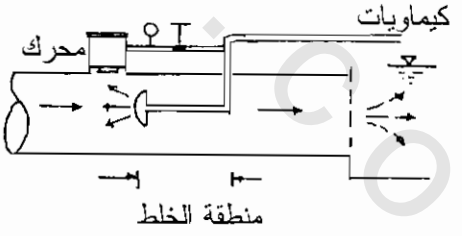
شكل (١٩) الخلط بالهدار المستخدم كذلك لقياس التصرف



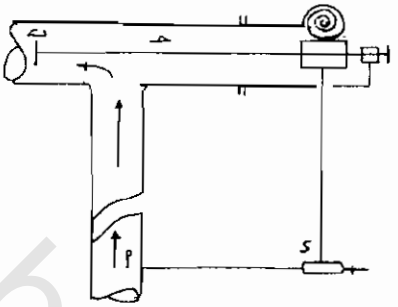
شكل (٢٠) الخلط السريع بالقفز الهيدروليكى



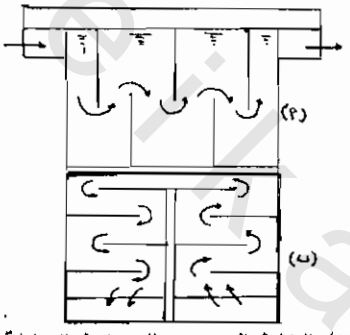
شكل (٢١) خلط ميكانيكى على الخط (In Line Blender)



شكل (٢٢) خلط ميكانيكى على الخط باستخدام طلمبه

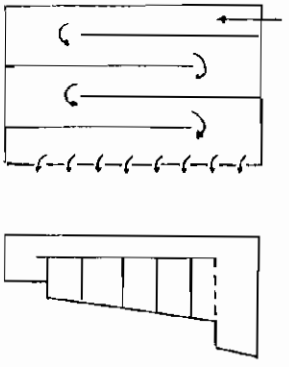


شكل (٢٣) خلط ميكانيكى على الخط

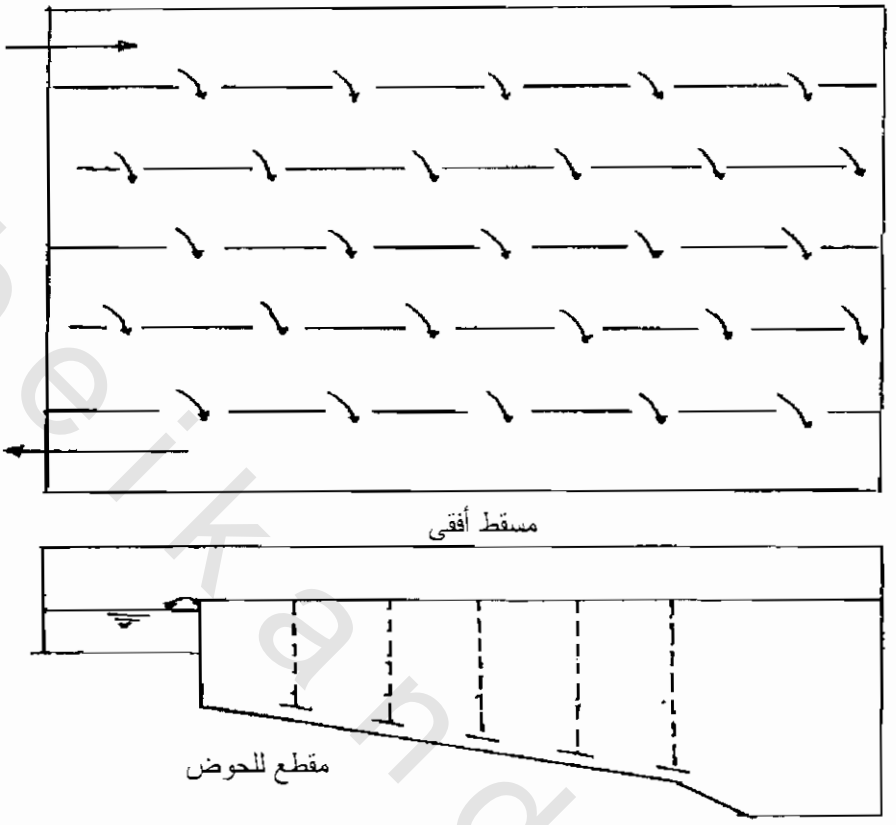


شكل (٢٥) الخلط السريع بالحوائط الحائلة (أ،ب)

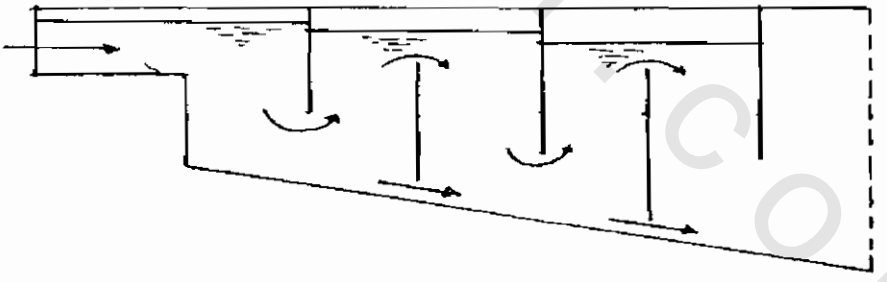
شكل (٢٤) خلط استاتيكى على الخط



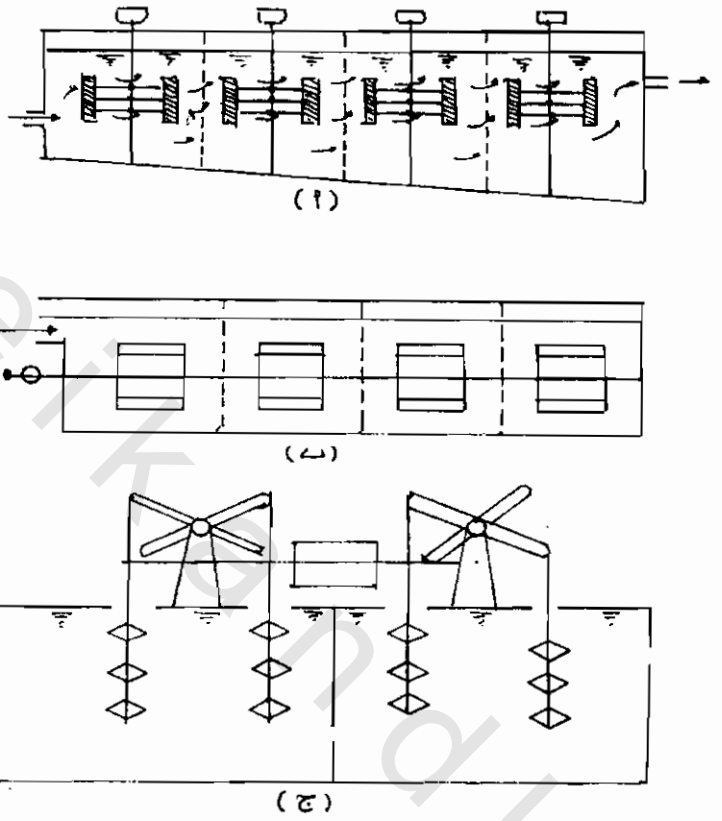
شكل (٢٦) حوض العوائق المعقدة



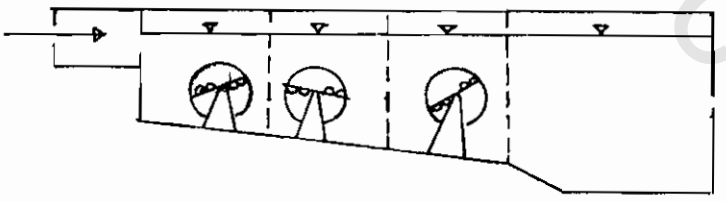
شكل (٢٧) حوض العوائق المتقاطعة



شكل (٢٨) حوض التدفق العمودى



شكل (٢٩) قلابات ميكانيكية عمودية على إتجاه التدفق للمذج البطيئ

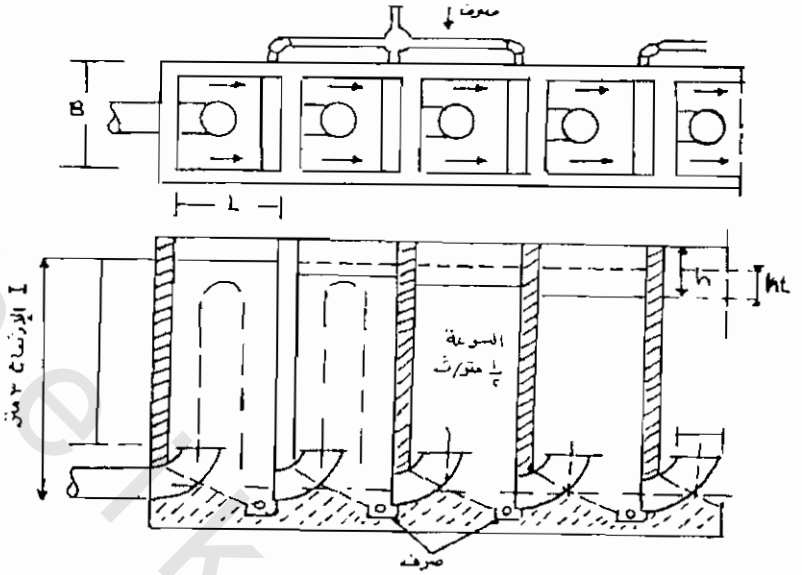


شكل (٣٠) قلاب ميكانيكى يدور فى إتجاه التدفق

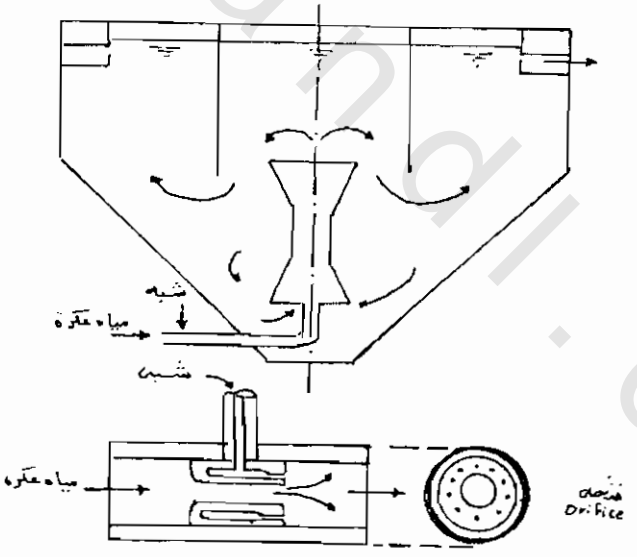
جدول رقم (١٠) بيانات عملية استرشادية لتصميم مزغب الاباما

معدل التدفق Q لتر / ث	العرض B بالمتر	الطول L بالمتر	القطر D مم	مساحة الغرفة الواحدة م^{٢}	حجم الغرفة الواحدة م^{٣}
١٠	٠,٥	٠,٦	١٥٠	٠,٣٥	١,١
٢٠	٠.٦	٠,٧٥	٢٥٠	٠,٤٥	١,٣
٣٠	٠,٧	٠,٨٥	٣٠٠	٠,٦	١,٨
٤٠	٠,٨	١,٠٠	٣٥٠	٠,٨	٢,٤
٥٠	٠,٩	١,١	٣٥٠	١,٠٠	٣,٠٠
٦٠	١,٠٠	١,٢	٤٠٠	١,٢	٣,٦
٧٠	١,٠٥	١,٣٥	٤٥٠	١,٤	٤,٢
٨٠	١,١٥	١,٤	٤٥٠	١,٦	٤,٨
٩٠	١,٢	١,٥	٥٠٠	١,٨	٥,٤
١٠٠	١,٢٥	١,٦	٥٠٠	٢,٠٠	٦

obeikandl.com



شكل (٣١) مذغب ألاباما



شكل (٣٢) مذغب هيدروليكى

القسم الثانى

أحواض الترسيب

تعتبر عملية الترويق للمياه بترسيب الزغبات المتكونة بعد الترويب بالخلط البطئ من أهم العمليات فى تنقية مياه الشرب، فقد استخدمت أحواض الترسيب ذات التدفق المستمر مع الإزالة المستمرة للرواسب بالطرق الميكانيكية والتى سميت بالمروقات (Clarifiers) – الترويق الجيد للمياه المروية والذى يسبق الترشيح يمكن من الأداء الجيد للمرشحات وطول فترة عملها كما يقلل من مشاكل المرشحات مثل التشققات وتكوين الكرات الطينية. ويستخدم أحيانا الترسيب الأولى لتقليل (Plain Sedimentation) الأحمال من الرواسب قبل الخلط بكيماويات الترويب لإزالة نسبة كبيرة من المواد العالقة المسببة للون والمذاق والرائحة. أما الاستخدام الرئيسى لعملية الترسيب فى تنقية مياه الشرب فهو بعد عملية الترويب لإزالة الأجسام العالقة التى أصبحت أكثر قابلية للترسيب.أحواض الترسيب تتصف بالسهولة فى التشغيل والاستخدام القليل جدا للطاقة وهى أما أن تكون مستطيلة أو مستديرة أو ذات القاع القمعى أشكال (٣٣ – ٣٩).

١- أحواض الترسيب المستطيلة : شكل (٣٣)

وهذه الأحواض مستطيلة من المنظور الرأسى (Plan) وبها عدد كبير من الحوائط الحائلة (Baffle Walls). ومهمة الحوائط الحائلة هو تقليل سرعة المياه لزيادة زمن رحلة الجسم العالق. وهذه الأحواض مزودة بمداخل ومخارج ممتدة إلى

كل غرف الحوض. الأرضية بين الحوائط تكون مائلة فى اتجاه المنتصف على شكل قمع حيث توجد ماسورة سحب الروية. ويجرى سحب الروية تحت الضغط الهيدروستاتيكى وبتشغيل محبس سكنية.

٣- أحواض الترسيب المستديرة (الدائرية) :

وهذه لا تستخدم فقط فى الترسيب بل تستخدم فى الترسيب مع الترويق. وتقسم إلى نوعين حسب تدفق المياه بداخلها.

أ- أحواض الترسيب الدائرية ذات التدفق الأفقى : Radial Flow

يوضح الشكل (٣٤) مقطع فى حوض ترسيب مستدير حيث توضح ماسورة دخول المياه داخل صندوق عاكس. الصندوق العاكس يعكس المياه إلى أسفل ثم تخرج من الفتحات فى أجناب قاع الصندوق العاكس. تخرج المياه أفقيا من الصندوق العاكس فى اتجاه المحيط الخارجى للحوض. وهذا المحيط مجهز كله بمخرج للمياه. ترسب كل المواد العالقة على ميول القاع وتخرج المياه بعد التخلص من هذه المواد العالقة خلال المخرج. تزال الروية (Sludge) بزحافة تدور باستمرار حول القاع، أقص سرعة لزراع الزحافة (Racking Arm) لا تزيد عن ٤,٥ متر فى الساعة

ب- أحواض الترسيب الدائرية ذات التدفق المحيطى :- Circunferential Flow

يبين الشكل (٣٥، ٣٦) مسقط رأسى لحوض الترسب الذى يعمل بالتدفق المحيطى. تدخل المياه إلى الحوض خلال ٢-٣ فتحة رأسية. يوجد ذراع دوار فى الحوض والذى يعمل على تحريك المياه على طول محيط الحوض، بينما المياه تتحرك بسرعة بطيئة جدا بما يسمح للأجسام العالقة أن ترسب و أن تزال من مخرج الروية.

ج- أحواض الترسيب ذات القاع القمعى : (Hopper Bottom Tank)

وهى أحواض ذات تدفق رأسى شكل (٣٧). تدخل المياه من أعلا إلى صندوق عاكس (Deflector Box). وبعد التدفق إلى أسفل داخل الصندوق العاكس فإن

المياه تعكس اتجاهها وتتدفق إلى أعلا حول الصندوق العاكس. الأجسام العالقة ذا ت الكثافة اكبر من كثافة الماء لا تستطيع متابعة المياه أثناء انعكاس اتجاهها وترسب فى القاع، ثم تزال خلال مخرج الروية تحت الضغط الهيدروستاتيكى. توجد قنوات تجميع المياه الرائقة عند قمة الحوض.

وعموما فإن التغذية فى الأحواض المستديرة شكل (٣٨، ٣٩) يكون عادة من المنتصف حيث يتم التدفق الخارجى فى اتجاه هدارات. وقاع الحوض يكون عادة قمعى بسيط (Slightly Conical) إلى بئر الروية فى المنتصف. يتم تنظيف القاع وازالة الروية باستخدام قصابية لتوجيه الروية إلى البئر المركزى. التدفق المحيطى جيد من الناحية النظرية نظرا للنقص التدريجى لسرعة المياه. كما أن طول المحيط يسمح بطول هدار طافى وبالتالى قلة التحميل على الهدار. والهدارات يجب أن تكون مجهزة للضبط (Adjustable Weirs) تنشأ بدقة شديدة لمنع التدفق الغير متجانس حول الحوض. وقد تكون كفاءة الترسيب أقل من المتوقع نظر لعدم انتظام التدفق الأفقى ويوجد استثناء واحد حيث حوض التدفق من المركز إلى المحيط. تستخدم المروقات الدائرية للتزغيب والترويب والترسيب فى أن واحد.

معظم أحواض الترسيب المستخدمة فى تنقية المياه لأغراض الشرب هى ذات التدفق الأفقى ويوجد استثناء واحد حيث حوض التدفق العلوى مع التصاق الأجسام الصلبة (Up flow SolidContact Basin) الذى يجمع الخلط بالكيماويات والتزغيب والترويب والترسيب بالتدفق العلوى فى وحدة واحدة ويستخدم أساسا فى إزالة عسر المياه بطريقة الصودا ــ الجير(Soda lime process) ــ وأحواض التدفق الأفقى قد تكون مستطيلة أو مربعة أو دائرية (فى المسقط الرأسى). والمستخدم عادة هو الأحواض المستطيلة والدائرية ذات التغذية من مركز الدائرة. ويتوقف استخدام أى منها على عدة اعتبارات منها الناحية الاقتصادية. وبالنسبة للمحطات الصغيرة فإن الأحواض المستطيلة ذات التدفق الأفقى اكثر ملاءمة فى الإنشاء شكل (٣٣) وقد ثبت أن الأحواض المستطيلة تعطى كفاءه الترسيب عالية خاصة فى المحطات الكبيرة. معظم أحواض الترسيب تنظف باستمرار بآليات ميكانيكية تختلف طبقا لنوع الحوض المستخدم.

٣- كفاءة الترسيب فى أحواض الترسيب المستطيلة :

يمكن أن يقسم حوض الترسيب إلى أربعة أقسام وهى منطقة الدخول ومنطقة الترسيب ومنطقة الخروج ومنطقة تجميع الرواسب (الروبة) الشكل رقم (٤٠).

* منطقة الدخول: تقوم بتوزيع المياه بالتساوى على مساحة المقطع للحوض وتوفر الانتقال الهادئ للمياه فى شكل تدفقات منتظمة فى منطقة الترسيب.
* منطقة الترسيب: وهذه توفر الحجم والمساحة السطحية لحدوث الترسيب.
* منطقة الخروج: توفر خروج المياه الرائعة بانتظام خلال كل العمق والعرض للحوض وتوفر الانتقال الهادى من منطقة الترسيب الى التدفق الخارجى من حوض الترسيب شكل (٤٠) يوضح المناطق الفرضيه الأربع لحوض الترسيب.
* منطقة تجميع الرواسب (الروبة) فى قاع الحوض.

الممر الذى يتبعه الجسم العالق فى حوض الترسيب يتوقف على سرعتين هما سرعة الإزاحة الأفقية للمياه وسرعة الترسيب للجسم العالق شكل (٤١) وفى الظروف المثالية فإن السرعة الأفقية للمياه وكل الأجسام العالقة بها تكون ثابتة. وتوزيع سرعات الترسيب يمكن تحديده بالتجربة التى سيتم الإشارة إليها.

كفاءة حوض الترسيب فى ترسيب المواد العالقة تحدد طبقا للقاعدة شكل (٤٢)

سرعة الترسيب فى الاتجاه الرأسى $\frac{Q}{BL} = So$

سرعة الترسيب فى الاتجاه الأفقى $\frac{Q}{BH} = Vo$

$$\frac{H}{L} = \frac{BH \times Q}{Q \times BL} = \frac{So}{Vo} \qquad \frac{H \times Vo}{L} = So$$

$$\frac{H}{T} = \frac{Q}{LB} = \frac{H \times Q}{L \times BH} = So \qquad \frac{LBH}{Q} = T$$

وباستخدام قاعدة سرعة الترسيب فى الاتجاه الرأسى (So) لجسم فى زمن (T) لتصل إلى قاع الحوض (H) يمكن استخدام المعادلات الآتية :

$$\frac{Q}{LB} = So, \qquad \frac{BLH}{Q} = T, \qquad \frac{H}{T} So$$

حيث So = سرعة الترسيب متر فى الساعة.

T = زمن المكث فى الحوض بالساعة.

Q = التدفق م٣ فى الساعة.

H = عمق الحوض بالمتر.

B = عرض الحوض بالمتر.

L = طول الحوض بالمتر.

$\frac{Q}{LB} = So$ م^3 / م^2 فى الساعة = متر فى الساعة

وهذا يعنى أن كفاءة الترسيب تتوقف على النسبة بين معدل التدفق للمياه الداخلة والمساحة السطحية لحوض الترسيب. وهذا هو التحميل السطحى وهو مستقل عن عمق الحوض. لذلك فإن كفاءة الترسيب يمكن زيادتها بإنشاء حوض إضافى شكل (٤٣). عندئذ المساحة السطحية ستزداد كثيراً والتحميل السطحى سوف يقل.

حالة دخول المياه إلى منطقة الترسيب هى $\frac{L}{V_o} > \frac{H}{V_o}$

ولذلك فإن المياه يجب أن تظل فى منطقة الترسيب حتى وصول جميع المواد العالقة إلى منطقة تجمع الرواسب. وهذا هو زمن المكث للمياه فى الحوض

obeikandl.com

(Detention Time) والذى يعادل سعت (حجم) الحوض على معدل التدفق. زمن المكث فى الحوض يجب أن يزيد عن التصميمى النظرى وهو يتراوح ما بين ٢-٤ ساعة فى حالة التنظيف الميكانيكى، ٦-٨ ساعة فى حالة الترسيب العادى.

٤- إختبار الترسيب :

لتحديد بيانات منطقة الترسيب أو الترويق للأجسام العالقة الحرة (Discrete) أو الزغبات المروبة تستخدم عدة طرق لقياس معدل رسوب الجسم العالق ومن بين هذه الطرق استخدام الإسطوانة الطويلة أو القصيرة. فإذا كانت الأجسام العالقة من الزغبات المروبة وأنها تلتصق ببعضها بسهولة عند الترسيب فإن الإسطوانة الطويلة تعطى نتائج خاطئة حيث تظهر المياه أكثر نقاءاً فى العينات المأخوذة من الصنابير السفلى (أى أن النقاء يتحسن عند سرعة الترسيب العالية). وفى هذه الحالة فإن الوقت فقط هو المتغير الوحيد فى النقاء. ولذلك يوصى بعمل الإختبار البسيط لزمن المكث.

فى طريقة الإختبار تستخدم اسطوانة من البلاستيك الشفاف بقطر حوالى ٢٠سم وإرتفاع ٢ متر وتزود بصنابير لسحب العينات المختبرة كل ٢٠ - ٣٠ سم. تملأ الإسطوانة وهى فى الوضع الرأسى بعينة ممثلة للمياه العالق بها أجسام صلبة أو المروبة المطلوب إختيارها. وعلى فترات زمنية تسحب عينة حوالى ١٠٠سم^{3} من الصنابير بالتتالى مع البدء بأعلى صنبور. والفترة الزمنية المناسبة هى ٣٠ ق وتكون نتائج العينات الأخيرة بعد زمن مكث ٢ ساعة. ويتم إختبارها بما يمكن حوالى أربع عينات تحقق الهدف من إزالة المواد العالقة. وهذه التجربة سوف تظهر أثر عامل الوقت فى الترويق. يتم تحليل العينات بالنسبة لتركيز المواد الصلبة العالقة بأى طريقة مناسبة مثل الترشيح فى بوتقة الترشيح (Gouache Crucible) أو بالطرد المركزى فى أنبوبة مدرجة.

٥- التحميل السطحى وأبعاد حوض الترسيب :

عند الترسيب الأولى للمياه العكرة قبل الترويب فإن التحميل السطحى عموماً يكون من ٠,١ إلى ١ متر فى الساعة. ولكن بالنسبة لأحواض الترسيب للمياه المعالجة بالمروبات يزاد التحميل السطحى ليكون من ١-٣ متر فى الساعة. وفى كلا الحالتين كلما قل التحميل السطحى كلما تحسنت التنقية للمياه وقلت العكارة كثيراً. وعند الأخذ فى الإعتبار أهمية تجنب قصر الرحلة (Short Circuit) وكذلك إحتمالات سحب الرواسب بواسطة تدفقات المياه (Scouring) عند قاع الحوض. ولتقليل هذه السلبيات إلى أدنى حد ممكن فإن حوض الترسيب لا يكون ضحلاً وأن عمقه لا يقل عن ٢ متر وأن النسبة ما بين الطول إلى العرض تكون من ٣ إلى ٨. والسرعة الأفقية للمياه تكون من ٤ إلى ٣٦ متر فى الساعة (بمتوسط ١٠ متر فى الساعة) وأحواض الترسيب ذات عمق ٢ متر أو أكثر يمكن أن تجهز بالمعدات الميكانيكية اللازمة لإزالة الروبة أما فى حالة الإنشاءات الصغيرة فإنه يفضل الإزالة اليدوية للرواسب والتى تحدث على فترات من أسبوع إلى عدة أسابيع. وقاع الحوض يجب أن يستوعب الروبة المتجمعة خلال الفترة الزمنية بين توقيتات التنظيف.

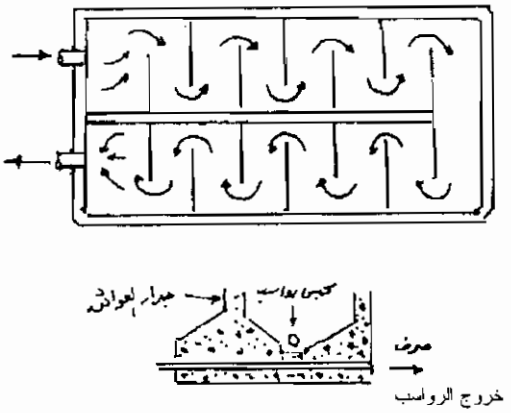
٦- المداخل والمخارج لحوض الترسيب : شكل (٤٤-٤٥)

فى حوض الترسيب يجب توفير تنظيم منفصل لدخول المياه لضمان التوزيع المتساوى للمياه على كل العمق والطول لحوض الترسيب. ويمكن تحقيق ذلك باستخدام تصميمات متعددة منها ما هو موضح بالشكل (٤٢) وفى حالة القناة على كل عرض الحوض والتى بها عدد كبير من الفتحات الصغيرة فى القاع لتدخل منها المياه إلى منطقة الترسيب. ولتنظيم توزيع المياه الداخلة تكون الفواصل بين الفتحات الصغيرة قريبة من بعضها بمسافة لا تقل عن ٠,٥ متر والقطر من ٣ - ٥ سم حتى لا يحدث انسداد. وتكون قناة المدخل ذات مساحة مقطع ضعف مساحة الفتحات. وعادة فإن المياه تخرج من الحوض خلال هدارات. أما منطقة الدخول إلى الحوض فتكون حوائط حائلة (Baffles). الحائط الحائل هو الذى تمر المياه من أسفله وتكون فتحة دخول المياه إما مستمرة ما أمكن أسفل الحائط أو على شكل

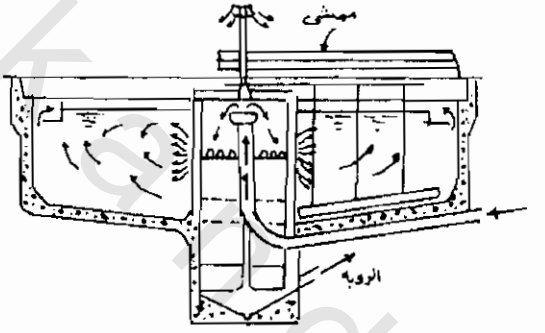
عقود بقاع الحوض. أما الهدار فهو حائط أقل قليلاً فى الإرتفاع من منسوب المياه التى تمر فيه. يصمم الهدار لتحقيق معدل تصرف ثابت ويمكن زيادة طول الهدار بالجوانب أو تركيب مجرى معلق. وعند سحب المياه الرائقه فوق الهدارات المنخفضة يراعى الوضع المناسب.

لقمة الهدار لتجنب حيودها عن الأفقى لضمان السحب المنتظم للمياه. تصنع قمة الهدار من شرائط معدنية (صلب مقاوم أو ألومنيوم) مثبته بمسامير على الحائط الخرسانى للهدار. وقمة هذه الشرائط ليست مستقيمة بل بها فتحات بفواصل. والبديل الآخر هو الفتحات فى حوضى الترسيب ذات مساحة أصغر من فتحات دخول المياه نظراً لقلة المواد العالقة ولضمان عدم انسدادها. توضع الهدارات على مسافات متساوية من منتصف الحوض. وتصمم قنوات تلقى المياه الرائق لتغطية من ١/٣ إلى ١/٢ الحوض وتوضع لاستقبال المياه من نهاية سطح التدفقات عند نهاية الحوض. وفى حالة سحب الروبة بالسلاسل (Chain Drag) توضع الهدارات بطول عرض الحوض. أما فى حالة استخدام القصابيات التى تعمل بالشفط أو بالأذرع فإن أحواض الهدارات توضع طولى كالهدارات الإصبعية المحملة على بغال تحميل.

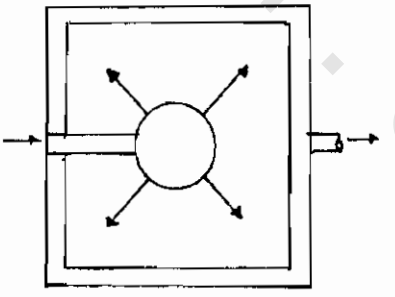
وقاع حوض الترسيب يختلف فى الشكل إذ يكون بانحدار بين ١/١٠ الى ١/٢٠ فى جميع الطول عندئذ يفضل ان يكون مخرج الرواسب عند الجهة التى تدخل منها المياه وليس عند جهة مخرج المياه لتجنب تحريك الرواسب فى منتصف الحوض إذا كان انحدار القاع فى الجهتين بما يوفر فى حجم الحوض. كما يجهز الحوض بماسورة فائض للمحافظة على منسوب المياه فى الحوض. وفى حالة تنفيذ المداخل والمخارج ومنطقة تجميع الرواسب بطريقة صحيحة فان كفاءة حوض الترسيب ترتفع نظرا لعدم الاضطراب فى منطقة الترسيب وان كان فى كثير من أحواض الترسيب تحدث إزاحة بالتدفقات خلال منطقة الترسيب نتيجة لقصر رحلة هذه التدفقات. كما قد يحدث اضطراب او نحر بما يترتب عليه حمل الرواسب الى الحائط البعيد ثم الى مخرج المياه. ولتجنب ذلك فان المياه المروبة تدخل حوض



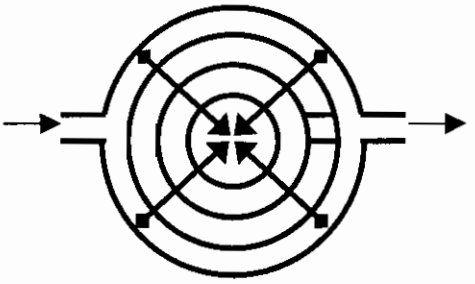
شكل (٣٣) حوض ترسيب مستطيل مجهز بعوائق



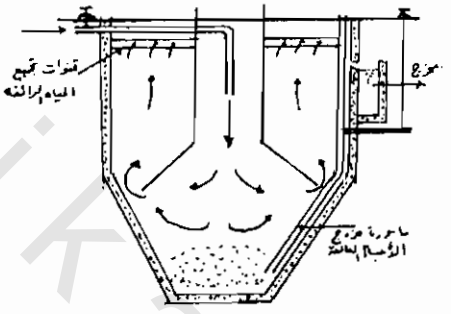
شكل (٣٤) حوض ترسيب دائرى بالتدفق الأفقى



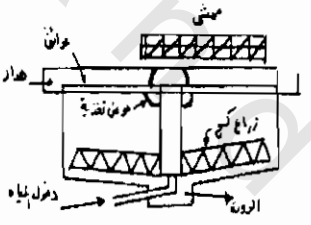
شكل (٣٥) حوض ترسيب مربع تدفق محيطى



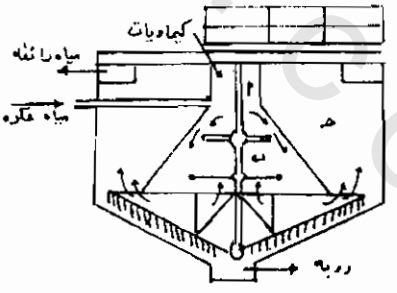
شكل (٣٦) حوض ترسيب دائرى تغذية محيطيه وتدفق محيطى



شكل (٣٧) حوض ترسيب بالقاع القمعى

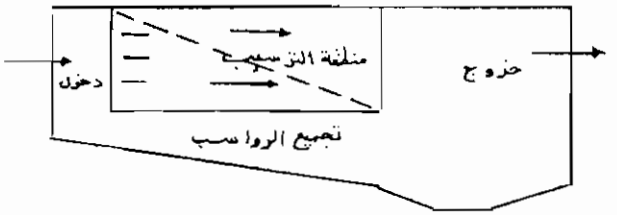


شكل (٣٨) حوض ترويق دائرى

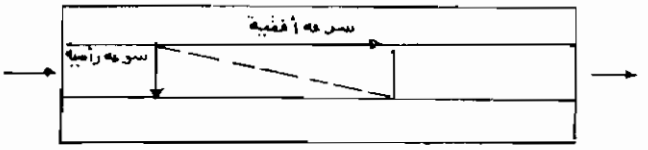


أ- الخلط السريع
ب- الخلط البطئ
جـ - تدفق علوى وتكون طبقة زغبات

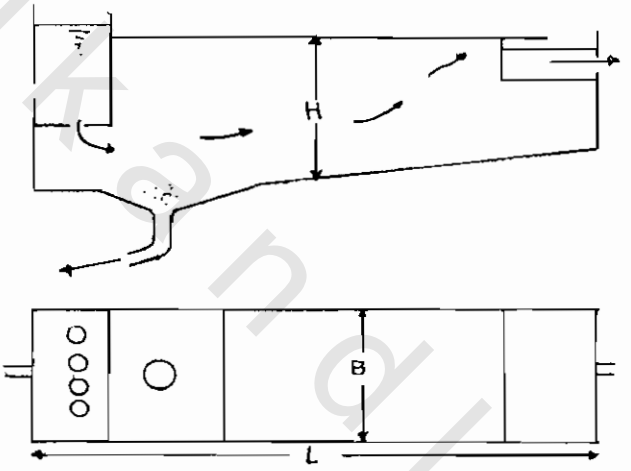
شكل (٣٩) حوض دائرى للترغيب والترسيب



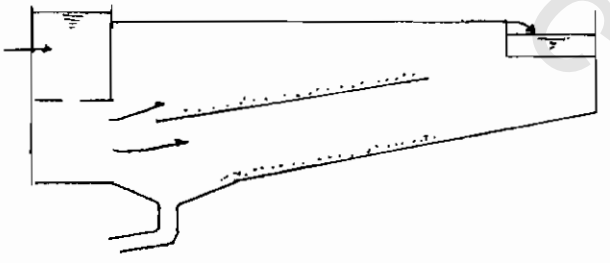
شكل (٤٠) المناطق الفرضية فى حوض الترسيب المستطيل



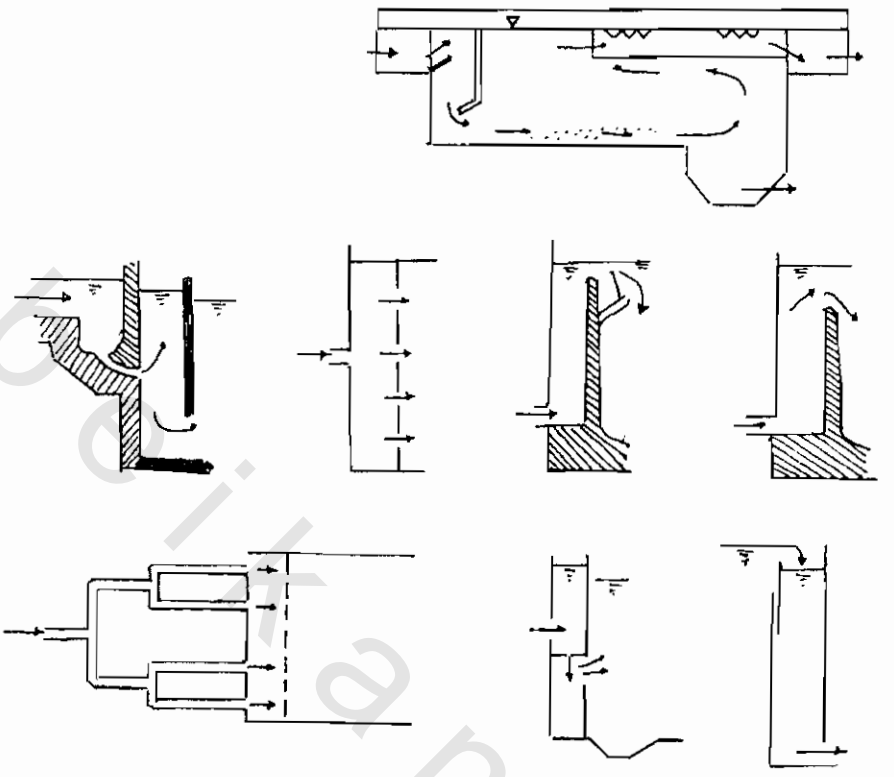
شكل (٤١) محصلة السرعة فى حوض الترسيب المستطيل



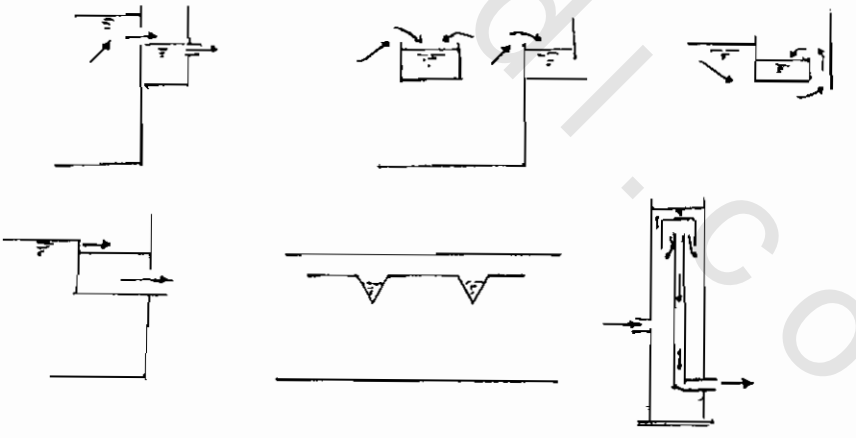
شكل (٤٢) حوض ترسيب مستطيل - التدفق أفقى



شكل (٤٣) حوض ترسيب له سطحين للترسيب



شكل (٤٤) نماذج لمداخل أحواض الترسيب



شكل (٤٥) نماذج لمخارج أحواض الترسيب

الترسيب من مدخل منفصل حيث تقسم المياه بالتساوى على طول عرض وعمق الحوض وبالمثل فى نهاية الحوض يصمم المخرج لتجميع المياه الرائقة بانتظام وتزال بانتظام الرواسب المتجمعة فى قاع الحوض شكل (٣٣ - ٣٩) يوضح أشكال التدفق فى بعض أحواض الترسيب.

٧- اثر خواص المياه على تصميم أحواض الترسيب :

خواص كثيرة للمياه والمواد العالقة تؤثر على كفاءة الترسيب بما فى ذلك درجة الحرارة وكثافة المواد العالقة وحجم وشكل هذه الأجسام وقد ثبت ان درجة حرارة الماء ذات تأثير كبير على عملية الترسيب اكثر من الكثافة النوعية. ذلك لان سرعة الترسيب تزداد بانخفاض اللزوجة حيث تنخفض لزوجة الماء مع ارتفاع درجة الحرارة. لذلك يلزم أن يتم التصميم مع الأخذ فى الاعتبار أدنى درجة حرارة للمياه الباردة عن الدافئة كما يلاحظ على الجانب الأخر انه كلما ارتفعت درجة حرارة المياه الداخلة فإنها تطفو على السطح بما يقلل من زمن الرحلة وعدم كفاءة الترسيب. وسرعة الترسيب للجسم العالق تزداد مع زيادة الكثافة النوعية للأجسام العالقة فى المجارى السطحية ذات كثافات مختلفة مثل الرمل ٢,٦٥ و ١,٠٣ للزغبات المتكونة من المواد العضوية والطفلة المحتوية على ٩٥% ماء، من ١,٠٢ إلى ١,١ للزغبات المتكونة من استخدام المروبات بالشبة. أو أملاح الحديد. وهذه القيمة قد تزداد كثيرا فى وجود الطفلة المحتوية على الرمال والكثافة النوعية لكربونات الكالسيوم أثناء عملية إزالة العسر تصل الى ١,٢. العكارة على أسطح المياه المحتوية على الطحالب هى نتيجة سقوط أشعة الشمس ونشاط الزغبات الطحلبية نتيجة تفاعلات غازية تسبب ارتفاع زغبات الطحالب على السطح بما يحدث عكارة نهارا ونقاء الماء ليلا وفى مثل هذه الحالات يتم تغطية سطح أحواض الترسيب.

٨- اعتبارات تصميمه : لأحواض الترسيب :

معدل التحميل السطحى للترسيب الاولى ما بين ١٠-٢٤ م^3 /م^2 فى اليوم وللمياه المعالجة بالمروبات يكون ما بين ٢٠ - ٤٠ م^3 / م^2 فى اليوم

* مدة المكث للمياه فى الحوض من ٢-٤ ساعة وتؤكد بالتجارب المعملية أو النصف صناعية أو الحالات المماثلة الناجحة.
* السرعة الأفقية للمياه ١٥ سم / ق (١٠ متر فى الساعة).
* الأحواض المستطيلة لا يزيد طولها عن ٣٠ متر وتكون نسبة الطول إلى العرض من ٣ – ٨.
* الأحواض المستديرة يفضل ألا يزيد القطر عن ٤٠ متر.
* معدل خروج المياه على هدار المخرج لا يزيد عن ٤٥٠ م٣ / م٢ فى اليوم.
* عند استخدام هدارات على شكل حرف V يكون عمقها ٥سم والفواصل بينهما ٨ – ١٥ سم.
* كما يؤثر فى تحديد أسس التصميم نوعية المرشحات وكفاءتها التى تلى أحواض الترسيب.
* يراعى ألا يقل عدد أحواض الترسيب عن حوضين للمحافظة على استمرار الإنتاج فى حالات التوقف للصيانة والإصلاح.

٩- أمثلة استرشادية لتصميم أحواض الترسيب :

أ - المثال الأول :

مدينة تعدادها المستقبلى ١٠٠,٠٠٠ نسمة، متوسط استهلاك الفرد فى اليوم ١٠٠ لتر وأقصى استهلاك للفرد فى اليوم ١٢٠ لتر. بفرض التحميل السطحى ٣٠م^3/ م^2/ اليوم طبقا لحالات مماثلة.

∴ **التصرف اليومى للمحطة** = ١٠٠,٠٠٠ × ١٢٠/١٠٠٠=١٢٠٠٠م^3/ اليوم = ٥٠٠م^3 /الساعة.

المساحة السطحية لأحواض الترسيب = ١٢٠٠٠ / ٣٠ = ٤٠٠ متر م٢.

بفرض طول الحوض ٢٠ متر وعرضه ٥ متر

∴ **عدد الأحواض** = ٤

بفرض مدة البقاء فى الحوض ٣ ساعات يكون حجم الاحواض = ٤٠٠ × ٣ = ١٢٠٠م^{٣}

عمق الحوض = الحجم (١٢٠٠) / المساحة (٤٠٠) = ٣ متر وفى هذه الحالة يلزم إنشاء خمسة أحواض لتوفير حوض زيادة لمواجهة مشاكل الصيانة والإصلاح.

ولحساب طاقة الحوض فى احتواء الرواسب.

على أساس معدل التدفق ٥٠٠ م^{٣} / الساعة لكل حوض ١٢٥ م^{٣} / الساعة.

السرعة الأفقية للمياه فى الحوض = ١٢٥/ ٥×٣ = ٨,٣ متر /الساعة =٨,٣×١٠٠/٦٠=١٣,٩ سم / ق أى ان سرعة المياه فى حدود التصميم.

وبفرض ان المياه تحتوى على مواد عالقة ١٠٠ مليجرام / لتر وان نسبة الإزالة بالترسيب ٩٠% عندئذ فان كمية المواد المحتجزة فى حوض الترسيب هى ٩٠ مليجرام لكل متر مكعب من المياه.

مع تحميل سطحى ٣٠م^{٣}/م^{٢} فى اليوم = ١,٢٥م^{٢} فى الساعة وهذا يعنى تراكم ١,٢٥ ×٩٠ =١١٢,٥ جرام /م^{٢} /الساعة.

اى ان الروبة المحتوية على مواد جافة ٣% تعادل ١١٢,٥ / ٠,٠٣= ٣٣٧٥سم^{٣} / م^{٢} / ساعة تقريبا أى سمك ٠,٣٤ سم فى الساعة وعند نهاية الميول فى قاع الحوض فان الرواسب تتراكم بسرعة تصل إلى حوالى ٠,٥سم فى الساعة.

والتراكمات بسمك ٠,٥ متر تتطلب ٠,٥ × ٢٤ ساعة × ٤ يوم = ٠,٤٨ متر أو ٠,٥ ×١٠٠ساعة = ٠,٥ متر أى أنه يلزم أربع أيام أو ١٠٠ ساعة بين فترات النظافة اليدوية فى حالة استخدامها.

ب- المثال الثانى:

تجمع سكنى احتياجاته من مياه الشرب ٩×١٠^{٦} لتر فى اليوم. حجم حوض الترسيب المناسب مزود بإزالة ميكانيكية للروبة . يفترض أن سرعة التدفق فى حوض الترسيب هى ٢٢ سم / الدقيقة وأن زمن المكث ٨ ساعة.

الحل :

كمية المياه اللازمة فى ٨ ساعات = ٩×١٠^{٦}× ٢٤/٨ = ٣٠٠٠ متر مكعب أى أن طاقة حوض الترسيب هى ٣٠٠٠ متر مكعب.

∴ طول الحوض بالمتر = سرعة المياة بالساعة × زمن المكث بالساعة.

سرعة المياه فى الحوض ٢٢ سم / ق = ٠,٢٢ متر فى الدقيقة.

طول الحوض = سرعة التدفق × زمن المكث =٠.٢٢×(٨×٦٠)=١٠٥,٦ = ١٠٦متر.

مساحة مقطع الحوض = سعت الحوض/طول الحوض=١٠٦/٣٠٠٠=٢٨,٣ متر مربع.

بفرض عمق الحوض ٣,٥ متر فإن عرض الحوض = ٢٨,٣ / ٣,٥ = ٨,١ متر.

وبفرض عمق إضافى ٠,٥ متر.

∴ العمق الكلى للحوض ٤ متر.

∴ أبعاد الحوض هى ١٠٦ × ٨,١ × ٤ متر.

يمكن تقسيم الطول إلى جزئين أو ثلاثة طبقاً لشكل المساحة المتاحة من الأرض.

جـ- المثال الثالث :

صمم حوض ترسيب دائرى مجهز ميكانيكياً لإزالة الروبة وبطاقة إنتاجية ٤,٢×١٠^{٦} مليون لتر فى اليوم. زمن المكث فى الحوض ٤,٥ ساعة وبفرض عمق الحوض ٣,٣ متر.

الحل :

كمية المياه فى حوض الترسيب عند زمن مكث ٤,٥ ساعة = ٤,٢×١٠^{٦}×٤,٥ /٢٤ = ٧٩٠ متر مكعب

∴ سعت حوض الترسيب (٧٩٠م٣) = مسطح الحوض × عمق الحوض (٣,٣متر).

∴ مسطح الحوض = ٧٩٠ / ٣.٣ = ٢٣٩م٢ = ط نق٢ = ٣,١٤ × نق٢.

∴ نق = $\sqrt{\frac{239}{3.14}}$ = ٨,٤٣ متر.

∴ قطر الحوض حوالى ١٧متر.

وبفرض٠,٢ متر إضافى.

∴ إذاً حجم حوض الترسيب هو: القطر ١٧متر والعمق ٣,٥ متر .

د- المثال الرابع :

إذا كان حجم الحـــوض المستطيل لتنقية المياه بمعدل ٢,٥ ×١٠^{٦} لـــتر فـــى اليوم هو ١٧,٥ × ٥,٥ × ٣,٥.

وبفرض الأجسام العالقة ٨٠ جزء فى المليون بكثافة نوعية (٢). حدد الآتى:

- معدل تدفق المياه خلال حوض الترسيب.
- ترسيب الروبة فى الحوض.
- معدل سحب المياه .

الحـــل :

معدل التدفق :

بفرض ٠,٥ متر هو العمق الإضافى

∴ أبعاد الحوض هى ١٧,٥×٥.٥×٣ = ٢٨٨,٧٥ متر مكعب .

كمية المياه التى تتدفـــق خـــلال الحـــوض = ٢,٥×١٠^{٦} / ٢٤×١٠^{٣}=١٠٤,١م^{٣} فـــى الساعة.

. معدل تدفق المياه خلال الحوض = التصرف / مساحة المقطـــع = ١٠٤,١/٥.٥×٣ = ٦,٣ متر فى الساعة = ٦,٣ × ١٠٠/٦٠= ١٠,٥ سم / ق.

. زمن المكث = سعت الحوض / التصرف = ١٠٤,١/٢٨٨,٧٥ = ٢,٧٧٤ ساعة.

. لتعيين كمية المواد الصلبة العالقة.

المواد الصلبة العالقة = ٢,٥×١٠^{٦}×٨٠/١٠^{٦}=٢٠٠ لتر بالتقريب ٢٠٠ كيلو جرام فـــى اليوم تقريباً

وزن المواد الصلبة بنسبة إزالة ٧٥%= ٢٠٠×٠,٧٥×٢(الكثافة) =٠,٣ طن فى اليوم.

التحميل السطحى = ١٠٤,١×١٠^{٣}(لتر فى الساعة) / ١٧,٥×٥.٥=١٠٨١,٥٦لتر فـــى الساعة / المتر المربع.

obeikandl.com

هـ- المثال الخامس :

مدينة احتياجاتها اليومية ٤٠×١٠^{٦} لتر. زمن المكث فى حوض الترسيب ١ ساعة. سرعة التدفق ٢٠ سم/ث. حجم حوض ترسيب بحوائط إعاقة. يفترض أى بيانات غير معطاة.

الحـــل :

كمية المياه التى تعالج فى ١ ساعة (زمن المكث) = ٤٠×١٠^{٦} / ١٠^{٣}×٢٤= ١٦٦٦,٧ م٣ فى اليوم .

∴ سرعة التدفق ٢٠ سم/ث .

∴ طول الحوض = السرعة × زمن المكث = ٠,٢×٦٠×٦٠=٧٢٠ متر .

مساحة مقطع الحوض = طاقة الحوض / طول الحـــوض = ١٦٦٦,٧/٧٢٠=٢,٣١٥ متر مربع ~ ٢,٣٥م^{٢} . بغرض المسافة بين حوائط الإعاقة ٥٠ سم

∴ عمق المياه فى الحوض = مساحة مقطع الحوض / المسافة بيـــن حوائـــط الاعاقـــة = ٢,٣٥/٠,٥ =٤,٧متر

∴ أتساع الفتحة ما بين حوائط الإعاقة والجدار الخارجى للحوض تقـــدر بمـــرة ونصـــف المسافة بين حوائط الإعاقة = ١,٥ × ٠,٥ = ٠,٧٥ متر .

وبعرض حوض الترسيب ذو حارتين عرض كل منهما ١٥ متر صافى شكل (٣٣).

∴ الطول المؤثر لكل حـــارة = صافى العرض للحارة ٢٠× اتساع الفتحـــة بيـــن حوائـــط الإعاقة والجدار الخارجى للحوض = ١٥-٢×٠,٧٥ = ١٣,٥ متر .

∴ عدد القنوات اللازمة = طول التدفق الكلى /الطول المؤثـــر لكـــل قنـــاة =١٣,٥/٧٢٠= حوالى ٥٤ قناة

∴ عدد القنوات فى كل حارة = ٢/٥٤=٢٧ سم

وبفرض سمك حائط الإعاقة ١٠سم .

∴ طول حوض الترسيب ذو الحارتين = ٢٧×٠,٥+(٢٧-١)×٠,١ =٢٣ متر.

= ٢٧×٠,٥+(٢٧-١)×٠,١ +٢×٣ متر

طول مدخل ومخرج المياه (٣ متر لكل) = ٢٣ متر.

القسم الثالث

الترسيب بالأسطح المائلة
والترويق بالأجسام الصلبة العالقة

١- أحواض الترسيب ذات الأسطح المائلة أو الأنابيب المائلة أشكال (٤٦ - ٥٣) (Tilted Plate And Tube Settler)

إذا كانت كفاءة الترسيب ستزداد فى حالة توفير قاع (سطح) إضافى لحوض الترسيب (بند ٣ قسم ٢)، فإنه يمكن زيادة هذه الكفاءة باستخدام عدة ألواح بفاصل صغير بينها كما هو موضح الشكل (٤٦- ٤٧) ولكن يصعب الإزالة اليدوية للرواسب وأن كان يمكن إزالتها باستخدام نافورة من المياه إلا أنه يفضل استخدام الأسطح ذات التنظيف الذاتى حيث يكون الميل لهذه الأسطح بزاوية ٥٠-٦٠° على المستوى الأفقى. الشكل (٤٦، ٤٧، ٤٨) يوضح مقطع طولى لحوض بالأسطح المائلة المتعددة. وفى حالة الترسيب لترويق المياه فإن أحواض الترسيب ذات الأسطح المائلة تتصف بالطاقة العالية مع الحجم الصغير يمكن حساب التحميل السطحى كالآتى:

$$S = Q/NA$$

حيث S= التحميل السطحى م^3/م^2/الساعة

Q = معدل التدفق م^3/ الساعة

A = مساحة قاع الحوض م^2

N = معامل يتوقف على نوع ووضع الأسطح المائلة

وعند دخول المياه من قاع حوض الترسيب فإنها تتدفق لأعلى خلال الأسطح المائلة ثم تتجميع المياه الرائقة فى أحواض التجميع شكل (٤٩). ومع مرور المياه خلال الأسطح المائلة ترسب المواد العالقة على الأسطح السفلى. ويمكن لجسم عالق أن يدخل القنوات بين الأسطح عدة مرات قبل أن يكبر حجمه ويزداد وزنه ليرسب فى القاع .شكل (٤٩). بفرض أن الارتفاع الراسى للألواح h = ١,٥ متر والفاصل بين الألواح (W) = ٠,٥ متر وزاية الميل للألواح بالنسبة للمستوى الأفقى ٥٥° درجه. وأن المعامل (N) فى حالة استخدام الألواح الأسبستوس =١٦. فى هذه الحالة فإن الرواسب لوحدة المساحة للقاع ستزاد الى ١٦ ضعف والتى يمكن أن تزال بالأحواض ذات القاع القعمى مع ميل أجنابها ٥٥° درجة على المستوى الأفقى.

وبدلا من الأسطح المائلة قد تستخدم الأنابيب المتلاصقة المصنوعة من مادة بى فى سى. القطر الداخلى لهذه الأنابيب ما بين ٣-٥ سم والميل على المستوى الأفقى ٦٠ درجة. وفى حالة الأنابيب بقطر ٥ سم وسرعة سقوط المواد العالقة ٢,٥سم / الدقيقة فإن الجسم العالق يستغرق دقيقتين فقط للرسوب الى القاع بينما يستغرق ١٢٠ دقيقة للوصول الى قاع حوض ترسيب بعمق ٣ متر.

وقد صنعت نماذج (Modules) وحدات ترسيب جاهزة للتشغيل بعرض ٧٦سم وطول ٣متر وعمق ٥٤ سم وزاوية الميل على المستوى الأفقى ٦٠ درجة. ولأن الأنابيب بزاوية ٦٠ درجة فإن الطول المؤثر للمواسير ٦١ سم. يمكن صنع هذه الوحدات من الأسطح المستوية من مادة البلاستك (ABS) مع تشكيل الممرات من شرائط من مادة بى فى سى. وهذا الممرات تحمل بشكل متقاطع لتقوية الوحدة (النموذج) حيث يمكن تحميلة فقط عند النهايات. ولكونه من مادة البلاستك فإنه يمكن تشذيبه ليناسب الفراغ المتاح فى حوض الترسيب. نظرا لأن سطح الترسيب المؤثر كبير جدا فإن التحميل السطحى يكون منخفض جدا. ولتوضيح ذلك فعند معدل تدفق ٢٠م^{٣} فى الساعة وعند استخدام ٢٠ صف من الأنابيب فإن التحميل السطحى سوف يقل إلى ١م^{٣} /م^{٢}/الساعة وزمن المكث للمياه فى كل أنبوبة سوف يكون دقائق قليلة. عندما يتوفر العمق المناسب فى حوض الترسيب يمكن زيادة

الكفاءة والطاقة لأداء الحوض باستخدام الألواح المائلة أو لأنابيب المائلة بحيث لا يقل عمق الحوض عن ٢متر. وفى هذه الحالة يلزم مراعاة أن كميات الروبة المرسبة ستزداد مما يتطلب توفير إمكانيات إضافية لإزالتها، وكذلك مراجعة الأقطار للمواسير والهدارات للدخول والخروج للمياه لمواجهة الزيادة فى التحميل السطحى. وفى حالة الأنابيب المائلة فإنها تقام على مساحة ٦٠-٧٥% من مساحة السطحية للأحواض بما يوفر مساحة سطحية مناسبة فى منطقة دخول المياه الى الحوض لترسيب المواد سريعة الترسيب ولتنظيم التدفق قبل الترويق خلال وحدة الأنابيب المائلة شكل (٤٨).

الأنظمة المائلة للترسيب تستخدم ثلاث صور لاتجاه التدفق بالنسبة لاتجاه ترسيب المواد العالقة وهى :

شكل (٥١)

الترسيب بالاتجاه المعاكس : Counter Current Settling

الترسيب بالاتجاه الموازى : Cocurrent Settling

الترسيب بالاتجاه المتقاطع : Cross Current Settling

أ- الترسيب بالإتجاه المعاكس : (٥١- أ)

وفى هذا النظام تدخل المياه المروية من النهاية السفلى وتتدفق لأعلى خلال القنوات ذات الأسطح المائلة فترسب المواد العالقة على السطح السفلى فى كل قناة. إذا كانت زواية الميل كبيرة فإن الأجسام الصلبة تتحرك إلى أسفل السطح فى اتجاه معاكس لتدفق المياه وإلا يحدث اضطراب للتدفق مما يتطلب التنظيف من أن إلى آخر. وقد استخدم الترسيب بالاتجاه المعاكس باستخدام الأنابيب المائلة وتم تصميم نماذج مختلفة للأنابيب المائلة (Tube Module) كما فى الشكل (٥٠). وهذه تشمل الأنابيب المربعة بين أسطح راسية والتغير فى اتجاه الميل بين أسطح متجاورة راسية، والأنابيب الراسية. ويستخدم نظام الترسيب بالاتجاه المعاكس فى أحواض المروقات ذات التدفق الأفقى وكذلك فى بعض المروقات ذات الالتصاق

بالاجسام الصلبة (Solids Contact Clariafiers) بهدف تحسين ورفع الكفاءة، بالإضافة الى العمل كعوائق التى تحسن من انتظام التدفق.

ب- بالترسيب بالاتجاه الموازى : شكل (٥١-ب)

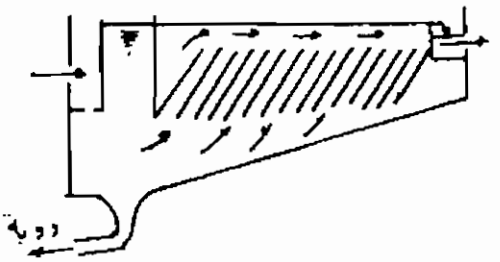
فى هذا النظام فإن المياه تدخل من النهاية العلوية للأسطح العلوية المائلة حيث تتدفق الى أسفل خلال القنوات. المواد المترسبة على الأسطح السفلى تتحرك فى نفس الاتجاه للمياه فوقها. وفى هذا النظام يلزم العناية بجمع المياه من النهاية السفلى للسطح العلوى لكل قناة وذلك لمنع إعادة تعليق المواد المرسبة (Resuspension) ويستفاد بهذا النظام فى التخلص من المواد الطافية والعالقة عند معالجة مياه الصرف.

جـ- الترسيب بالاتجاه المتقاطع : شكل (٥١ - جـ)

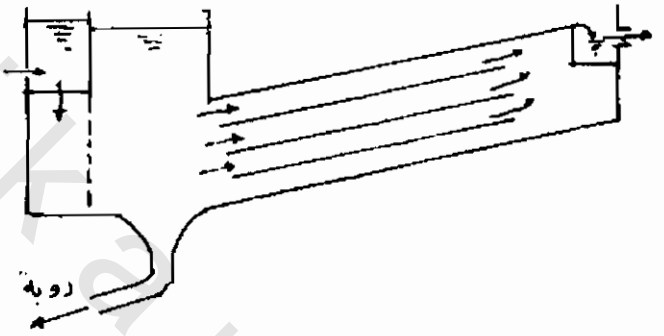
فى هذا النظام تدخل المياه لتتدفق أفقيا بين الأسطح المائلة حيث تتحرك المواد المرسبة إلى أسفل. وفى هذا النظام فإن إعادة تعلق المواد المرسبة عادة أقل من الترسيب بالاتجاه المعاكس أو الموازى. كما أن التغير فى الميل يوفر الاستفادة بحجم الحوض وكذلك سلامة وثبات الإنشاء لنموذج الأنابيب.

د- مروق الأسطح المائلة لا ميلا : شكل (٥٢) : Lamella Tilted Plate Clarifier

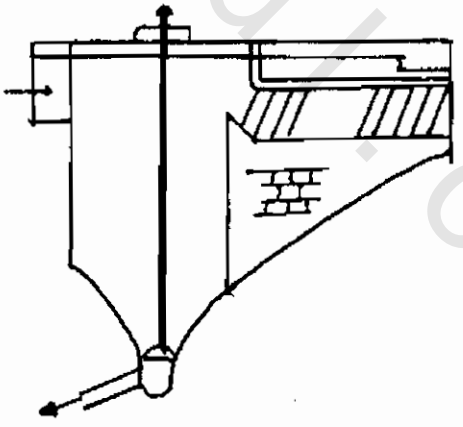
زاد إستخدام مروق الأسطح المائلة فى تنقية المياه. ويشمل عددا من الألواح المائلة بزاوية من ٤٥-٦٠ درجة بالنسبة للمستوى الافقى. وتستخدم فى هذا النظام طرق مختلفة لدخول المياه لتمكن دخول المياه لكل قناة مائلة.



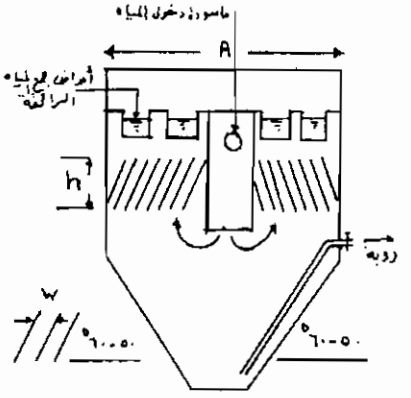
شكل (٤٦) حوض ترسيب بالأسطح المائلة



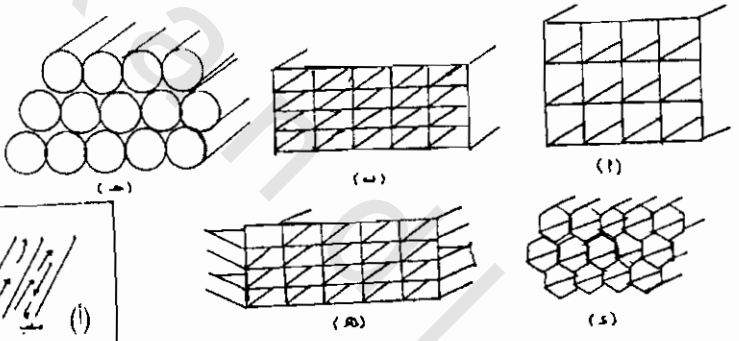
شكل (٤٧) حوض ترسيب متعدد الأسطح



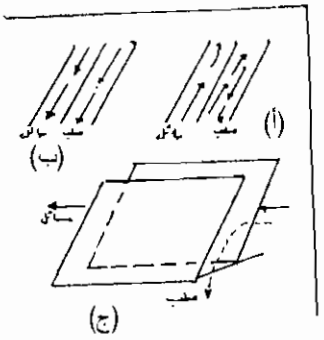
شكل (٤٨) حوض ترسيب بألواح أسبستوس مائلة



شكل (٤٩) بيانات التصميم لحوض الترسيب بالأسطح المائلة

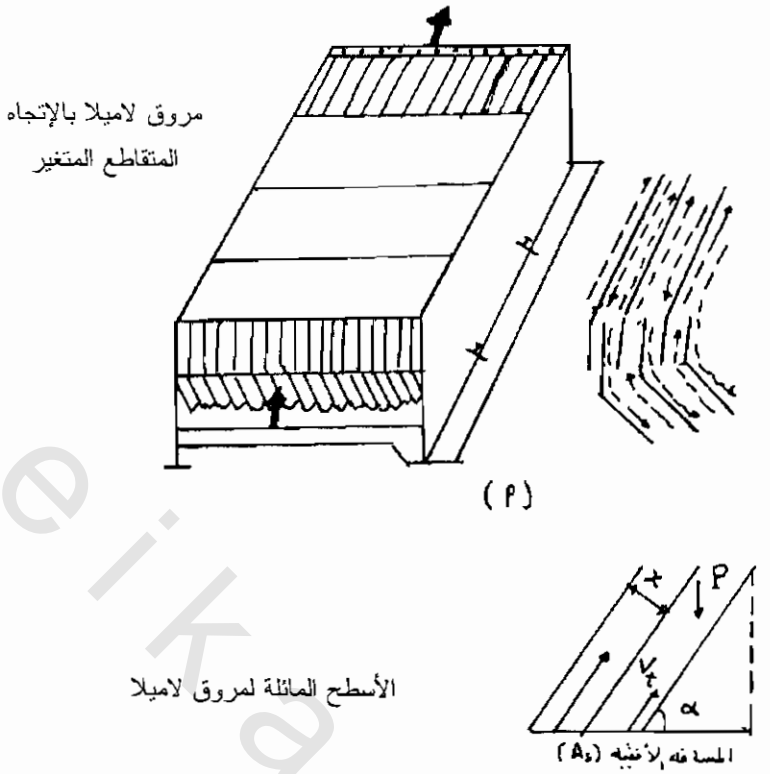


شكل (٥٠) نماذج لأنابيب وقنوات مائلة للترسيب

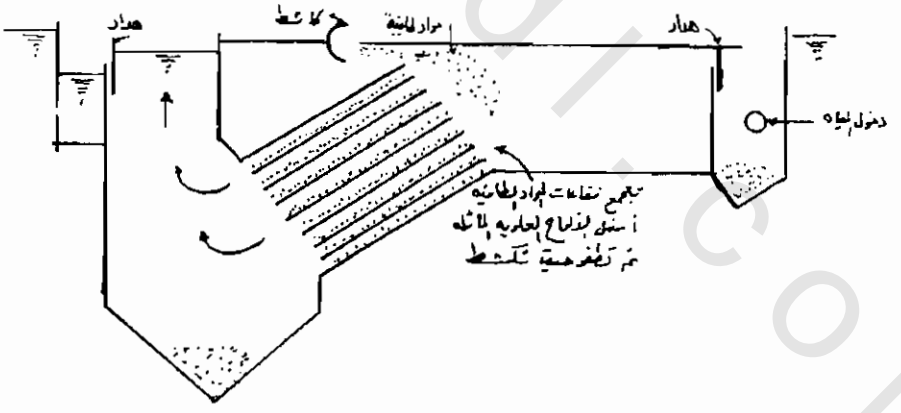


أ- تدفق معاكس
ب- تدفق موازى
ج - تدفق متقطع

شكل (٥١) نظم الترسيب المائل



شكل (٥٢) مروق لاميلا



شكل (٥٣) حوض فصل المواد الطافية والعالقة بالأسطح المائلة والتدفق الموازى

عند ثلث ارتفاعها عن القاع. والنتيجة أن ترسب المواد العالقة فى مسافة قصيرة فى كل قناة وأن تنزلق الى منطقة جمع الرواسب أسفل الألواح. المياه المروية تمر فى الاتجاه المعاكس أسفل سقف كل قناة إلى وصلة تجمع المياه الرائقة.

المساحة المحققة نظريا لفصل المواد العالقة تساوى مجموع إسقاط الأسطح (الألواح) أو القنوات على المستوى الأفقى ويوضح شكل (٥١) أن الإسقاط الأفقى لقناة واحدة لمروب، حيث المساحة الأفقية (A)، المسافة بين السطحين مقاسه عموديا x. فان المروق سوف يحتوى على عدد من القنوات = $\frac{Sin\alpha}{x}$ لكل وحدة طول. الزاوية α المناسبة هى ٥٥-٦٠ درجة لتسمح بالسقوط للمواد العالقة، كما أن الفاصل بين الألواح يلزم أن يكون كبيرا بما يسمح بالتدفق المعاكس للسائل والمواد الصلبة المترسبة فى قاع السطح السفلى وهذه المسافة تتراوح ما بين ٥-٧.٥ سم.

توجد أنواع مختلفة من النماذج ولكن الاختلاف الرئيسى بينها هو طريقة توزيع المياه الداخلة الى الوحدة. وطاقة التشغيل تتراوح ما بين ١ - ٣ م^{٣} / م^{٢} / الساعة من المساحة السطحية الأفقية، الطول المائل من ١-٣ متر. الميزة الرئيسية للمروق الذى يعمل بالأسطح المائلة هى زيادة طاقة التحميل السطحى لكل متر مربع من المساحة الأفقية. ولكن العيوب الرئيسية هى التغير فى تركيز المواد الصلبة المتدفقة لأسفل والذى يقل عن المروقات التى تعمل بالجاذبية وكذلك صعوبة التنظيف والتسليك عند حدوث انسداد. وعند استخدام المرويات فإنه يلزم توفير معدات وأحواض التزغيب قبل الفصل نظرا لأن الشكل الهندسى لأحواض الفصل لا يسمح بالتزغيب.

وتمثل هذه الأحواض ميزة كبيرة فى حالة ارتفاع أسعار الأراضي. ومشاكل أحواض الترسيب المائلة هى الإنشاء للأسطح الغير محملة، إزالة الرواسب، الصيانة للأجزاء الميكانيكية المغمورة كما تستخدم الأسطح المائلة فى إزالة المواد الطافية والعالقة شكل (٥٣).

٣- المروقات ذات طبقة الزغبات (الروبة) العالقة Floc Blanket Clarifiers :

أ- نظرية عمل طبقة الزغبات العالقة (السابحة) Fluidi Zed Bed

عند مرور سائل إلى أعلى خلال طبقة سابحة وثابتة ومتجانسة من الزغبات بمعدل تدفق منخفض، فان شكل التدفق يشابه ذلك عندما يكون الى أسفل خلال الطبقة، عندما تزداد سرعة التدفق الى أعلى بدرجة كافية بما يسبب قوة سحب (Drag Force) على الزغبات مساوية للوزن الظاهرى (الوزن الحقيقى ناقص الطفو) للأجسام. عندئذ فإن هذه الأجسام العالقة (الزغبات) توفر مقاومة أقل للتدفق وكذلك حدوث تمدد لطبقة الزغبات (الروية) وتستمر هذه العملية مع زيادة سرعة السائل حتى تصل الطبقة الى أدنى حالة من التجميع أو التراكم. وعند زيادة أكثر لسرعة السائل لأعلى تتفكك عن بعضها وتصبح محملة بحرية على السائل (سابحة). عندئذ يقال أن هذه الطبقة من الزغبات (الروية) هى طبقة سابحة (Fluidized Bed). حيث لا تتحرك الأجسام العالقة وتظل عالقة بواسطة التدفق الصاعد للسائل.

المروقات التى تعمل بطبقة الزغبات السابحه أ شكال (٥٤، ٥٦، ٥٧، ٥٨، ٥٩، ٦٠، ٦١، ٦٢) لها حوائط راسية متوازية وقاعدة مستوية أو قمعية. فى هذه المروقات فإن المياه المختطة بالمروب يتم تغذيتها من أسفل الى قاعدة المروق. والتدفق الناتج المنتشر الى أعلى يسبب حدوث التزغيب (Flocculation)، وتظل

الأجسام من الزغبات الكبيرة عالقة فى الحوض. الزغبات العالقة تتراكم ببطئ أولا ثم تزداد الى أقصى معدل للتراكم والتجميع والذى يحده التدفق الصاعد للمياه وخصائص الزغبات العالقة. وعند الوصول الى هذا الحد يمكن القول بوجود طبقة من الزغبات (Floc Blanket) تشغل حيزا من هذه المواد العالقة حيث يزداد حجمها ويرتفع سطحها العلوى. يمكن التحكم فى مستوى سطح هذه الطبقة بإزالة المواد الصلبة العالقة (الروبة) من هذه الطبقة للمحافظة على منطقة مياه رائقة ما بين الطبقة (أعلى الطبقة) وأحواض تصريف المياه الرائقة أو الهدارات.

وتتم عملية الترويق فوق وأعلى الطبقة فى شكل ترسيب، حجز، تنقية وعمليا فإن زمن احتجاز المياه فى طبقة الروبة السابحة يزيد عن الزمن اللازم لنمو الزغبات. وهذه العملية تشبه عملية الحجز السطحى للمرشحات العميقة حيث يتم الحجز بالتزغيب و تجميع الزغبات، ولكن الاحتمال الأكثر هو حجز المصفاة (Straining) حيث الأجسام العالقة الصغيرة الصاعدة لا تتمكن من المرور خلال المسام بين الأجسام الكبيرة والتى تتكون منها معظم الطبقة السابحة. وتتأثر كفاءة الحجز بالفواصل بين الزغبات الكبيرة والتى ترتبط بنوع الزغبات وسرعة السائل. ولتحقيق حالة عدم رسوب الأجسام العالقة. (Hindered Settling) والتجميع المسامي السايح (Fluidized Bed) لطبقة الزغبات السابحة فإن ذلك يرتبط بالعلاقة بين سرعة التدفق الصاعد للماء وتركيز الزغبات. ذلك لأن نوعية المياه الرائقة تتلف بسرعة عندما يقل تركيز الزغبات فى الطبقة السابحة وإن زاد التركيز كثيرا فإن الفواصل بين الزغبات تكون صغيرة لحجز الزغبات الصاعدة وبالتالى يكون التحسن بطئ فى نوعية المياه الرائقة.

ولذلك فى حالة الترسيب باستخدام طبقة الزغبات (الروبة) السابحة الواضحة والمحددة فإن ذلك يتطلب أن تكون السرعة للتدفقات للماء حوالى نصف أقصى معدل للترسيب (يحدث مظهر غليان خفيف عند سرعة ٠,٥٥ × V)، وبمعنى أخر

هى نصف مسافة رسوب الأجسام العالقة (h/2) والذى يقدر بحوالى ١٦-٢٠% من حجم الحوض فى حالة استخدام الشبه كمروب و ٢٥-٣٠ % عند استخدام البولى إليكتروليت من مساعدات الترويب.

ب- المروقات بنظام الأجسام الصلبة الملتصقة : شكل (٥٤، ٥٨، ٥٩) Solid Contact Clarifiers

مروق الأجسام الصلبة الملتصقة يكون عادة فى الشكل الدائرى وأحيانا فى الشكل المربع. ويشمل كل عمليات المرحلة الأولى لتنقية المياه، الخلط السريع، الخلط البطئ للتزغيب، تدوير المواد الصلبة، كسح الروبة. وهذه المروقات تعمل لترسيب المواد العالقة بالتدفق العلوى.

فى هذا النظام يتم التغذية بالمياه العكرة الى منطقة الخلط السريع وهى داخل غطاء والذى يشكل الحائط الداخلى لمنطقة الترسيب. يتم التغذية بالكيماويات فى منطقة الخلط السريع، ثم تتدفق المياه من منطقة الخلط السريع أسفل الحائط الى قاع منطقة الترسيب. وفى نظام إعادة التدوير والخلط الأولى السريع فإن المياه تسحب من أعلى منطقة الخلط الأولى وتصب فى وسط منطقة الترسيب. نظام إعادة التدوير يمكن من تدفق المياه الغير معالجة (العكرة) إلى الحوض وأن التدفق الزائد فى منطقة الترسيب يسحب لأسفل الحائط ثانيا إلى منطقة الخلط الأولى، وهذه الحركة إعادة تدوير المواد الصلبة تساعد على التزغيب فى منطقة الخلط الأولى تزغيب العكارة حيث يزداد حجم التزغيبات بالتصاقها (Solids Contact). تزال الروبة من خلال محبس آلى مزود بجهاز ميقاتى (Timer). يمكن تحديد كمية المياه الدائرة فى العملية افتراضيا (Emperical) والتحكم فيها.

تصمم المروقات ذات الأجسام الصلبة الملتصقة بطريقتين، الأولى وهى التصاق الطبقة (Blanket Contact)، حيث التدفقات الصاعدة يتم ترشيحها خلال طبقة الزغبات، والتى تتمدد بانتظام لمساحة كبيرة مسامية كافية تسمح فقط بالمياه

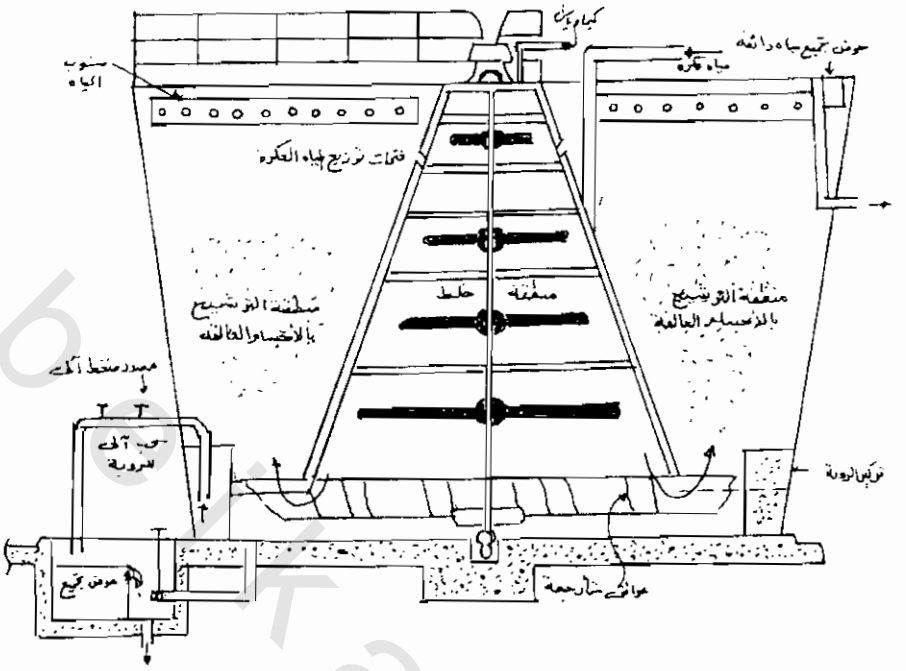
الرائقة بالمرور. والطريقة الثانية تشمل التحكم فى حجم التدوير للمواد الصلبة لمنطقة الخلط السريع بما يسمح بالتصاق الأجسام العالقة فى منطقة الخلط السريع والتزغيب ومن الناحية العملية فإن النوع الثانى الذى يعمل بتدوير المواد الصلبة هو المستخدم شكل (٥٦، ٥٨). فى وحدة التصاق المواد الصلبة حيث التصميم بالتدفق لأعلى يتطلب توفير الزمن الحقيقى للتزغيب والتحكم فى التدوير وصرف الروبة بما يحقق كفاءة تنقية عالية. يعتبر نظام التنقية بنظام المواد الصلبة الملتصقة مثالى فى عمليات إزالة العسر بالجير (Lime Softening). ويمكن إعتبار أن كلا النوعين من أحواض التصاق المواد الصلبة من المروقات ذات طبقة الزغبات وذلك فى حالة إمكان عمل طبقة من الزغبات ثابتة وواضحة ومستمرة فى منطقة الترسيب. وعادة فإن حجم وتركيز المواد الصلبة فى التدوير فى أحواض الالتصاق ليس كبيرا مثل المطلوب لاستمرار الطبقة.

ج- المروقات القمعية ذات طبقة الزغبات العالقة : شكل (٦١)

فى أول تصميم لأحواض طبقة الزغبات العالقة كان لها قاع قمعى واحد مربع أو مستدير المقطع. فى هذه الوحدات فإن المياه المختلطة بالمروب يتم تغذيتها من أسفل قاع القمع. يساعد شكل القمع المتسع على سهولة توزيع التدفق من نقطة واحدة فى المدخل الى تدفق صاعد لمساحة كبيرة. التدفق العلوى المتسع يسمح بحدوث نمو للزغبات واستمرار الجسيمات الكبيرة عالقة وتكوين طبقة من الزغبات. الفقد فى الضغط خلال طبقة الزغبات رغم صغره فإنه يساعد على تجانس التدفق لأعلى. يشغل القمع الواحد أو الشكل الهرمي حوالى ٣٣% من المساحة المتيسرة هذا الى التكاليف العالية فى الإنشاء وقيود الإنشاء. ولهذا فقد تم تطوير أشكال بديلة للأحواض القمعية مع المحافظة على الميزة الهيدروليكية للأقماع. وهذا يشمل أحواض متعددة الأقماع وحوائط وأحواض تجميع وتجهيز للخلط المسبق السريع ومع زيادة عمق طبقة الزغبات فإن نوعية المياه الرائقة أعلا

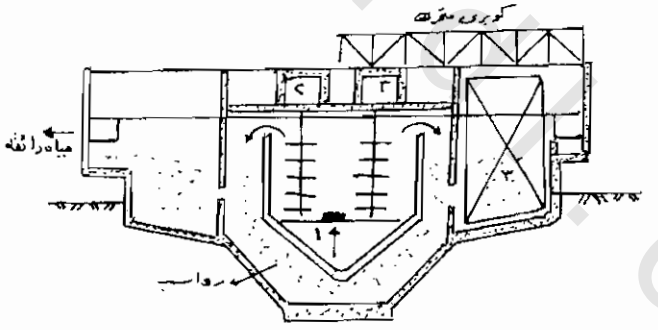
الطبقة تتحسن ولكن مع زيادة هذا العمق عن حد معين يقل تحسن نوعية المياه الرائقة.

عمق طبقة الزغبات دليل على كمية المواد الصلبة العالقة. العمق المؤثر (السمك المؤثر) يعرف بالحجم الكلى للطبقة مقسوما على مساحة سطحها العلوى الملامس للمياه الرائقة. العمق المؤثر للقمع هو تقريبا ثلث القمع. لهذا فإن الأحواض ذات القاع المستوى عمقها الحقيقى أقل كثيرا من الأحواض القمعية ذات نفس العمق المؤثر. العمق المؤثر للطبقة حوالى ٢-٣ متر. كمية الأجسام الصلبة العالقة والتى تقدر بعمق طبقة الزغبات وتركيزها تؤثر على الكفاءة لتأثيرها على عملية التزغيب، وكذلك فان الفقد في الضغط يساعد علي توزيع التدفق، بما يعني زيادة سمك الطبقة وثباتها. طبقة الزغبات الثابتة جدا يمكن أن تعمل وتوفر مياه رائعة (Supernatent) بعمق أقل من ٣٠ سم وبدون تسرب للزغبات إلي أعلا (Carry Over) أو إعادة تعلق ملموسة. وعمليا فإن هذا يتوقف علي الفواصل بين الهدارات والاضطرابات الناتجة عن حركة الرياح. في الأحواض حيث الطبقة ذات السطح الغير مستقر تميل إلي مظهر الغليان الغير مستقر مع ضعف إمكانية التحكم في السطح ولهذا فإن طبقة المياه الرائقة فوق سطح الزغبات يجب إلا يقل عمقها عن ١ متر لتقليل سحب الزغبات وخاصة في حالة زيادة سرعة التدفق لأعلي. وعادة فإن طبقة المياه الرائعة فوق سطح الزغبات تكون ٢ متر وإن كان هذا ليس بالضرورة في حالة التحكم الجيد في منسوب طبقة الزغبات. يمكن بسهولة التحكم في منسوب طبقة الزغبات باستخدام هدار للروبة أو أقماع أعتاب موضوعة علي منسوب عالي نسبيا. يمكن تفريغ أقماع الروية من آن الي آخر بواسطة محابس موقوتة آليا شكل رقم (٦١). كما يجب ان تكون أقماع الروية من ناحية حجمها وتوزيعها بما يوفر الإزالة الجيدة للروية. وان تكون كذلك كبيرة لتحقق التكثيف الأولي في حالة المعدل العالي لسحب الروية، ويحدث هذا عند زيادة معدل التدفق وزيادة الجرعات الكيماوية.



شكل (٥٤) وحدة الترسيب والترويق بالتصاف المواد العالقة

(Precipitator Solid Contact Clarifier)

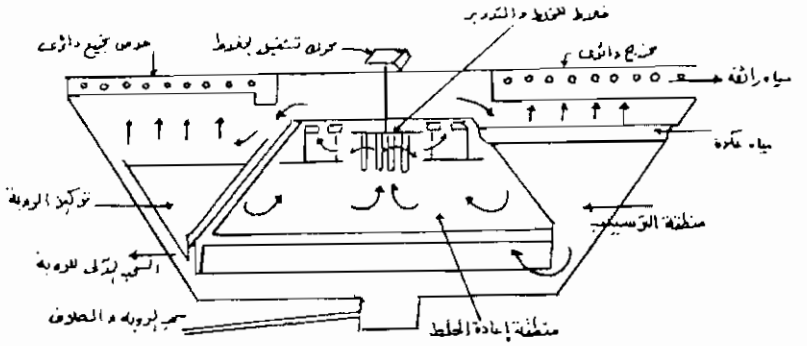


(١) دخول الماء مع المروب

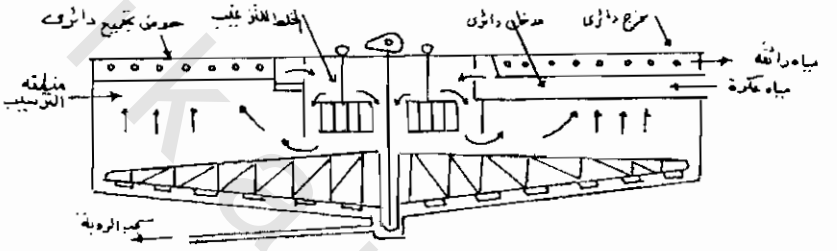
(٢) محرك

(٣) زحافات لدفع الرواسب لحيز التجميع القمعى

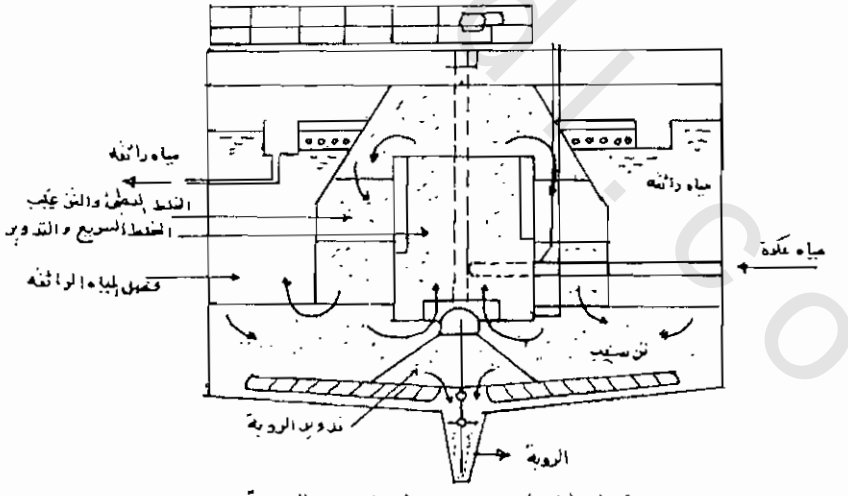
شكل (٥٥) حوض دائرى للترويب والترسيب



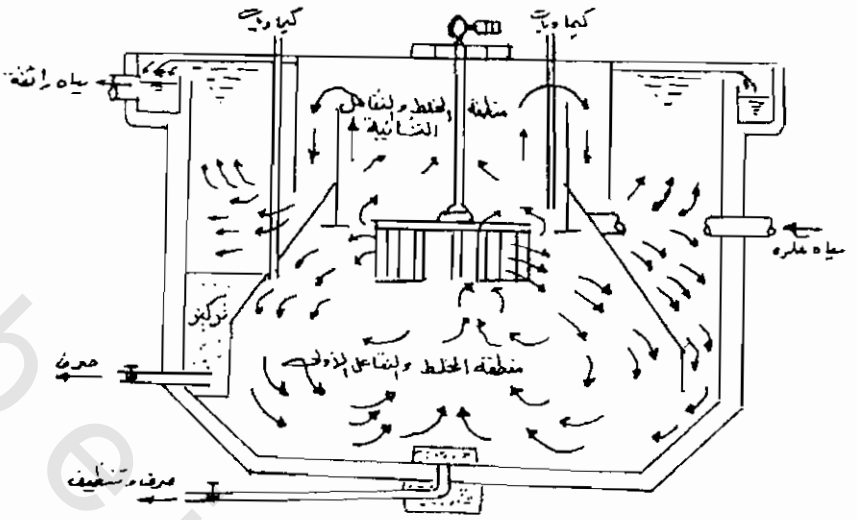
شكل (٥٦) مروق ذو الروبه الدائرة



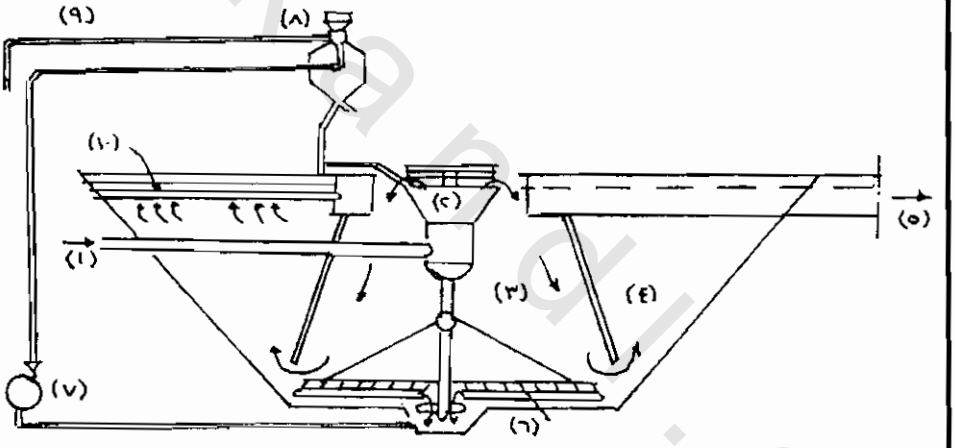
شكل (٥٧) مروق ذو دودة واحدة



شكل (٥٨) مروق يعمل بتدوير الروبة



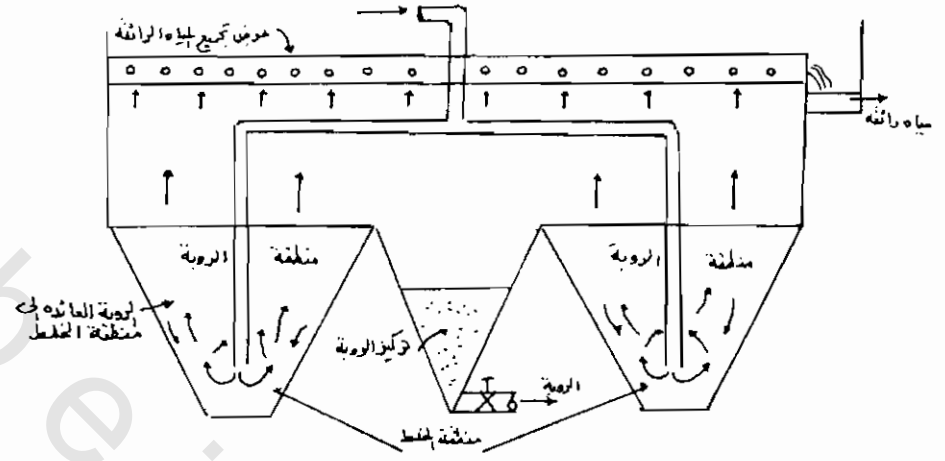
شكل (٥٩) المروق المعجل - يعمل بالمواد الصلبه الملتصقة - حيز الترويب داخل حيز الترسيب (Accelerator Solids Contact Clarifier)



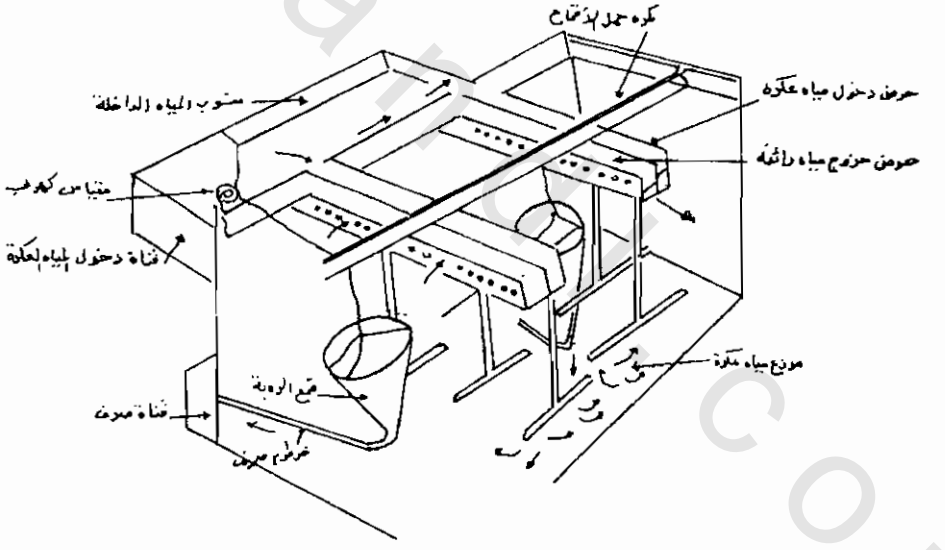
(١) دخول المياه
(٢) مدخل قمعى لرمال الروبة الناعمة المعادة
(٣) منطقة التفاعل
(٤) منطقة الترويق
(٥) مخرج المياه الرائقة
(٦) قصابية كسح الروبة
(٧) طلمبة تجميع الروبة والرمال الناعمة وتدويرها
(٨) خزان تجميع الروبة والرمال الناعمة
(٩) صرف الروبة
(١٠) حوض تجميع المياه

شكل (٦٠) الترويق بنظام تدوير الزغبات
(Syclo floc Clarification System)

obeikandi.com



شكل (٦١) مروق القاع القمعى وطبقة الروبة العالقة وقمع منفصل لتركيز الروبة



شكل (٦٢) حوض ترويق مسطح القاع - توزيع التدفق بالشموع المقلوبة وجمع الروبه فى أقماع

*** مثال :**

لتحديد المساحة اللازمة لإزالة الزغبات العالقة (الروية) بهدف التحكم في منسوب طبقة الزغبات في حوض الترويق الذي يعمل بطبقة الزغبات العالقة. بفرض:

معدل التدفق الأعلى متر/الساعة	١,٦	١,٩٥	٢,٥	٣,٠٥	٣,٦٥	٤,٢	٤,٧
نسبة المساحة المطلوبة %	١,٩	٢,٠	٢,٣	٢,٦	٣,١	٣,٦	٤,٥

وتتوقف نسبة المساحة المطلوبة طبقا للجرعات المختلفة من الشبة وعمليا المساحة الكبيرة تكون لازمة لمواجهة الحاجة لإزالة الزغبات عند حالات التدفقات العالية المفاجئة ولمدة قصيرة.

د- مروق طبقة الزغبات العالقة بالقاع المستوى: Flat Bottom Tank

من أجل خفض تكاليف الانشاء تم التخلى عن الأقماع واستخدام أحواض ذات قاع مستوى. وبذا أمكن توفير تدفق جيد باستخدام مواسير عبر القاع أو الشموع المقلوبة. وإن كان هذا يعيق انشاء نظام الترسيب المائل شكل (٦٢).

٣- عمليات الترويق الخاصة :

أ- المروق النابض : Pulsator Clasrifier شكل (٦٣)

هذا المروق تم تصنيعه وتطويره بواسطة شركة Decrement وهو عبارة عن مروق ذو طبقة زغبات والذي يستخدم نظام موحد للنبض الهيدروليكي. لإستمرار تجانس طبقة المواد الصلبة فى المروق تدخل المياه المروبة كيميائيا أولا غرفة تفريغ مجاورة للمروق لتسحب المياه إلى الغرفة بواسطة طلمبة تفريغ (Vacuum Pump) ويتم التحرر من التفريغ بواسطة تيار هواء والذي يسمح بتدفق الهواء الى المروق بما يسبب نبض هيدروليكي فى المروق. طاقة التزغيب المكتسبة هي دلالة لزمن النبض وشدته. المياه المروبة تدخل المروق خلال عدد من مواسير

التوزيع عند قاع المروق. مواسير التوزيع المثقبة والتى تعلوها مباشرة عوائق على شكل حرف ٧ المقلوب المثبتة تسبب اضطراب والذي يساعد فى توزيع التدفق بالتساوي على قاع طبقة الزغبات. مرور المياه لأعلى خلال طبقة الزغبات يوفر التصاق المياه بزغبات متكونة سابقا أي التزغيب بالالتصاق (Contact Flocculation) والذي يحقق ترويق للمياه العكرة القادمة. أثناء التدفق الأولى للمياه فى المروق فان طبقة الزغبات تتمدد لاعلى أثناء الجزء من دورة النبض (Pulsating Cycle) عندما لايكون هناك تدفق للماء داخل المروق فان طبقة الزغبات ترسب واستمرار النبض يحافظ على استمرار وانتظام طبقة الزغبات فى المروق وبذلك يتوفر الاستمرار للتدفقات خلال المروق ونتيجة للالتصاق الجيد للتدفقات مع طبقة الزغبات يمكن تحقيق استخدام جيد للمروب وإنتاج مياه رائقة جدا. دورة النبض التقليدية عادة ٤٠-٥٠ ثانية ويتم المحافظة على عمق طبقة الزغبات فى منسوب ثابت باستخدام هدار لسحب الروبة. مروق النبضات مفيد فى تنقية المياه قليلة العكارة والملونة (Hilghly Coloured) وذلك لصعوبة تكوين زغبات سريعة الترسيب. التحميل السطحي للمروق النابض من ٠,٢٥ الى ١,٩ جالون فى الدقيقة / القدم المربع من المساحة السطحية للمروق وبمتوسط تحميل ٠,٥ جالون فى الدقيقة / القدم المربع تقريبا.

ب – المروق عالي النبضات : شكل (٦٤) Super Pulsator Classifier

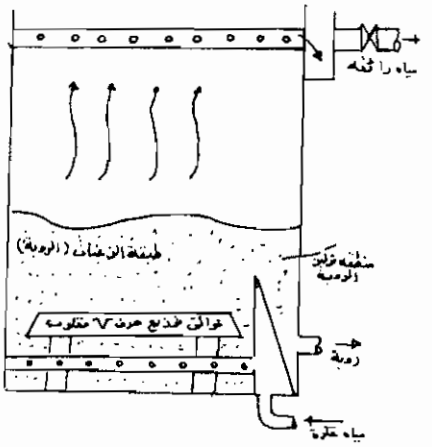
تم تطوير مروق النبضات بواسطة الشركة المنتجة إلى المروق عالي النبضات بطبقة الزغبات يشمل نظام النبض الهيدروليكي لمروق النبضات مع مجموعة من الأسطح المتوازية المائلة موضوعة فى خلال طبقة الزغبات. الأسطح المائلة تساعد فى استمرار التركيز العالي للمواد الصلبة مع زيادة معدل الترويق الهيدروليكي لأعلى وهذا يسمح للمروق عالي النبضات ليعمل بمعدل تحميل اكبر ٢-٣ مرة عن مروق النبضات. ميل الأسطح ٦٠ درجة على الأفقي والفاصل بين الأسطح من ١٢-٢٠ بوصة (٣٠-٥٠ سم) تركب ريش عاكسة صغيرة على المحور العرضى للأسطح المائلة وفى اتجاة التدفق بين الأسطح. وهذه العواكس توجد دوامة (Vortex) بما يساعد فى خلط المواد الصلبة التى رسبت مع المياه الجاري تنقيتها.

جـ- المروق الثلاثي الذي يعمل بالامتصاص والالتصاق شكل (٦٥)

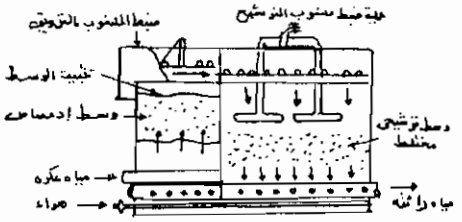
المروق الثلاثي لتنقية المياه يشمل مراحل الترويب والترويق والترشيح في وحدة واحدة تعمل بالتدفق العلوي والإدمصاص. الوسط المستخدم في الإدمصاص يتكون من خرزات من البلاستيك القابل للطفو والتي تحجز في المروق بواسطة شبكة. يصاحب عملية إزالة العكارة إدمصاص الزغبات المتروبة على سطح الخرزات البلاستيك وكذلك على الجسيمات الملتصقة بها.

يصمم المروق الثلاثي لتوفير حمل سطحي حوالى ١٠ جالون / القدم المربع في الدقيقة. الحجم المؤثر لحبيبات الوسط الترشيحي (الخرزات) ٤-٦ مليمتر وعمق الوسط الترشيحي حوالي ٤ قدم.

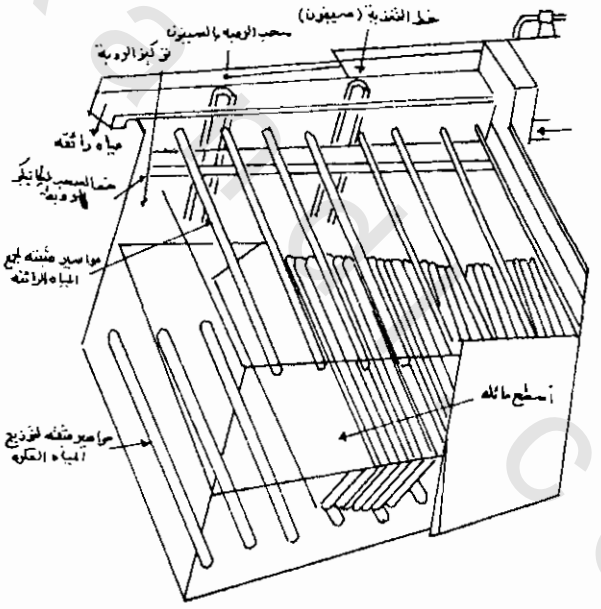
obeikandl.com



شكل (٦٣) مقطع فى مروق النبضات
(Pulsator)



شكل (٦٥) مقطع فى مروق الإدمصاص والإلتصاق الثلاثى



شكل (٦٤) المروق عالى النبضات (Super Pulsator)