اختبار الجار ٍالكؤوس َ
Jar Testing

اعداد

كيميائي / مؤمن محمد عدلي

شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالمنيا

- تحديد جرعة الشبة (تمهيد)
- اختبار الكؤوس للمحطات المرشحة التقليدية
- خطوات التجربة
- التحضيرات
- ملاحظات هامة
- تسجيل البيانات
- حسابات ضرورية لاتمام التجربة
- حساب زمن التقليب السريع
- حساب زمن التقليب البطيئ
- حساب زمن الترسيب
- حساب سرعة التقليب السريع
- حساب سرعة التقليب البطيئ
- اختبار الكووس لمحطات الترشيح المباشر
- حسابات G-Value

تحديد جرعة الشبة (تمهيد)

تمهيد :-

- يوجد العديد من المروبات ولكن هنا سيتم التركيز علي الترويب بإستعمال كبريتات الألومنيوم (Aluminum sulphate) وتعرف تجاريا بإسم الشبة ورمزها الكيميائي $\{Al_2(SO_4)_3 . n H_2O\}$
- تتفاعل الشبة مع القلوية الموجودة بالماء وتكون ندف نتيجة اتحاد هيدروكسيد الالومنيوم ذو الشحنة الموجبة والجسيمات السالبة الشحنة للعكارة, ثم تبدأ الندف بالتجمع وتكون ندف اكبر يسهل ترسيبها. وتقلل الشبة من قيمة القلوية من 0.45 ال 0.5 mg/l لكل 1 جرام من الشبة الصلبة.

$$Al2(SO4)3.18H2O + 3Ca(HCO3)2 \leftrightarrow 2Al(OH)3 + 3Ca\ SO4 + 18H2O + 6\ CO2$$

- يستخدم اختبار الكؤوس (Jar test) لعدة أهداف من ضمنها الحصول علي أفضل جرعة مناسبة من المروب وهو ما سنتعرض له هنا.

أختبار الكؤوس للمحطات المرشحة التقليدية

خطوات التجربة :-

1- قم بالاعداد للتجربة بتجهيز الأدوات والتحضيرات للجرعات المختلفة من الشبة, ومن الكلور الابتدائي بعدد الكؤوس

2- اجمع حو الي 7 أو 14 لتر عينة من المياه العكرة (أو بعد حقن الكلور الابتدائي) وضع في كل كأس من الكؤوس الستة 1 لترأو 2 لتر من المياه العكرة حسب سعة الكأس المستخدم

3- ضع الكؤوس داخل الجهاز ثم اسقط ريش التقليب في الكؤوس وقلب الماء بسرعة تقابل قيمة ال G-value للخط السريع بالمحطة

4- أضف بحرص وسريعا بواسطة ماصة جرعة الكلورالابتدائي الي جميع الكؤوس (في حالة أن العينات من المياة العكرة)

5- خلال من 5 ثوان الي 30 ثانية من اضافة الكلور, قم باضافة جرعات متزايدة من الشبة بسرعة وحرص قدر الامكان

6- استمر في التقليب السريع لمدة من 30 ثانية الي 1 دقيقة أو حسب زمن المكث بالمحطة بعد اضافة الشبة

7- قلل من سرعة التقليب بضبط سرعة القلابات علي سرعة التقليب البطيئ المقابل لقيمة G-value بالمحطة ولمدة تماثل زمن التنديف بالمحطة

8- لاحظ سرعة بداية تكون الندف في كل كأس وشكلها وحجمها

9- بعد انتهاء زمن التنديف, أوقف عملية التقليب البطيئ ولاحظ ترسيب الندف بالكؤوس لمدة (زمن الترسيب بالاختبار)

أسحب بواسطة سيفون على شكل حرف S في نفس الوقت تقريبا عينات المياة للكاسات الستة وجمعها لاجراء الاختبارات عليها

التحضيرات :-

- **تحضير تركيزات مختلفة من الشبة :**

- من الجيد تحضير Stock solution بتركيز 10 % من الشبة الصلبة لاستخدامة فيما بعد, فهو يوفر وقت التحضيرات ويقلل مساحة التخزين
- قبل الأختبار يتم تحضير محلول 1 % عند استخدام كاسات 1 لتر أو 2 % عند استخدام كاسات 2 لتر
- **تحضير محلول تركيز 1 % من الشبة الصلبة :** ضع 1 جرام في 60 مل ماء مقطر وقم باذابته ثم تكملة الماء المقطر الي 100 مل
- **تحضير محلول تركيز 1 % من الشبة السائلة (كثافة 1.325):** ضع 1.56 مل لتر من الشبة السائلة في 100 مل ماء مقطر
- بعد تحضير تركيز 1% من الشبة, يتم تحضير جرعات مختلفه, حيث كل 1 مل من الشبة المحضرة عند اضافته للتر يمثل جرعة 10 جم/متر3

Jar #	mL Alum Stock Added	mg\L Alum Dosage
1	1.0	10.0
2	1.5	15.0
3	2.0	20.0
4	2.5	25.0
5	3.0	30.0
6	3.5	35.0

- **تحضير جرعة الكلور الابتدائي :**

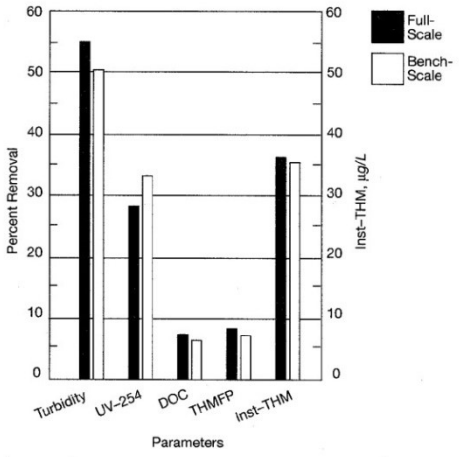
- افضل الطرق هي أخذ عينة من المحطة بعد حقن الكلور الابتدائي وقبل حقن الشبة أو الحصول علي كلور من خط الحقن بالمحطة وقياس تركيزة ثم يتم استخدامه لتحضير التركيز المطلوب والذي يمثل جرعة الكلور الابتدائي في المحطة وهي القيمة التي تم الحصول عليها من تجربة ال Breakpoint

ملاحظات هامة :-

1 – من المهم محاكاة ظروف المحطة المختلفة أثناء أداء التجربة
2- استخدام كاسات مربعة ((Gator Jar Test) في حالة كان المروق مربع أو كاسات دائرية في حالة المروق الدائري(Hudson Jar Test)
3- يفضل كأس 2 لتر في التجربة مع السرعات العالية حيث أن الكأس 1 لتر يحمل كمية مياه أقل وبالتالي يمكن أن يحث خطأ بسيط في الجرعة الكيميائية , ويؤخذ علي الكاسات الدائرية بشكل عام انها ربما تسبب دوران للمياه فيقلل كمية الخلط الفعلي
4- توحيد أو تقارب زمن اضافة الكيمياويات و زمن أخذ العينات
5 - ينبغي قياس العكارة والاس الهيدروجيني ودرجة الحرارة والأملاح الذائبة والجزيئات العالقة وقابلية الترسيب عقب جمع العينات مباشرة
6- عند اختيار الجرعة لابد من التوازن بين كلا من الجودة والناحية الاقتصادية
7- بعد تحديد الجرعة يتم حساب مشوار مشوار الطلمبة من العلاقة

$$\text{المشـــــوار} = \frac{\text{تصريف العكرة (م٣/س) x الجرعة (جم / م٣) x ١٠٠}}{\text{تركيز محلول الشبه x أقصي تصريف للطلمبة (لتر/ س) x ١٠٠٠}}$$

8- عادة ما تكون نتائج الاختبار أفضل بقليل من النتائج الفعلية بالمحطة كما هو موضح بالشكل



تسجيل النتائج : من الضرورى تسجيل نتائج الأختبار خطوة بخطوة حتي تتمكن من تكوين صورة كاملة بنهاية التجربة تستطيع عن طريقها تحديد أفضل جرعة وهنا لابد من اقتراح صيغة وافية لدفتر التسجيل وهي كما يلي

ALAMEDA COUNTY WATER DISTRICT Standard Operating Procedure WTP2	NUMBER 34	EFFECTIVE DATE: October 1, 1997 REVISED: August 30, 2002
SUBJECT: **Jar Test Procedure for WTP2, using the Pipette Method**		PAGE 21 OF 21

TREATMENT PLANTS JAR TEST FORM

Name:	Plant: TP1 ( ) TP2 ( )	Plant Rate: mgd	Time of Day:	Date:
Reason for Testing:	Method Used : (X)	Micro-pipette :		Beaker :

WTP Water Quality Data	Plant Process	TP 2 Only	Plant Dosages	Filter Index (FI) Test

Raw Water	% Delta	% Del Valle	AW Turbidity	ntu	# of Floc used		Chlorine	mg/l	Filter Size/Type	0.45 um	Millipore-HA
Turbidity		Alkalinity	AW Filter Time	sec	# of Seds used		Ferric	mg/l	D. I. Water Time :		sec
pH		Spec Cond	AW Filter Index	(FI)	# of Open Tubes		PE-C	mg/l	Vacuum :		in Hg
Temp		Hardness	Filtered Water	ntu	Ozone	mg/l	Alum	mg/l	F I = Sample Time / DI Time		

Chemicals Used (In Order of Addition) — **Floc Characteristics** — **Settled Water** — **Filtered Water**

	Chlorine		Ferric		Alum		PE-C			Relative speed of forming	Relative Size	Relative Settling Rate	Relative Clarity Between Floc	Settled Turbidity	Filter Time	Filter Index	Filtrate Turbidity
Jar	mg/l	ul	mg/l	ul	mg/l	ul	mg/l	ul	mg/l	(1-10)	(VS-VL)	(1-10)	(1-10)	(NTU)	(sec)	(FI #)	(NTU)

Ratings 1 = Best/Fastest 10 = Worst/Slowest S= Very Small S = Small M = Medium L = Large VL = Very Large

Time and Speed Sequence					Observations / Comments and Conclusions:
	Start Time	Duration		Speed	
Rapid Mix		sec	sec	rpm	
Slow Mix		sec	sec	rpm	
Flocculation		min	min	rpm	
Settling		min	min	rpm	

حسابات ضرورية لاتمام التجربة

- **حساب زمن التقليب السريع والبطيئ**

- لتحديد زمن المكث لأحواض كل من الترويب أو التنديف (زمن التقليب السريع وزمن التقليب البطيئ) حيث يتم حساب القيمة النظرية لفترة المكث في كل منهما بالنسبة للمحطة ويتم تطبيقها في أختبار الكوؤس ويتم حساب القيمة النظرية لزمن المكث باستخدام المعادلة الآتية

$$\text{detention time} = \frac{Tank\ volume}{Flow\ rate}$$

وعند استخدام وحدات المتر المكعب للحجم, والمتر مكعب/ساعة للتصرف يتم الحصول علي الزمن بالساعة ويمكن قسمته علي 60 لتحويله الي دقيقة وبذلك يمكن الحصول علي زمن المكث لكل من عمليتي الترويب والتنديف بمعرفة حجم الحوض الذي يتم فيه كل منها وايضاً معدل التصرف, علي الرغم من أن فترات المكث هنا هي قيمة نظرية قد تختلف عن القيمة الفعلية بما يصل الي النصف ولكن عليك استخدامها اذا لم يكن هناك طريقة أخري متاحه واماكنات لتحديد الفترات الفعلية. فعلي سبيل المثال يمكن تحديد الفترة الفعلية باستخدام الليثيوم الذي يتم حقنة بنسبة معينة عند الدخول وقياسة في منطقة الخروج.

مثال : محطة مياة شرب تقليدية, تصرف العكرة بها 1320 لتر/ ثانية , بها أربع مروقات دائرية قطر حوض التنديف 16 متر وارتفاع المياه به 3.8 متر , احسب زمن التنديف بالمحطة ؟

الحل : تصرف المروق الواحد 4/1320= 330 لتر/ ثانية

بما يعادل 19.8 م3/ دقيقة

حجم حوض التنديف = $\pi r^2 h$ ≃ 764 م3

زمن التنديف بالمحطة = الحجم / التصرف = 19.8/764 = 38.5 دقيقة

- **حساب زمن الترسيب**

لا يمكن استخدام زمن الترسيب بالمحطة في اختبار الكوؤس حيث أن ترسيب الندف بقاع كأس الاختبار لا يماثل ترسيب الندف بالمروق لاختلاف ارتفاع كل منهما

وعدة عوامل اخري هامة ولكن حتي تتمكن من حساب زمن الترسيب الخاص بهذا الأختبار يتوجب عليك أولا حساب معدل التحميل السطحي للمروق ومنه يمكن حساب سرعة الترسيب وبذلك يمكن تطبيقها في الاختبار بحيث يتم أخذ العينة علي ارتفاع معين 10 cmمثلا من سطح المياة وهو الموصي به خلال زمن يحاكي زمن الترسيب بالمحطة ويمكن كذلك اعتبار أن ارتفاع الكأس هو الارتفاع الذي يتم أخذ العينة عنده بعد حساب زمن الترسيب المقابل لارتفاع الكأس

مثال : تصرف المياة العكرة بالمحطة = 1080 م3/س

المساحة السطحية للمروق = 458 م2

معدل التحميل السطحى = التصرف / المساحة السطحية

= 1080 / 458 = 2.35 م / س , ويتم التحويل الي سرعة ترسيب بوحدة سم/د وذلك بالضرب فى 1.6 = 2.35 * 1.6 = 3.7 سم/د

وعند استخدام كأس 2 لتر يكون ارتفاع الماء به 16 سم ويتم حساب الزمن اللازم للترسيب علي ارتفاع 10 سم من سطح المياة

الزمن = المسافة / السرعة = 10 سم / 3.7 سم/د = 2.7 دقيقة

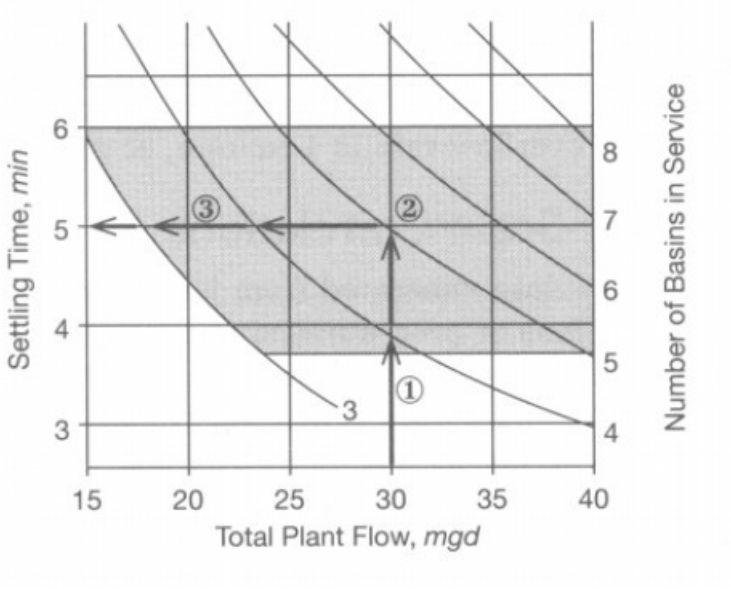
أو عند اعتبار ان الزمن اللازم هو زمن الترسيب لارتفاع الكأس 16 سم فيكون

الوقت اللازم للترسيب فى الكأس علي ارتفاع 16 سم = 3.7/16 = 4.3 دقيقة

اما في حالة استخدام كأس 1 اتر فيكون ارتفاع المياه بالكأس 13 سم ويكون

الوقت اللازم للترسيب فى الكأس علي ارتفاع 13 سم = 3.7/13 = 3.51 دقيقة.

من المعروف ان التحميل السطحي يختلف باختلاف التصرف سواء بسبب اختلاف عدد المروقات الموجودة بالخدمة أو عدد الطلمبات العكرة الموجودة بالخدمة ولذا يجب رسم منحني يشمل الظروف المختلفة من اختلاف عدد المروقات والطلمبات وزمن الترسيب المقابل لها نتيجة اختلاف التحميل السطحي



- **سرعة القلابات البطيئ والسريع**

يتم ذلك عن طريق معرفة معدل الانحدارفي السرعة (Velocity Gradient) أو (G-Value) ثم استخدام العلاقات البيانية لتحديد عدد اللفات كما سيأتي . ويمكن معرفة قيمة G من العلاقة

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}}$$

Where,
G = velocity gradient, s^{-1}
P = power input, W
V = volume of water in mixing tank, m^3
μ = dynamic viscosity, Pa.s

ويمكن معرفة قيمة القدرة الكهربية (P) للخلط بدلالة الفولت والأمبيروالتعويض في المعادلة

$$P\,(kW) = (G^2\,\mu V)/0.7/1{,}000$$

or

$$P\,(hp) = 1.341(G^2\,\mu V)/0.7/1{,}000$$

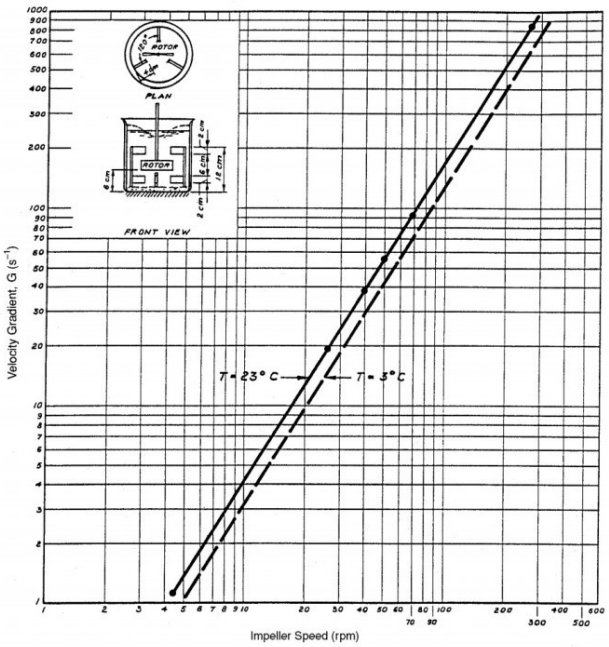
وبذلك يمكن الحصول علي القدرة الكهربية بالحصان أو الكيلووات

أو استخدام المعادلة التقريبية $G = 388\ P^{0.5}$ وفي هذه الحالة تكون القدرة الكهربية بالحصان لكل 3785 لتر.

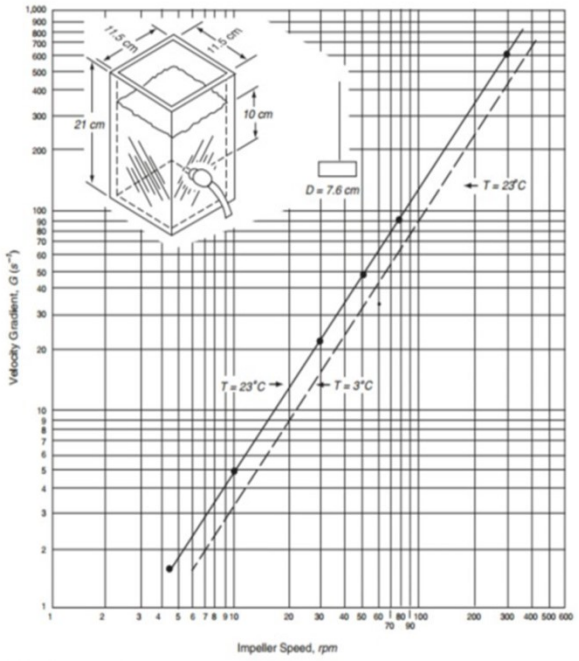
عندما يعتذر حساب قيمة القدرة الكهربية خصوصاً عند عدم استخدام قلابات ميكانيكية فيمكن حساب قيمة G عن طريق العلاقات التصميمية الخاصة بها طبقا لنوع الخلط كما سيأتي توضيحها في أخر الكتيب.

بعد تحديد قيمة G يتوجب عليك استخدام المنحي المناسب من المنحنيات الأتية لتحديد عدد لفات القلاب التي سوف يتم استخدامها في الاختبار سواء في أثناء التقليب السريع أو البطيئ وذلك بالتعويض عن قيمة G علي المنحني الرأسي والحصول علي عدد اللفات لكل دقيقة RPM علي المنحني الأفقي.

- **يتم استخدام المنحني الآتي عند استخدام كؤوس دائرية**

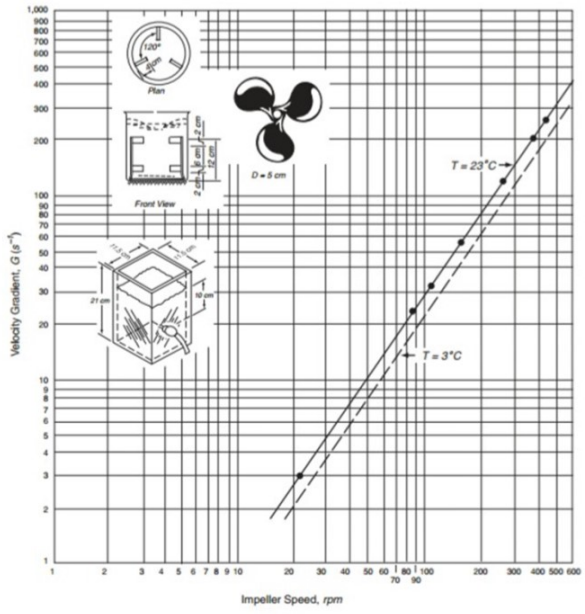


- **يتم استخدام المنحني الاتي للكؤوس المربعة**



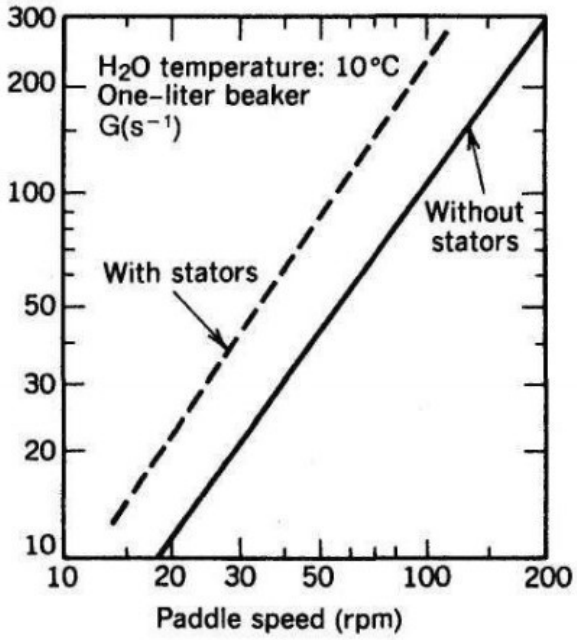
Source: Cornwell and Bishop 1983.

- **يتم استخدام المنحني الآتي عند استخدام كووس مربعة أو دائرية**



Source: Cornwell and Bishop 1983.

- **يتم استخدام المنحني الآتي عند استخدام كووس واحد لتر**



- **حالات خاصة** : عندما تكون قيمة G-value عالية بحيث تقترب من 1000 أو تزيد عن ذلك سوف تكون المنحنيات غير قادرة علي تحديد عدد اللفات, كذلك في حالة أن عدد اللفات الواجب ضبطها بجهاز ال Jar test يزيد عن أقصي عدد لفات ممكن ضبطه بالجهاز, ففي هذة الحالات يتوجب عليك زيادة زمن الخلط وذلك باستخدام العلاقة الآتية

GT = G. T for jar test للمحطة

مثال : بعد حساب زمن التقليب السريع بالمحطة اتضح أنه 30 ثانية وكانت قيمة G-value تساوي 1000 وكان أقصي عدد لفات ممكن ضبطة بجهاز ال Jar test هو 300 لفة/ دقيقة. حدد الزمن وعدد اللفات للقيام بالتجربة ؟

الحل :

300لفة/ دقيقة علي المنحني تقابل قيمة G =600

سوف يتم استخدام العلاقة GT = G. T for jar test للمحطة

(X * 600) = (30 * 1000)

X= 50 sec

اذن يتم ضبط الجهاز علي 300 لفة/ دقيقة خلال زمن 50 ثانية بدلا من 30 ثانية.

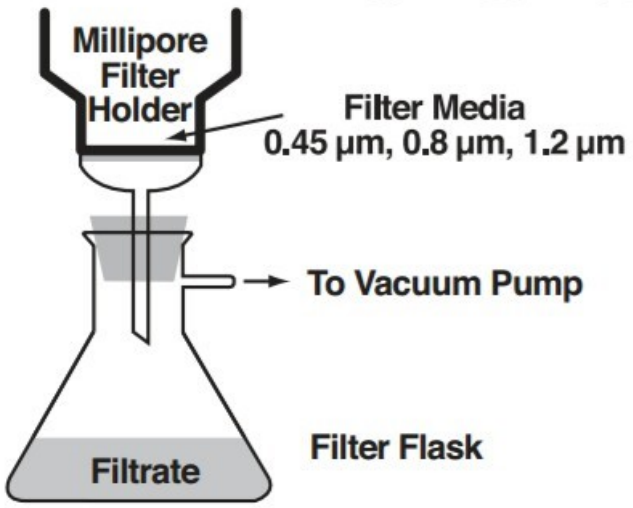
اختبار الكؤوس لمحطات الترشيح المباشر

في هذة المحطات عادة ما يتم خلط المياه مع المروب ثم الفلترة مباشرة بدون وجود ترسيب واحيانا بدون تنديف ايضا, ولكي يتم تحديد الجرعة المناسبة لمثل هذة الانظمة لابد من تقييم امكانية الترشيح بدلالة محتوي الفلتر كالآتي:

- قم بتجهيز 6 عينات من مياه المصدر 1 لتر أو 2 لتر بالكؤوس
- شغل القلاب السريع طبقا لعدد اللفات المقابل لقيمة ال G value بالمحطة وايضا لفتره مطابقة لفترة المكث بهذة العملية بالمحطة وربما تحتاج لاستخدام قاعدة G*T
- اضف الكيماويات (كلور ابتدائي وشبة)
- خفض عدد اللفات للعدد المقابل لقيمة ال G value بالمحطة وايضا لفتره مطابقة لفترة المكث بهذة العملية بالمحطة (في حالة وجود تنديف بالمحطة)
- اوقف القلابات بعد انتهاء الزمن المقرر للتقليب واجمع من كل كأس عينة 200 مل لقياس محتوي الفلتر
- باستخدام جهاز ترشيح بكتريولوجي, وورقة ترشيح 0.45µm قم بترشيح عينة 200 من المياه المنزوعة الاملاح واحسب زمن الترشيح
- رشح العينات التي قمت بجمعها بجهاز الترشيح البكتريولوجي وفي كل مره قم بقياس زمن الترشيح والعكارة الناتجة
- احسب محتوي الفلتر من العلاقة :

$$\text{Filter index} = \frac{\text{Time to filter sample}}{\text{Time to DI water}}$$

- قارن بين محتوي الفلتر لكل جرعة وايضا العكارات الناتجة لتحديد الجرعة المناسبة



Source: ITT Water & Wastewater

الجرعة التي تعطي أقل عكارة مع محتوي فلتر عالي هي غير مقبولة لأن هذا يؤدي الي سرعة انسداد المرشح وقلة عدد ساعات تشغيلة وبالتالي تكرار عمليات الغسيل وهدر المياة. كذلك في حالة اختيار أقل محتوي فلتر مع درجة عكارة عالية هو غير جيد ايضاً, لضعف عملية التنديف نتيجة لصغر حجم الندف المتكونة التي تجتاز الوسط الترشيحي بسهولة, لذلك يجب التوازن عند اختيار الجرعة المناسبة بتحديد الجرعة التي تحتوي علي أقل عكارة مصحوبة بأقل محتوي فلتر.

حسابات G-value

يتم حساب قيمة ال G Value التصميمية حسب نوع الخلط :-

- الخلط السريع : وهو من الممكن أن يكون :-

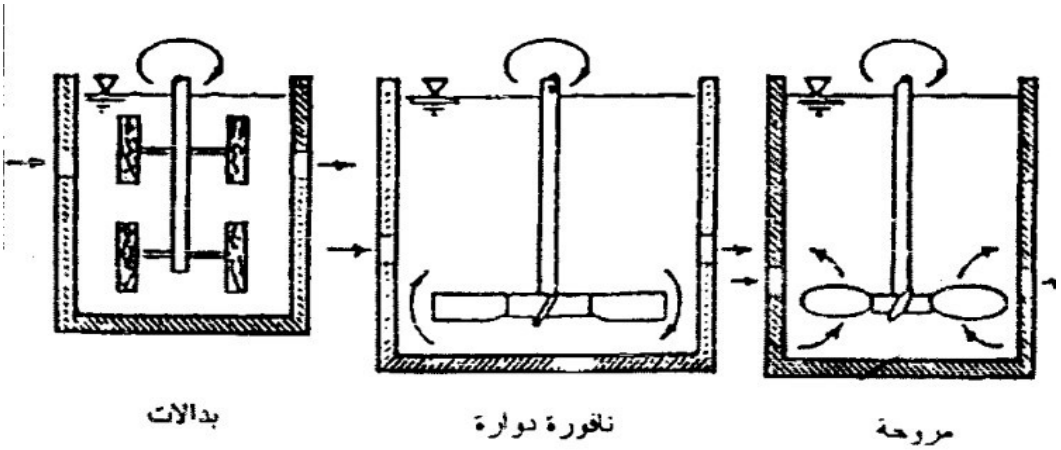
- الخلط ميكانيكي
- الخلط باستخدام مضخة التغذية في خط مواسير المياه
- الخلط هيدروليكي
- الخلط استاتيكي

- الخلط البطيئ : وهو من الممكن أن يكون :-
- الخلط الهيدروليكي
- الخلط الميكانيكي

أولا: الخلط الميكانيكي :

- في حالة استخدام القلابات الميكانيكية وهي الاكثر شيوعا ويمكن أن يتم الخلط باستخدام :

- نافورة دوراة Turbine mixer
- بدالات paddle mixer
- مروحة propeller mixer



- يتم حساب قيمة G عن طريق العلاقة

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}}$$

Where,
G = velocity gradient, s^{-1}
P = power input, W
V = volume of water in mixing tank, m^3
μ = dynamic viscosity, Pa.s

وذلك بالتعويض عن قيمة القدرة الكهربية P المقاسة او يتم حسابها وكذلك التعويض عن حجم الحوض بالمتر المكعب ولزوجة المياه والتي تختلف باختلاف درجة الحرارة ويمكن اعتبارها 0.00114 عند 20 درجة سيليزية.

- حساب القدرة الكهربية في حالة استخدام النافورة الدوارة أو المروحة

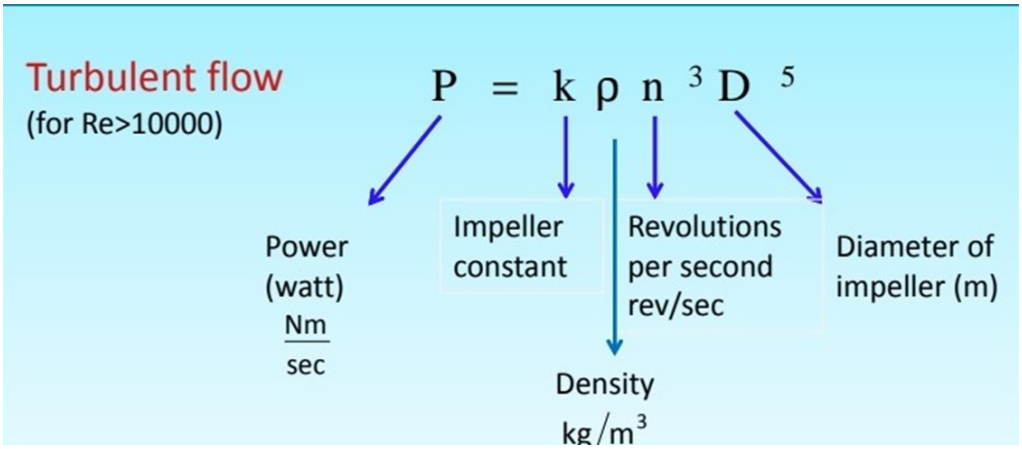
ولحساب ال power يتم أولاً تحديد نوع السريان اذا كان turbulent أو Laminar وذلك عن طريق حساب قيمة رقم رينولدز أولا من العلاقة

$$Rn = \frac{d^2 n}{\mu}$$

where

R_n is the Reynolds number
d is the propeller diameter in meters
n is the number of revolution per second
μ is the water kinematic (dynamic) viscosity. (μ = 1.14 × 10^{-3} kg/m.s at 20 °C)

في حالة كانت قيمة رقم رينولدز أكثر من 10000 فان السريان مضرب turbulent وفي حالة كانت قيمة رقم رينولدز أقل من 10فان السريان laminar ويتم استخدام العلاقة الآتية لتحديد ال power في حالة السريان المضطرب



فاذا كانت n = عدد اللفات في الدقيقة / 60 . ويمكن معرفة سرعة القلاب عن طريق كتالوجات المحطة ويمكن عدها في حالة أن العدد قليل في حدود 50 لفه لكل دقيقة, كذلك يمكن حسابها عن طريق معرفه عدد لفات الموتور المذكورة علي ال nameplate الخاص بالموتور و معدل التخفيض

وD هو قطر الرشة بالمتر ويمكن اعتبار قيمة K =1 في حالة استخدام قلاب flat bladed propeller وهو الشائع في محطات المياة في مصر أو عند استخدام قلاب مختلف يمكن تحديدها بدقة Kt من الجدول اللاتي طبقا لنوع القلاب

Turbine and Propeller Mixers (continue)

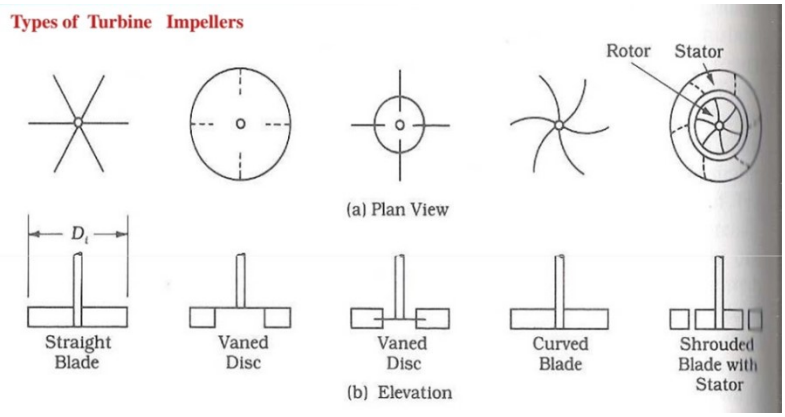
TABLE 6-7 Ref: Metcalf Eddy,1991 , McGraw Hill
Values of *k* for mixing power requirements [16]

Impeller	Laminar range, Eq. 6-5	Turbulent range, Eq. 6-6
Propeller, square pitch, 3 blades	41.0	0.32
Propeller, pitch of two, 3 blades	43.5	1.00
Turbine, 6 flat blades	71.0	6.30
Turbine, 6 curved blades	70.0	4.80
Fan turbine, 6 blades	70.0	1.65
Turbine, 6 arrowhead blades	71.0	4.00
Flat paddle, 6 blades	36.5	1.70
Shrouded turbine, 2 curved blades	97.5	1.08
Shrouded turbine with stator (no baffles)	172.5	1.12

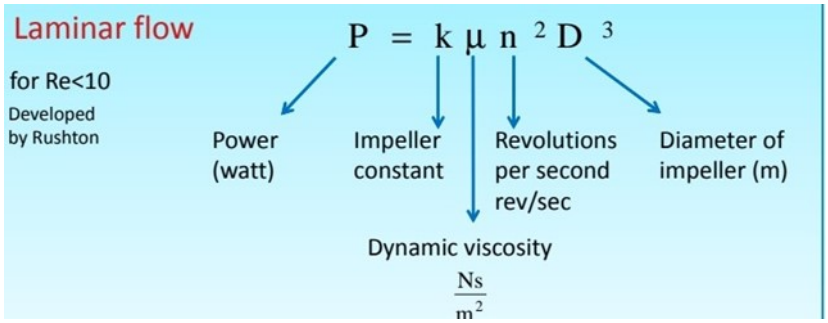
Table 2.2. Values of Constants K_L and K_T in Eqs. (2.12) and (2.13) for Baffled Tanks Having Four Baffles at Tank Wall, with Width Equal to 10 Percent of the Tank Diameter Ref: Reynolds/Richards 2nd Edition, 1982

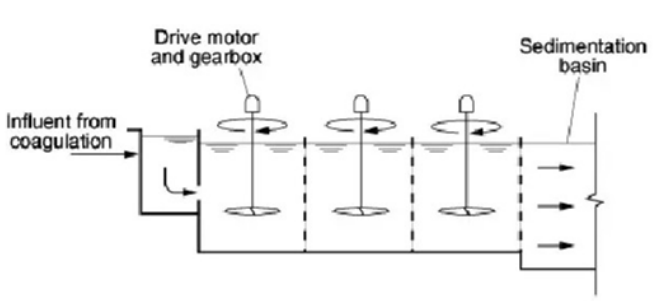
Type of Impeller	K_L	K_T
Propeller, pitch of 1, 3 blades	41.0	0.32
Propeller, pitch of 2, 3 blades	43.5	1.00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	71.0	6.30
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	71.0	6.30
Turbine, 6 curved blades	70.0	4.80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70.0	1.65
Shrouded turbine, 6 curved blades	97.5	1.08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172.5	1.12
Flat paddles, 2 blades (single paddle), $D_i/W_i = 4$	43.0	2.25
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i = 6$	36.5	1.60
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i = 8$	33.0	1.15
Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i = 6$	49.0	2.75
Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i = 6$	71.0	3.82

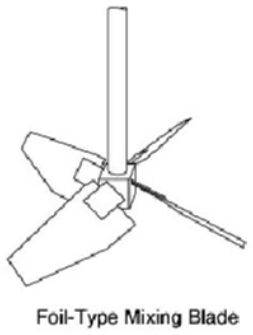
From: (1) "Mixing of Liquids in Chemical Processing" by J. H. Rushton, in *Industrial and Engineering Chemistry* 44, no. 2 (December 1952): 2931, copyright 1952, American Chemical Society; and (2) "Mixing—Present Theory and Practice" by J. H. Rushton and J. Y. Oldshue, in *Chemical Engineering Progress* 46, no. 4 (April 1953):161. Reprinted by permission.

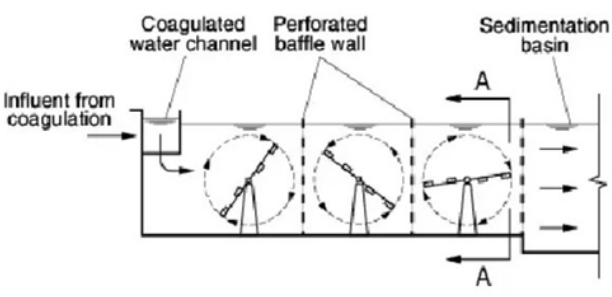


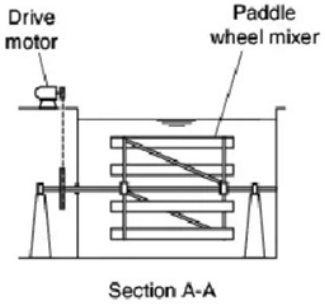
في حالة كان السريان Laminar يتم حساب القدرة الكهربية باستخدام العلاقة الاتية مستخدما Kl المقابلة لنوع القلاب في الجدول السابق ,والتعويض بها عن ثابت القلاب K






Foil-Type Mixing Blade





- في حالة الخلط باستخدام البدالات paddles سواء كانت رأسية أو أفقية وعادة ما يكون أثناء عملية التنديف ويتم استخدام العلاقة الاتية لحساب قيمة P ثم التعويض بها كالسابق للحصول علي قيمة G

$$P = C_D A \rho (V_P)^3 / 2$$

P : power imparted, KW
C_D : paddles drag coefficient
ρ : denisty of fluid kg/m^3
A : cross sectional area of paddles, m^2
V_p :relative velocity of paddles with respect to fluid, m/s

= Cd A $(Vr)^3$ / 2 = Fd Vr where Fd is Drag Force
V: is the tank volume (m^3)
μ : is water kinematic (dynamic) viscosity. (μ = 1.14 × 10^{-3} kg/m.s at 20 °C)
Cd : Drag Coefficient of Paddle = 1.00 for flat up to 1.80 for angle
A: Area of Paddle
Vm: Mean Velocity of flow of water = 0.45 – 0.7 m/s
Vr: Relative Velocity of Paddle to water = Vm / Vp
Vp = 2 (22/7) r n/60 where n is RPM and r is disctance from shaft to center of paddle.

ثانياً : في حالة الخلط باستخدام الحقن في الماسورة يمكن اعتبار قيمة G يساوي 1000 /ث وزمن الخلط حوالي 5 ثوان

ثالثا: في حالة الخلط باستخدام القنوات المتعارضة يمكن استخدام العلاقة

$$G = \sqrt{g\rho H / \mu\tau}$$

g : gravity constant (m/sec^2)
ρ : density of water (kg/m^3)
H : head loss through basin (m)
μ : is water kinematic (dynamic) viscosity. (μ = 1.14 × 10^{-3} kg/m.s at 20 °C)

T : retention time (sec)

$$H = h_1 + h_2$$

$$h_1 = L\,V^2 / C^2\,R$$

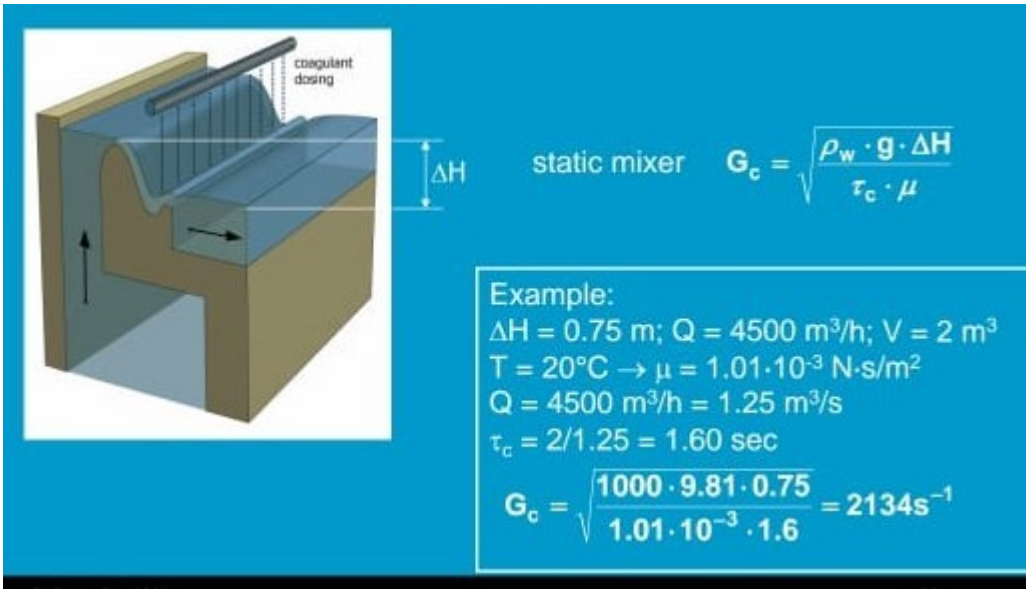
L : length of mixing channel (m)
C : (chezy coefficient) =70
R : Hydraulic radius (m) = wet Area of channel/ wet perimeter
V : mean flow velocity (m/sec)

وبفرض دوران المياه ١٨٠° في داخل مأسورة مربعة المقطع يمكن استعمال المعادلة:

$$h_2 = 3.2 * n * (v^2 / 2g)$$

* n: No. of 180° turns.

- في حالة الخلط باستخدام هدار يتم استخدام العلاقة



أهم المراجع :

- Operational Control of Coagulation and Filtration Processes; Third Edition – 2011 (AWWA manual; M37)
- Simplified Procedures for water Examination; Fifth Edition – 2002(AWWA manual; M12)
- Determining velocity gradient in laboratory and full-scale system, AWWA journal
- Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities; Second Edition - 2000
- الكود المصري لأسس تصميم وشروط التنفيذ لمحطات التنقية لمياة الشرب والصرف الصحي ومحطات الرفع 2016

قنوات مفيدة علي يوتيوب :

https://youtube.com/c/Watertreatmentknowledgetransferchannel2015

https://youtube.com/channel/UCaxGDR_I9WOsNIbY5cjwXrA

https://youtube.com/c/AmericanWaterWorksAssoc

https://www.youtube.com/c/nickpizzi

للتواصل : moamen_2028@yahoo.com

WhatsApp : 01145353083