تصميم برنامج حاسوبي لتصميم السيكلونات

هناء جرجس*

(الإيداع: 7 آب 2023، القبول: 4 كانون الأول 2023)

الملخص

تطلق المعامل والمصانع العديد من الدقائق والغازات والأبخرة الملوثة للهواء والتي تؤثر سلباً على الإنسان والحيوان والنبات، وتختلف طرق معالجة تلوث الهواء حسب نوع الملوثات وحالتها الفيزيائية.

تحتاج الملوثات السامة إلى معالجة نوعية، ولكن أغلب المنشآت الصناعية تطلق الغبار والهباب والدقائقيات الخشنة بالإضافة إلى غيرها من الملوثات. تعتبر السيكلونات واحدة من أهم أجهزة الفصل العاملة على العطالة وتستخدم بشكل واسع من أجل جمع الدقائقيات الخشنة ذات الحجم المتوسط وذلك لأن بساطة انتشارها وكلفتها القليلة نسبياً يجعلها تخدم بشكل جيد كمنظفات أولية لأجهزة أخرى تكون أكثر غلاءاً، حيث ينقص السيكلون حمل الغبار ويزيل الدقائق الكبيرة المسببة للحت. إن السيكلونات بأنواعها المختلفة (ذو كفاءة عالية– تقليدي– ذو طاقة إنتاجية عالية) تصمم عادة بتشابه هندسي(geometric) بحيث تكون النسب بين الأبعاد ثابتة عند قيم متغيرة للقطر وهذه الأبعاد يمكن التعبير عنها بنسب متعلقة بقطر جسم السيكلون D. تم في هذا العمل تصميم برنامج حاسوبي Cyclone App بلغة فيجوال بيزك بواجهة عمل من بيئة فيجوال ستديو بحيث يمكننا من تصميم السيكلون بأنواعه المختلفة بالاعتماد على النسب المعيارية بين أبعاد السيكلون الهندسية ويمكن من خلال البرنامج تصميم السيكلون من معرفة قطره D أو من معرفة طول المدخل حيث أن (طول مدخل السيكلون H = القطر الخارجي للمدخنة)، حيث يقوم البرنامج بحساب كافة الأبعاد وكذلك قيمة (Ne) كما يقوم برسم السيكلون بالأبعاد الحقيقية ، يمكننا معرفة عدد دورات الدوامات (Ne) من خلال معرفة أبعاد السيكلون وفق العلاقة:

$$Ne \cong 1/H(L_b+L_c/2)$$

بعد إعطاء قيم مختلفة لقطر السيكلون D وطول مدخل السيكلونH **تبين أن** قيمة Ne للنوع الواحد من السيكلونات تبقى ثابتة بتغير القطر أو طول المدخل:

حيث أن قيمة Ne للسيكلون ذو الكفاءة العالية تتراوح بين (6–5) دورة دوامة.

قيمة Ne للسيكلون التقليدي تتراوح بين (6–5) دورة دوامة.

قيمة Ne للسيكلون ذو الطاقة الإنتاجية العالية تتراوح بين (4–3) دورة دوامة.

–تعتبر السيكلونات طريقة فعالة وقليلة التكلفة للتخلص من الغبار والهباب في الهواء ولكنها لاتكفي وحدها في كثير من الحالات لذلك لزيادة كفاءة معالجة تلوث الهواء يجب تصميم منشآت أخرى كالفلاتر القماشية وأجهزة الامتصاص أو الامتزاز كما يجب السيطرة على الملوثات قدر الإمكان وذلك بتقليص الملوثات قبل خروجها من مصدر التلوث، كما يجب نشر الوعي والتثقيف الصحي في مجال تلوث البيئة.

الكلمات المفتاحية: برنامج سيكلون– تصميم –تشابه هندسي

عضو هيئة فنية (قائم بالأعمال) في كلية الهندسة المدنية /جامعة حماه حاصلة على درجة دكتوراه في قسم الهندسة البيئة

Developing a computer program to Design cyclones

Eng: Hanaa Jerjes*

(Received: 7 August 2023, Accepted: 4 December 2023)

Abstract:

Laboratories and factories emit many particles, gases, dust, smoke, fume and vapors that pollute the air, which negatively affect humans, animals, and plants. Methods for treating air pollution vary according to the type of pollutants and their physical conditions.

Toxic pollutants need specific treatment, but most industrial facilities release dust, smoke, fume and coarse particles, in addition to other pollutants. Cyclones are considered as one of the most important inertial separation devices and are widely used for gathering coarse particulate matters with medium size, because the simplicity of their spread and the relative low cost, make them used as primary cleaners for other more expensive devices. Cyclones have different types (High Efficiency-Conventional- High Throughput) are usually designed with geometric similarity so that the ratios between the dimensions are fixed and related to diameter of the cyclone body D. In this work, a computer program Cyclone was designed using Visual Basic programming language, so that we can design the cyclone various types of Cyclones depending on standard ratios of their geometries By using the program, the cyclone can be designed by knowing its diameter D or knowing length of the entrance, will be possible to draw the designed cyclone with calculated dimensions.

We can also know the number of cycles of vortices (Ne). After giving different values for D and H it was found that the value of (Ne) for one type of cyclone remains constant with the change of the diameter or the length of the inlet: $Ne \cong 1/H(L_b+L_c/2)$

The results: - For High Efficiency and Conventional Cyclones (Ne= 5-6 steps).

-For High Throughput Cyclones (Ne= 3-4 steps).

Suggestions: Cyclones are not sufficient alone in many cases. Therefore, other facilities must be designed as filtrations, absorption devices, adsorption devices. Pollutants must also be controlled as much as possible by reducing pollutants before they leave the source. Pollution, and awareness and health education should be more considered in the field of environmental pollution

Kay ward: Cyclone Program- Design- Geometric

---

*technical scientific/civil engineer collage/Hama university/Doctorate in environment engineer.

1-المقدمة:

_الهواء قطاع مهم جداً لجميع الكائنات الحية، ولا يختلف اثنان في أن انقطاعه لدقائق معدودة فقط كاف لهلاك الإنسان، بينما يتمكن من البقاء حياً بدون ماء لعدة ساعات أو عدة أيام، إذا ساعدته الظروف المناخية وكمية الطعام، مما يدل على الأهمية الاستثنائية للهواء.

ويعرف قانون البيئة المصري1994 تلوث الهواء بأنه كل تغير في خصائص ومواصفات الهواء الطبيعي يترتب عليه خطر على صحة الإنسان والبيئة، سواء كان هذا التلوث ناتجاً عن عوامل طبيعية أو نشاط إنساني.

1-1 المصادر الطبيعية لتلوث الهواء

1. نواتج ثورات البراكين
2. نواتج العواصف والإعصارات
3. نواتج التفاعلات البكتيرية والفطرية
4. نواتج الاحتراقات الطبيعية
5. نواتج التفسخ الطبيعي

1-2 مصادر التلوث البشري :

1. عوادم وسائل النقل كالسيارات والقطارات والسفن
٢. الآلات المشابهة لوسائل النقل في الصناعة
٣. مداخن المصانع والمعامل
٤. مداخن مصافي النفط والغاز ومحطات توليد الطاقة الكهربائية

1-3 أثر تلوث الهواء على الإنسان: يتركز ضرره على الإنسان في تأثيره على الجهاز التنفسي بصورة خاصة فقد يؤدي إلى إصابة الإنسان بسرطان الرئة.

1-4 أثر تلوث الهواء على الحيوان: يؤثر الهباء على الحيوان بطريقة مباشرة من خلال الاستنشاق للأتربة والأبخرة الموجودة في البيئة المحيطة أو غير مباشرة نتيجة التغذية على بعض النباتات الملوثة بكيماويات سامة تضر بالحيوان مما يؤدي إلى أصابتها بالعديد من الأمراض وبالتالي نقص إنتاجها من الألبان واللحوم والصوف وممكن أن يؤدي إلى نفوقها أيضاً.

1- 5 أثر تلوث الهواء على النبات: يقوم الهباء بسد المسامات والثغور المنتشرة على سطح الأوراق مما يؤثر على عملية التمثيل الضوئي للنبات ويضعفها ، ويؤثر على عملية التزهير والإثمار في تلك النباتات وأحياناً إلى هلاك النبات .

2- الهدف من البحث : يهدف البحث إلى:

1- تعريف وتصنيف ملوثات الهواء
2- التعرف على أنظمة السيطرة على تلوث الهواء
3- وضع برنامج حاسوبي لتصميم السيكلونات هندسياً

3- المواد وطرائق البحث:

3-1 ملوثات الهواء الجوي :

تقسم الملوثات الهوائية طبقا" لطبيعتها الفيزيائية كما ورد في World Health Organization(2013) إلى ملوثات: صلبة وسائلة وغازية.

أولا": الملوثات الصلبة :

وتشمل (الغبار- الإيرسول- الدخان (Smoke) - الدخان(Fume) - الضباب- الضباب الدخاني- الهباب- الغبار العضوي- الحرير الصخري أو الأمينت- المعادن وتشمل: (الزئبق- الرصاص- الكاديوم- الزرنيخ).

- تصنف الملوثات الصلبة إلى دقائق خشنة قطرها أكبر من 0.5 µm وتترسب بسرعة إلى حد ما ودقائق ناعمة قطرها أقل من 0.5 µm وتستمر عملية النقل الجوي لها لأيام وربما لأسابيع.

ثانيا": الملوثات السائلة :

الكحول- الايتر- البيردين ومشتقاته- رابع كلور الكربون- البنزين- ثاني كبريت الكربون- الحموض والأسس

ثالثا": الملوثات الغازية :

أكاسيد الكربون $CO-CO_2$

أكاسيد الكبريت SO_2-SO_3

أكاسيد النتروجين NO_X

كبريتيد الهدروجين $H2_S$

المركبات الهدروكربوناتية C_NH_M

3-2 أنظمة السيطرة على تلوث الهواء: Pollution Control Systems:

يمكن أن تجمع هذه الأنظمة بشكل عام كما بين د.م. فطامة (2023) في صنفين واللذين يعكسان العمليات الفيزيائية المعتادة لفصل الملوثات عن الغاز الحامل لها وهي:

1- أنظمة السيطرة على الدقائق:

حجيرات الترسيب(الترقيد).

السيكلونات(القصور الذاتي).

الفلترة(القصور الذاتي والانتشار).

المرسبات المعتمدة على الكهرباء الساكنة(قوى كهربائية).

أجهزة الغسيل الرطبة (القصور الذاتي والانتشار).

2-أنظمة السيطرة على الغاز والبخار:

أجهزة الغسيل الرطبة (الامتصاص).

الفحم المنشّط(الإمتزاز).

التفتيت الحراري (الأكسدة الكيميائية)باللهب المباشر أو بمواد محفزة.

الأكسدة البيولوجية.

أكسدة معمقة (تفاعلات كيميائية بالاعتماد على الأشعة فوق البنفسجية وبالأوزون).

يتم ذلك باستخدام عدد من الطرق التكنولوجية من أهمها:

السيكلونات و أجهزة الفصل العاملة على العطالة.

أجهزة الغسيل الرطبة.

المرسبات ذات الكهرباء الساكنة.

الفلاتر القماشية.

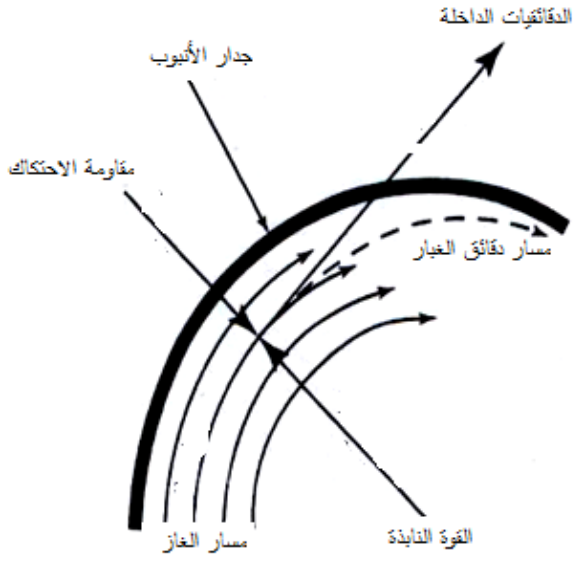
3-3 السيكلونات وأجهزة الفصل العاملة على العطالة: Cyclones And Inertial Separators :

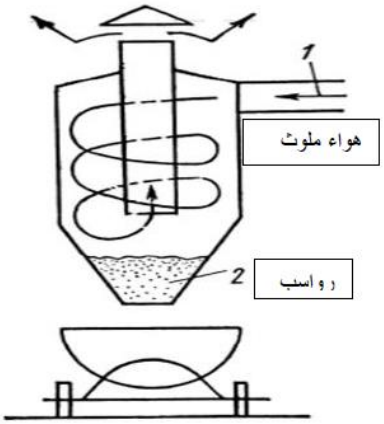
إن المبدأ العام لفصل العطالة كما بين الباحث د.م فطامة (2023) هو أن الغاز الحاوي على الدقائقيات مجبر على أن يغير اتجاهه و بما أن الغاز يغير اتجاهه فإن عطالة الدقائقيات الموجودة فيه تسبب استمرارية حركتها بالاتجاه الأصلي مما يسبب انفصالها عن تيار الغاز.

إن أجهزة الفصل العاملة على العطالة مستخدمة بشكل واسع من أجل جمع الدقائقيات الخشنة ذات الحجم المتوسط وحيث أن بساطة انتشارها النسبية وغياب الأجزاء المتحركة فيها تجعلان تكلفة الإنشاء والصيانة أقل من التكلفة الخاصة بالفلاتر القماشية والمرسبات ذات الكهرباء الساكنة وهي غالباً ما تستخدم كمرحلة تنظيف سابقة للأجهزة المذكورة وذلك لإنقاص حمل الغبار ولإزالة الدقائق الأكبر المسببة للحت (abrasire).

تؤمن السيكلونات طريقة ذات تكلفة منخفضة وصيانة قليلة لإزالة الدقائقيات الكبيرة من تيارات الغاز، لكنها عادة لاتكفي لاستيعاب وموافقة المعايير الصارمة للانبعاثات لكنها تخدم بشكل جيد كمنظفات أولية لأجهزة أخرى تكون أكثر غلاءاً ولاستعادة المنتجات الجافة من تيار الغاز، إن السيكلون ينقص حمل الغبار ويزيل الدقائق الكبيرة المسببة للحت abrasive) (ما يزيد من عمر الفلاتر القماشية التي قد تستخدم كمجمع نهائي.

إن الدقائقيات تدخل السيكلون بشكل معلق في التيار الغازي وتجبر هذه الدقائقيات أن تدخل في دوامة بواسطة شكل السيكلون، إن عطالة الدقائق تقاوم التغير في اتجاه الغاز وتتحرك بشكل قطري باتجاه الخارج قاطعة خطوط تيار الغازكما يبين الشكل رقم (1)،وتدور الدقائق على السطح الداخلي للسيكلون باتجاه القاع حيث تترسب أما الهواء المعالج فإنه يخرج من خلال الأنبوبة الواقعة في مركز السيكلون ومنه إلى الهواء الخارجي كما يبين الشكل رقم (2).





الشكل رقم (1): يبين حركة الدقائق عبر خطوط تيار الغاز الشكل رقم (2): يبين حركة الهواء ضمن السيكلون

عادة ما يكون مدخل الغاز عند قمة السيكلون و يجبر الغاز أن يمر في ممر سيكلوني محدد بشكل المدخل نفسه،وإن الجدار الخارجي للجهاز والأنبوب الإسطواني الممتدين باتجاه الأسفل من قمة السيكلون يعرفان بمعين الدوامة كما أن الغاز يتخذ طريقاً لولبياً في المقطع الإسطواني من السيكلون وتتحرك الدقائق خارجاً بتأثير القوة النابذة حتى تصطدم بجسم السيكلون هناك تمسك هذه الدقائقيات في طبقة صفائحية رقيقة من الهواء إلى جانب الجدار وتنزل باتجاه الأسفل بتأثير الجاذبية لتتجمع في قادوس الغبار، وعندما يصل الغاز إلى القسم ذو الشكل المخروطي من السيكلون فإن سرعة الغاز الدوارة المتزايدة تساعد

على بقاء الغبار مقابل الجدار، إن اتجاه الدوامة ينعكس قرب أسفل المخروط و يرتفع الغاز المنظف ليخرج من خلال أنبوب مركزي في معين الدوامة كما يبين الشكل (4).

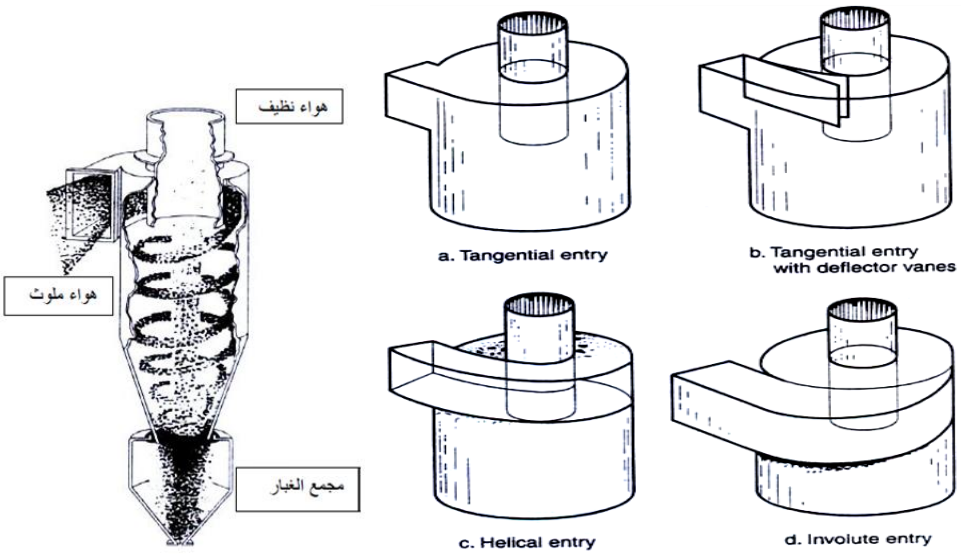
من أجل رفع فعالية عمل السيكلون يستخدم الهدروسيكلون الذي يتم فيه غسل السطح الداخلي للسيكلون بالهواء المضغوط إن هناك أشكال مختلفة للمدخل كما يبين الشكل (3) وكلها تهدف إلى دمج الغاز الداخل بالغاز الموجود مسبقاً في السيكلون ومن هذه الأشكال لدينا :

a : دخول مماسي.

b : دخول مماسي مع مراوح تسبب الانحراف.

c : دخول حلزوني.

d : دخول ملولب إلى الداخل (متلفف) .



الشكل رقم(3): يبين أنواع مداخل السيكلون الشكل رقم (4) يبين تجمع الغبار ضمن السيكلون

إن أجهزة الفصل السيكلونية مفيدة في الصناعات التالية: الكيميائية – الرماد المتطاير من الاحتراق – صهر المعادن – أعمال المعادن – منتجات الصخور – البلاستيك – و منتجات الأخشاب و غيرها.

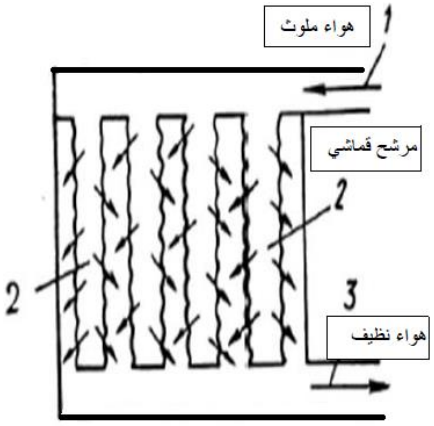
من أجل رفع كفاءة معالجة الهواء وتخليصه من مختلف دقائق الغبار كما أوضح العالم Brauer,H.Varma,Y (1981) يمكن استخدام المرشحات القماشية حيث يتم فصل الغبار عندما يمر تيار الهواء الملوث من خلال القماش الوبري (يمكن أن يكون أحد أنواع اللباد) كما يبين الشكل(5).

وفي الفترة الأخيرة ازداد استخدام مصائد الغبار الرطبة حيث أن الهواء الملوث تحت ضغط تحدثه مروحة، يدخل بشكل تيار دوراني ويمر عبر طبقة ماء حيث تنفصل المواد الغبارية مع الماء وتترسب إلى القاع ومن هناك يتم نقلها دورياً، أما الهواء المعالج فيخرج إلى الهواء الخارجي كما يبين الشكل (6)، ويجب الانتباه إلى أن الماء المستخدم يجب معالجته قبل تصريفه لأنه قد يحتوي على مواد سامة.

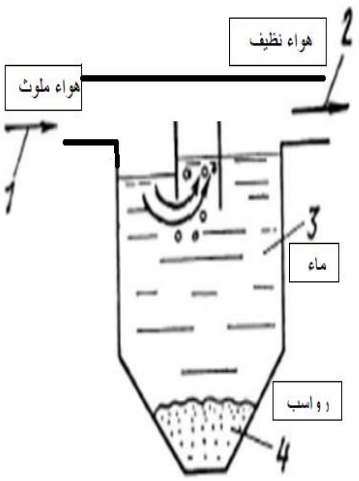
يعتبر أحد أكثر الأجهزة فعالية في فصل الغبار والهباب المرشحات الكهربائية التي يمكن أن تركب مباشرة في المراجل لفصل الهباب والعوالق من غازات الاحتراق كما يبين الشكل (7).

من اجل معالجة الغازات الصناعية من المواد السامة تستخدم طرق الامتزاز والامتصاص، في طريقة الامتزاز يمر التيار الغباري عبر طبقة من الحبيبات (حشوة الامتزاز) التي تملك سطوحاً فعالة (فحم، أكسيد الألمنيوم...) عند ذلك المواد السامة تمتز على سطح حبيبات الحشوة وبذلك يتم فصلها عن الهواء، يمكن أن تكون طبقة الامتزاز ثابتة يمر من خلالها الهواء الملوث، ويتم تبديل هذه الحشوة كل فترة عندما تتشبع بالمواد الممتزة، ويمكن أن تكون متحركة حيث تعمل فيها طبقة الامتزاز بدون توقف ويتم تحريك حبات الحشوة بشكل مستمر وببطء والمواد السامة تفصل من سطوح حبات الامتزاز كما يبين الشكل (8). في طريقة الامتصاص يتم استخدام مواد سائلة مثل الماء أو محاليل ملحي معينة تقوم بامتصاص المواد السامة والأبخرة، عند ذلك جزء من المواد السامة ينحل في السائل وجزء يتفاعل مع السائل كما يبين الشكل (9).

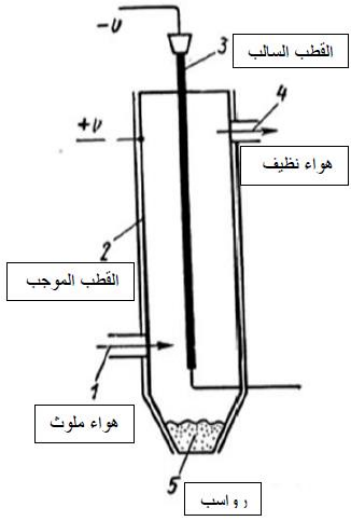
إحدى الطرق المتبعة كذلك لمعالجة الهواء من الغازات السامة التي تملك روائح تعتبر طريقة الحرق والأكسدة، وهذه الطريقة ممكنة فقط عندما تكون المواد السامة قابلة للأكسدة. عند تراكيز قليلة للمواد الضارة وقريبة من حدود الاشتعال فتستخدم طريقة الأكسدة بمساعدة المحفزات، بوجود المحفز (بلاتين– معدن– خلائط...) يتم تأكسد المواد العضوية بدرجة حرارة أخفض بكثير من درجة الاشتعال، هذه العملية تتم على سطح المحفز لذلك يجب أن تكون سطوح التماس بين المحفز والغاز أكبر مايمكن، لهذا توضع المحفزات بطبقات رقيقة وتستخدم إما حبيبات كروية أو رقائق.



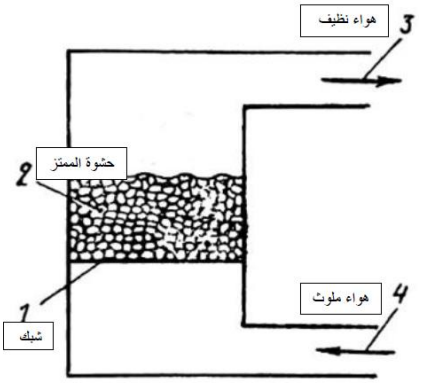
الشكل (5) يبين المرشحات القماشية



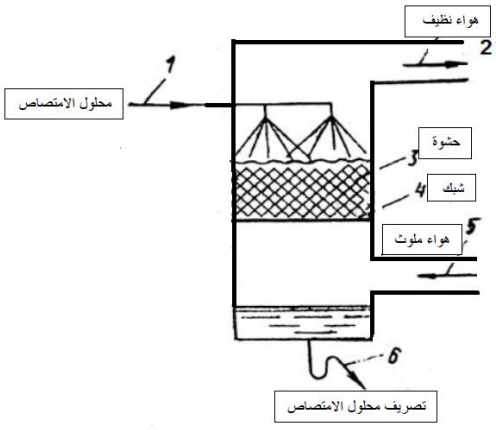
الشكل(6) يبين مصائد الغبار الرطبة



الشكل(7) يبين المرشحات الكهربائية



الشكل(8) يبين طريقة الامتزاز



الشكل (9) يبين طريقة الامتصاص

3-4تصميم السيكلون:إن السيكلونات عادة تصمم بتشابه هندسي(geometric) كما أوضح الباحث Mathieu,V والباحثJullemier,S (2004) بحيث تكون النسب بين الأبعاد ثابتة عند قيم متغيرة للقطر وهذه النسب يمكن التعبير عنها بقطر جسم السيكلون D كما يبين الشكل رقم(8). وإن نسب الأبعاد إلى القطر موضحة بالجدول رقم(1) وفقاً للباحثين Salcedo,R. Pava,J, (2008) ، ويبين الشكل (10) أبعاد السيكلون كما هي مبينة في الموديلات الرياضية التي درست الأبعاد الهندسية للسيكلون وفقاً للباحثMathieu,V والباحثJullemier,S(2004) والباحثان Salcedo,R. Pava,J, (2008).

إن عدد دورات الدوامات (Ne) يمكن تقديره من خلال أبعاد السيكلون كما يلي:

* $Ne \cong 1/H(L_b+L_c/2)$ *

H: ارتفاع مدخل السيكلون.

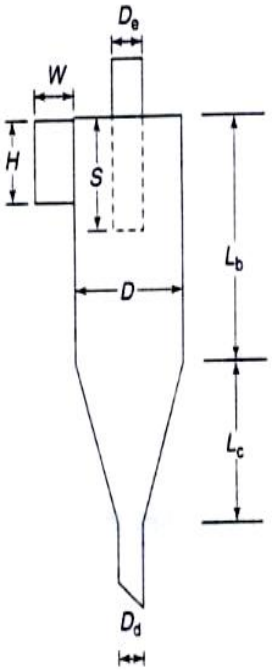
L_b : طول القسم الإسطواني من جسم السيكلون.

L_c: طول القسم المخروطي من جسم السيكلون.

يمكن جعل السيكلون ذو فعالية جمع عالية من خلال استخدام أقطار صغيرة واسطوانات طويلة وسرعات عالية لدخول الغاز إليه، وبشكل عام فإن الأقطار الصغيرة تزيد من انخفاض الضغط ومن تكاليف التشغيل.

جدول رقم(1): يبين النسب بين أبعاد السيكلون

	Cyclone Type[a]					
	High Efficiency		Conventional		High Throughput	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Body diameter D/D	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Height of inlet H/D	0.5	0.44	0.5	0.5	0.75	0.8
Width of inlet W/D	0.2	0.21	0.25	0.25	0.375	0.35
Diameter of gas exit, D_e/D	0.5	0.4	0.5	0.5	0.75	0.75
Length of vortex finder, S/D	0.5	0.5	0.625	0.6	0.875	0.85
Length of body L_b/D	1.5	1.4	2.0	1.75	1.5	1.7
Length of cone L_c/D	2.5	2.5	2.0	2.0	2.5	2.0
Diameter of dust outet, D_d/D	0.375	0.4	0.25	0.4	0.375	0.4

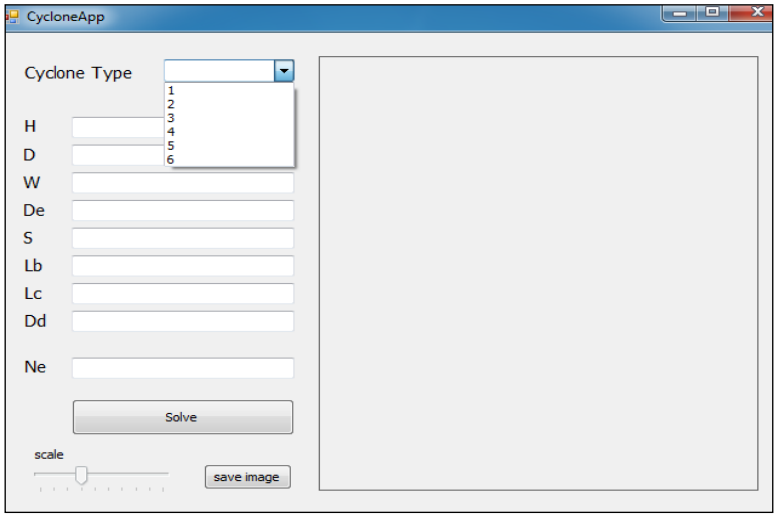


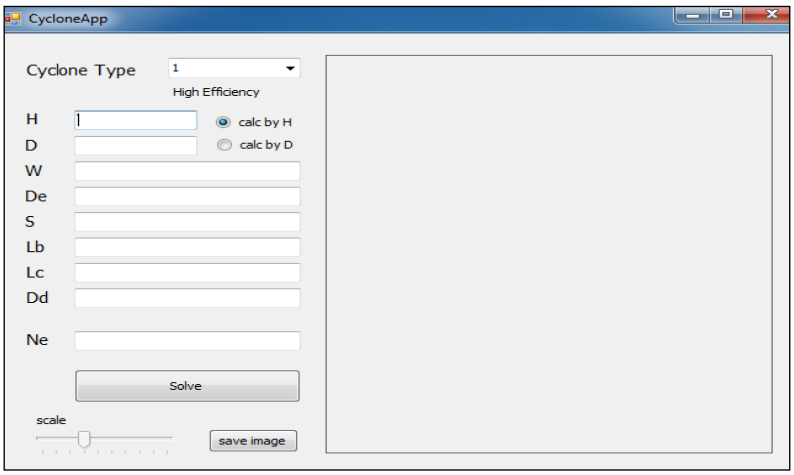
الشكل رقم (10) يبين أبعاد السيكلون

4- النتائج

4-1 وضع برنامج حاسوبي لتصميم السيكلونات هندسياً:

بالاعتماد على الجدول رقم (1) الذي يعطي النسب المعيارية بين أبعاد السيكلون الهندسية تم تصميم برنامج حاسوبيCyclone Program بلغة فيجوال بيزك كما يبين الملحق بالبحث بواجهة عمل من بيئة فيجوال ستديو بحيث يمكننا من تصميم السيكلون بأنواعه المختلفة (ذو كفاءة عالية، تقليدي، ذو إناجية عالية) بالضغط على زر Cyclone Type كما يمكننا من تصميم السيكلون من معرفة قطره D أو من معرفة طول المدخل مع العلم أن:(طول مدخل السيكلون H = القطر الخارجي للمدخنة)، وذلك بالنقر على رز (Calc by H,Calc by D) بحيث تظهر الواجهة كافة أبعاد السيكلونات الهندسية كما يتم رسم السيكلون بالأبعاد الحقيقية المحسوبة كما يبين الشكل (11).



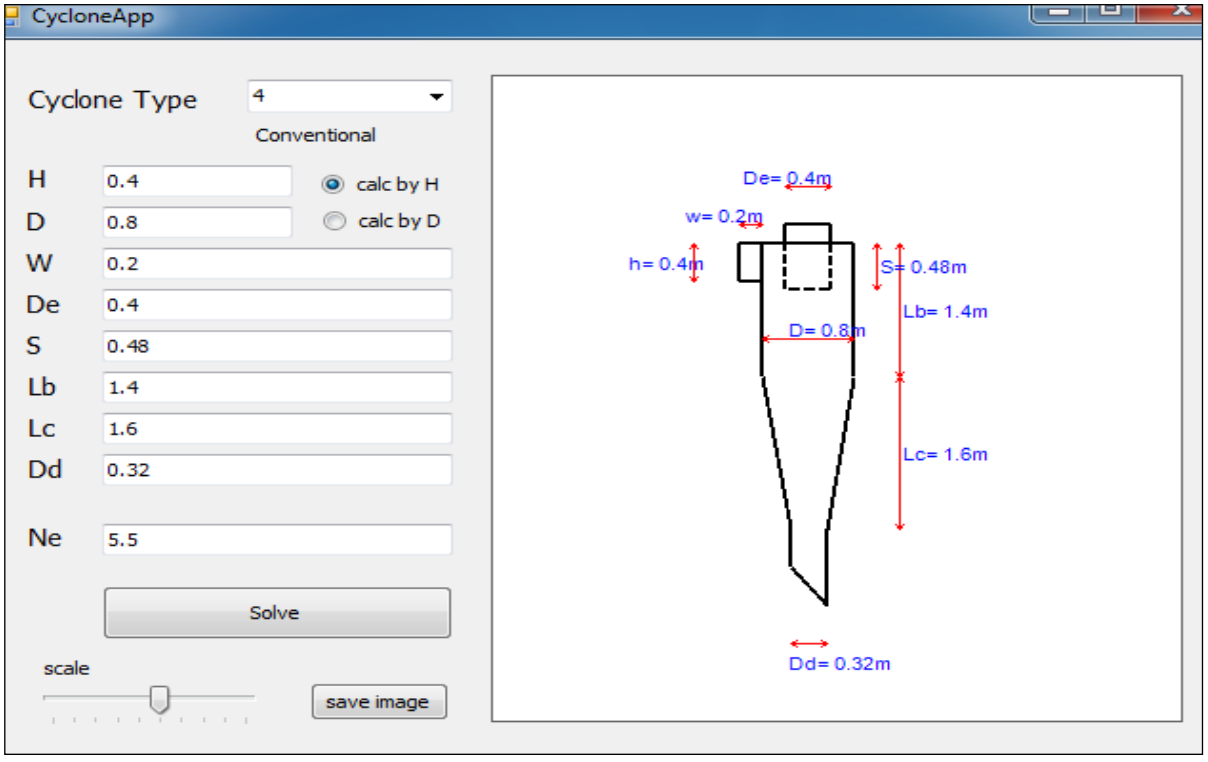


الشكل رقم(11) واجهة برنامج تصميم السيكلونات هندسياً Cyclone

5- المناقشة

مثال (1): تصميم سيكلون (تقليدي(4)Type) لمدخنة معمل قطرها الخارجي 0.4 m.

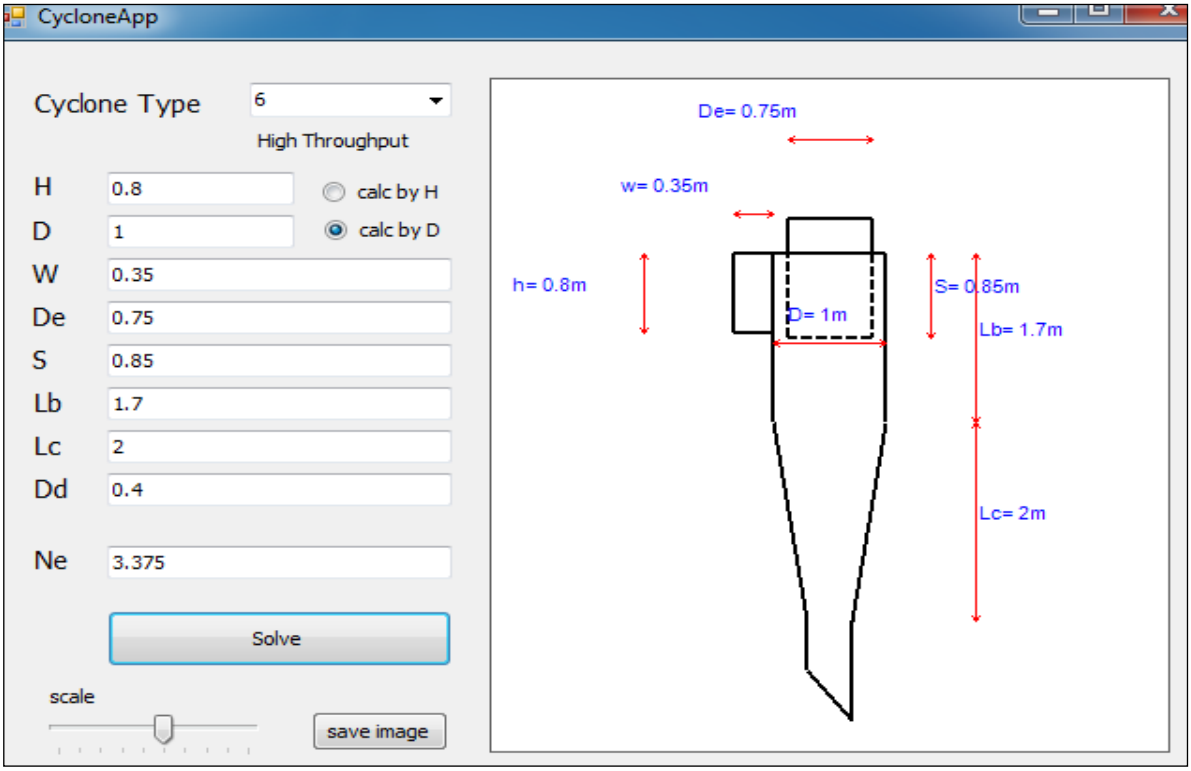
بالضغط على زر Cyclone Type نختار Type 4، وكذلك بالنقر على رز (Calc by H) نضع H=0.4 ثم نضغط على زر Solve، فتظهر الأبعاد الهندسية على الواجهة كما يتم رسم السيكلون بالأبعاد المحسوبة كما يبين الشكل (12).



الشكل رقم (12) الأبعاد الهندسية لسيكلون تقليدي(4)لمدخنة معمل قطرها الخارجي 0.4 m

مثال (2): تصميم سيكلون (ذو إنتاجية عالية(6)Type بقطر 1m).

بالضغط على زر Cyclone Type نختار Type 6، وكذلك بالنقر على رز (Calc by D) نضع D = 1 ثم نضغط على زر Solve، فتظهر الأبعاد الهندسية على الواجهة كما يتم رسم السيكلون بالأبعاد المحسوبة كما يبين الشكل (13).



الشكل (13) الأبعاد الهندسية لسيكلون (ذو إنتاجية عالية(6) بقطر D = 1)

6– الاستنتاجات: نستنتج أن:

1– يمكن تصميم الأبعاد الهندسية للسيكلون بمعرفة طول المدخل أو القطر الخارجي للمدخنة، أو بمعرفة قطر جسم السيكلون، أو بمعرفة أي بعد من أبعاده الهندسية وذلك بسبب النسب الثابتة بين أبعاده الهندسية حسب نوعه (عالي الكفاءة– تقليدي– ذو إنتاجية عالية)

2– قيمة Ne للنوع الواحد من السيكلونات تبقى ثابتة بتغير القطر أو طول المدخل:

– قيمة Ne للسيكلون ذو الكفاءة العالية تتراوح بين (5–6) دورة دوامة.

– قيمة Ne للسيكلون التقليدي تتراوح بين (5–6) دورة دوامة.

– قيمة Ne للسيكلون ذو الطاقة الإنتاجية العالية تتراوح بين (3–4) دورة دوامة.

7– التوصيات والمقترحات:

تعتبر السيكلونات طريقة فعالة وقليلة التكلفة للتخلص من الغبار والهباب في الهواء ولكنها لاتكفي وحدها في كثير من الحالات لذلك لزيادة كفاءة معالجة تلوث الهواء يجب التخلص من الملوثات إما قبل خروجها أو أثناء خروجها من مصدر التلوث، كما يجب السيطرة على الملوثات قدر الإمكان كما بين د. م. فطامة (2020) من خلال:

1– إزالة الكبريت من مصادر الوقود الاحفوري ويتم ذلك بالمقترحات التالية:

– استعمال أنواع الفحم الحجري الأقل كبريتاً.

– استعمال الغاز الطبيعي بدل الفحم الحجري.

– تطوير بدائل الطاقة الأخرى كالطاقة الشمسية.

– خلط الفحم الحجري بالكلس.

2– السيطرة على أكاسيد النيتروجين

يمكن السيطرة على 50 % من أكاسيد النيتروجين المنبعثة من احتراق الوقود في الآلات عن طريق ما يعرف "بالحرق المرحلي"يحرق الوقود أولاً على درجات حرارة مرتفعة في جو فقير بالأكسجين حيث لا تتشكل أكاسيد النيتروجين، وفي المرحلة الثانية يكمل الاحتراق في درجات حرارة منخفضة في جو غني بالأكسجين وفقير بالوقود مما يقلل تكون أكاسيدالنيتروجين مرة أخرى.وكطريقة أخرى يمكن استعمال العوامل المساعدة Catalysts التي تزيل أكثر من 90 %من أكاسيد النيتروجين والمواد الهيدروكربونية و أول أكسيد الكربون الناتجة في عوادم الآلات.

3- الاهتمام بزراعة الأشجار والمسطحات الخضراء.

4- سن التشريعات المناسبة التي تحدد أعلى نسبة للملوثات الضارة وعدم تجاوز هذه النسبة من مصادر التلوث.

5- الوعي والتثقيف الصحي في مجال تلوث البيئة.

المراجع

أ- د.م فطامة، محمود حسين. مقرر حماية البيئة بحث تلوث الهواء كلية الهندسة المدنية جامعة حماه 2020

ب- د. م فطامة، محمود حسين. دورة نقابة المهندسين فرع حماه 2023

A-WorldHealth Organization, 2013- Health Effects OfParticulate Matter. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and center Asia, Marmoevej 51 DK-2100 Copenhagen,Denmark, 20p.

B- Brauer,H.Varma,Y,1981- Air Pollution Control Equipment.Springer, Verlag Berlin Heidelberg,388p.

C- Mathieu,V.Jullemier,S, 2004- Comparison Of Different Models Of Cyclone Perdiction Performance For Various Operating Condition UsingAGeneral Software.Chemical Engineering and Processing 511-522, 12p.

D- Salcedo,R.Pava,J, 2008- Effect Cyclone Systems For Fine ParticaleCollection In The Pharmaceutical Industry. Departmento de EngenhariaQuimica,Lepae. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Rua Roberto Frias, 4200-46 5 Porto, 30p.