طراحی، انتخاب اجزا و روش ساخت بخش مکنده یک دستگاه مکنده- خردکننده برگ

علیرضا شیرنشان[1*]، محمد علی قضاوی[2]، مهرداد پورسینا[3]

تاریخ دریافت: ۱۷ خرداد ۹۲ تاریخ پذیرش: ۳۱ تیر ۹۲

چکیده

با توجه به ریزش انبوه برگهای درختان در سطوح پارکها و فضای سبز شهرهای بزرگی مانند اصفهان و عدم وجود و تولید داخلی دستگاه مکنده-خردکننده برگ نوع چرخ‌دار که مخصوص استفاده در پارک‌ها وفضاهای سبز بزرگ می‌باشد، طراحی و ساخت این دستگاه در داخل کشور جهت جمع‌آوری و بازیافت بقایای طبیعی بشدت احساس می‌گردد، در این مقاله طراحی قسمت مکنده دستگاه که یکی از قسمت‌های اصلی دستگاه می‌باشد و شامل دهانه ورودی، کانال‌ها و مجاری عبور هوای مکشی و یک فن مکنده سانتریفوژ می‌باشد، مطابق با شرایط کاری دستگاه و بر اساس روابط مربوط به مکانیک سیالات و فن‌های مکنده و همچنین آزمایش تعیین میزان دبی هوای مکشی برای برگ‌ها، آورده شده است.

کلمات کلیدی:. برگ، دبی هوای مکشی، کانال عبورهوای مکشی، فن مکنده.

۱. مقدمه

امروزه یکی از گزینه‌های بازیافت مواد مختلف، استفاده از بقایای طبیعی گیاهان می‌باشد. با توجه به اینکه در فصل پاییز، برگ درختان خزان‌دار و برخی دیگر از گونه‌های مختلف گیاهی، در مکان‌هایی از جمله سطح پارک‌ها و فضای سبز، جوی‌های آب، پیاده‌روها و کناره خیابان‌ها ریزش می‌کند، می‌توان روش‌هایی جهت استفاده بهینه و بازیافت این نوع از بقایای طبیعی ارائه داد. یکی از موارد بازیافت و مصرف برگ-های ریزش شده درختان، استفاده از آنها به عنوان نوعی از مالچ گیاهی در پای بوته‌های درختان جوان، بستر خاک سبزیجات و گلهای مختلف می‌باشد [۱۶,۱۵, ۲۰]. همچنین عملیات تولید کودکمپوست یکی دیگر از گزینه‌های مصرف برگ‌های ریزش شده و یکی از بخش‌های حیاتی در استراتژی کاهش و بازیافت زباله در جوامع پیشرفته دنیا می‌باشد [۱۹,۱۶,۷,۵]. در ایران خصوصاً در قسمت‌های مرکزی و جنوبی کشور، بعلت کمبود مواد آلی خاک از طرفی و اشکالات موجود جهت تامین مواد آلی مورد نیاز از قبیل کمبود آب جهت کشت گیاهان سبز، کمبود علوفه و مصرف بقایای گیاهی جهت تغذیه دام از طرف دیگر، مصرف کمپوست برای تامین مواد آلی از دست رفته خاک، اهمیتی خاص بخود می‌گیرد [۱]. بر اساس نتایج بدست آمده از تحقیقات، می‌توان با تبدیل پس مانده‌های گیاهی به کود کمپوست، روزانه ۵۳۰ هکتار از خاک کشور را احیا کرد [۱].

بسیاری از جوامع پیشرفته، امروزه بعلت تاکید ویژه‌ای که بر روی بازیافت و مدیریت بقایای طبیعی، جهت کاهش آلودگی‌های زیست محیطی دارند و از طرف دیگر، چون همواره بدنبال راهکارهایی برای کاهش هزینه‌های عملیات تولید کود کمپوست بوده‌اند، جهت جمع‌آوری برگ‌های ریزش شده و جداسازی آنها از روی سطح چمن پارک‌ها و سطوح دیگر، برنامه ریزی‌های وسیعی داشته‌اند. از این روی، مشاهده می‌شود، ماشین‌ها و دستگاه‌های بسیاری برای جمع‌آوری، فشرده‌سازی و تجزیه‌کردن راحت‌تر و سریع‌تر بقایای طبیعی به مرور زمان ساخته شده و توسعه

[1] استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، arshirneshan@yahoo.com

[2] استادیار واحد خوراسگان، دانشگاه آزاد اسلامی

۳ استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان

یافته است [۱۲, ۱۳,۱۸].

در ایران، با توجه به ریزش انبوه برگ‌های پاییزی در مکان-هایی از جمله پارک‌ها و فضای سبز شهرهای بزرگی مانند اصفهان و با توجه به نیاز سازمان‌های فضای سبز و بازیافت مواد به دستگاه‌هایی جهت جمع‌آوری آسان و سریع برگ‌ها وکمک به بازیافت

آنها برای تولید کودکمپوست و همچنین عدم تولید ماشین‌ها و تجهیزاتی به طور انبوه در این زمینه در داخل کشور، ضروری است که متناسب با شرایط هر منطقه دستگاه‌هایی طراحی و ساخته شود. دستگاه مکنده- خردکننده برگ یکی ازانواع این دستگاه‌ها است.

دستگاه‌های مکنده- خردکننده برگ که معمولاً در گروه ماشین‌ها و تجهیزات باغبانی قرار می‌گیرند، باتوجه به نوع نیاز و استفاده از آنها، به چهار دسته کلی دستگاه مکنده- خردکننده برگ نوع دستی[1]، چرخ‌دار[2]، تراکنوری[3] طبقه‌بندی می‌شوند [۶, ۸, ۱۴]. شکل۱ تصویر انواع دستگاه‌های مکنده- خردکننده برگ نامبرده شده را نشان می‌دهد.

شکل۱. تصویر انواع دستگاه‌های مکنده- خردکننده برگ

توجه به این‌که دستگاه مکنده- خردکننده برگ نوع چرخ‌دار، مخصوص پارک‌ها و فضای سبز بزرگ می‌باشد، نیاز بود که شرایط این مکان‌ها بررسی گردد که دراین تحقیق پارک‌ها و فضاهای سبز اصفهان از لحاظ نوع گیاهان و درختان خزان شونده و برگ‌های ریزش شده در فصل پاییز مورد مطالعه قرار گرفت. براساس مطالعه انجام شده، شهر اصفهان دارای فضای سبزی با مساحت ۲۷۰۰ هکتار می‌باشد [۳]، که بر اساس آمار و اطلاعات گرفته شده از سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر اصفهان، غالب درختان خزندارکاشته شده در فضای سبز این شهر، درختان چنار، نارون، توت، زبان گنجشک و بید می‌باشند که برهمین اساس طراحی قسمت مکنده دستگاه مورد نظر در این تحقیق، بر مبنای برگ‌های ریزش‌شده این درختان صورت گرفت.

۲- مواد و روش کار

در طراحی دستگاه مکنده- خردکننده برگ مدنظر در این مقاله، با توجه به اینکه سازگاری دستگاه با شرایط استفاده در منطقه مدنظر می‌باشد و اصل طرح تغییری نمی‌کند و همچنین در طراحی نیاز به طرح‌های ابتکاری قطعات می‌باشد، از روش طراحی اقتباسی برای تمام قسمت‌ها از جمله قسمت مکنده دستگاه که در این مقاله مدنظر می‌باشد، استفاده شده است[۲].

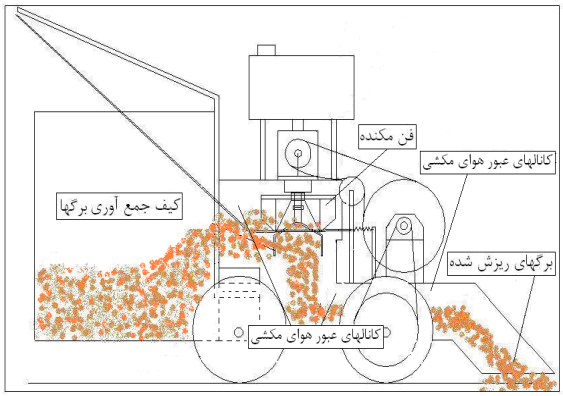
برای طراحی قسمت مکنده دستگاه، نیاز به تعیین سه مشخصه ابعاد کلی دستگاه، مکانیزم مکش برگ‌ها و اجزاء قسمت مکنده دستگاه بود.

ابعاد کلی دستگاه با توجه به نوع استفاده و شرایط استفاده دستگاه و همچنین نظر به ابعاد دستگاه‌های نمونه خارجی بصورت ۱۵۰سانتیمتر طول، ۷۵ سانتیمتر عرض و ۱۰۰ سانتیمتر ارتفاع مشخص گردید[۸, ۹, ۱۰].

مکانیزم مکش دستگاه با توجه به عملیات مورد انتظار از دستگاه، یعنی جمع‌آوری برگ‌ها از روی سطح چمن پارک و انتقال برگ‌های خردشده به یک کیف جمع‌آوری تعیین گردید.

همچنین اجزای قسمت مکنده دستگاه با توجه به وظایف، خصوصیات و مکانیزم‌های انتخاب شده برای مکش برگ‌ها، بصورت دهانه ورودی، کانال‌ها و لوله‌های عبور جریان هوای مکشی و یک فن مکنده تعیین گردید. شکل۲ نمای شماتیکی از مکانیزم جمع‌آوری و مکش برگ‌ها و انتقال به یک کیف جمع-آوری را در دستگاه مکنده- خردکننده برگ نوع چرخ‌دار نشان می‌دهد.

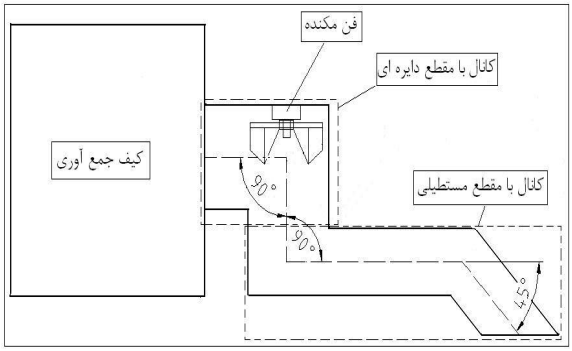
[1] Hand held leaf vacuum shredder
[2] Walk behind leaf vacuum shredder
[3] Tractor mounted leaf vacuum shredder



شکل۲. نمای شماتیکی از مکانیزم جمع‌آوری و مکش برگ‌ها و اجزای قسمت مکنده دستگاه

۲-۱- تعیین ابعاد و اندازه‌های دهانه ورودی،کانال‌ها و مجاری عبور هوای مکشی

با توجه به طرح دستگاه، قسمت دهانه ورودی و کانال‌های عبور جریان هوای مکشی بصورت یکپارچه و کاملاً بهم پیوسته در نظر گرفته شد. هم‌چنین نظر به این‌که جهت طراحی در خصوص فن مکنده، نیاز به تعیین مشخصات و ابعاد کانال‌ها و عبور هوای مکشی بود، برای آسان‌تر شدن محاسبات، طرح کانال‌ها از ترکیب سه قسمت زانویی مانند در قسمت دهانه ورودی بصورت یک زانویی ۴۵ درجه و در قسمت خروجی بصورت دو زانویی ۹۰ درجه در نظر گرفته شد؛ ضمن آنکه با توجه به نوع دستگاه مکنده- خردکننده برگ، دهانه ورودی و مجاری عبور هوای مکشی بصورت کانال با مقطع مستطیلی شکل و قسمت ورودی به فن مکنده و قسمت خروجی به کیف جمع‌آوری بصورت یک کانال با مقطع دایره‌ای شکل(لوله) در نظر گرفته شد(شکل۳).



شکل۳. نمای شماتیکی از قسمت‌های زانویی شکل و مقاطع بخش مکنده دستگاه

۲-۲- انتخاب و طراحی فن مکنده

فن مکنده که در واقع قسمت اصلی بخش مکنده دستگاه محسوب می‌شود، با توجه به طرح در نظر گرفته شده برای مکش برگ‌های ریزش شده و همچنین نظر به اینکه در دستگاه-های خارجی نیز جریان مکشی توسط یک فن سانتریفوژ[1] تامین می‌گردد، نوع پروانه انتخاب شده برای قسمت مکنده دستگاه، از نوع سانتریفوژ و با توجه به انواع این فن‌ها و نوع کاربرد آنها، یک فن سانتریفوژ با پره‌های شعاعی برای قسمت فن دستگاه مورد بحث در این تحقیق انتخاب گردید [۱۱, ۲۱].

برای طراحی و بدست آوردن ابعاد فن ابتدا نیاز به تعیین ارتفاع معادل فن بود که از برقراری رابطه برنولی بین نقاط ورودی برگ‌ها به دستگاه و خروجی برگ‌ها به کیف جمع‌آوری، با توجه به کم بودن سرعت هوای مکشی- که در ادامه نحوه تعیین آن آورده می‌شود- و غیر قابل تراکم بودن آن، استفاده شد [۴]:

$$H_F = z_2 - z_1 + \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \frac{v_2^{\,2} - v_1^{\,2}}{2g} + h_m$$

H_F: ارتفاع معادل فن(m)

z_1 و z_2 : ارتفاع نظیر نقاط ورودی و خروجی (m)

p_1 و p_2 : فشارنظیر نقاط ورودی و خروجی (Pa)

v_1 و v_2 : سرعت نظیر نقاط ورودی و خروجی (ms^{-1})

γ : وزن مخصوص سیال (Nm^{-3})

g: شتاب ثقل(ms^{-2})

h_m : ارتفاع معادل اصطکاک در اتصالات و شیرها (m)

با توجه به روابط تعریف شده در مکانیک سیالات برای بدست آوردن h_m، نیاز به بدست آوردن عددرینولدز[2] و بالطبع آن نیاز به تعیین مقدار جریان (دبی) هوای مکشی بود که طی انجام یک آزمایش، میزان دبی هوای مورد نیاز برای مکش برگ‌های ریزش شده تخمین زده شد.آزمایش مورد نظر، برای تعیین میزان دبی مورد نیاز برای مکش برگ‌های ریزش شده، از یک جارو برقی دارای چهارکلید انتخاب و دریچه تنظیم سرعت مکشی و یک لوله متصل به لوله جارو برقی(برابر با قطر مقاطع

[1] Centrifugal fan
[2] Reynolds Number

کانال‌های عبـور هوای مکـشی در دستگاه) و یک دستگاه بادسنج دیجیتال استفاده گردید. با توجه به اینکه جـذب رطوبـت توسـط بخشی از برگ‌ها بر روی سطوح چمن پارک‌ها، به علـت وجـود بارش‌های فصلی و آبیاری چمن‌ها، سبب سنگین شـدن بـرگ‌هـا می‌شود، بهمین جهت تعیین میزان دبی هوای مکشـی بـر اسـاس مکش برگ‌های خیس در نظر گرفته شد. با توجه به موارد اشـاره شده، برای این آزمایش مقداری از بـرگ‌هـای کـاملاً مرطـوب و خیس گونه‌های مختلف (چنار، زبان گنجشـک، نـارون، تـوت و بید) با مقدار رطوبت ۳۵ تا ۴۵ درصد وزن خشک برگ‌ها جمـع-آوری گردید، سپس با قرار دادن لوله مورد نظـر روی بـرگ‌هـا و روشن کـردن جـارو عملیـات مکـش آغـاز شـد؛ بـا تغییـر دادن موقعیت دریچه مکش(باز و بسته کردن دریچه) و عوض کـردن کلیدهای سرعت مکشی، تا زمانی که برگ‌ها به راحتی بـه طـرف بالا مکیده و جریان یابند، آزمایش ادامه یافت. ایـن آزمـایش سـه بار تکرار شد. پس از هر بار آزمایش با ثابت نگه داشتن موقیعـت دریچه وکلید سرعت مکش در حالتی که بـرگ‌هـا در آن حالـت مکیده می‌شدند، دستگاه بادسنج در زیر کانال لوله‌ای ماننـد قـرار می‌گرفت و میزان دبی نمایش داده شده بر روی صفحه نمایشـگر بادسنج، ثبت می‌گردید. شکل۴ نمایی از آزمایش و جریان یـافتن و مکیده شدن برگ‌ها به طرف بالا و دسـتگاه بادسـنج قـرار داده شده در زیر لوله مکش برای ثبت میزان دبی عبوری را نشان می-دهد.

پس از تعیین میزان دبی مورد نیاز برای مکش برگ‌ها، ابعاد و تعداد پره‌های فن، مطابق با روابط زیر تعیین گردید [۱۱, ۲۱]:

$$d_2 = \left(\sqrt{\frac{H_f \times g}{\eta}}\right) \times \left(\frac{60}{\pi \times n}\right)$$

$$b_2 d_2 = b_1 d_1$$

$$\frac{b_1}{d_2} = 0.4 \text{ , } \frac{d_1}{d_2} = 0.6$$

$$Z = \frac{8.5}{1 - d_1 / d_2}$$

d_2: قطر خروجی پروانه فن (m)

H_F: ارتفاع معادل پروانه فن (m)

g: شتاب ثقل(ms^{-2})

η: بازده فن

n: دور چرخشی پروانه فن(rpm)

b_1: پهنای کوچک پره پروانه فن (m)

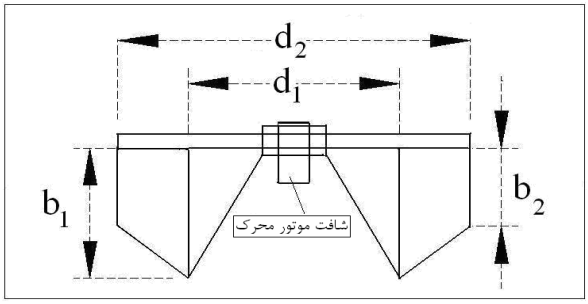
b_2: پهنای بزرگ پره پروانه فن (m)

d_1: قطر ورودی پره پروانه فن (m)

d_2: قطر خروجی پره پروانه فن (m)

Z: تعداد پره‌های فن

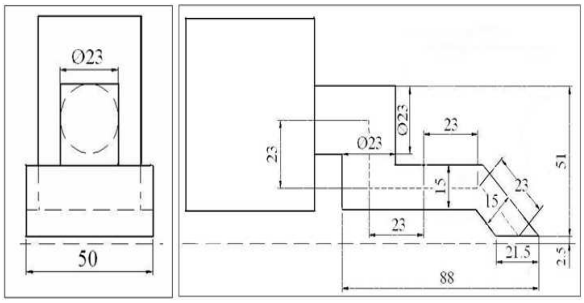
شکل۴. نمایی از آزمایش و دستگاه بادسنج قرار داده شده در زیر لوله مکش برای ثبت میزان دبی عبوری هوا



شکل۵، نمای شماتیکی از از پهنای کوچک، پهنای بزرگ، قطر ورودی و قطر خروجی پروانه فن با پره‌های شعاعی

۳- نتایج و بحث

با در نظر گرفتن روابط تبدیل مقطع مستطیلی به دایـره‌ای در مکانیک سیالات و ابعادکلی در نظر گرفتـه شـده بـرای دسـتگاه، ابعاد مقاطع کانال‌های مکشی بصـورت ۱۵و ۵۰ سـانتیمتر بـرای طول و عرض مقطع مستطیلی و ۲۳ سـانتیمتر بـرای قطـر مقطـع دایره‌ای در نظر گرفته شد[۴]. هم‌چنین طـول کانـال‌هـای عبـور هوای مکشی نیز مطابق با ابعاد زانـویی‌هـای اسـتاندارد، بدسـت آورده شد[۴]. در شکل۶ تمـامی ابعـاد کانـال‌هـای عبـور هـوای مکشی در دو نمای از کنار و از جلو نشان داده شده است.



شکل۶. ابعاد کانال‌های عبور هوای مکشی (ابعاد به سانتیمتر)

هم‌چنین مقدار دبی هوای مکشی برآورد شده در هر بار آزمایش، در جدول۱ نشان داده شده است که بیشترین میزان دبی هوای اندازه گیری شده شده(۱۰۳۵ فوت مکعب بر دقیقه) مربوط به مکش برگ توت، به عنوان میزان دبی هوای مکشی برگ‌ها در طراحی در نظر گرفته شد.

جدول ۱. میزان دبی هوای اندازه‌گیری شده در سه بار آزمایش

شماره تکرار آزمایش	میزان دبی هوای اندازه گیری شده برای مکش برگ‌ها(فوت مکعب بر دقیقه)				
	چنار	بید	زبان گنجشک	نارون	توت
۱	۶۹۰	۳۲۰	۳۵۵	۵۵۰	۹۶۰
۲	۸۲۰	۳۸۵	۳۴۵	۵۳۵	۱۰۳۵
۳	۸۷۵	۳۴۰	۲۹۰	۶۴۰	۸۵۰

با توجه به آزمایش و محاسبات صورت گرفته و در نظر گرفتن یک ضریب ایمنی ۲ برای فن‌های سانتریفوژ با پره‌های شعاعی، ارتفاع معادل فن به مقدار ۴۲.۲ متر محاسبه گردید[۱۱, ۱۷]. سپس براساس ارتفاع معادل فن بدست آمده و روابط مربوط به فن‌های سانتریفوژ و همچنین در نظر گرفتن سرعت دورانی ۳۰۰۰ دور بر دقیقه برای پروانه فن، با توجه به سرعت دورانی موتورهای محرک موجود در بازار، و بازده ۴۰٪ برای فن، ابعاد و تعداد پره‌های فن مطابق با محاسبات زیر تعیین گردید:

$$d_2 = \left(\sqrt{\frac{42.2\times 9.81}{0.4}}\right)\times\left(\frac{60}{\pi\times 3000}\right) = 0.2048\ m \approx 20.5Cm$$

$$d_1 = 0.6\times 20.5 = 12.3Cm$$

$$b_1 = 0.4\times 20.5 = 8.2Cm$$

$$b_2 = 8.2\times 0.6 = 4.92 \approx 5Cm$$

$$Z = \frac{8.5}{1-0.6} = 21.25 \approx 22$$

هم‌چنین از جمله مورد مطرح در خصوص طراحی قسمت مکنده دستگاه، نوع و جنس ماده خام برای کانال‌های عبور هوای مکشی و پره‌های فن مکنده بود که با توجه به کیفیت، استحکام، دسترسی آسان و استفاده متداول از فولادهای St37 و St44 در صنایع ماشین سازی در داخل کشور، برای تولید کانال و اجزای فن‌های مکنده و دمنده، می‌توان از این نوع فولادها بصورت ورق و لوله، برای ساخت قسمت مکنده دستگاه استفاده کرد.

۴. نتیجه گیری و پیشنهادها

با توجه به سادگی مکانیزم و اجزاء در نظر گرفته شده در طراحی قسمت مکنده دستگاه مکنده- خردکننده برگ مورد نظر در این تحقیق و دسترسی راحت به مواداولیه مورد نیاز برای ساخت و امکان ساخت و تولید آن در داخل کشور، این نتیجه حاصل می‌گردد که درصورت ساخت که درصورت ساخت دستگاه، بسیاری از مسائل و مشکلات مربوط به عملیات جمع-آوری برگ‌های پاییزی و سایر بقایای طبیعی و مدیریت بقایا، برای سازمان‌ها و ارگان‌هایی که عهده‌دار این کار هستند، مرتفع خواهد شد که باالطبع آن بسیاری از هزینه‌های اضافی نیز حذف خواهد شد؛ که از جمله این موارد می‌توان به تسریع در عملیات جمع‌آوری برگ‌ها،کاهش استفاده از نیروی انسانی در خصوص جمع‌آوری بقایا و ... اشاره کرد.

در رابطه با قسمت مکنده دستگاه می‌توان، استفاده از مکانیزم‌هایی برای تغییر میزان مکش فن مکنده و یا ارتفاع

قسمت دهانه ورودی (محل ورود برگ‌ها به دستگاه) نسبت به
سطح زمین را پیشنهاد کرد.

۵. مراجع

[۱] اشراقی، ا، تهیه و مصرف کودکمپوست درکشاورزی، تهران، انتشارات موسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک، وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۲

[۲] امیر فضلی، ع، علم طراحی در مهندسی، تهران، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۰.

[۳] باقرصاد، م، آلودگی هوای اصفهان، روزنامه اعتماد، شماره ۱۱۳۲، ۱۳۸۵.

[۴] پوستی، ب، ، مقدمه‌ای بر مکانیک سیالات، ویرایش ششم، تهران، انتشارات کتاب دانشگاهی، ۱۳۸۶.

[5] Anonymous, A green guide to yard care, Small Business and Environmental Assistance Division, Texas Commission on Environmental Quality, Austin, and PP. 2-5, 2006.

[6] Anonymous, Lawn and tractor collection system catalogue, John Deere Company, USA, http://www.johndeere.com, 2008.

[7] Anonymous, Leaf and yard Waste composting Guidance Document, Department of Environmental Protection, Bureau of Waste Prevention, PP. 1-29, 2002.

[8] Anonymous, Self-propelled chipper shredder vacuum catalogue, USA, Troy-Bilt Company, http://www.troybilt.com., 2008.

[9] Anonymous, Self-propelled vacuum chipper shredder owner's manual, USA, Billy Goat Company, http://www.billygoat.com, 2007.

[10] Anonymous, Shredder-blower-vac catalogue, USA, Patriot Company, http://www.patriot.com, 2005.

[11] Bleier, F.P., Fan handbook, New York, McGraw-Hill Publishing Company, 1998.

[12] Bold, A. J., S. E. Kodesch and W. F. Sheehan. Combination chipper/shredder and vacuum apparatus for lawns and gardens, US Patent Office, Patent No. 5, 381, 970, 1995.

[13] Ford, S. N., Combination chipper and shredder apparatus and lawn vacuum machine. US Patent Office, Patent No.5, 340,035, 1994.

[14]. Hammett, J. D. and R. W. Trevino. Portable lawn and garden mulching vacuum. US Patent Office, Patent No.5, 794,864, 1998.

[15] Leholm, A., Mulching tree leaves into lawns, Department of Horticulture, Michigan State University, E. Lansing, MI 48824, PP. 1-2, 1998.

[16] McLaurin, W. J. and G. L.Wade. Composting and mulching, College of Agricultural and Environmental Sciences, University of Georgia, Circular 816, PP. 1-8, 2000.

[17] Mills, D. Pneumatic conveying design guide, London, Butterworths Publishing Company, 1989.

[18] Ruhl, W. F., A.W. Nelson and J.J. Lucy. 1976. System for handling debris. US Patent Office, Patent No.3, 968,938, 1976.

[19] Somerlot, K. Composting autumn leaves, Cornell Cooperative Extension of Onondaga County, 2005.

[20] Williams, D. J. Leaf disposal, Cooperative Extension Service, Department of Natural Resources and Environmental Sciences, College of Agricultural, University of Illinois at Urbana-Champaign, NRES-18, PP. 1-3, 2005.

[21] Yaha, S. M. Turbines compressors and fans, Second Edition, New Delhi, McGraw-Hill Publishing, 2003.