ISME

بررسی میزان تولید گاز زیستی در یک هاضم ترکیبی متشکل از مدل‌های چینی و هندی

مهدی آذری کیا[1]
کارشناسی ارشد

محمدعلی اشجاری[2]
استادیار

این مقاله به بررسی، تحلیل، طراحی، ساخت و بهره برداری از یک هاضم گاز زیستی که ترکیبی از هاضم مدل هندی و چینی می‌باشد می‌پردازد. این هاضم‌ها دارای تولید کم می‌باشند که یکی از دلایل آن، وجود مخزن خروجی روباز است که موجب هدر رفت گاز می‌شود. در طراحی و ساخت هاضم ترکیبی برای افزایش تولید، از همزن مکانیکی جهت همگن کردن خوراک و از سرپوش گازی برای جمع‌آوری گاز زیستی مخزن خروجی استفاده گردیده است. کلیه محاسبات برای طراحی هاضم، توسط نرم افزار EES V9.430 انجام شده است. در تحلیل مسئله، برای شناسایی بهبود عملکرد، سه نوع هاضم ۱) ساده، ۲) مجهز به همزن و ۳) مجهز به همزن و سرپوش ساخته و آزمایش شده است. حجم هاضم ۹،۶۰۰ لیتر، خوراک شامل فضولات گاوی و آب است که با نسبت یک به یک مخلوط شده‌اند. حجم مخزن خروجی آن دو مترمکعب و حجم سرپوش گازی ۳۵۰ لیتر می‌باشد. این هاضم با توانایی تولید متوسط بیش از یک مترمکعب گاز زیستی با بتن مسلح در مرز شمال غربی کشور (شهرستان خوی- شهر فیرورق) احداث شده است. میزان بارگیری اولیه تقریبا ۱۲ تن خوراک بوده و براساس اندازه‌گیری‌های تجربی میزان گاز زیستی خروجی در حالت عادی و بدون تجهیز برابر یک مترمکعب در روز است که با به کار بردن همزن ۶/۵ درصد، سرپوش ۲۱ درصد و همزن و سرپوش ۲۷/۵ درصد افزایش می‌یابد. برای نتایج تجربی بر حسب تعداد روزهای آزمایش ۱ تا ۱۱۷ روز، برای طول سال مدل‌سازی نرم‌افزاری انجام شده است.

واژه های راهنما : هاضم بی‌هوازی، انرژی، گاز زیستی، هاضم ترکیبی هندی و چینی، انرژی پاک

۱- مقدمه

مواد آلی، فضولات حیوانی، انسانی و گیاهی قابل بازیافت هستند و تحت شرایط ویژه‌ای می‌توان از آنها گاز متان تهیه کرد [۱-۲]. تولید گاز زیستی یکی از روش‌های ساده برای تامین انرژی در مناطق غیر برخوردار و دور دست می‌باشد. به طور کلی مجموعه گازهای تولید شده از تجزیه و تخمیر فضولات حیوانی، انسانی و گیاهی را که در نتیجه فقدان اکسیژن و فعالیت باکتری‌های غیر هوازی در یک محفظه‌ای به نام هاضم به وجود می‌آید، اصطلاحاً گاز زیستی یا بیوگاز نامیده می‌شود [۲-۴]. این گاز می‌تواند از فضولات حیوانی، انسانی، بقایای گیاهانی همچون باگاس، کلش، چغندر، گل محمدی و حتی زباله شهری نیز تولید شود [۵-۱۰].

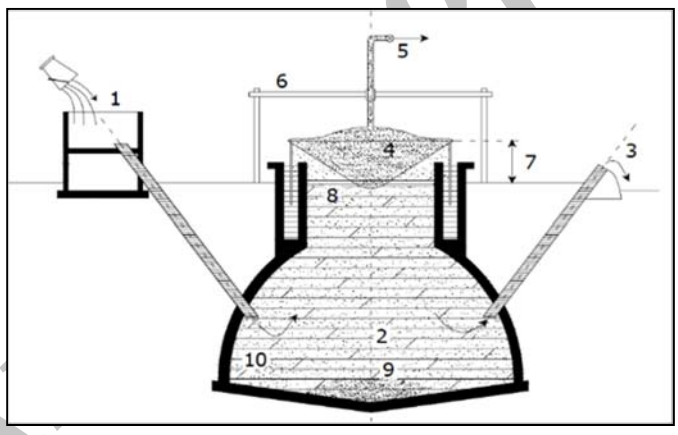
[1] نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحدبین‌المللی جلفا
mahdiazarikia85@gmail.com

[2] استادیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحدبین‌المللی جلفا maliashjari@iauj.ac.ir

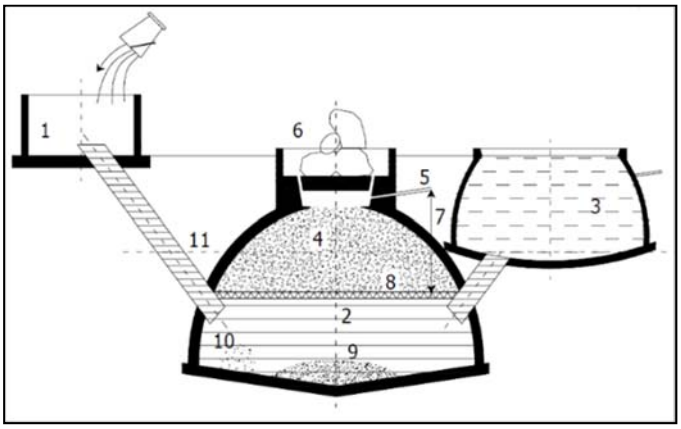
Archive of SID
www.SID.ir

اهمیت و توسعه گاز زیستی در جهان طی سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است؛ به طوری که تعداد هاضم‌ها در برخی از کشورها همانند چین، هندوستان و آمریکا هم اکنون به ارقام چند میلیونی رسیده است. شروع استفاده از گاز زیستی، در کشور چین از اوایل دهه (۱۹۳۰) بوده است و در حال حاضر در این کشور مصرف از مناطق روستایی به مناطق شهری رسیده و استفاده‌های مختلفی غیر از مصارف خانگی از آن به عمل می‌آید. اهمیت استفاده از این فن‌آوری عمدتاً به دلایل تولید انرژی، توسعه پایدار و کاهش آلودگی است. عدم استفاده از آن نیز می‌تواند دلایل بسیاری از جمله عدم شناخت کافی و رواج همگانی باشد [۱۱-۱۲].

یک هاضم گاز زیستی عموماً و به طور کلی از دو حوضچه ورودی و خروجی، یک مخزن تخمیر و یک محفظه گاز تشکیل شده است که با توجه به شرایط خاص اقلیمی و امکانات فنی و مالی به شکل‌های مختلف ساخته شده و مورد بهره برداری قرار می‌گیرد. برای اینکه فرآیند تشکیل گاز زیستی در مخزن تخمیر به خوبی صورت گیرد باید درجه حرارت حدود ۲۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد باشد و مواد اولیه تقریباً هم حجم خود با آب مخلوط شده باشند [۱۳-۱۴]. در شکل (۱) نمونه یک هاضم هندی و در شکل (۲) نمونه یک هاضم چینی نشان داده شده است. برای تولید گاز زیستی مهمترین عامل در هاضم‌های بی هوازی، دما می‌باشد و به دلیل اینکه سرپوش روی فضولات شناور می‌باشد یک لایه گاز دائماً روی فضولات قرار می‌گیرد که به عنوان یک عایق عمل کرده و از سرد شدن مخزن خروجی جلوگیری می‌کند.



شکل۱- هاضم گاز زیستی مدل هندی [۷]



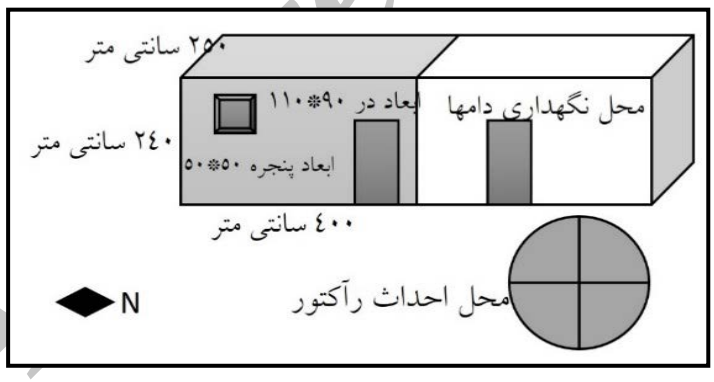
شکل۲- هاضم گاز زیستی مدل چینی [۷]

www.SID.ir

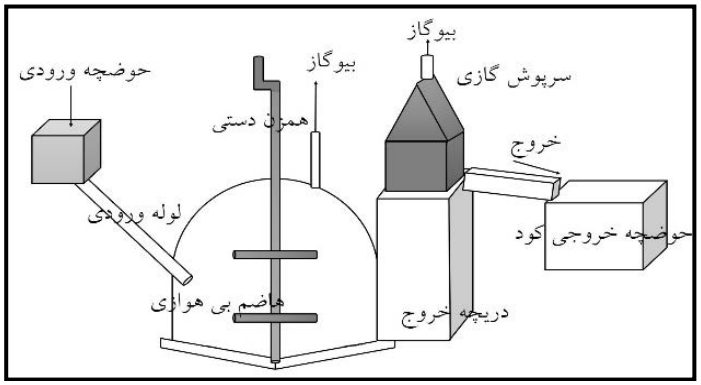
در این پژوهش برای جلوگیری از هدررفت گاز زیستی و همچنین حفظ دمای هاضم، از سرپوش گازی استفاده شده است. برای افزایش تولید در هاضم، از همزن استفاده شده است که موجب همگن شدن فضولات و پخش باکتری‌های متان‌زا در داخل هاضم می‌شود و تولید را افزایش می دهد [۷]. با توجه به ساختار هاضم چینی، که دارای مخزن خروجی بزرگ می‌باشد، روی این مخزن باز بوده و علاوه بر آن که بوی گاز زیستی در اطراف هاضم به مشام می‌رسد، گاز موجود در خوراک این قسمت نیز وارد جو می‌شود. سرپوش گازی که از نوآوری‌های پژوهش حاضر می‌باشد از این هدر رفت جلوگیری نموده و با در اختیار گرفتن آن مانع پراکنده شدن بو در محیط می‌شود. از دیگر نوآوری‌های این تحقیق استفاده همزمان از هم‌زن و سرپوش می‌باشد که موجب بالا رفتن میزان تولید هاضم می‌شود. کم بودن تولید موجب تخریب اکثر هاضم‌هایی شده که بعد از احداث نیاز احداث کننده را جواب نداده است [۵].

۲- طراحی هاضم بی هوازی ترکیبی

در این مقاله، مراحل طراحی و آزمایش تجربی یک واحد گاز زیستی برای یک منزل مسکونی مطابق شکل (۳) در شهر فیرورق شهرستان خوی توضیح داده می‌شود. هاضم طراحی شده از دو مدل هندی و چینی اقتباس شده است و واژه ترکیبی به همین دلیل در مقاله استفاده شده است. در شکل (۴) تصویر هاضم ترکیبی نشان داده شده است. بعد از اجرای هاضم مدل چینی، مخزن خروجی توسط یک سرپوش به مدل هندی پوشیده شده و گاز زیستی این قسمت جمع آوری می‌شود.



شکل ۳- ابعاد و موقعیت طرح



شکل ۴- رآکتور بی هوازی ترکیبی چینی و هندی

Archive of SID

www.SID.ir

۳-روش حل معادلات دستگاه

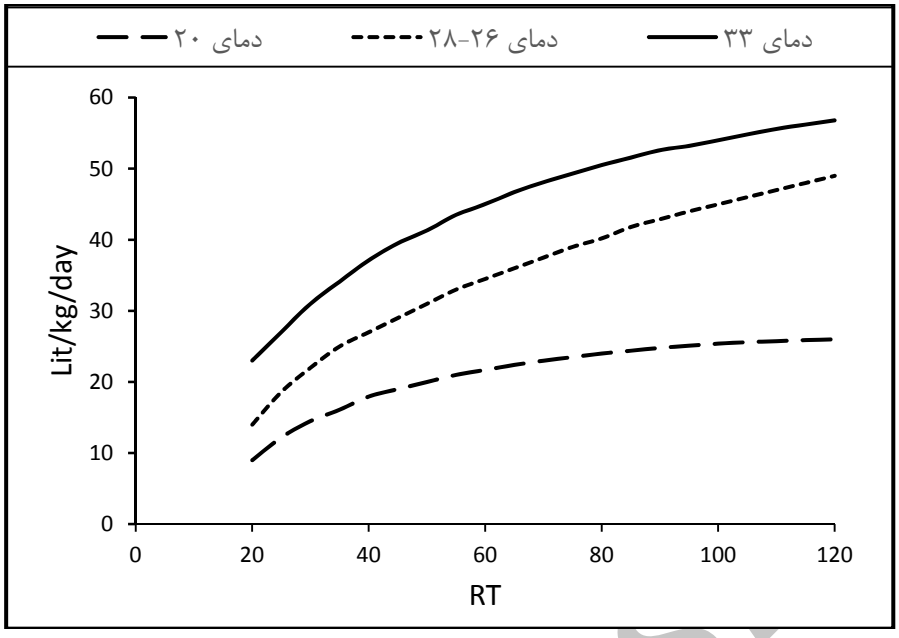
روشی که برای طراحی به کار گرفته شده است با استفاده از تطبیق و ارتباط منطقی بین معادلات انتقال حرارت هدایتی، جابجایی و معادلات طراحی هاضم‌های گاز زیستی به دست آمده است. محاسبه به این صورت است که در ابتدا بار حرارتی ساختمان با استفاده از روش‌های مرسوم به دست می‌آید[۱۲]. سپس مقدار بیوگازی که بتواند این مقدار حرارت را تولید نماید محاسبه می‌شود [۱۳]. هاضم ترکیبی برای تامین نیاز انرژی گرمایش و پخت و پز و گاها روشنایی خانوار طراحی می‌شود. بار های ساختمان شامل بار جدارها، بار نفوذ هوا، بار پخت و پز و روشنایی می‌باشد. دمای محیط با استفاده از جدول (۱) و مقدار دمای داخل ۱۶ درجه سانتی‌گراد و دمای محل نگهداری دام‌ها که در آن گرمایش وجود ندارد، ۱۰ درجه سانتیگراد منظور شده است. منزل روستایی روزها خالی از سکنه می‌باشد و تنها شبها اقامت وجود دارد. لذا، برای برآورد ماهانه مصرف، تمام طول روز در نظر گرفته نمی‌شود. با استفاده از مقدار گاز مورد نیاز، مقدار خوراک و ابعاد هاضم و همچنین کویل و سرپوش محاسبه می‌شوند [۱۳]. دام‌ها ۴ راس گاو شیرده و ۲ گوساله می‌باشد که خوراک هاضم از آنها تامین می‌شود. مقدار مواد اولیه ۴۰ کیلوگرم فضولات است که با نسبت برابر یعنی ۴۰ کیلوگرم آب مخلوط می‌شوند. با داشتن زمان اقامت و دمای محیط می‌توان از شکل (۵) مقدار تولید روزانه را استخراج نمود. حرارت هوای داخل به سه طریق ممکن است به خارج منتقل شود. اول از راه سطح دیوارها وسایرجدارها، حتی اگر دیوار اندود باشد. دوم از راه درز پنجره ها و درها و نظایر آن، و سوم از راه باز و بسته شدن در و پنجره ها و تجدید هوا. نفوذ هوا از راه جدار، به علت اختلاف فشار هوای داخل و خارج ساختمان است و مقدار آن به سرعت باد و نوع جدار در و پنجره بستگی دارد. اتلاف حرارت ازطریق دیوارها، سقف، کف، پنجره و درب مقدار حرارت تلف شده از طریق سطوح، از روابط (۱) تا (۳) به دست می‌آید مقدار حرارت انتقالی از راه تجدید هوا از رابطه (۴) و (۵) بدست می‌آید. اتلافات آبگرم مصرفی با استفاده از رابطه (۶) تا (۸) به دست می‌آید.

جدول۱- مشخصات اقلیمی شهر خوی [۱۵]

ماه ها	حداکثر	حداقل	دمای زمین
۱	۱۸/۲	۵/۶	۱۸
۲	۲۳/۲	۹/۴	۱۹
۳	۲۸/۵	۱۲/۷	۲۱
۴	۳۴	۱۶/۲	۲۳
۵	۳۲/۱	۱۵/۲	۲۴
۶	۲۸/۲	۱۰/۵	۲۱
۷	۲۰/۴	۵/۶	۱۹
۸	۱۲/۴	۱	۱۷
۹	۵/۴	۳/۴	۱۵
۱۰	۲/۲	-۷	۱۱
۱۱	۴/۹	-۴/۷	۱۴
۱۲	۱۲/۵	۰/۱	۱۶

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۵- تولید بیوگاز از پهن تازه گاو [۷]

$$H_wall=UA_1(T_i-T_o) \quad (۱)$$

$$U = 1/R \quad (۲)$$

$$R = \frac{1}{f_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \ldots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{f_o} \quad (۳)$$

$$H = mc(T_i - T_o) \quad (۴)$$

$$H_air = 0.3nv(T_i - T_o) \quad (۵)$$

$$H_hw = \rho qc(T_2 - T_1) \quad (۶)$$

مقدار حداکثر مصرف آبگرم در ساعت × ضریب تقاضا = مقدار مصرف واقعی (۷)

مقدار مصرف واقعی × ضریب ذخیره مخزن=Qv (۸)

به صورت استاندارد برای هر نفر ۰/۲۵ مترمکعب بیوگاز در روز نیاز داریم که اگر آنرا بر ۲۴ ساعت تقسیم کنیم مقدار گاز مورد نیاز در ساعت مشخص خواهد شد [۱۳]. بعد از یافتن مقدار گاز مورد نیاز می توان با استفاده از ارزش حرارتی بیوگاز، حرارت مورد نیاز را بدست آورد. با توجه به توضیح، از رابطه (۹) می‌توان بار روشنایی و پخت و پز را محاسبه نمود.

$$H_c = (0.25N)/24.hr \times A_1 \quad (۹)$$

مجموع بارهای ساختمان از رابطه ۱۰ به دست می‌آید و ظرفیت حرارتی کل بر حسب کیلوکالری بر ساعت می باشد. با داشتن مقدار کل بار حرارتی و راندمان مشعل و مقدار ارزش حرارتی گاز زیستی و مقدار خوراک با استفاده از رابطه ۱۱ مقدار گاز زیستی موردنیاز واحد بر حسب لیتر بر هر کیلوگرم خوراک در هر روز محاسبه می شود. از رابطه ۱۲ مقدار کل گاز زیستی تولید شده و از رابطه ۱۳ تا ۱۶ مقدار حجم مخزن هاضم و همچنین محفظه گاز محاسبه می شود.

Archive of SID

www.SID.ir

$$H_t = H_c + H_hw + H_wall + H_air \quad (۱۰)$$

$$G_d = \frac{24H_t}{1000\eta AODM} \quad (۱۱)$$

$$G = G_d \times ODM \quad (۱۲)$$

$$V = \frac{24H_t}{1000\eta A_2 G_d} \quad (۱۳)$$

$$V_d = S_d \times RT \quad (۱۴)$$

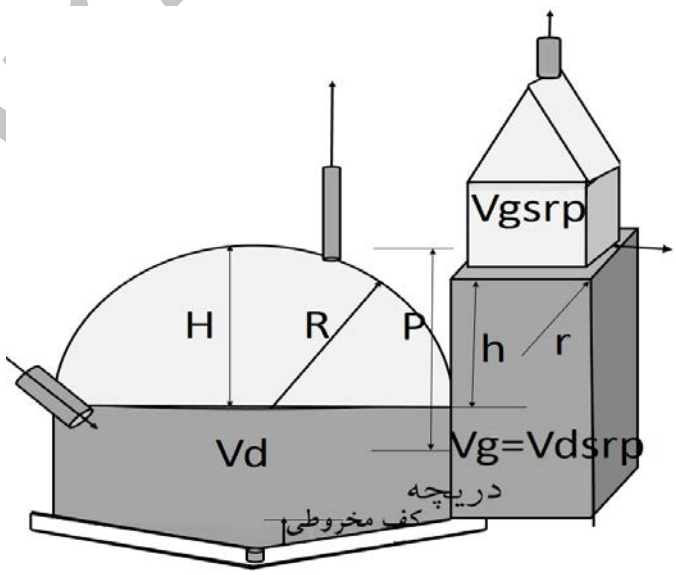
$$S_d = ODM \times 2 \quad (۱۵)$$

$$V_G = G \times 0.55 \quad (۱۶)$$

با استفاده از جدول (۲) و داشتن مقدار نسبت حجم مخزن هاضم به محفظه گاز می توان سایر مشخصات هاضم چینی را محاسبه نمود. در شکل (۶) مشخصات هاضم نشان داده شده است. با توجه به اینکه اقامت خوراک در هاضم ۱۱۷ روز می‌باشد و خوراک بعد از این زمان نیز قابلیت تولید گاز را دارا است می‌توان آنرا استحصال نمود. مقدار حجم مخزن هندی تقریبا به اندازه مخزن خروجی چینی می‌باشد.

جدول۲– انتخاب مشخصات هاضم چینی [۷]

VG: Vd	1: 5	1: 6	1: 8
R	$\sqrt[3]{0.48V_d}$	$\sqrt[3]{0.48V_d}$	$\sqrt[3]{0.46V_d}$
r	0.6R	0.6R	0.55R
H	0.37R	0.35R	0.32R
h	0.32R	0.3R	0.28R
p	0.51R	0.47	0.41R
h_{mkhrt}	0.25R	0.25R	0.25R



شکل۶– مشخصات هاضم ترکیبی

Archive of SID

www.SID.ir

نسبت خوراک مخزن اصلی دایجستر ODM و حجم آن V_d را یافته و برابر با مقدار خوراک مخزن خروجی ODM_srp و حجم مخزن خروجی V_d,srp قرار داده و با آن نسبت سهم خوراک تازه که از دایجستر وارد مخزن خروجی می شود را می توان محاسبه نمود. این عمل توسط رابطه (۱۷) قابل محاسبه است. مقدار بیوگازی که در سرپوش تولید می شود بستگی کامل به مقدار فضولات تازه ورودی مخزن خروجی دارد که از طریق رابطه (۱۸) به دست می آید. مقدار کل خوراک برابر است با مقدار فضولات ضرب در دو که در رابطه (۱۹) نشان داده شده است. حجم مخزن دایجستر سرپوش که همان مخزن خروجی حساب شده دایجستر چینی است میتوان از رابطه (۲۰) به دست آورد.

$$\mathrm{ODM_srp} = \mathrm{V_(d,srp)} \times \mathrm{ODM/V_d} \quad (۱۷)$$

$$\mathrm{G_srp} = \mathrm{G_d} \times \mathrm{ODM_srp} \quad (۱۸)$$

$$\mathrm{S_(d,srp} = \mathrm{ODM_srp}) \quad (۱۹)$$

$$\mathrm{V_(d,srp)} = \mathrm{RT} \times \mathrm{S_(d,srp)} \quad (۲۰)$$

سرپوش بر پایه ظرفیت مخزن خروجی مدل چینی ساخته می شود. با توجه به اینکه بعد از اتمام زمان اقامت خوراک در هاضم خوراک بازهم قابلیت تولید گاز را دارا است می‌توان با استفاده از شکل (۶) یک مدل هندی به عنوان سرپوش گازی بر روی مخزن خروجی طراحی نمود. مقدار حجم مخزن هندی همان خروجی مخزن چینی V_G یا به اصطلاح محفظه گاز می‌باشد. ابتدا V_G را $V_{d,srp}$ نامیده رابطه (۲۱) و از رابطه (۲۲) یک مخزن نگهدارنده گاز $V_{g,srp}$ محاسبه می نماییم. سپس با استفاده از شکل (۳) و نزدیک‌ترین نسبت برای $V_{d,srp}$ و $V_{g,srp}$ ، قطر سرپوش گازی هندی بدست می آید.

$$V_G = V_{d,srp} \quad (۲۱)$$

$$V_{g.srp} = V_{d,srp} \times 0.55 \quad (۲۲)$$

شکل سرپوش گازی با توجه به نوع ساخت مخزن خروجی تعیین می شود. شکل استوانه از تمام اشکال بهتر خواهد بود چون دارای کمترین نقطه برای گیر کردن می باشد. باید توجه داشت برای شناور بودن سرپوش روی خوراک ، حفظ تعادل و همچنین عملکرد بهتر باید مقداری از آن مستغرق در خوراک در نظر گرفته شود. نحوه ساخت سرپوش بیشتر شبیه ساخت سرپوش هاضم هندی می باشد. برای محاسبه گاز تولید شده ، باید ابتدا با توجه زمان اقامت خوراک مقدار G_d محاسبه شود. سپس مقدار خوراک بر حسب حجم مخزن خروجی محاسبه و نهایتا مقدار گاز تولیدی بدست آید. ابعاد سرپوش از جدول (۳) به دست می‌آید.

جدول ۳- انتخاب مشخصات هاضم هندی [۷]

VG:Vd	1: 5	1: 5	**1: 6**
R	$\sqrt[3]{0.32V_d}$	$\sqrt[3]{0.34V_d}$	$\sqrt[3]{\mathbf{0.36V_d}}$

Archive of SID

www.SID.ir

همزن با در هم شکستن لایه کف شناور روی خوراک موجب همگن شدن و توزیع یکسان درجه حرارت و باکتری‌های بی‌هوازی در هاضم می‌شود. این عمل مقدار تولید بیوگاز را به مقدار ۴۰ درصد افزایش می‌دهد. برای استفاده و تطبیق می‌توان به معادلات همزن های پارویی مراجعه نمود[۱۴]. معادلات حاکم بر مساله طراحی همزن و همچنین روش به کار گرفته شده از منبع [۱۴] گرفته شده است بنابراین از ذکر این منبع به وفور خودداری می‌گردد. با توجه به نوع فرآیند و نیز به علت سهولت ساخت و سادگی فناوری در کشور و از آنجا که ویسکوزیته مایع مورد نظر در حد متوسط بوده و سرعت دورانی همزن نیز نمی باید خیلی زیاد و یا خیلی کم باشد (برای ایجاد شرایط مناسب برای باکتری های متان‌زا) از بین انواع مختلف همزن ها همزن پارویی استفاده شده است[۱۴].

از آنجایی که کف هاضم بیوگاز مخروطی باست باید از اختلاط مایع در این قسمت نیز اطمینان حاصل نمود. برای هم زدن افقی مواد و اطمینان از اختلاط کامل آنها از دو ردیف پره در بالا و پایین شفت مرکزی استفاده شده است و در هر ردیف ۲ تیغه وجود دارد. با توجه به اینکه قطر مخزن تخمیر بدست آمده است و فرضیات : تعداد تیغه ها ۴ عدد با زاویه ۴۵ درجه و عرض هر تیغه ۶ سانتی متر، چگالی فولاد ۸۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، چگالی مایع ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، قطر همزن برابر ۵۰ درصد قطر هاضم و هر ۴ ثانیه همزن یک دور کامل بزند. با استفاده از رابطه (۲۳) می‌توان توان همزن، و همچنین از رابطه (۲۴) توان تولید را به دست آورد.

$$P_0 = P\rho D^5 N^3 \quad (۲۳)$$

$$P' = 1/3(P) \quad (۲۴)$$

گشتاور موتور از طریق رابطه (۲۵) محاسبه می‌شود. گشتاور تحت فشار برابر با رابطه (۲۶) خواهد بود. با توجه به اینکه همزن در لجن فیبردار کار می کند بنابراین شرایط سخت در نظر گرفته و $F_{pt} = 2.5$ می‌باشد. هرگاه فرض شود که نیروی بازدارنده F_s در فاصله $3/4$ از طول تیغه پارویی وارد می شود رابطه (۲۷) استفاده می‌شود. در رابطه (۲۸) که لنگر خمشی M_b نشان می دهد، لنگر خمشی نتیجه نیروی وارده F_s و طول شفت است در انتهای شفت که متصل به موتور خواهد شد، ایجاد می شود. L_{sh} طول شفت می باشد.

$$M'r = M'r = \frac{P'}{2\pi N} \quad (۲۵)$$

$$M_{pt} = F_{pt} \times M'r \quad (۲۶)$$

$$F_s = \frac{8M_{pt}}{3D} = F_{max} \quad (۲۷)$$

$$M_b = F_{max} \times L_{sh} \quad (۲۸)$$

لنگر خمشی معادل ، با توجه به نظریه ماکزیمم انرژی تغییر شکل برشی الاستیک با رابطه (۲۹) به‌دست میاید. با استفاده از رابطه (۳۰) و روش سعی و خطا قطر شفت به دست می‌آید. g شتاب جاذبه، D_{sh} قطر شفت، σ_y تنش تسلیم فولاد به کار رفته در ساختمان همزن و پره های آن می باشد و برابر $\sigma_y = \frac{2400kg}{cm^2} = 235 * 10^6 N/m^2$ می باشد. مقدار تنش تسلیم مجاز فولاد تحت بارگذاری کششی خالص برابر مقدار رابطه (۳۱) است [۱۴]. تنش برشی ناشی از شتاب گرفتن موتور از رابطه (۳۲) قابل محاسبه است.

Archive of SID

www.SID.ir

$$M_{be} = \sqrt[2]{(M_b^2 + 0/75M_{pt}^2)} \quad (۲۹)$$

$$\frac{32M_{be}}{\pi D_{sh}^3} + \frac{4m_p \times g}{\pi D_{sh}^2} + L_{sh} \times \rho_s \times g < \sigma_y \quad (۳۰)$$

$$\tau_y = 0/577\sigma_y \quad (۳۱)$$

$$\tau_y = \frac{16(2/5M')}{\pi D_{sh}^3} \quad (۳۲)$$

برای طراحی پره ها باید سرعت زاویه ای همزن از رابطه (۳۳) تعیین شود. نیروی وارد بر پره از طرف مایع از رابطه (۳۴) محاسبه می‌شود. r_1 شعاع قرار گرفتن لبه ابتدائی پره و r_2 شعاع قرار گرفتن لبه انتهایی پره نسبت به مرکز شفت میباشد.اگر $\tau_{pk} < \tau_y$ باشد شفت قابل قبول است. مقدار نیروی وارد شده از طرف مایع نسبت به مرکز دوران برابر رابطه (۳۵) محاسبه می‌شود.

ضخامت پره ها نیز با استفاده از رابطه (۳۶) محاسبه می شود. مشخصات هاضم طراحی شده در سه جدول نشان داده شده است که شامل هاضم چینی جدول (۴) و هاضم هندی یا سرپوش جدول (۵) و همزن مکانیکی جدول (۶) می‌باشد.

$$\omega = 2\pi N \quad (۳۳)$$

$$F = \int_{r_1}^{r_2} P.dA = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\rho b \omega^2}{2} y^3 dy = \rho b \omega^2 \frac{y^2}{6}|_{r_1}^{r_2} \quad (۳۴)$$

$$M = \int_{r_1}^{r_2} y.dF = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\rho b \omega^2 2}{2} y^3 dy = \rho b \omega^2 \frac{y^4}{8}|_{r_1}^{r_2} \quad (۳۵)$$

$$\frac{CM'}{I} = \frac{\sigma y}{n} \quad (۳۶)$$

جدول۴- مشخصات هاضم چینی

ردیف	علامت	مشخصه	واحد	مقدار
۱	RT	میزان ماند	day	۱۱۷
۲	G	مقدار تولید روزانه	lit	۱۰۱۴
۳	G_d	مقدارتولید خالص	lit	۲۵/۴۱
۴	ODM	مقدار خوراک	kg	۴۰/۰۲
۵	Vd	حجم هاضم	lit	۹۳۶۵
۶	V_g	مخزن خروجی	lit	۲۰۳۵
۷	Rd	قطر هاضم	m	۱/۶۵
۸	R	شعاع خروجی	m	۰/۹۹
۹	h_{mkhr}	ارتفاع کف	m	۰/۴۱

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۵- مشخصات هاضم هندی

ردیف	علامت	مشخصه	واحد	مقدار
۱	RT	میزان ماند	day	۱۱۷
۲	Gsrp	تولید روزانه	lit	۲۲۰
۳	G_d	تولید خالص	lit	۲۵/۴۱
۴	ODMs	مقدار خوراک	kg	۸/۶۸۲
۵	$V_{g,srp}$	مخزن گاز	lit	۲۶۹
۶	$V_{d,srp}$	مخزن خروجی	lit	۲۰۳۲
۷	R_{srp}	قطر سرپوش	m	۰/۹۰۱

جدول۶- مشخصات همزن مکانیکی دستی رآکتور ترکیبی

مشخصه	واحد	نماد	مقدار
توان	وات	$P_.$	۶۲
عدد توان	بدون واحد	P	۰/۳
گشتاور	نیوتن متر	M_{pt}	۹۸
نیروی ماکزیمم	نیوتن	F_s	۲۱۰
تعداد دور	دور در ثانیه	N	۰/۲۵
لنگر خمشی	نیوتن متر	M_b	۸۲۰
طول شفت	متر	L_{sh}	۳/۹
قطر شفت	میلی‌متر	D_{sh}	۳۵
تنش تسلیم فولاد	مگا نیوتن بر متر مربع	σ_y	۲۳۵
تنش تسلیم مجاز فولاد در بارگذاری	مگا نیوتن بر متر مربع	τ_y	۱۳۶
تنش برشی شتاب گرفتن همزن	مگا نیوتن بر متر مربع	τ_{pik}	۱۹۶
نیروی پره از طرف مایع	نیوتن	F	۶/۲۵
مقدار ممان نیروی مایع	نیوتن متر	M	۲/۹۳
ضخامت پره ها	میلی‌متر	ضخامت	۲

Archive of SID

۴- هزینه‌های اجرا و دوره بازگشت سرمایه هاضم ترکیبی

درآمد های حاصل از هاضم ترکیبی در دو مورد مورد بررسی قرار گرفته است. مورد اول هزینه هایی است که با تولید گاز زیستی از بین می‌روند و مورد دوم درآمدهایی است که با تولید گاز زیستی کمک مالی به مالک می‌رساند. مورد اول عبارت است از درامد حاصل از حذف هزینه نفت، درآمد حاصل از حذف هزینه تهیه کپسول گاز طبیعی مایع مصرفی، درآمد حاصل از حذف هزینه حمل ونقل برای تهیه انرژی که به شرح آنها پرداخته می‌شود. روابط این بخش روابط ساده روزمره بوده و از هیچ مرجعی اخذ نشده و توسط نگارنده تحریر شده است. به ازای هر لیتر نفت ۰/۶ دلار هزینه بر خانوار تحمیل می‌شود. برای محاسبه درامد حاصل از حذف هزینه نفت، ابتدا مقدار مصرف نفت با توجه به بار حرارتی کل به صورت ساعتی حساب شده و در مقدار قیمت هر لیتر ضرب می‌شود. البته باید توجه داشت به دلیل اینکه در پخت و پز از کپسول استفاده می‌شود باید بار پخت

www.SID.ir

و پز را از بار کل کسر نمود. یک ضریب ۵ درصدی نیز برای هزینه های نفت، کپسول و تعداد بارگیری‌های نفت برای هزینه های غیر قابل پیش بینی در نظر گرفته شده است.

با توجه به اینکه کل پخت و پز با کپسول انجام می‌شد درآمد حاصل از حذف هزینه تهیه کپسول با استفاده از مقدار بارحرارتی پخت وپز انجام می‌شود. با داشتن مقدار ضریب تبدیل گاز زیستی به گاز کپسول و قیمت کپسول محاسبه می‌شود. قیمت هر کپسول ۲ دلار منظور شده که با احتساب هر ۱۰/۵ کیلوگرم برای هر کپسول، در این رابطه، قیمت هر کیلو گاز مایع کپسول گاز طبیعی مایع ۰/۱۹ دلار می‌باشد.

برای محاسبه درآمد حاصل از حذف هزینه حمل ونقل برای تهیه انرژی باید تعداد دفعات تخلیه نفت و همچنین تعداد دفعات تهیه کپسول مشخص شود. هزینه هر بار، بارگیری نفت ۵/۷۱ دلار و هر بار تهیه کپسول ۱/۱۴ دلار می‌باشد. مجموع هزینه های حمل و نقل برای تهیه کپسول گاز و هزینه های حمل و نقل نفت مقدار کل هزینه های حمل و نقل را تشکیل می‌دهد. درآمد کل حاصل از صرفه جویی در هزینه ها، مجموع حذف هزینه حمل ونقل و کپسول گاز و نفت روزانه می‌باشد. مورد دوم عبارت است از درآمدهای حاصل از فروش کود و تولید گاز زیستی. مقدار کود تولید شده همان مقدار خوراک است که با اندک تغییر وزنی تبدیل به کود شده است. مقدار خوراک ملاک میزان کود می‌باشد و از قرار ۸/۵۷ دلار برای هر تن قیمت دارد. درآمد کود از از ضرب مقدار کود تولیدی در قیمت آن محاسبه می‌شود.

با استفاده از جدول (۷)، ارزش حرارتی بیوگاز ۰/۶۴ برابر گاز طبیعی می‌باشد. اگر مقدار گاز زیستی تولیدی با ضریب موجود تبدیل به گاز طبیعی شود می‌توان همان نرخ گاز طبیعی را اعمال و مقدار قیمت بیوگاز تولیدی را بدست آورد. هر متر مکعب گاز طبیعی با احتساب هزینه‌های عوارض، بیمه، آبونمان و ارزش افزوده قیمت تا ۰/۰۳ تومان بالا می‌رود.

درآمد حاصل از بیوگاز با داشتن ضریب تبدیل بیوگاز به گاز طبیعی و قیمت گاز طبیعی و مقدار تولید محاسبه می‌شود. تنها نکته قابل توجه اینکه به دلیل اعمال قیمت گاز طبیعی به مترمکعب، باید مقدار تولید گاز زیستی نیز بر حسب متر مکعب باشد. از مجموع درآمد کل حاصل از حذف هزینه ها و تولید گاز زیستی و کود سالانه ، درآمد کل به دست می‌آید. نتایج کلیه این محاسبات در جدول (۸) برای طول سال ارائه می‌گردد. هزینه های هاضم ترکیبی در جدول (۹) آورده شده است. کل هزینه ساخت ۳۵۰ دلار محاسبه می‌شود. اگر درآمد سالانه بر مقدار هزینه های پروژه تقسیم شود مقدار زمان بازگشت سرمایه برحسب ماه به دست میاید. با مقایسه این هزینه‌ها با میزان درآمدها می‌توان نتیجه گرفت که دوره بازگشت سرمایه ۲۵ ماه خواهد بود.

جدول۷- مقدار ارزش حرارتی سوخت‌ها[۱۲] و [۱۳]

سوخت	مقدار ارزش حرارتی
نفت	۱۰۰۰۰ کیلوکالری در ساعت
گاز طبیعی	۱۰۵۰۰ کیلوکالری در ساعت
گاز زیستی	۵۰۰۰ کیلوکالری در ساعت

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۸- جدول هزینه های صرفه جویی شده و درآمدها هاضم بی هوازی ترکیبی چینی و هندی(دلار)

ماه ها	هزینه کپسول	هزینه نفت	حمل نقل	درآمد کود	درآمد گاززیستی	درآمد کل
۱	۰/۷	۱	۰/۴۳	۱۰/۶۳	۰/۸	۱۳/۵۷
۲	۱/۰۹	۱/۰۹	۰/۶۵	۱۰/۶۳	۰/۸۶	۱۴/۳۳
۳	۱/۰۹	۰/۷۳	۰/۶۳	۱۰/۶۳	۰/۹۶	۱۴/۰۴
۴	۱/۲۷	۰/۴۵	۰/۷۳	۱۰/۶۳	۱/۰۹	۱۴/۱۷
۵	۱/۲۷	۰/۶	۰/۷۲	۱۰/۶۳	۱/۳۶	۱۴/۵۹
۶	۱/۰۹	۰/۹۸	۰/۶۴	۱۰/۶۳	۰/۹	۱۴/۲۵
۷	۰/۷۳	۱/۰۴	۰/۴۵	۱۰/۲۹	۰/۳۸	۱۲/۹
۸	۰/۴۷	۰/۸۴	۰/۲۹	۱۰/۲۹	۰/۴۲	۱۲/۳۲
۹	۰/۲۹	۰/۴۵	۰/۱۶	۱۰/۲۹	۰/۳۵	۱۱/۶۷
۱۰	۰/۱۹	۰/۴۹	۰/۱۴	۱۰/۲۹	۰/۲۶	۱۱/۴۶
۱۱	۰/۱۹	۰/۴۴	۰/۱۴	۱۰/۲۹	۰/۳۳	۱۱/۴۸
۱۲	۰/۲۴	۰/۴۵	۰/۱۶	۱۰/۲۹	۰/۴	۱۱/۳
جمع	۸/۶۵	۸/۵۵	۵/۱۲	۹۰/۹	۸/۱۶	۱۵۶/۱۲

جدول۹- هزینه های ساخت هاضم ترکیبی

	مصالح	نرخ(دلار)
۱	بتن	۹۸/۲۸
۲	همزن	۳۴/۲۷
۳	میلگرد و سیم مهار	۱۰۵/۴۲
۴	لوله و اتصالات وشیرآلات	۳۷/۱۴
۵	سرپوش و جوشکاری و...	۳۱/۴۲
۶	دستمزد	۴۲/۸۵
	مبلغ کل	۳۵۰

۵-مراحل ساخت هاضم آزمایشگاهی

کل زمان ساخت هاضم ترکیبی یک و نیم ماه به طول انجامید. محل هاضم گودالی به ابعاد ۳ متر در ۵ متر و ارتفاع۳ متر که حفاری محل رآکتور که به دلیل صعب العبور بودن راه و کمبود امکانات به صورت دستی حفر گردید. سپس سنگ کاری و بتن کاری کف مخروطی و آرماتوربندی، قالب بندی، شمع کوبی و بتن ریزی انجام شد. در شکل (۷) هاضم در حال بتن ریزی مراحل ابتدایی و شکل (۸) مراحل انتهای کار مشاهده می شود. سرپوش و همزن بعد از ساخت رنگ آمیزی شده و سرپوش با ایزوگام گازبند شد. خوراک مناسب بعد از محوطه سازی اطراف هاضم و محل نگهداری دام ها از منطقه تامین و هاضم بارگیری گردید.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۷- مراحل ابتدایی بتن ریزی هاضم



شکل۸- مراحل آخر بتن ریزی هاضم

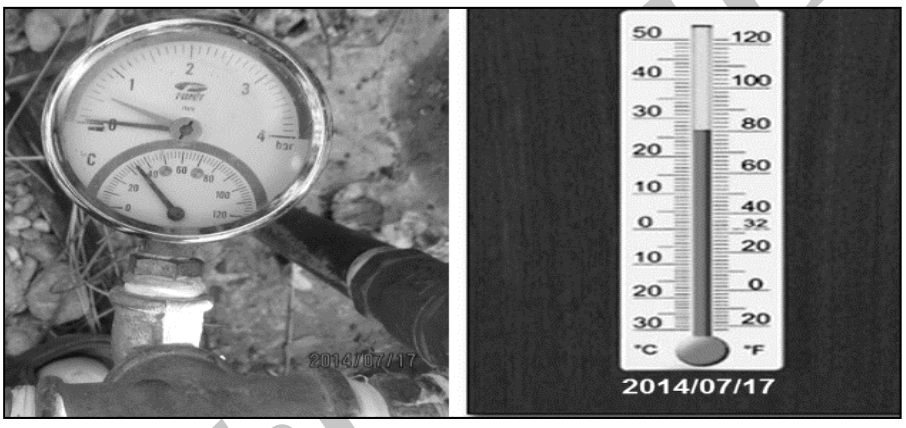
بعد از بارگیری هاضم، انجام آزمایشات می باشد که ۱۱۷ روز به طول انجامید. آزمایش نشتی آب به مدت ۴۸ ساعت توسط خط تراز آب انجام شد و کاهش ارتفاع محسوس مشاهده نشد.

آزمایش نشتی گاز توسط تلمبه دستی و با فشار حدود حدود ۵۰ سانتی متر آب به مدت دو ساعت انجام گردید و کاهش فشار با توجه به خط تراز مشاهده نشد. رآکتور فاقد نشتی تشخیص داده شد. برای اندازه گیری دمای داخل هاضم از دماسنج جیوه ای استفاده می گردید. برای اندازه گیری فشار از لوله یو شکل استفاده شده و برای اندازه گیری دبی گاز خروجی از یک کنتور تست شده شرکت ملی گاز ایران استفاده گردید. تجهیزات اندازه گیری فشار در شکل (۹)، دما در شکل (۱۰) و دبی در شکل (۱۱) مشاهده می‌شود.

www.SID.ir



شکل۹- لوله یو شکل اندازه گیری فشار



شکل۱۰- تجهیزات اندازه گیری دما



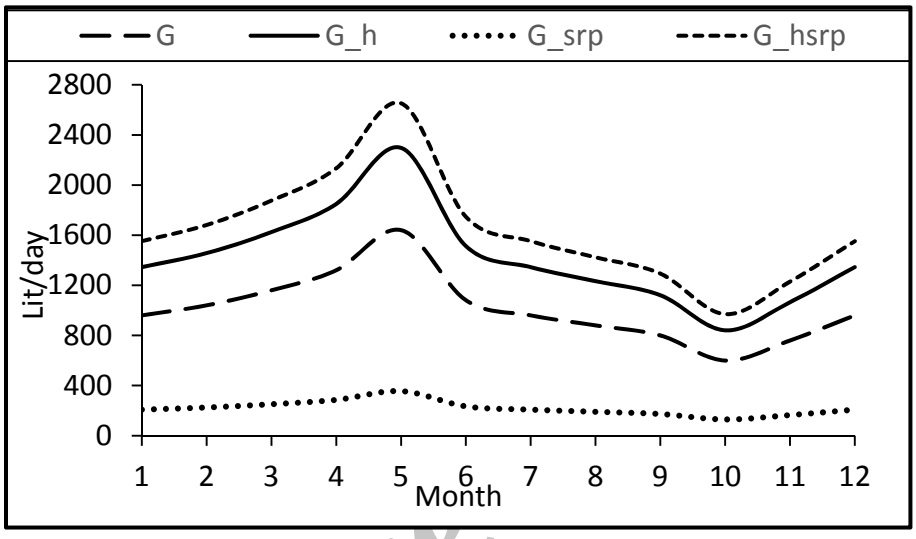
شکل۱۱- تجهیزات اندازه گیری دبی

www.SID.ir

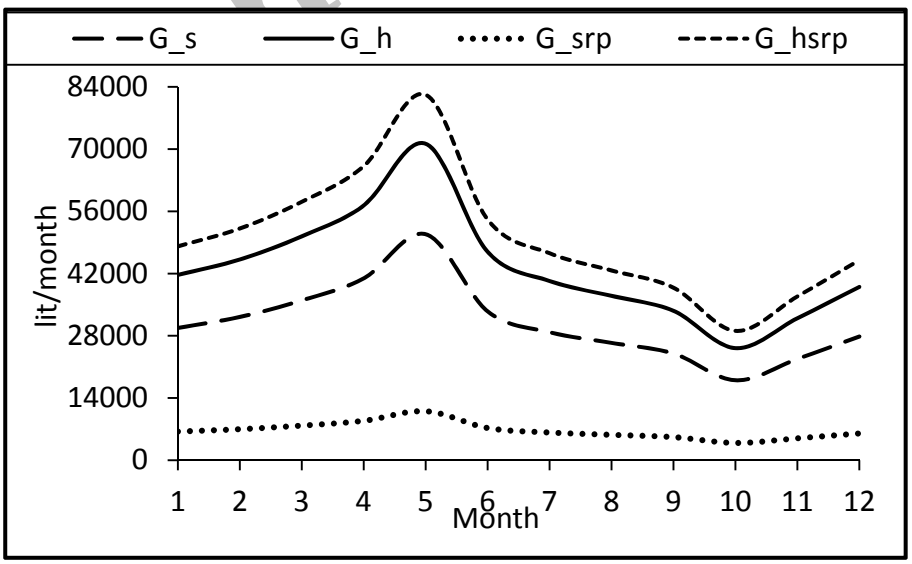
۶- نتایج

ابتدا نتایج نرم افزاری در این بخش بیان می‌شود. با توجه به جدول (۱) دمای زمین در فصول سال متفاوت می‌باشد پس مقدار گاز تولیدی نیز در ایام مختلف سال متفاوت خواهد بود. با توجه به دمای زمین تولید گاز زیستی به صورت ساده، همزندار، سرپوش دار و هر دو در ماه‌های مختلف سال برای شهر خوی به صورت روزانه روز متوسط ماه در شکل (۱۲) نشان داده شده است.

در محاسبات، متوسط دمای پایین زمین در شهر خوی برای طول سال در نظر گرفته شده است. در شکل (۱۳) مقدار تولید ماهانه برای طول سال محاسبه گردیده است.



شکل ۱۲- مقدار گاز زیستی تولید شده روزانه در هاضم ساده، همزن‌دار، سرپوشدار و ترکیبی برای روز متوسط ماه در طول سال



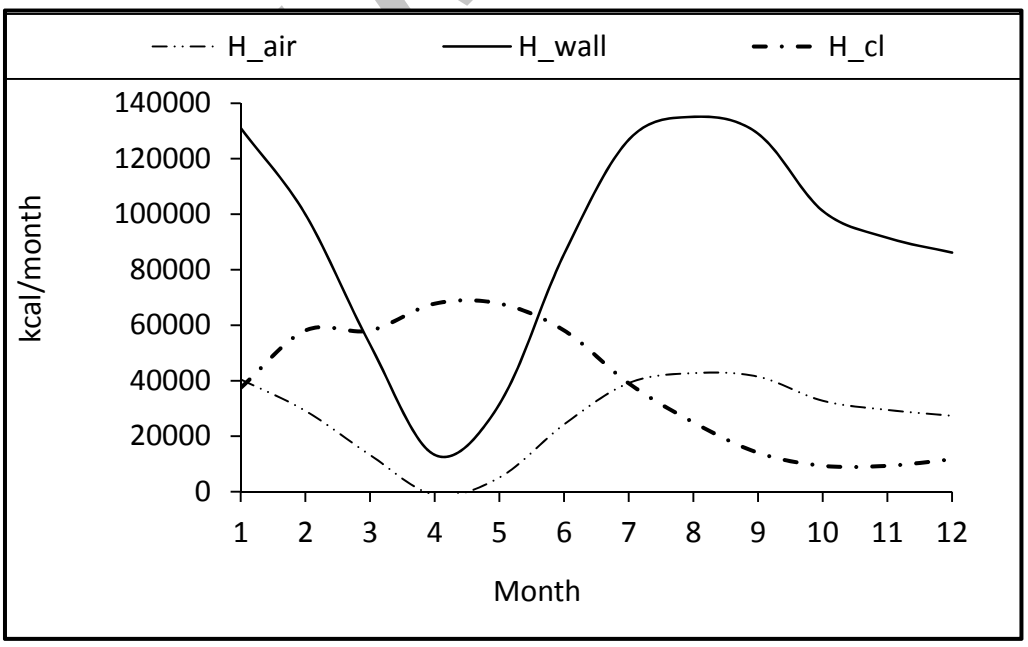
شکل ۱۳- مقدار گاز زیستی تولید شده ماهانه در هاضم ساده، همزن‌دار، سرپوشدار و ترکیبی برای طول سال

www.SID.ir

مقدار گاز زیستی تولید شده در هاضم ساده، مجهز به هم‌زن، مجهز به سرپوش و مجهز به هر دو به صورت روزانه روز متوسط سال با توجه به روابط مربوطه، محاسبه شده و در جدول (۱۰) ارائه گردیده است. باید توجه داشت که این محاسبه برای روز پانزدهم فرودین ماه انجام شده است. با مقایسه چهار مدل جدول (۱۰) اگر مدل (۱)، انتخاب شود نامناسب و جوابگوی نیاز ساختمان نیست. مدل (۳) احتمالاً جوابگوی نیاز در طول سال نخواهند بود ولی قابل قبول می‌باشد. مدل (۲) جوابگوی نیاز خواهد بود و مورد قبول می‌باشد. اما بهترین سیستم مدل (۴) خواهد بود که می‌تواند با اطمینان بیشتری نیاز ساختمان را بر آورده کند. در طراحی رآکتور بی‌هوازی ترکیبی چینی و هندی این مقاله از مدل (۴) استفاده شده است. با توجه به شکل (۱۴) که بارهای حرارتی ماهانه را نشان می‌دهد مقدار بیوگاز مورد نیاز برای تامین این بارهای حرارتی در شکل (۱۵) محاسبه و ارائه می‌گردد. در قسمت بعدی نتایج تجربی ارائه میگردد. میزان دما و فشار در طول مدت آزمایش به صورت تجربی اندازه گیری شده و به شرح شکل (۱۶) می باشد.

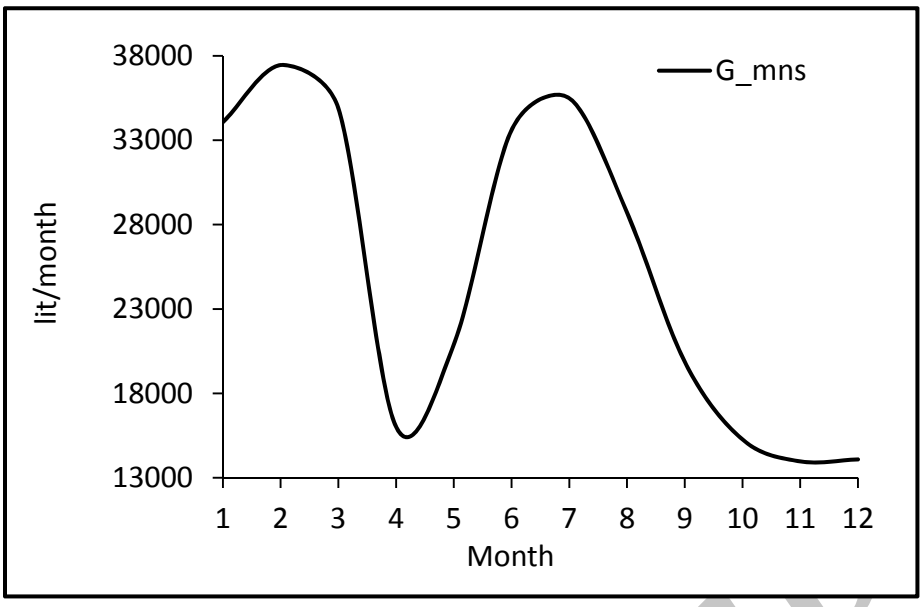
جدول۱۰- تحلیل تولید انواع هاضم ها

	نوع	G_m	G_t	G_e	G_{de}	G_{kh}
۱	ساده	۱۰۳۳	۱۰۱۴	۰	۰	۰
۲	همزندار	۱۰۳۳	۱۴۱۹	۳۸۶	۴۰	۳۷
۳	سرپوشدار	۱۰۳۳	۱۲۳۴	۲۰۱	۲۱	۱۹
۴	ترکیبی	۱۰۳۳	۱۶۳۹	۶۰۶	۶۲	۵۸

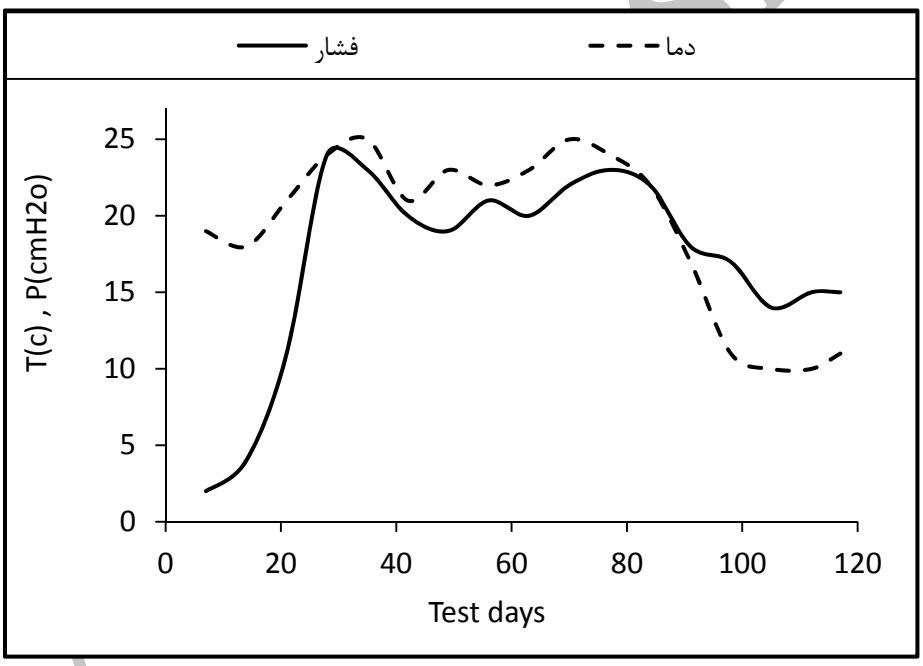


شکل۱۴- مقدار بارهای حرارتی ماهانه

www.SID.ir



شکل۱۵– مقدار بیوگاز موردنیاز ماهانه



شکل۱۶– دما و فشار اندازه گیری شده تجربی رآکتور

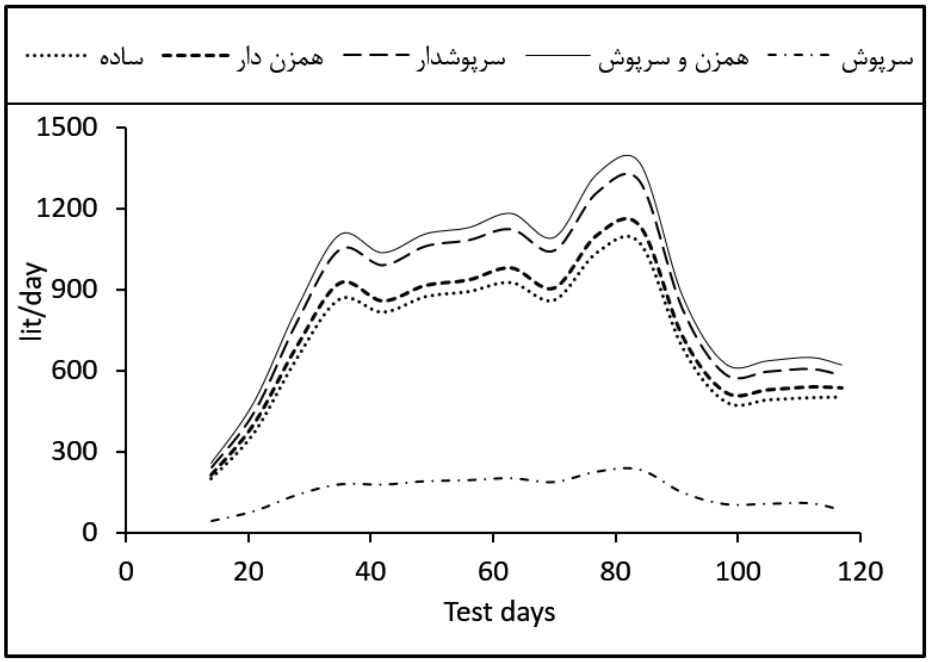
در جدول (۱۱) شرایط آزمایش و ارقام مربوط به مدت زمان آزمایش و میزان تولید روزانه گاز زیستی ارائه گردیده است. توضیح اینکه هاضم بعد از بارگیری به مدت ده روز گازبندی نشده تا اکسیژن تولید شده بتواند خارج شود و این آزمایشات و نتایج بعد از ده روز اول ثبت شده اند.

از این مقادیر تجربی، میزان تولید گاز زیستی روزانه برای کل خوراک در شکل (۱۷) و مقدار تولید روزانه برای یک کیلوگرم از خوراک را در شکل (۱۸) ارائه می‌دهد.

www.SID.ir

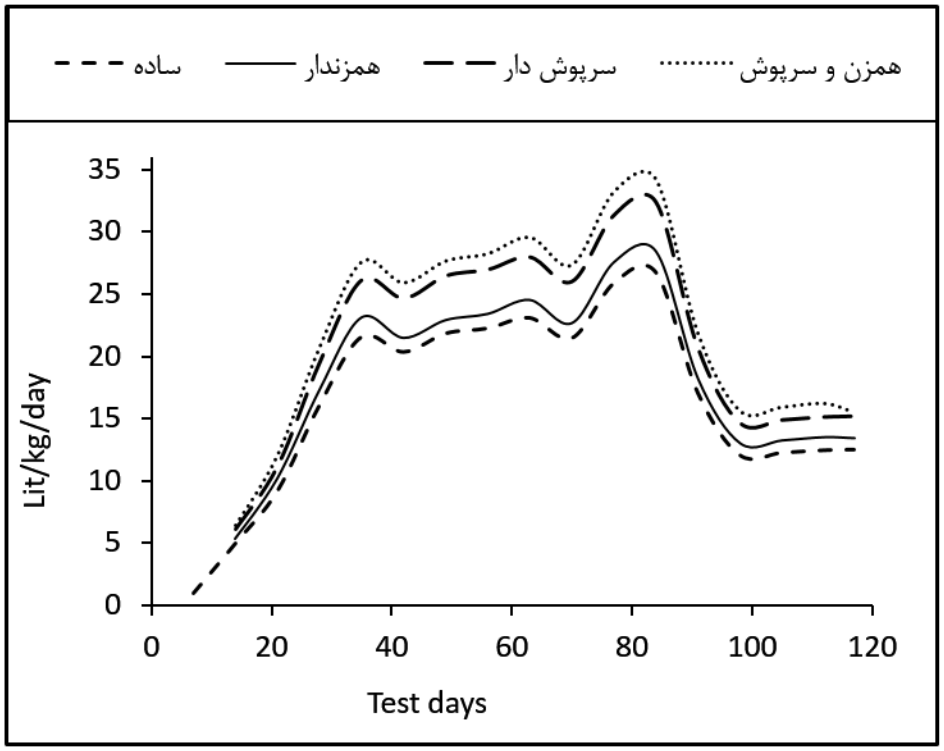
جدول۱۱- میزان بیوگاز تولید شده در شرایط آزمایش

هفته	اقامت	روز	از تاریخ	تا تاریخ	ملاحظات	کنتور قبلی	کنتور فعلی	میزان تولید	تولید روزانه	تولید واحد
۱	۷	۷	۹۳/۳/۳۱	۹۳/۴/۶	ساده	-	۹۸۹۷	-	-	-
۲	۱۴	۷	۹۳/۴/۷	۹۳/۴/۱۳	با همزن	۹۸۹۷	۱۱۳۸۶	۱۴۸۹	۲۱۲	۵/۳۱
۳	۲۱	۷	۹۳/۴/۱۴	۹۳/۴/۲۰	با سرپوش	۱۱۳۸۶	۱۴۵۳۲	۳۱۴۶	۴۴۹	۱۱/۱۶
۴	۲۸	۷	۹۳/۴/۲۱	۹۳/۴/۲۷	ترکیبی	۱۴۵۳۲	۲۰۳۳۵	۵۸۰۳	۸۲۹	۲۰/۷۱
۵	۳۵	۷	۹۳/۴/۲۸	۹۳/۵/۳	ساده	۲۰۳۳۵	۲۶۳۸۸	۶۰۵۳	۸۶۴	۲۱/۶۱
۶	۴۲	۷	۹۳/۵/۴	۹۳/۵/۱۰	با همزن	۲۶۳۸۸	۳۲۴۰۰	۶۰۱۲	۸۵۸	۲۱/۴۶
۷	۴۹	۷	۹۳/۵/۱۶	۹۳/۵/۱۷	با سرپوش	۳۲۴۰۰	۳۹۸۴۸	۷۴۴۸	۱۰۶۴	۲۶/۴۸
۸	۵۶	۷	۹۳/۵/۱۸	۹۳/۵/۲۴	ترکیبی	۳۹۸۴۸	۴۷۷۵۱	۷۹۰۳	۱۱۲۹	۲۸/۲۱
۹	۶۳	۷	۹۳/۵/۲۵	۹۳/۵/۳۱	ساده	۴۷۷۵۱	۵۴۲۳۳	۶۴۸۲	۹۲۶	۲۳/۱۴
۱۰	۷۰	۷	۹۳/۶/۱	۹۳/۶/۷	با همزن	۵۴۲۳۳	۶۰۵۷۵	۶۳۴۲	۹۰۶	۲۲/۶۵
۱۱	۷۷	۷	۹۳/۶/۸	۹۳/۶/۱۴	با سرپوش	۶۰۵۷۵	۶۹۴۱۱	۸۸۳۶	۱۲۶۲	۳۱/۳۶
۱۲	۸۴	۷	۹۳/۶/۱۵	۹۳/۶/۲۱	ترکیبی	۶۹۴۱۱	۷۸۹۹۴	۹۵۸۳	۱۳۶۹	۳۴/۲
۱۳	۹۱	۷	۹۳/۶/۲۷	۹۳/۶/۲۸	ساده	۷۸۹۹۴	۸۳۷۸۴	۴۷۹۰	۶۸۴	۱۷/۱
۱۴	۹۸	۷	۹۳/۶/۲۹	۹۳/۷/۴	با همزن	۸۳۷۸۴	۸۷۴۲۱	۳۶۳۷	۵۱۹	۱۲/۹۸
۱۵	۱۰۵	۷	۹۳/۷/۵	۹۳/۷/۱۱	با سرپوش	۸۷۴۲۱	۹۱۶۱۴	۴۱۹۳	۵۹۹	۱۴/۸۸
۱۶	۱۱۲	۷	۹۳/۷/۱۲	۹۳/۷/۱۸	ترکیبی	۹۱۶۱۴	۹۶۱۵۰	۴۵۳۶	۶۴۸	۱۶/۱۹
۱۷	۱۱۷	۵	۹۳/۷/۱۹	۹۳/۷/۲۳	ساده	۹۶۱۵۰	۹۸۶۶۱	۲۵۱۱	۵۰۲/۲	۱۲/۵۵



شکل۱۷- میزان تجربی تولید گاز زیستی روزانه برای کل خوراک

www.SID.ir



شکل۱۸- میزان تجربی تولید گاز زیستی روزانه برای یک کیلوگرم.

۷-بحث و نتیجه گیری

بیوگاز تولید شده در هاضم ساده تقریبا سالانه ۴۳۳ مترمکعب می‌باشد که رآکتور ترکیبی نسبت به آن، مقدار ۲۷/۷۶ درصد افزایش نشان می‌دهد که مقدار تقریبی این افزایش ۱۶۶ مترمکعب در سال می‌باشد که واقعا قابل چشم‌پوشی نیست. اگر تجهیزات کار گذاشته شده روی هاضم حذف شوند این هاضم به هیچ وجه نمی‌تواند نیاز خانواده را برآورده سازد. بنابراین تجهیزات همزن و سرپوش ابزارهای افزایش راندمان برای هاضم های جدید معرفی می‌شوند. مقدار کود تولید شده در رآکتور تقریبا پانزده تن می‌باشد که چهار تن آن در باغ مالک به صورت مستقیم توسط ریختن در جوی‌های آب به زمین باغ منتقل شده و مصرف می‌شود و بقیه آن به فروش می‌رسد. این کود با ارزش موجب افزایش باروری و حاصلخیزی خاک شده و بر کیفیت و کمیت میوه ها تاثیرات مثبت به سزایی می‌گذارد نوع نیاز این خانواده از نظر مصرف انرژی به گرمایش در زمستان و به انرژی پخت و پز در طول سال می‌باشد که با تحلیل های انجام شده به راحتی امکان پذیر می‌شود.

این رآکتور تاثیر روانی بسیار خوبی در اهالی برای توسعه پایدار داشته و مردم را بیشتر مشتاق استفاده از انرژی بیوگاز نموده است. توجه به نتایج به دست آمده که هاضم احداث شده به دلیل تولید انرژی پاک و تامین نیاز یک خانواده روستایی یک منبع امن و قابل اطمینان برای نسل فعلی و آینده خواهد بود. اگر تجهیزات کار گذاشته شده روی هاضم حذف شوند این هاضم به هیچ وجه نمی‌تواند نیاز خانواده را برآورده سازد. بنابراین تجهیزات همزن و سرپوش ابزارهای افزایش راندمان برای هاضم های جدید معرفی می‌شوند. نتایج به دست آمده از این تحقیق را می‌توان برای سایر شهرها و روستای‌های کشور تعمیم داد. در این صورت یک مدل که ظرفیت تولید بیوگاز را با خطای بسیار کمتری برآورد می‌کند.

Archive of SID

www.SID.ir

سپاسگزاری

مفتخریم در اینجا از جناب آقای حیدر و علیرضا ولی نژاد به دلیل حمایت های مادی و معنوی ساخت و بهره برداری پروژه و همچنین تمام کسانی که در انجام پروژه به هر نحو سهیم بوده و یاری نمودند تشکر کنیم.

مراجع

[۱] آذری کیا، م.، طراحی رآکتورهای ترکیبی بیوگاز، انتشارات اندیشگان، چاپ اول (۱۳۹۵).

[۲] آذری کیا، م.، اشجاری، م.، فن‌آوری بیوگاز و ارایه پیشنهادهای عملی جهت توسعه گسترده آن از طریق آموزش هدفمند و برنامه‌ریزی، مجله علمی ترویجی مهندسین مکانیک ایران سال ۲۳ شماره ۹۴ اردیبهشت، صفحه ۵۷ تا ۶۵.، سال (۱۳۹۳).

[۳] آذری کیا، م.، امکان سنجی استفاده از کویل داخلی در رآکتور ترکیبی بیوگاز با هدف افزایش تولید بیوگاز (شهرستان خوی)، مجله علمی ترویجی مهندسین مکانیک ایران ، صفحه ۷۵ تا ۸۱.، شهریور ماه سال (۱۳۹۵).

[۴] سرتیپی پور، م.، فواید و آثار زیست محیطی-کالبدی کاربرد بهینه زیست توده در روستاها، نشریه علوم محیطی، سال هفتم، شماره اول پاییز.، سال (۱۳۸۸).

[۵] وافی محمدی، م.، بهره گیری از انرژی های تجدید پذیر برای تولید انرژی الکتریکی، پایان نامه کارشناسی دانشگاه آزاد تهران جنوب.، سال (۱۳۸۶).

[۶] محوی، ا.، تصفیه فاضلاب به روش بی هوازی، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشکده بهداشت دانشگاه تهران.، سال (۱۳۶۳).

[۷] ساسه، ل.، تاسیسات واحد های بیوگاز ترجمه قاسم نجف پور، انتشارات دانشگاه امیرکبیر و دانشگاه علوم و فنون مازندران، چاپ اول.، سال (۱۳۷۴).

[۸] مستعد، س.، امین، م.، حسنی، ا.، تکدستان، ا.، رآکتور بی هوازی بیوفیلمی در تصفیه فاضلاب صنایع نیشکر کارایی سیستم، مجله تحقیقات نظام سلامت، سال ششم، صفحه ۱۰۰۲ تا ۱۰۱۴.، سال (۱۳۸۹).

[۹] عمرانی، ق.، روند توسعه بیوگاز در ایران و جهان، نشریه محیط شناسی شماره ۱۹، صفحه ۹۱.، سال (۱۳۷۶).

[۱۰] عمرانی، ق.، بیوگاز یکی از روش‌های ساده برای کنترل آلودگی‌های محیط زیست، تهیه کود بهداشتی و تامین انرژی، نشریه محیط شناسی، دوره ۱۲.، سال (۱۳۶۳).

[۱۱] احمدی، ع.، طراحی دستگاههای بیوگاز، دانشگاه علم و صنعت تهران دانشکده مکانیک.، سال (۱۳۶۴).

[۱۲] طباطبایی، م.، محاسبات تاسیسات ساختمان، چاپ شانزدهم، انتشارات روزبهان تهران.، سال (۱۳۹۲).

Archive of SID

www.SID.ir

[۱۳] عبدلی، م.، بیو گاز روش ساخت قدم به قدم یک د ستگاه بیو گاز چینی رو ستایی، انت شارات جهاد داد شگاهی داد شکده بهداشت دانشگاه تهران.، سال (۱۳۶۳).

[۱۴] عمرانی، ق.، صفا، م.، گلبابایی، ف.، بررسی کارایی همزن مکانیکی از نوع پارویی ویژه دستگاه های بیوگاز به مدل چینی، نشریه محیط شناسی،سال سی و دوم، شماره ۴۰، صفحه ۱۹ تا ۲۶.، سال (۱۳۸۴).

[۱۵] آب و هوای شهرستان خوی،. آدرس، آذربایجان غربی، شهرستان خوی، بازدید در تاریخ ۲۳/۰۵/۱۳۹۳ قابل مشاهده در سایت اینترنتی: http://khoyweather.blogfa.com/ .، سال (۱۳۹۳).

فهرست نمادهای انگلیسی

A_1 : سطح عبور جریان حرارت بر حسب مترمربع

A_2 : ارزش حرارتی بیوگاز بر حسب کیلوکالری بر مترمکعب

C : حرارت مخصوص هوا بر حسب کیلوکالری بر کیلوگرم درجه سانتیگراد

G , G_s : مقدار تولید بیوگاز هاضم ساده بر حسب لیتر

G_d : مقدار تولید بیوگاز بر حسب لیتر بر کیلوگرم در هر روز

G_{de} : مقدار گاز اضافه شده بر حسب درصد

G_e : مقدار اضافه شده به سیستم بر حسب لیتر

G_h : مقدار تولید بیوگاز با همزن بر حسب لیتر

G_hsrp : مقدار تولید بیوگاز رآکتور ترکیبی بر حسب لیتر

G_{kh} : نسبت گاز اضافه شده به مورد نیاز بر حسب درصد

G_m : مقدار بیوگاز مورد نیاز بر حسب لیتر

G_srp : مقدار تولید بیوگاز با سرپوش بر حسب لیتر

G_t : مقدار کل تولید بیوگاز بر حسب لیتر

H_air : تلفات از راه تجدید هوا بر حسب کیلوکالری بر ساعت

H_c : بار حرارتی ناشی از پخت و پز و روشنایی بر حسب کیلوکالری بر ساعت

H_hw : اتلافات حرارتی آبگرم مصرفی بر حسب کیلوکالری بر ساعت

H_t : ظرفیت حرارتی کل بر حسب کیلوکالری بر ساعت

H_wall : حرارت انتقال یافته بر حسب کیلوکالری بر ساعت مترمربع درجه سانتیگراد

K : قابلیت هدایت حرارتی بر حسب کیلوکالری بر ساعت مترمربع درجه سانتیگراد

lit : لیتر

M : مقدار جرم ورودی بر حسب کیلوگرم

month : ماه های سال

Archive of SID

www.SID.ir

n : تعداد دفعات تعویض هوا در ساعت

N : تعداد نفرات

P' : توان تولید شده

$P_0=1/3$: عدد توان برای همزن پارویی

q : مصرف واقعی آبگرم برحسبلیتر بر ساعت

R : مقاومت بر حسب کیلوکالری بر ساعت مترمربع درجه سانتیگراد

Test time : مدت زمان آزمایش بر حسب روز یا ماه

V : حجم محل مورد محاسبه بر حسب مترمکعب

η : راندمان بر حسب درصد

ρ : چگالی آب بر حسب کیلوگرم بر لیتر

Archive of SID

www.SID.ir

Abstract

The review, analysis, design, construction and operation of a digester biogas digester is a combination of Indian and Chinese models is investigated. The digester has a low production, which is one of the reasons, there is an outdoor outlet tank of gas that is wasted. Design and construction of digesters in combination to increase production, mechanical agitator to homogenize the feed gas and the caps were used to collect biogas tank outlet. All calculations for the design of the digester, EES V9.430 is done by software. In analyzing the issue, to identify performance improvements, three types of digester 1.simple, 2.equipped with a stirrer and 3.equipped with a stirrer and lid made and tested. Digester volume of 9,600 liters, feed, including cow dung and water that has been mixed with a ratio of one to one. Two cubic meters of gas to cover its output volume and the volume of 350 liters respectively. It has the ability to produce an average of more than one cubic meter biogas digester with reinforced concrete in the country's northwest border (city of Khoy-city Firuraq) is constructed decreases. Experimental results based on test days 1 to 117 days, for software modeling has been done over the years.

Archive of SID

www.SID.ir