



ارزیابی عملکرد یک سیکلون استرماند حاوی گندم به روش دینامیک سیالات محاسباتی

ساجد نعیمی دیزجیکان^۱، غلام حسین شاهقلی^{۲*}، عادل رضوانی وند فنائی^۳، وحید رستم پور^۴

۱. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی (sajed491@gmail.com)
۲. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی (gshahgoli@yahoo.com)
۳. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه ارومیه (a.rezvanivand@urmia.ac.ir)
۴. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه ارومیه (v.rostampour@urmia.ac.ir)

چکیده

در این مطالعه، یک سیکلون استرماند بازده بالا شامل گندم مورد مطالعه قرار گرفته است. از دینامیک سیالات محاسباتی برای شبیه سازی عددی فرآیندهای اتفاق افتاده در داخل سیکلون استفاده شده است. در کنار اندازه گیری های تجربی از مدل آشفتنه SST k-w برای شبیه سازی آشفتگی جریان بهره برده شده است. اعتبار سنجی بین داده های افت فشار و نتایج حاصل از شبیه سازی های عددی انطباق خوبی را نشان داد. از مدل اوپلری- لاگرانژی فاز گسسته برای شبیه سازی دانه های جامد در داخل جریان استفاده گردید. نتایج مربوط به فشار، سرعت و بازده جداسازی برای شش سطح سرعت ورودی (۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۶، ۱۸ و 20 m.s^{-1}) برای ارزیابی سرعت ورودی مناسب به دست آمد. طبق نتایج به دست آمده افت فشار با افزایش سرعت ورودی جریان افزایش یافت، ولی بازده جداسازی تا سرعت 16 m.s^{-1} یک روند افزایشی و بعد از آن یک روند کاهش را از خود نشان داد.

کلمات کلیدی: آنسیس فلونت؛ افت فشار؛ سرعت ورودی؛ سیکلون؛ شرایط مرزی

*نویسنده مسئول: gshahgoli@yahoo.com



ارزیابی عملکرد یک سیکلون استرماند حاوی گندم به روش دینامیک سیالات محاسباتی

مقدمه

سیکلون‌ها از جمله جداکننده‌های گریز از مرکز مورد استفاده در کشاورزی و صنعت هستند. اساس جداسازی ذرات از توده جریان گاز در سیکلون به این صورت است که نیروی اینرسی وارد شده بر ذرات جامد در سیکلون‌ها، چندین برابر نیروی اینرسی وارد شده بر فاز گاز می‌باشد و لذا این ذرات از کناره‌های محفظه سیکلون به پایین محفظه هدایت می‌شوند. ولی فاز گاز تحت تأثیر نیروی کمتری قرار می‌گیرد و از نقاط فوقانی ذرات جامد، به سمت پایین محفظه می‌رود. در قسمت مرکزی سیکلون‌ها، معمولاً از یک استوانه برای خروج گاز استفاده می‌شود. این لوله در وسط سیکلون تعبیه شده و از ذرات جامد که در اثر نیروی اینرسی وارد شده در کناره‌های سیکلون قرار دارند، فاصله دارد. به این ترتیب ذرات جامد ورودی از جریان گاز جدا می‌شوند [۱].

اساس کار دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) تبدیل معادلات حاکم بر سیالات به روابط جبری است. دینامیک سیالات محاسباتی می‌تواند در حل معادلات مربوط به میدان‌های فشار، سرعت و دما در زمینه‌های کشاورزی، مکانیک، فیزیک، شیمی و غیره مورد استفاده قرار گیرد. این روش می‌تواند برای مدل‌سازی جریان سیال، انتقال جرم، انتقال حرارت و مومنتوم و طراحی در بخش کشاورزی استفاده شود [۲].

فریزر و همکاران (۱۹۹۷) نتایج محاسباتی و تجربی در یک سیکلون جداکننده گردوغبار را مورد تفسیر قرار دادند. جریان‌های توربولانس سه‌بعدی در یک سیکلون مدل‌سازی شد و با نتایج تجربی حاصل از اندازه‌گیری بادسنجی لیزر داپلر مقایسه گردید. با در نظر گرفتن جریان‌های چرخشی قوی، نتایج حاصل از مدل آشفته $k-\epsilon$ توزیع سرعت بهتر و تطابق بهتری با نتایج تجربی داشت [۳]. اسلک و همکاران (۲۰۰۰) مطالعه‌ای با موضوع بررسی کاربرد دینامیک سیالات محاسباتی برای سه‌بعدی بدون ساختار با استفاده از مدل‌های RSM و LES انجام دادند. نتایج شبیه‌سازی‌های عددی در مقایسه با اندازه‌گیری‌های بادسنجی لیزر داپلر، تطابق خوبی بین مشخصه‌های محوری در راستای طول یک سیکلون استرماند با راندمان بالا نشان داد [۴].

ژیانگ و لی (۲۰۰۵) شبیه‌سازی عددی الگوهای جریان در سیکلون‌هایی با ابعاد مخروط مختلف را مورد مطالعه قرار دادند. اعتبار شبیه‌سازی به وسیله مقایسه با نتایج تجربی مورد تأیید قرار گرفت. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که ابعاد مخروط به‌طور چشم‌گیری الگوی جریان در داخل سیکلون‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد [۵]. گیمبون و همکاران (۲۰۰۶) مطالعه‌ای را در مورد تأثیر ابعاد مخروط روی نمونه‌گیری عملکرد ابرو سیکلون‌ها و هیدروسیکلون‌ها انجام دادند که نشان داد انسیس فلونت با مدل اغتشاشی RSM افت فشار را در سیکلون‌های با ابعاد مخروط مختلف بهتر پیش‌بینی می‌کند و دریافتند این مدل برای تحلیل رفتار مواد در داخل سیکلون مناسب می‌باشد [۶].

وانگ و همکاران (۲۰۰۶) یک مطالعه عددی جریان مواد ریز جامد در جداکننده سیکلونی انجام دادند و گزارش کردند که روش تنش‌های رینولدز استفاده شده در شبیه‌سازی قابلیت کاربردی بالایی از نظر اعتبار سنجی دارد و نتایج شبیه‌سازی با نتایج تجربی انطباق خوبی دارد. این انطباق مخصوصاً در زمینه فشار و مسیر سیال خود را به‌خوبی نشان می‌دهد. بر این اساس یک مدل لاگرانژی برای پیش‌بینی مسیر حرکتی سیال استفاده کردند و با نتایج تجربی مقایسه نمودند در نتیجه این تحقیق، صحت نتایج CFD نشان داده شد [۷].

لی و همکاران (۲۰۰۶) در مورد تأثیر شکل استوانه یک سیکلون با مخروط طویل را بر روی تشکیل دامنه جریان پایا مطالعه‌ای انجام دادند. این پژوهش که بوسیله نرم‌افزار انسیس فلونت انجام گردید شامل تست چندین مدل آشفته و نتیجه‌گیری منطقی از مقایسه نتایج این

تست و تست‌های تجربی بود. نتایج نشان داد که مدل تنش‌های رینولدز مرتبه دوم، نتایج خوبی را برای پروفیل‌های سرعت نشان می‌دهد. همچنین مشخص گردید که فشار کل می‌تواند به وسیله تنظیم مناسب قطر بدنه استوانه کاهش یابد [۸].

شی و بایلس (۲۰۰۷) مطالعه‌ای را در زمینه مقایسه شرایط مرزی برای پیش‌بینی بازده جمع‌آوری سیکلون‌ها انجام دادند. سه شرط مرزی مورد استفاده آن‌ها شامل خروج از بالا، خروج از پایین و مخروط و وضعیت بدون بالابری مماسی بود. مقایسه با داده‌های تجربی در مقالات نشان داد که شرط مرزی وضعیت بدون بالابری مماسی نسبت به شرایط مرزی دیگر پیش‌بینی‌های دقیق‌تری را نتیجه می‌دهد. همچنین وان و همکاران (۲۰۰۸) مطالعه‌ای را با موضوع شبیه‌سازی تمرکز ذرات جامد با اندازه‌های مختلف را در جداساز سیکلونی انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که سیالیت گاز به‌طور قابل توجهی با شدت ذرات جامد تغییر می‌کند [۹].

السید و لاکور (۲۰۱۱) مدل‌سازی عددی را در زمینه سیالیت و عملکرد در سیکلون‌ها با قطرهای مختلف نوک مخروط انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که قطر نوک مخروط تأثیر غیرقابل توجهی روی الگوی سیال و عملکرد دارد. زمانی که قطر نوک مخروط کاهش می‌یابد، سرعت مماسی بیشینه به آرامی کاهش می‌یابد، در حالی که وضعیت اصلی اغلب همان است. همچنین بیان کردند که کاهش قطر نوک مخروط، افت فشار را به آرامی افزایش می‌دهد [۱۰].

رضوانی‌وند فنائی و نیکبخت (۲۰۱۵) در مورد تأثیر قطر ذرات دانه‌ای بر روی عملکرد یک سیکلون جداکننده، مطالعه‌ای را انجام دادند. آن‌ها از یک رویکرد لاگراژی جدید به نام مدل فاز گسسته برای شبیه‌سازی جریان جامد در داخل جریان سیال استفاده کردند. نتایج نشان داد که با افزایش قطر ذرات دانه‌ای، افت فشار افزایش می‌یابد. همچنین افزایش قطر ذرات، باعث افزایش توزیع اندازه سرعت بر روی کانتور خروجی گردید [۱۱]. ژو و همکاران (۲۰۱۸) در مورد بررسی تجربی و CFD اثرات زبری سطحی بر روی عملکرد سیکلون مطالعاتی انجام دادند که نتایج این مطالعات این شد که اثرات زبری سطحی بر افت فشار در سرعت‌های پایین ناچیز است و در سرعت‌های بالاتر افت فشار کاهش می‌یابد [۱۲].

با توجه به موارد گفته‌شده، مطالعه‌ای شامل تأثیر دبی جرمی ورودی گندم از بخش ورودی سیکلون بر روی بررسی عملکرد سیکلون به همراه مطالعه جریان‌یابی مواد در داخل سیکلون و همچنین بررسی برش دیواره می‌تواند حائز اهمیت باشد.

معادلات حاکم بر جریان

معادلات حاکم برای حرکت سیال در داخل سیکلون به صورت زیر بیان می‌شود. معادله ۱ معادله پیوستگی (قانون بقای جرم) و معادله ۲ قانون بقای مومنتوم است.

$$\frac{\partial(u_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \rho \frac{\partial(u_j u_i)}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} - \rho \frac{\partial(\overline{u'_i u'_j})}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right) + \rho g_j \quad (2)$$

که ρ چگالی، P فشار استاتیک، \bar{t} تانسور تنش و ρg_j نیروهای حجمی هستند. همچنین \bar{u}_i سرعت میانگین و u'_i سرعت نوسانی می‌باشند.

مدل‌سازی آشفتگی

انتخاب مدل مناسب برای حصول نتایج دقیق از شبیه‌سازی‌ها امری لازم و ضروری است. مدل‌های ناویر استوکس رینولدز میانگین-گیری شده (RANS) به صورت رایج در کاربردهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد و تطابق خوبی را با نتایج تجربی نشان داده‌اند. مدل انتقال تنش برشی (SST) که ترکیبی از مدل‌های آشفتگی $k-\omega$ و $k-\epsilon$ است برای شبیه‌سازی آشفتگی در داخل جریان مورد استفاده قرار گرفته است. مدل SST $k-\omega$ از تقریب بوسینیسک برای ارتباط بین تنش رینولدز با نرخ‌های تغییر شکل میانگین در قالب رابطه ۳ استفاده می‌کند.

$$\tau_{ij} = -\rho \overline{u'_i u'_j} = \mu \left(2S_{ij} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \delta_{ij} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} \quad (3)$$

که τ_{ij} تانسور تنش (Pa)، ρ چگالی (kg.m^{-3})، u اجزای سرعت در جهت مطلوب (m.s^{-1})، μ ویسکوزیته دینامیکی (Pas.s) و S نرخ کرنش (s^{-1}) است.

حالت بقای معادله حالت برای هر دو معادله انرژی جنبشی تلفات (k) و نرخ اضمحلال ویژه (ω) به صورت زیر بیان می‌شود.

$$\rho \frac{\partial(k)}{\partial t} + \rho \frac{\partial(u_j k)}{\partial x_j} = P_k - \beta^* \rho k \omega + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \sigma_k \mu_t) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \quad (4)$$

$$\rho \frac{\partial(\omega)}{\partial t} + \rho \frac{\partial(u_j \omega)}{\partial x_j} = P_k \frac{\rho}{\mu_t} - \beta \rho \omega^2 + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \sigma_\omega \mu_t) \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right] + 2(1 - F_1) \frac{\rho \sigma_{\omega 2}}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \quad (5)$$

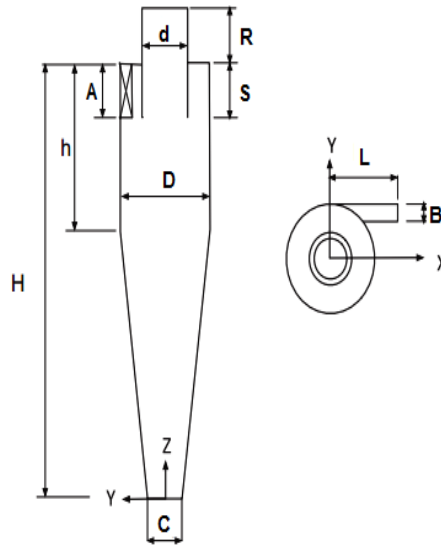
که در آن σ_k و σ_ω اعداد پراوتل آشفته به ترتیب برای k و ω هستند. همچنین P_k تولید انرژی جنبشی آشفتگی با در نظر گرفتن گرادیان سرعت می‌باشد که بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$P_k = \tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = \left[\mu_t \left(2S_{ij} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \delta_{ij} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} \right] \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \quad (6)$$

که در آن μ_t ویسکوزیته آشفته است [۱۳].

مواد و روش‌ها

سیکلون مورد استفاده در تست‌های تجربی و شبیه‌سازی‌های عددی یک سیکلون استرماند است که مشخصات هندسی و ابعاد فیزیکی آن به ترتیب در شکل ۱ و جدول ۳ ارائه شده است.



شکل ۱- ابعاد سیکلون مورد استفاده به صورت پارامتریک

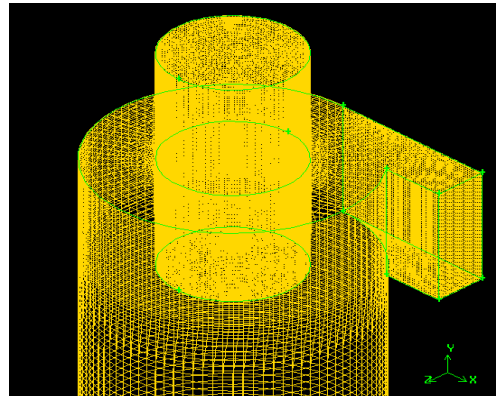
جدول ۱- اندازه بخش‌های مختلف سیکلون

اندازه (سانتی‌متر)	پارامترها
۵۵	قطر بدنه (D)
۲۷/۵	قطر خروجی گاز (d)
۲۷/۵	ارتفاع ورودی (A)
۱۱	عرض ورودی (B)
۲۷/۵	طول داکت خروجی گاز (R)
۲۲۰	ارتفاع کل (H)
۸۲/۵	ارتفاع بخش استوانه‌ای (h)
۱۵/۱	قطر بخش خروجی دانه (C)
۲۷/۵	ارتفاع گردابه یاب (S)
۳۵	طول ورودی (L)

برای طراحی و شبیه‌سازی سیکلون از نرم‌افزارهای گمبیت و انسیس فلوئنت استفاده شد. مراحل ایجاد هندسه، شبکه بندی و تعریف شرایط مرزی در نرم‌افزار گمبیت انجام گرفت و در ادامه برای انجام شبیه‌سازی‌ها وارد نرم‌افزار انسیس فلوئنت گردید.

مش بندی

مش‌بندی سیکلون مورد استفاده در مطالعه در شکل ۲ ارائه شده است. همان‌طوری که قابل مشاهده است از مش منظم شش‌وجهی برای مش‌بندی استفاده گردید. همچنین برای دستیابی به جواب‌های بهتر در مناطقی که نیاز بود، اعم از ورودی سیال و هم‌چنین خروجی‌ها از مش‌های ریزتر بهره برده شد.



شکل ۲- مش بندی سیکلون مورد استفاده

شرایط مرزی

تعریف مناسب شرط مرزی در مدل‌سازی آشفته جریان تاثیر عمده‌ای بر نتایج شبیه‌سازی عددی می‌گذارد. شرایط فیزیکی مسئله و روابط ریاضیاتی، پارامترهای کلیدی در انتخاب شرایط مرزی استفاده شده در شبیه‌سازی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- شرایط مرزی مورد استفاده

نوع شرط مرزی	مقدار / شرط
سرعت ورودی	مقدار سرعت بر حسب $m.s^{-1}$
فشار خروجی	فشار اتمسفر
دیواره	وضعیت عدم لغزش

همچنین مدل اولیری-لاگرانژ برای شبیه‌سازی فاز جامد استفاده شده است. ویژگی‌های فاز جامد به کار رفته در مدل DPM شامل چگالی، کمترین قطر، بیشترین قطر و همچنین قطر میانگین در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- مشخصات فاز جامد

ویژگی	مقدار
چگالی	790 kg/m^3
کمترین قطر	0.2 m
بیشترین قطر	0.8 m
قطر میانگین	0.5 m

تحلیل نتایج

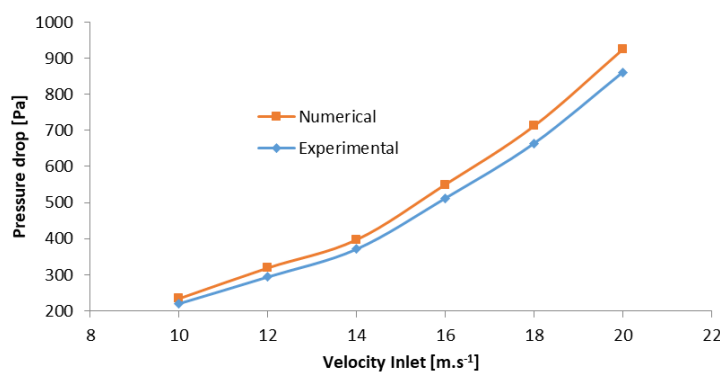
بخش تحلیل نتایج به ترتیب بخش‌های مربوط به آزمون استقلال از شبکه از نظر تعداد مش، اعتبار سنجی نتایج عددی و تجربی، مطالعه افت فشار و بازده جداسازی به عنوان دو عامل تاثیر گذار بر عملکرد سیکلون و همچنین مطالعه تاثیر سرعت ورودی بر روی اندازه سرعت در داخل سیکلون را شامل می‌شود.

آزمون استقلال از شبکه

برای آزمون استقلال از شبکه سیکلون از ۴ سطح اندازه استفاده گردید. تعداد سلول‌ها ۴ سطح یاد شده ۴۲۵۷۰۰، ۶۱۲۶۰۰، ۸۱۲۴۱۰ و ۱۱۴۶۱۰۰ عدد مش را شامل شدند. طبق نتایج شبیه‌سازی تفاوت بین افت فشار بین ورودی و خروجی گردابه یاب بعد از مش با تعداد ۸۱۲۴۱۰ مش‌بندی تقریباً ثابت می‌ماند و در مقایسه دو سطح مش ۸۱۲۴۱۰ و ۱۱۴۶۱۰۰ نیز کمتر از ۲٪ بود. در نتیجه به دلیل صرفه جویی در زمان، تعداد ۸۱۲۴۱۰ عدد مش برای شبیه‌سازی‌ها در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت.

اعتبار سنجی

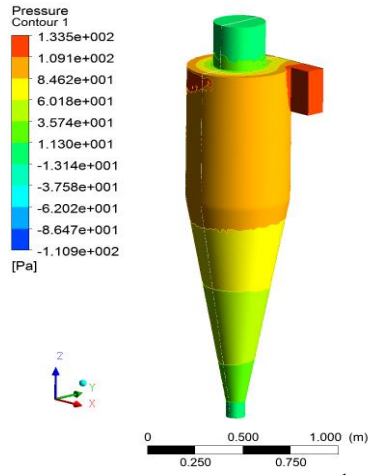
هر شبیه‌سازی که با CFD انجام می‌گردد، بایستی برای قابل اعتماد بودن اعتبارسنجی شود. برای این منظور از داده‌های مربوط به افت فشار در سرعت‌های مختلف که توسط اختلاف فشار سنج و به صورت تجربی اندازه گرفته شد و همچنین نتایج عددی حاصل از شبیه‌سازی استفاده گردید. از شکل ۶ قابل مشاهده است که مقادیر افت فشار از تطابق خوبی با نتایج حاصل از شبیه‌سازی برخوردار بود.



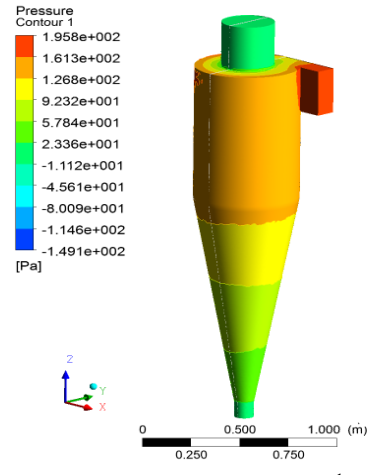
شکل ۳- اعتبارسنجی نتایج عددی با داده‌های تجربی

افت فشار

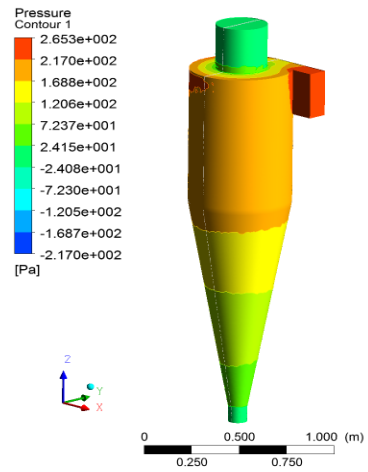
بحث افت فشار به عنوان یکی از عوامل موثر بر روی عملکرد سیکلون همواره از اهمیت فوق العاده‌ای در مورد تحلیل یک سیکلون برخوردار است. با توجه به ماهیت کاری سیکلون در امتداد خروجی‌های بالایی و پایینی سیکلون بایستی فشار پایینی ایجاد گردد تا سیکلون بتواند عمل جداسازی را به خوبی انجام دهد. بنابراین همانطوری که در هر ۶ حالت از شکل ۴ نشان داده شده است در امتداد خروجی‌های گاز (خروجی بالایی) و دانه (خروجی پایینی) مقدار پایین فشار را شاهد هستیم. با افزایش مقدار سرعت ورودی جریان از ۱۰ متر بر ثانیه تا ۲۰ متر بر ثانیه، افت فشار در داخل سیکلون افزایش یافته است. کمترین مقدار افت فشار برای سرعت ۱۰ متر بر ثانیه با مقدار ۲۳۴ پاسکال برای سرعت ورودی ۱۰ متر بر ثانیه و بیشترین مقدار آن ۹۲۴ پاسکال برای سرعت ورودی ۲۰ متر بر ثانیه می‌باشد.



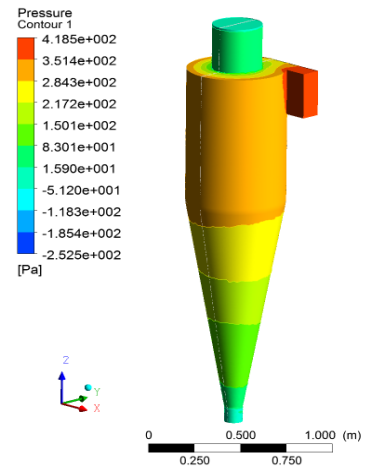
$V=10 \text{ m.s}^{-1}$



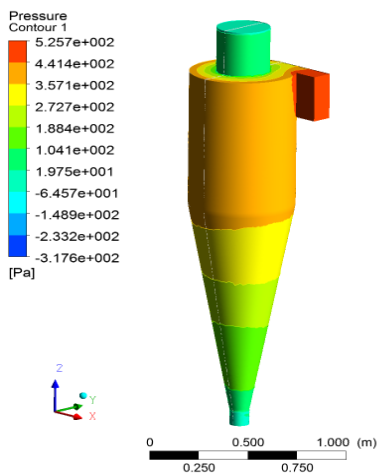
$V=12 \text{ m.s}^{-1}$



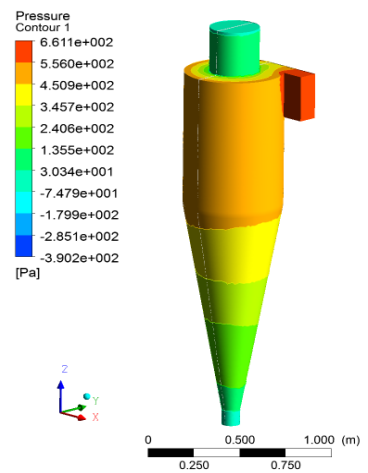
$V=14 \text{ m.s}^{-1}$



$V=16 \text{ m.s}^{-1}$



$V=18 \text{ m.s}^{-1}$

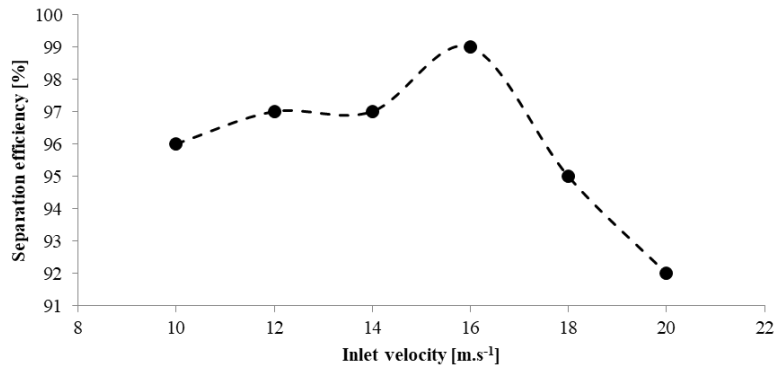


$V=20 \text{ m.s}^{-1}$

شکل ۴- کانتور فشار استاتیکی برای سیکلون در سرعت های مختلف

بازده جداسازی

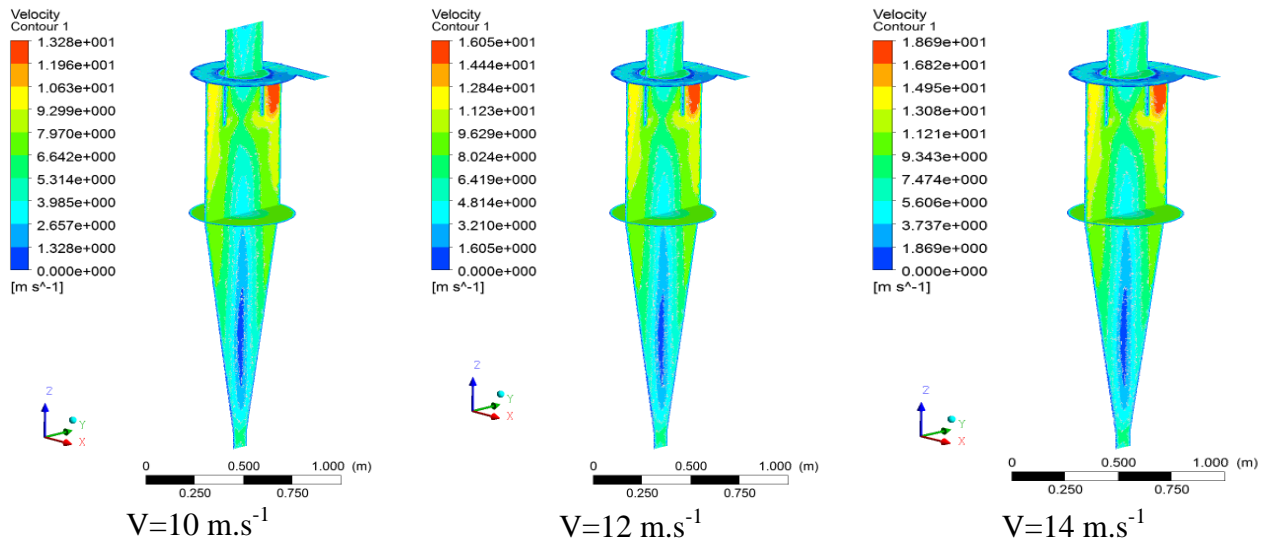
بازده جداسازی به ازای سرعت‌های ورودی مختلف در شکل ۵ آورده شده است. همانگونه که قابل مشاهده است، بازده جداسازی از ۹۶ درصد برای سرعت ورودی ۱۰ متر بر ثانیه به ماکزیمم مقدار ۹۹ درصد برای سرعت ورودی ۱۶ متر بر ثانیه رسیده است. سپس بعد از سرعت ورودی ۱۶ متر بر ثانیه تا ۲۰ متر بر ثانیه، روند بازده جداسازی حالت کاهشی داشته و به مقدار ۹۲ درصد برای سرعت ورودی ۲۰ متر بر ثانیه رسیده است که کمترین مقدار بازده جداسازی به ازای سرعت‌های ورودی مختلف می‌باشد.

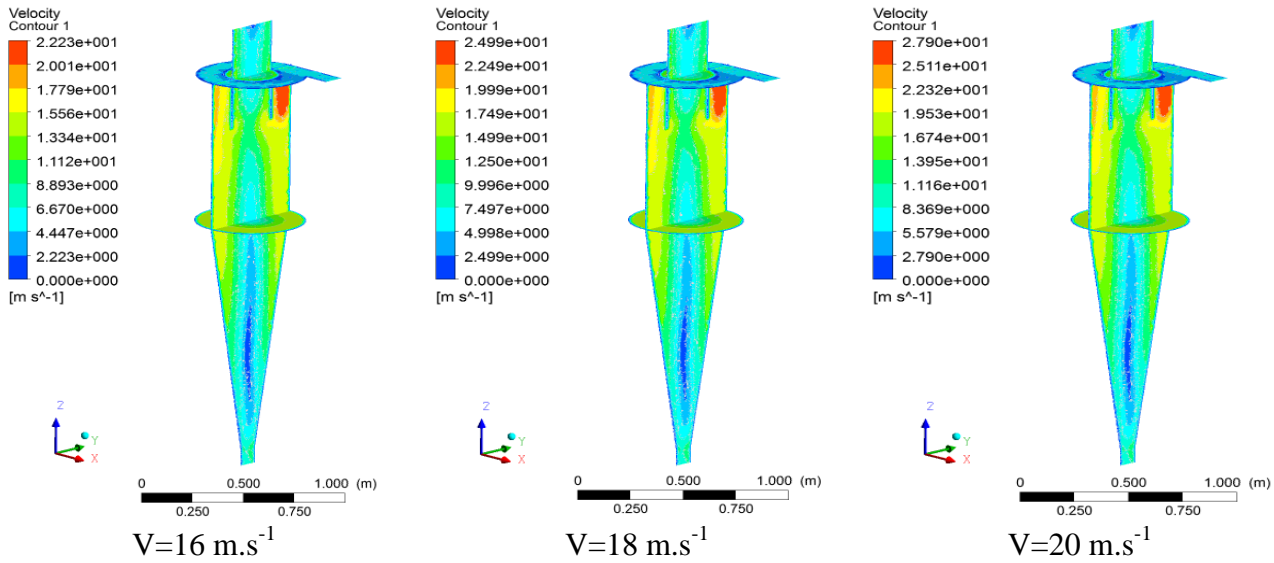


شکل ۵- نمودار تغییرات بازده جداسازی به ازای سرعت‌های ورودی مختلف

اندازه سرعت

تاثیر تغییرات سرعت ورودی جریان بر روی اندازه سرعت در نقاط مختلف سیکلون و در سه برش انجام شده برای درک بهتر حرکت سیال در شکل ۶ ارائه شده است. با افزایش سرهت ورودی مقدار بیشینه اندازه سرعت در داخل سیکلون افزایش یافته و از مقدار ۱۳/۳ متر بر ثانیه برای سرعت ورودی ۱۰ متر بر ثانیه به مقدار ۲۷/۹ برای سرعت ورودی ۲۰ متر بر ثانیه رسیده است. می‌توان نسبت بین بیشینه اندازه سرعت در داخل سیکلون به سرعت ورودی سیال را در داخل سیکلون در حدود ۱/۳ تا ۱/۴ گزارش کرد. بیشترین مقدار اندازه سرعت برای سیکلون مربوط به بخش ورودی آن است. سپس بعد از ورودی مناطق نزدیک دواره به خاطر اتفاق افتادن حرکت چرخشی در این نقاط دارای مقدار بالایی می‌باشند.





شکل ۶- تغییرات اندازه سرعت برای مجرای سایه انداز در حالت بزرگنمایی شده

نتیجه گیری

در این مطالعه تاثیر افزایش سرعت ورودی با اعمال سرعت های ورودی ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۶، ۱۸ و ۲۰ متر بر ثانیه بر روی عملکرد سیکلون استرماند حامل گندم مورد مطالعه قرار گرفت. علاوه بر عوامل موثر بر عملکرد گندم (افت فشار و بازده جداسازی)، از نقطه نظر اندازه جریان داخل سیکلون، مطالعات در سرعت های ذکر شده انجام گردید. نتایج بیانگر این بود که بین نتایج به دست آمده از اندازه گیری های تجربی و نتایج شبیه سازی توافقی بسیار خوبی برقرار است و مقدار اختلاف زیر ۶ درصد به ازای تمامی سرعت های ورودی حاصل شد.

به دلیل اینکه از نظر مهندسی بایستی یک مصالحه بین مقادیر مربوط به افت فشار و بازده جداسازی انجام گردد بر اساس نتایج بدست آمده، سرعت ۱۶ متر بر ثانیه به عنوان سرعت مناسب جهت ورود سیال از بخش مربوطه انتخاب گردید. نتایج نشان داد که بین نتایج به دست آمده از اندازه گیری های تجربی در ۶ سطح سرعت مورد آزمایش و نتایج عددی مربوط به شبیه سازی این سطوح توافقی بسیار خوبی برقرار است و مقدار اختلاف زیر ۵ درصد برای تمامی سطوح به دست آمد. می توان نتیجه گرفت که مدل آشفتگی SST k-w، مدل آشفتگی مناسبی برای شبیه سازی جریان های داخل سیکلون استرماند می باشد.

منابع

1. Hoffmann, A.C., Stein, L.E. 2007. Gas cyclones and swirl tubes : principles, design, and operation. Springer.
2. Malalasekera, W., Versteeg, H.K. 2007. An Introduction to Computational Fluid Dynamics - The Finite Volume Method. Pearson Education.
3. Fraser, S. M., Abdel-Razek, A. M., & Abdullah, M. Z. (1997). Computational and experimental investigations in a cyclone dust separator. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process mechanical Engineering, 211(4), 247-257.
4. Slack, M.D., Prasad, R.O., Bakker, A., Boysan, F. 2000. Advances in Cyclone Modelling Using Unstructured Grids. Chem. Eng. Res. Des, 78: 1098-1104.



5. Xiang, R.B., Lee, K.W. 2005. Numerical simulation of flow patterns in cyclones of different cone dimensions. *Particle and Particle Systems Characterization*, 22 (3): 212-218.
6. Gimbut, J., Chuah, T.G., Choong, T.S.Y., Fakhrul-nazi, A. 2005. Prediction of the effects of cone tip diameter on the cyclone performance, *Journal of Aerosol Science*, 36 (8), 1056-1065.
7. Wang, B., Xu, D.L., Chu, K. W., Yu, A.B. 2006. Numerical study of gas-solid flow in a cyclone separator, *Applied Mathematical Modelling*, 30: 1326-1342.
8. Lee, J. W., Yang, H. J., & Lee, D. Y. 2006. Effect of the cylinder shape of a long-coned cyclone on the stable flow-field establishment. *Powder technology*, 165(1): 30-38.
9. Shi, L., and Bayless, D. J. 2007. Comparison of boundary conditions for predicting the collection efficiency of cyclones. *Powder Technology*, 173(1): 29-37.
10. Elsayed, K., Iacor, C. 2011. Numerical modeling of the flow fields and performance in cyclones of different cone-tip diameters, *Computers & Fluids*, 51(1): 48-59.
11. Rezvanivandefanayi, A. and Nikbakht, A. M. 2015. A CFD Study of the Effects of Feed Diameter on the Pressure Drop in Acyclone Separator. *International Journal of Food Engineering*, 11: 71-77.
12. Zhou, F., Sun, G., Zhang, Y., Ci, H., Wei, Q. 2018. Experimental and CFD study on the effects of surface roughness on cyclone performance. *Separation and Purification Technology*, 193: 175-183.
13. ANSYS FLUENT Theory Guide. 2013. ANSYS FLUENT Theory Guide. Release 18.2 15317, 373-464.



Performance evaluation of a wheat conveying cyclone using computational fluid dynamics

Sajed Naiemi Dizajyekan¹, Gholamhosseinn Shahgholi^{2*}, Adel Rezvanivand Fanaei³ and, Vahid Rostampour⁴

1. Department of Biosystems Engineering, University of Mohaghegh Ardabili
2. Department of Biosystems Engineering, University of Mohaghegh Ardabili
3. Department of Biosystems Engineering, Urmia University
4. Department of Biosystems Engineering, Urmia University

Abstract

In this study, a high efficiency wheat conveying cyclone was evaluated. Computational fluid dynamics has been used to numerically simulate the processes inside the cyclone. In addition to the experimental measurements, the turbulent SST k-w model is used to simulate the turbulence of the flow. The validation revealed a good agreement between the pressure drop data and the results of the numerical simulations. The Eulerian-Lagrangian discrete-phase model was used to simulate solid grains inside the flow. The results of pressure, velocity and separation efficiency were obtained for six inlet velocities (10, 12, 14, 16, 18 and 20 m.s⁻¹) to evaluate the appropriate inlet velocity. The results showed that the pressure drop increased with increasing flow inlet velocity, but the separation efficiency up to 16 m.s⁻¹ showed an increasing trend and then revealed a decreasing trend.

Key words: ANSYS Fluent; Pressure drop; Inlet velocity; Boundary condition; Cyclone

*Corresponding author

E-mail: Gshahgoli@yahoo.com