

Experimental and Numerical Investigation of Deviation Blade Effect on Sedimentation Chamber Performance in Chickpea Harvesting Machine

MANSOUR ZOBEIRI¹, VAHID ROSTAMPOUR^{1*}, ADEL REZVANIVAND FANAEE¹, ALI M. NIKBAKHT¹

1. Department of Biosystems Engineering, Agricultural Faculty, Urmia University, Urmia, Iran.

(Received: Feb. 24, 2019- Revised: Dec. 31, 2019- Accepted: Jan. 18, 2020)

ABSTRACT

The sedimentation chambers are used in various agricultural systems. In this study, an innovative design of the chickpea sedimentation chamber including the chamber with the flow path deviation blade are considered and the effect of this blade on the sedimentation efficiency, required flow, distribution of air flow and chamber erosion were investigated experimentally and numerically. The computational fluids dynamics for numerical simulations was used. A laboratory setup equipped with a hot wire anemometer and differential pressure meter was used to obtain the velocity and pressure data and model validation. The results showed that the use of the flow path diversion blade has an 11.4% increase in sedimentation efficiency, reduction of 6.67% of the required airflow and cause the reduction of erosion in chamber.

Keywords: Computational Fluid Dynamics, Sedimentation Chamber, Chickpea Pod

مطالعه تجربی و عددی تاثیر وجود پره انحراف مسیر جریان بر کارایی محفظه ته نشینی دستگاه برداشت نخود

منصور زبیری^۱، وحید رستم پور^{۱*}، عادل رضوانی وند فنائی^۱، علی محمدنیکبخت^۱

۱. مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۵ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۰/۱۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۱۰/۲۸)

چکیده

محفظه‌های ته‌نشینی در سامانه‌های مختلف کشاورزی کاربرد دارند. در این تحقیق یک طرح نوآورانه از محفظه ته‌نشینی غلاف نخود شامل محفظه مجهز به تیغه انحراف مسیر جریان در نظر گرفته شد و اثر این تیغه، روی راندمان ته‌نشینی غلاف‌ها، دبی هوای مورد نیاز، نحوه توزیع جریان هوا و میزان سایش محفظه بصورت تجربی و عددی بررسی شد. از دینامیک سیالات محاسباتی برای شبیه‌سازی‌های عددی استفاده شد. از مجموعه آزمایشگاهی مجهز به سرعت سنج سیم داغ و اختلاف فشار سنج برای بدست آوردن داده‌های تجربی سرعت و فشار و اعتبارسنجی مدل استفاده شد. مقایسات اعتبارسنجی نشان داد که در زمینه سرعت و فشار تطابق خوبی بین نتایج عددی و داده‌های تجربی وجود دارد. نتایج بدست آمده مشخص نمود که استفاده از تیغه انحراف مسیر جریان باعث افزایش ۱۱/۴٪ راندمان ته‌نشینی غلاف‌های نخود، کاهش ۶/۶۷٪ جریان هوای مورد نیاز سامانه و همچنین کاهش میزان سایش محفظه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: دینامیک سیالات محاسباتی، محفظه ته‌نشینی، غلاف نخود

مقدمه

توسعه ماشین برداشت نخود پا کوتاه همواره مورد توجه محققین حوزه کشاورزی بوده است. مشکل اصلی استفاده از مکانیزم‌های برداشت مرسوم شانه برشی برای برداشت این محصول، ارتفاع کم گیاه، نیروی اتصال کم غلاف‌ها به بوته و در نتیجه احتمال بالای تلفات ریزش است (Golpira, 2013; Mostafavand and Kamgar, 2013). تحقیقات نشان داده است که مکانیزم‌های استریپر^۱، از پتانسیل خوبی برای تبدیل شدن به سامانه‌های موثر برداشت نخود پا کوتاه برخوردار هستند (Hanna and Quick, 2007; Kalsirisilp and Singh, 2001; Golpira et al., 2013). Modares et al (2017) براساس مکانیزم استریپر، دستگاه برداشت نخود پا کوتاه را ساختند و برای جمع آوری غلاف‌های نخود از روی دماغه دستگاه و کاهش تلفات ریزش، از سامانه مکش و انتقال نیوماتیکی استفاده نمودند. اما ارزیابی‌های مزرعه‌ای نشان داد که ورود غلاف‌های نخود به درون فن مکنده دستگاه، باعث شکستگی ۵۰ درصدی غلاف‌ها می‌گردد. در نتیجه این محققین برای جداسازی غلاف‌ها از جریان هوا و جلوگیری از ورود آنها به درون فن مکنده دستگاه، یک محفظه ته‌نشینی غلاف نخود را ساخته و در مسیر انتقال غلاف‌ها و قبل از فن مکنده قرار دادند. ارزیابی‌ها نشان داد این محفظه ته‌نشینی دارای راندمان عملکردی ۸۰٪ بود و برای افزایش راندمان باید مطالعات عمیق‌تری روی

جریان‌های هوایی داخل محفظه انجام شده و طراحی دقیق‌تری انجام شود.

محفظه‌های ته‌نشینی، قدیمی‌ترین و ساده‌ترین تجهیزات جداسازی ذرات از جریان هوا بدون استفاده از فیلتر می‌باشند. در محفظه‌های ته‌نشینی فاکتور جداکننده جریان هوا است، چنانکه افزایش سطح مقطع در محفظه باعث کاهش سرعت جریان هوا و ته‌نشینی ذرات می‌شود. ساخت ساده، عدم وجود اجزای متحرک، هزینه‌های سرمایه‌گذاری کم، هزینه‌های تعمیر و نگهداری کم و افت فشار پایین از جملع مزایای محفظه‌های ته‌نشینی می‌باشند (Panasiewicz et al., 2012). هر چقدر یک محفظه ته‌نشینی بتواند درصد ته‌نشینی بیشتر، دبی هوای مورد نیاز کمتر و افت فشار کمتری را داشته باشد مطلوب‌تر خواهد بود. در کنار این پارامترها اصولاً باید بحث میزان سایش محفظه نیز مورد توجه قرار گیرد و به مقدار حداقل برسد. سایش بصورت تاثیر ذرات سخت بر سطح تعریف می‌گردد که این تاثیر مکرر باعث حذف تدریجی مواد از سطح محفظه می‌گردد (Hutchings and winter, 1974). مشکلات ناشی از سایش ذرات به طور ویژه حائز اهمیت است، زیرا علاوه بر تاثیر در انتقال ذرات، ایمنی انتقال را نیز به خطر می‌اندازد (Pereira et al., 2014). بنابراین گسترش استراتژی‌هایی برای پیش‌بینی میزان سایش بسته به شرایط عملکرد دارای اهمیت فوق‌العاده‌ای است.

جدید از نظر راندمان ته نشینی غلاف‌ها، دبی هوای مورد نیاز سامانه، افت فشار و میزان سایش دیواره‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق درک عمیق تری را از اتفاقات رخ داده در درون محفظه ته نشینی و اثر تیغه انحراف مسیر جریان خواهد داد و می‌تواند منجر به بهبود فرآیند طراحی سامانه‌های ته نشینی و جداسازی کشاورزی و صنعتی گردد.

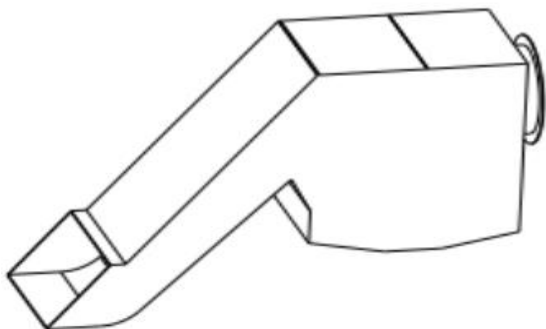
مواد و روش ها

عملکرد محفظه ته نشینی بر این اصل متکی است که جریان هوا ذرات را در مسیری که ابعاد یک قسمت از آن مسیر، بزرگتر از ابعاد دیگر قسمت‌ها است انتقال می‌دهد. در نتیجه، سرعت هوا کاهش می‌یابد و منجر به ته نشینی ذرات از گاز حامل می‌شود. ابعاد محفظه ته نشینی استفاده شده در این تحقیق با استفاده از روابط زیر محاسبه شده است (Matin, 1991):

$$a = \sqrt{\frac{Q}{V_w}} \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$L = \frac{18 \mu Q}{D^2 \rho_s g a} \quad (\text{رابطه ۲})$$

در این روابط a ابعاد مقطع مربعی اتاقک ته نشینی (m)، L طول اتاقک ته نشینی (m)، Q دبی هوا ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)، V_w سرعت جریان هوا در اتاقک ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)، μ ویسکوزیته هوا ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)، D قطر غلاف‌ها (m)، ρ_s دانسیته غلاف‌ها ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) و g شتاب ثقل ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$) می‌باشد. چنانکه در شکل ۱ مشاهده می‌گردد، این محفظه ته نشینی دارای یک مجرای مکش اصلی در راستای مسیر حرکت ذرات است. همچنین در محل ورود غلاف‌ها به محفظه ته نشینی از یک تیغه انحراف مسیر جریان، با زاویه قابل تنظیم صفر تا ۹۰ درجه استفاده شده است. شرایط مکش توسط یک فن فشار قوی گریز از مرکز فراهم شد.



شکل ۱- طرحواره‌ای از محفظه ته نشینی

با توجه به متغییر طراحی فراهم شده، شامل امکان انحراف مسیر جریان، دو ترکیب بندی مختلف از محفظه ته نشینی در نظر گرفته

برای طراحی مطلوب محفظه ته نشینی باید اطلاعات دقیقی از اثر پارامترهای مختلف طراحی محفظه بر خصوصیات و مسیرهای جریان در داخل محفظه و نحوه حرکت غلاف‌ها وجود داشته باشد. این پارامترها می‌تواند شامل وضعیت مکش (تک-مکشی یا چندمکشی) و عوامل موثر بر مسیر جریان هوا باشد. در مطالعات انجام شده، هیچ تحقیق دقیقی در مورد تاثیر پارامترهای طراحی بر خصوصیات جریان‌های سیال و عملکرد مطلوب محفظه‌های ته نشینی محصولات کشاورزی وجود ندارد، بنابراین لزوم یک بررسی دقیق احساس می‌گردد. بررسی‌های آزمایشگاهی وضعیت حرکت غلاف‌ها را مشخص می‌کند ولی برای رسیدن به نتایج دقیق تر باید از روش‌های مدل سازی عددی در کنار بررسی‌های آزمایشگاهی استفاده نمود. شبیه سازی‌های عددی می‌تواند مسیر را برای مطالعات دقیق تر و کم هزینه تر هموار نماید.

دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) یک روش مدل سازی عددی است که به طور فزاینده‌ای برای شبیه سازی جریان‌های پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرد و به عنوان بخشی جدایی ناپذیر از طراحی مهندسی، برای پیش بینی عملکرد طرح‌های جدید یا فرآیندها قبل از اینکه آن‌ها ساخته شوند، درآمده است. برای مطالعه توزیع جریان هوا در محفظه‌های ته نشینی کشاورزی، از شبیه سازی CFD استفاده نشده است، اما این روش با موفقیت برای مطالعه ویژگی های میدان جریان در مسائل مشابه مورد استفاده قرار گرفته است. شبیه سازی دینامیکی سیالات محاسباتی برای بررسی تأثیر اضافه کردن یک سوپاپ عمودی در بخش تغذیه یک مخزن رسوب گذاری، برای بهبود رسوب جامدات در تصفیه آب آشامیدنی استفاده شد (Goula et al., 2008). تکنیک CFD برای مطالعه پیکربندی جریان در محفظه تمیز کننده کمباین استفاده گردید (Gebrehiwot et al., 2010). از مدل سازی CFD برای بررسی توزیع جریان هوا در داخل یک سامانه ذخیره سازی برنج با ترکیب بندی‌های مختلف توده دانه‌ها بهره برده شد (Olatunde et al., 2017). تأثیرات پیکربندی تونل باد و جریان ورودی را بر عملکرد آیرودینامیکی تونل باد، با استفاده از شبیه سازی CFD بررسی شد (Perta et al., 2016). مطالعه ای بر روی تاثیر اندازه ذرات بر روی افت فشار در جداکننده سیکلونی انجام شده است (Rezvanivandefanayi and nikbaktet, 2015).

در این تحقیق با استفاده از آزمون‌های آزمایشگاهی و شبیه سازی‌های دینامیک سیالات محاسباتی، نحوه توزیع جریان در یک طرح مرسوم از محفظه ته نشینی غلاف نخود (استفاده شده توسط (Modares et al (2017) و یک طرح نوآورانه شامل محفظه مجهز به تیغه انحراف مسیر جریان بررسی شد و طرح

وضعیت اول در نظر گرفته شده برای محفظه ته‌نشینی (محفظة مرسوم با مکش اصلی) دقیقاً مشابه همان محفظه‌ای بود که روی دستگاه برداشت نخود ساخته شده توسط Modares et (2017) نصب شده بود و راندمان ته‌نشینی آن ۸۰٪ اندازه‌گیری شده بود (شکل ۲). مشخصات هندسی محفظه در جدول ۱ آورده شده است.

شد و تاثیر وجود تیغه انحراف جریان از نقطه نظر راندمان ته‌نشینی، دبی هوای مورد نیاز سامانه (مقدار انرژی مصرفی)، میزان سایش محفظه و خصوصیات جریان شامل توزیع فشار و توزیع سرعت با استفاده از شبیه‌سازی‌های CFD مورد بررسی قرار گرفت. ترکیب‌بندی‌های محفظه ته‌نشینی عبارت بودند از:

- محفظه مرسوم با مکش اصلی
- محفظه ته‌نشینی مجهز به تیغه انحراف مسیر جریان



شکل ۲- دید کلی از دستگاه برداشت نخود و محفظه ته‌نشینی دستگاه؛ سمت راست: محفظه ته‌نشینی، سمت چپ: دستگاه برداشت نخود

جدول ۱- مشخصات محفظه ته‌نشینی

مقدار	پارامتر
۰/۴×۰/۳	ابعاد مقطع مستطیلی محفظه اصلی (عرض × ارتفاع) (m)
۰/۴	طول محفظه اصلی (m)
۰/۱×۰/۳	ابعاد تیغه انحراف مسیر جریان (عرض × ارتفاع) (m)
۰/۲	قطر بخش مکش اصلی (m)
۲۵۰۰	بیشترین نرخ حجمی جریان فن اصلی (m ³ .h ⁻¹)

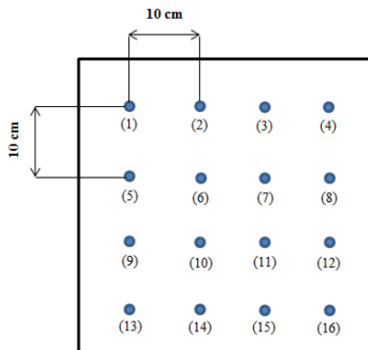
موقعیت‌های $x=5\text{ cm}$, $x=15\text{ cm}$, $x=25\text{ cm}$ و $x=35\text{ cm}$ از طول محفظه اصلی انتخاب شد و با شماره‌های ۱ تا ۴ و در راستای محور x مشخص گردید (شکل ۳). همچنین ۴ موقعیت در راستای ارتفاع محفظه از بالا به پایین در موقعیت‌های $y=5\text{ cm}$, $y=15\text{ cm}$, $y=25\text{ cm}$ و $y=35\text{ cm}$ (در راستای محور y) محفظه مورد بررسی قرار گرفت. از لحاظ عرضی (در راستای محور z) اندازه‌گیری‌ها در نقطه $z=15\text{ cm}$ و یا به عبارت دیگر در وسط محفظه انجام گرفت. علاوه بر این نقاط، در طول مسیر انتقال مواد (قبل از وارد شدن مواد به اتاقک ته‌نشینی) سه نقطه با شماره‌های ۱۷،

مجموعه آزمایشگاهی

هر مدل CFD بایستی به منظور قابل اعتماد بودن، اعتبار سنجی شود. در این تحقیق از داده‌های سرعت و فشار جریان برای اعتبارسنجی مدل‌ها استفاده شد. اندازه‌گیری تجربی سرعت‌ها توسط یک سرعت‌سنج سیم داغ (مدل TSI- 8465 با رزولوشن 0.07 m.s^{-1} و محدوده کاری 0.125 تا 50 m.s^{-1}) و اندازه‌گیری تجربی فشارها توسط یک ابزار اندازه‌گیری اختلاف فشار (مدل CPE310s- KIMO) با دقت 0.1 پاسکال انجام گرفت (شکل ۳). ۴ سطح مقطع برای اندازه‌گیری سرعت جریان و فشار در

انجام گرفت و میانگین مقدار سرعت و فشار بدست آمده برای نتایج نهایی در نظر گرفته شد.

در نظر گرفته شدند و اندازه‌گیری‌های سرعت و فشار در آن‌ها نیز انجام شد. اندازه‌گیری‌ها سه بار برای هر موقعیت



نقاط اندازه‌گیری



اختلاف فشار سنج



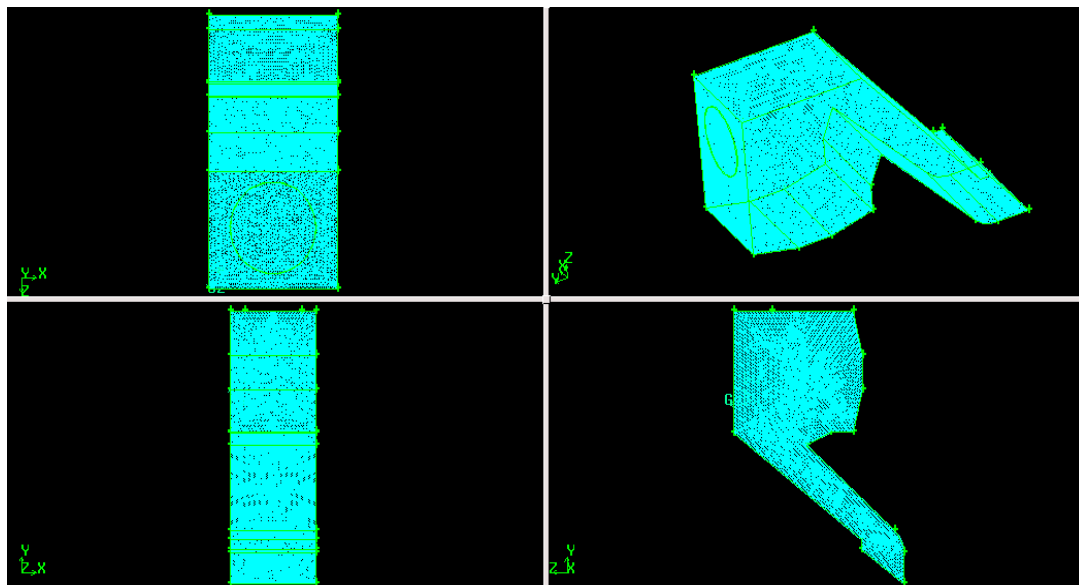
سرعت سنج

شکل ۳- تجهیزات مورد استفاده در تحقیق و نقاط اندازه‌گیری

تنظیم شده است. همانطور که مشخص است از مش با ساختار برای مش‌بندی محفظه مورد نظر استفاده شد. تاثیر اصلاح شبکه بر روی فرآیند شبیه‌سازی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مش بندی

مش‌بندی محفظه استفاده شده برای شبیه‌سازی در شکل ۴ نشان داده شده است. مرکز مختصات بر اساس بخش پایینی محفظه



شکل ۴- محفظه مش‌بندی شده در نرم افزار گمبیت

است. بنابراین برای جریان‌های غیرقابل تراکم مناسب‌تر است. (انسيس ورژن ۱۵، Canonburg, PA, USA).

معادلات حاکم و مدل آشفتگی

برای مدل جریان، معادلات پیوستگی و مومنتوم در سه راستا برای سرعت‌های سطحی هوا و توزیع سرعت حل گردید.

معادله پیوستگی

(رابطه ۳)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_j)$$

مدل‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی

برای افزایش صحت نتایج حاصل از دینامیک سیالات محاسباتی، یک انتخاب بهینه از شرایط مرزی، روش‌های عددی، مش و مدل‌های آشفته مورد نیاز و ضروری است (Rong et al., 2011). معادلات حاکم بر اساس روش حجم محدود و با استفاده از نرم‌افزار انسيس فلوئنت حل گردید. با توجه به شرایط مسئله از حلگر بر پایه فشار برای حل مسئله بهره گرفته شد. حلگر بر پایه فشار برای جریان‌هایی با سرعت پایین دارای سرعت محاسباتی بیشتری

معادله مومنوم

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[-p \delta_{ij} + \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] + \rho g_i \quad (\text{رابطه ۴})$$

که در آن، ρ چگالی (kg m^{-3})، t زمان (s)، u_i و u_j به ترتیب اجزای سرعت سطحی (m.s^{-1})، p فشار (Pa)، g_i شتاب جاذبه (m.s^{-2})، μ ویسکوزیته (Pa.s) و $i, j = 1, 2, 3$ (x, y, z) هستند. عدد رینولدز ورودی در همه پیکربندی‌های محفظه، بالاتر از ۵۰۰۰ بود، بنابراین انتخاب مدل آشفته مناسب، مورد نیاز بود. مدل $k-\varepsilon$ برای گرادیان‌های فشار پایین مناسب است و از آنجا که شرایط این آزمایش هم در گرادیان فشار کم بوده است، بنابراین در این مطالعه، آشفتگی با استفاده از $k-\varepsilon$ استاندارد اعمال شد و با نتایج تجربی مقایسه گردید. مدل $k-\varepsilon$ استاندارد با استفاده از دو معادله زیر بیان می‌شود (انسیس ورژن ۱۵، Canonburg, PA, USA):

معادله انرژی جنبشی توربولانس (k)

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + 2\mu_t E_{ij} E_{ij} - \rho \varepsilon \quad (\text{رابطه ۵})$$

معادله آشفتگی (ε)

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \varepsilon u_i)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} 2\mu_t E_{ij} E_{ij} - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (\text{رابطه ۷})$$

که در آن، u_i نشان دهنده مولفه سرعت در جهت مورد نظر است و σ_k ، σ_ε ، $C_{2\varepsilon}$ ، $C_{1\varepsilon}$ و C_μ ثابت‌ها هستند. نشان دهنده جزء تغییر شکل است؛ σ آشفتگی براساس عدد پرنتل و μ_t ویسکوزیته آشفته میانگین است. برای همگرایی حل، باقیمانده‌ها در 10^{-4} برای معادلات پیوستگی (بقای جرم) و مومنوم (قانون دوم نیوتن) تثبیت شد. مقادیر این ثابت‌ها در تکرارهای متعدد داده‌ها برای محدوده وسیعی از جریای آشفته استفاده می‌گردد. این ثوابت شامل مقادیر زیر هستند.

$$C_\mu = 0.09 \quad \sigma_k = 1.00 \quad \sigma_\varepsilon = 1.30 \quad C_{1\varepsilon} = 1.44 \\ C_{2\varepsilon} = 1.92$$

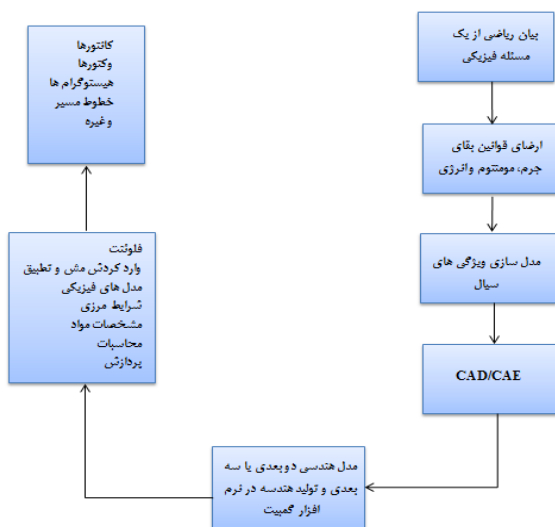
طرح (اسکیم) گسسته‌سازی

در هر یک از پیکربندی‌ها، کل محفظه ته‌نشینی به عنوان یک محدوده محاسباتی در نظر گرفته شد. مش‌ها برای تمامی موارد انتخابی ایجاد گردیدند. هم چنین دامنه محاسباتی شامل

۳۱۴۵۲۰ سلول بود. کل دامنه محاسباتی بوسیله مش‌های حجمی چهارگوشه تقسیم‌بندی شد و گسسته‌سازی بر اساس کم‌ترین رزولیشن مش مورد نیاز برای شبیه‌سازی RANS^۲ انجام گردید. در مناطق نزدیک تیغه انحراف مسیر جریان، شبکه‌ها متراکم‌تر (مش-های ریزتر) بودند. این دامنه‌های شبکه‌بندی در محاسبات اولیه تست شد که به ترتیب شامل ۱۸۵۱۲۶، ۳۱۴۵۲۰ و ۵۴۱۲۸۶ عدد سلول بودند. اختلاف کم‌تر از ۵ درصد برای متغیرهای مورد آزمایش، نشان-دهنده استقلال نتایج از اندازه مش بود.

شرایط مرزی

تمامی مدل‌های CFD به شدت وابسته به تعریف صحیح شرایط مرزی هستند. سه نوع مختلف شرط مرزی برای این کار استفاده شد که شامل سرعت در ورودی، فشار در خروجی و شرط مرزی دیواره بود. برای مقایسه بین شبیه‌سازی و آزمایش‌ها، سرعت ورودی بر طبق داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری‌های تجربی از ۱ تا ۷/۶ متر بر ثانیه متغیر بود. بخش ورودی محفظه به عنوان شرط مرزی سرعت ورودی توصیف شد. به صورت خاص برای تمامی حالت‌های شبیه‌سازی فشار در خروجی به صورت شرط مرزی خروجی و برابر با فشار جو در نظر گرفته شد. شرط عدم لغزش در دیواره‌ها فرض گردید. برای گره‌هایی که نزدیک دیواره بودند، رفتار دیواره برای تخمین به کار گرفته شد. در نظر گرفته شد که ذرات به صورت الاستیک توسط دیواره بازگرانه می‌شوند. به خاطر اینکه معیار همگرایی برای چک کردن باقی‌مانده‌ها ضروری است، حل نسبی تغییر کرده و از شاخص‌های دیگر برای همگرایی تکرارها اطمینان حاصل شد. به منظور درک بهتر رفتار جریان در نزدیکی دیواره‌ها، از مش‌های ریزتر در لایه مرزی نزدیک دیواره استفاده شد.



شکل ۵- فرآیند کاری در انسیس فلوئنت

اعتبارسنجی

در این مطالعه داده‌های تجربی سرعت و فشار برای اعتبارسنجی صحت داده های حاصل از شبیه‌سازی در داخل محفظه استفاده گردید و یک مقایسه کمی بین داده‌های تجربی و شبیه‌سازی به وسیله CFD صورت گرفت.

نتایج و بحث

راندمان ته نشینی و دبی هوای مورد نیاز سامانه

همانطوری که در جدول (۲) مشاهده می‌گردد، بررسی‌های آزمایشگاهی نشان داد که اضافه نمودن تیغه انحراف مسیر جریان به محفظه ته نشینی، راندمان ته‌نشینی غلاف‌ها را نسبت به محفظه مرسوم ۱۱/۴٪ افزایش داده و دبی هوای مورد نیاز محفظه (انرژی مصرفی سامانه) را ۶/۶۷٪ کاهش داد. بنابراین محفظه مجهز به تیغه انحراف مسیر جریان، به عنوان طراحی بهتر محفظه ته نشینی غلاف نخود بوده و دارای راندمان ته‌نشینی بیشتر (۹۱/۴٪) و دبی هوای مورد نیاز (مصرف انرژی) کمتری ($m^3.h^{-1}$) می‌باشد. (۷۹۱/۲)

مقادیر سرعت و افت فشار

در جدول ۳ مقادیر سرعت و افت فشار نقاط مختلف محفظه

مرسوم و اختلاف درصدی مقادیر تجربی و عددی، که در اعتبارسنجی مدل CFD استفاده گردید ارائه شده است. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد، هم در زمینه سرعت و هم در زمینه فشار نتایج عددی از تطابق خوبی با نتایج تجربی برخوردار است و درصد اختلاف حدود ۱۰ درصد می‌باشد. مقادیر عددی به مقدار کمی، بیشتر از مقادیر تجربی هستند. در زمینه فشار نیز این روند صادق است و تنها تفاوت، مربوط به نقاط ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ می‌باشد که در نزدیکی دیواره مجاور به فن مکنده هستند. افت فشار در این نقاط، در نتایج عددی نسبت به نتایج تجربی کمتر است، که احتمالاً به علت اثرات نزدیک دیواره می‌باشد و به این صورت خود را نشان می‌دهد.

جدول ۲- راندمان ته‌نشینی و دبی هوای مورد نیاز در پیکربندی‌های مختلف محفظه

ترکیب بندی‌های محفظه	راندمان جداسازی (%)	نرخ حجمی جریان ($m^3.h^{-1}$)
محفظه مرسوم	۸۰	۸۴۷/۸
محفظه مجهز به تیغه انحراف مسیر جریان	۹۱/۴	۷۹۱/۲

جدول ۳- اندازه سرعت و افت فشار تجربی و عددی نقاط مختلف محفظه مرسوم

نقطه	تجربی ($m.s^{-1}$)	عددی ($m.s^{-1}$)	اختلاف (%)	افت فشار			
				نقطه	تجربی (Pa)	عددی (Pa)	اختلاف (%)
۱	۱/۶	۱/۸	۱۱/۱۱	۱	۷۵	۷۸/۵	۴/۴۵
۲	۳/۲	۳/۵	۸/۵۷	۲	۶۹	۷۵/۵	۴/۸۲
۳	۳/۱	۳/۴	۸/۸۲	۳	۵۷	۶۰/۵	۵/۷۸
۴	۱/۷	۱/۹	۱۰/۵۲	۴	۵۷	۵۵	۳/۶۳
۵	۴	۴/۶	۱۳/۰۴	۵	۶۵	۶۸	۴/۴۱
۶	۱/۹	۲/۲	۱۳/۶۳	۶	۷۴	۷۷/۵	۴/۵۱
۷	۱/۶	۱/۸	۱۱/۱۱	۷	۶۲	۶۵	۴/۶۱
۸	۱/۷	۱/۸	۵/۵۵	۸	۶۶	۶۲	۶/۴۵
۹	۰/۴	۰/۵	۲۰	۹	۷۴	۷۷	۳/۸۹
۱۰	۰/۶۵	۰/۸	۱۸/۷۵	۱۰	۷۳	۷۷	۵/۱۹
۱۱	۰/۵	۰/۶	۱۶/۶۶	۱۱	۶۷	۷۰/۵	۴/۹۶
۱۲	۰/۶	۰/۶	صفر	۱۲	۶۹	۶۵	۶/۱۵
۱۳	۰/۷	۰/۸	۱۲/۵	۱۳	۶۶	۶۸	۲/۹۴
۱۴	۱/۶	۱/۸	۱۱/۱۱	۱۴	۶۶	۶۹	۴/۳۴
۱۵	۱/۳	۱/۵	۱۳/۳۳	۱۵	۶۷	۶۹	۲/۸۹
۱۶	۰/۸	۰/۹	۱۱/۱۱	۱۶	۶۶	۶۳	۴/۷۶
۱۷	۸/۹	۹/۵	۶/۳۱	۱۷	۹۹	۱۰۰	۱
۱۸	۳/۷	۴	۷/۵۰	۱۸	۷۶	۸۱	۶/۱۷
۱۹	۱/۷	۱/۹	۱۰/۵۲	۱۹	۶۸	۷۲	۵/۵۵

همدیگر باشد.

نتایج گرافیکی

فشار دینامیکی، اندازه سرعت و سایش

برای درک بهتر فعل و انفعالات صورت گرفته در داخل محفظه ته‌نشینی کانتور فشار دینامیکی، وکتور سرعت و کانتور سایش برای هر دو وضعیت محفظه در شکل‌های ۶ تا ۱۱ ارائه شده است. چنان که در شکل ۶ تا ۹ مشاهده می‌شود، وجود تیغه انحراف جریان باعث فشردگی و انحراف مسیر کلی جریان هوا از قسمت‌های بالایی محفظه به قسمت‌های میانی محفظه شده است. این انحراف در مسیر جریان هوا باعث می‌گردد غلاف‌ها به سمت پایین محفظه ته‌نشینی متمایل گردند و راندمان ته‌نشینی افزایش یابد.

در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ که به ترتیب مربوط به کانتورهای سایش محفظه مرسوم و محفظه مجهز به تیغه انحراف می‌باشد، مقدار سایش برای دو وضعیت آورده شده است. چنان که مشاهده می‌گردد، تیغه انحراف مسیر جریان باعث کاهش مقداری سایش در وضعیت محفظه مجهز به تیغه انحراف نسبت به محفظه مرسوم شده است.

در جدول ۴ مقادیر سرعت و افت فشار تجربی و در جدول ۵ مقادیر سرعت و افت فشار عددی نقاط مختلف محفظه مرسوم و محفظه مجهز به تیغه انحراف مسیر جریان و اختلاف مقادیر دو وضعیت آورده شده است.

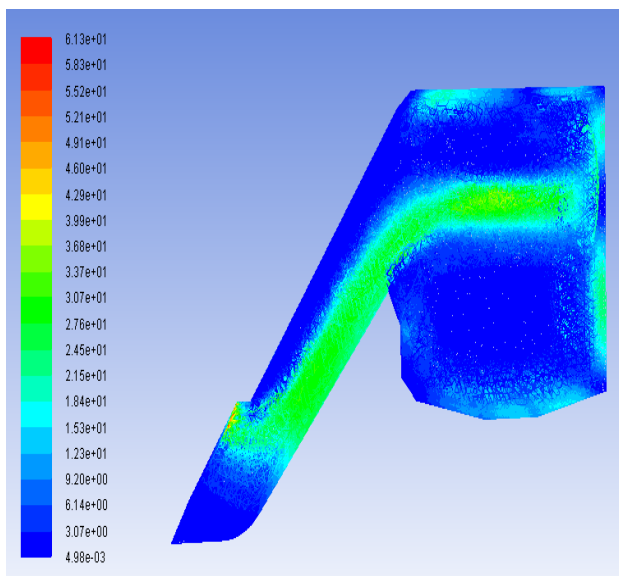
چنان که در جدول ۴ مشاهده می‌گردد در مقایسه بین سرعت‌ها، تغییرات در نقاط ابتدایی (به عنوان مثال، بین نقاط ۱ و ۲) در هر دو وضعیت مورد مطالعه زیاد است. رفته رفته این تغییرات کاهش می‌یابد و تغییرات زیادی در سایر نقاط (به جز نقطه ۶) دیده نمی‌شود. این شرایط برای نتایج عددی نیز اتفاق افتاده است (جدول ۵). مطابق جداول ۴ و ۵ در مقایسه نتایج بین داده‌های افت فشار، مطلب حائز اهمیت این است که مقدار افت فشار در وضعیت محفظه مجهز به تیغه انحراف مسیر جریان در اکثر نقاط حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد کمتر از محفظه مرسوم بوده و این اختلاف، نشان دهنده تاثیر مثبت وجود تیغه انحراف جریان بر روی کاهش افت فشار است. در جداول نیز این تغییرات به صورت نقطه به نقطه آورده شده است و احتمال می‌رود اختلاف فشارهای مشاهده شده در این نقاط به علت وجود دو عامل فشردگی جریان (به علت وجود تیغه انحراف مسیر جریان)، و هم چنین موقعیت هندسی آن نقطه و تاثیر این دو عامل بر

جدول ۴- مقایسه مقادیر تجربی اندازه سرعت و افت فشار در حالت‌های محفظه مرسوم و محفظه به همراه تیغه انحراف مسیر جریان

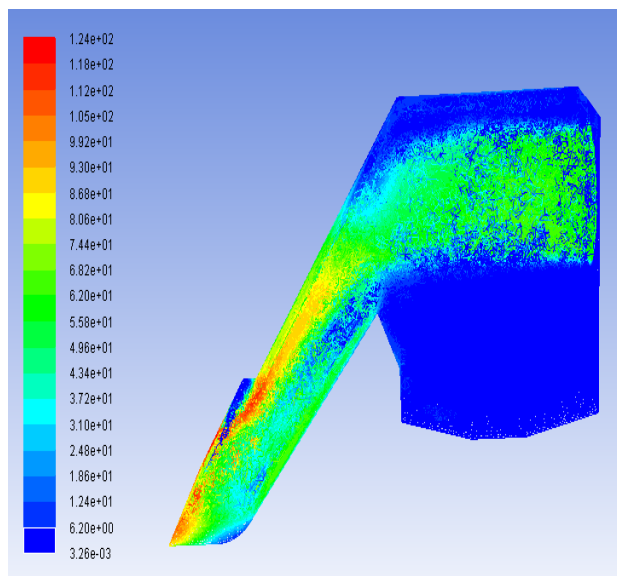
نقطه	محفظة مرسوم (m.s ⁻¹)	محفظة همراه با تیغه انحراف (m.s ⁻¹)	اختلاف (m.s ⁻¹)	محفظة		
				محفظة مرسوم (Pa)	محفظة همراه با تیغه انحراف (Pa)	اختلاف (Pa)
				افت فشار		
۱	۱/۶	۱/۶	صفر	۷۵	۶۵	۱۰
۲	۳/۲	۲/۱	۱/۱	۶۹	۵۹	۱۰
۳	۳/۱	۲/۴	۰/۷	۵۷	۵۷	صفر
۴	۱/۷	۱/۱	۰/۶	۵۷	۴۸	۹
۵	۴	۴/۲	۰/۲	۶۵	۵۸	۸
۶	۱/۹	۴/۱	۲/۲	۷۴	۷۴	صفر
۷	۱/۶	۳/۲	۱/۶	۶۲	۶۱	۱
۸	۱/۷	۲/۴	۰/۷	۶۶	۵۷	۹
۹	۰/۴	۰/۳	۰/۱	۷۴	۵۶	۱۸
۱۰	۰/۶۵	۰/۵۵	۰/۱	۷۳	۵۸	۱۵
۱۱	۰/۵	۰/۷۵	۰/۲۵	۶۷	۵۷	۱۰
۱۲	۰/۶	۰/۵	۰/۱	۶۹	۵۹	۱۰
۱۳	۰/۷	۰/۷	صفر	۶۶	۵۶	۱۰
۱۴	۱/۶	۱/۱	۰/۵	۶۶	۵۷	۹
۱۵	۱/۳	۰/۷	۰/۶	۶۷	۵۷	۱۰
۱۶	۰/۸	۰/۳	۰/۵	۶۶	۵۷	۹
۱۷	۸/۹	۷/۱	۱/۸	۹۹	۹۵	۴
۱۸	۳/۷	۳/۵	۰/۲	۷۶	۷۲	۴
۱۹	۱/۷	۱/۹	۰/۲	۶۸	۵۳	۱۵

جدول ۵- مقایسه مقادیر عددی اندازه سرعت و افت فشار در حالت‌های محفظه مرسوم و محفظه به همراه تیغه انحراف مسیر جریان

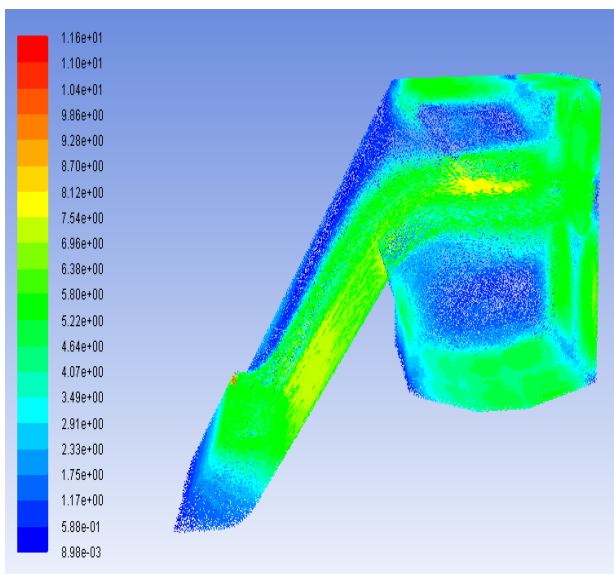
نقطه	محفظه مرسوم (m.s ⁻¹)	محفظه همراه با تیغه انحراف (Pa)	محفظه مرسوم (Pa)	نقطه	اختلاف (m.s ⁻¹)	افت فشار	
						اختلاف (Pa)	مهمراه با تیغه انحراف (Pa)
۱	۱/۸	۶۹/۲	۷۸/۵	۱	صفر	۹/۳	۶۹/۲
۲	۳/۵	۶۳/۴	۷۲/۵	۲	۱/۲	۱/۹	۶۳/۴
۳	۳/۴	۶۱/۱	۶۰/۵	۳	۰/۷	۰/۶	۶۱/۱
۴	۱/۹	۴۶/۲	۵۵	۴	۰/۷	۸/۸	۴۶/۲
۵	۴/۶	۶۲/۴	۶۸	۵	صفر	۵/۶	۶۲/۴
۶	۲/۲	۷۸/۹	۷۷/۵	۶	۲/۳	۱/۴	۷۸/۹
۷	۱/۸	۶۷/۵	۶۵	۷	۱/۷	۲/۵	۶۷/۵
۸	۱/۸	۵۵/۱	۶۲	۸	۰/۸	۶/۹	۵۵/۱
۹	۰/۵	۵۹/۴	۷۷	۹	۰/۱	۱۷/۶	۵۹/۴
۱۰	۰/۸	۶۲	۷۷	۱۰	۰/۲	۱۵	۶۲
۱۱	۰/۶	۶۱/۱	۷۰/۵	۱۱	۰/۳	۹/۴	۶۱/۱
۱۲	۰/۶	۵۶/۸	۶۵	۱۲	صفر	۸/۲	۵۶/۸
۱۳	۰/۸	۵۹/۷	۶۸	۱۳	۰/۰۵	۸/۳	۵۹/۷
۱۴	۱/۸	۶۰/۴	۶۹	۱۴	۰/۵	۸/۶	۶۰/۴
۱۵	۱/۵	۶۰/۶	۶۹	۱۵	۰/۷	۸/۴	۶۰/۶
۱۶	۰/۹	۵۳/۶	۶۳	۱۶	۰/۶	۹/۴	۵۳/۶
۱۷	۹/۵	۹۸	۱۰۰	۱۷	۲	۲	۹۸
۱۸	۴	۷۵	۸۱	۱۸	۰/۲	۶	۷۵
۱۹	۱/۹	۵۸	۷۲	۱۹	۰/۱	۱۴	۵۸



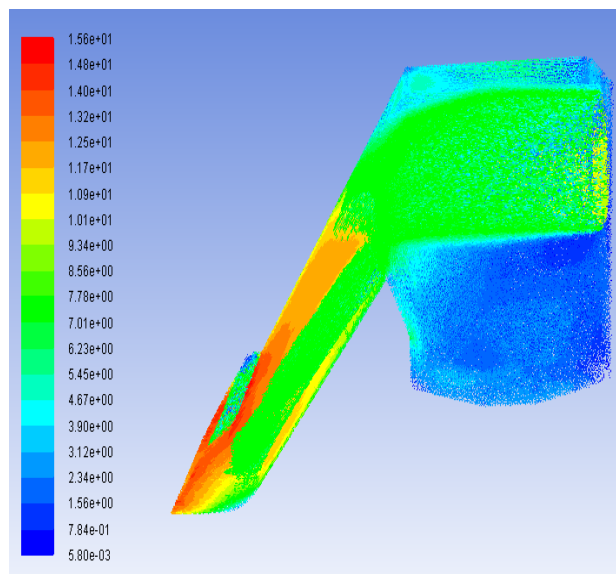
شکل ۷- کانتور فشار دینامیکی محفظه مجهز به تیغه انحراف جریان



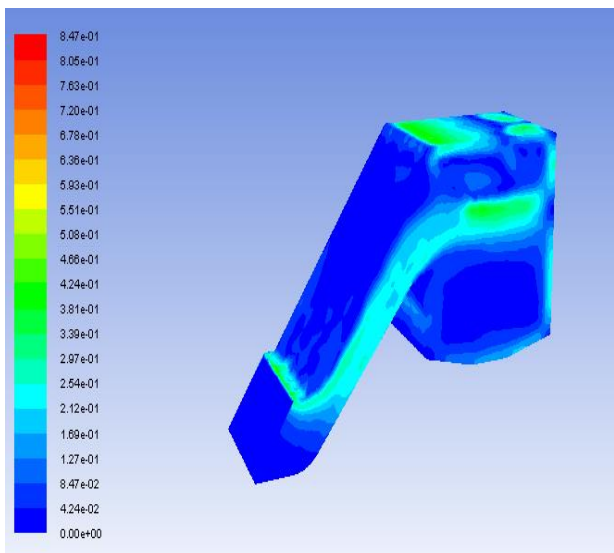
شکل ۶- کانتور فشار دینامیکی محفظه مرسوم



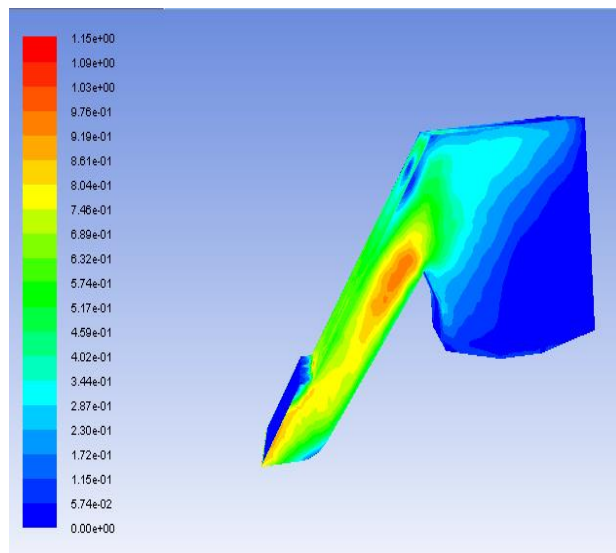
شکل ۹- وکتور اندازه سرعت محفظه مجهز به تیغه انحراف جریان



شکل ۸- وکتور اندازه سرعت محفظه مرسوم



شکل ۱۱- سایش محفظه مجهز به تیغه انحراف جریان



شکل ۱۰- کانتور سایش محفظه مرسوم

شود.

محفظة ته نشینی مجهز به تیغه انحراف مسیر جریان، به عنوان طراحی بهتر محفظه ته نشینی غلاف خود بوده و دارای کمترین افت فشار، کمترین دبی هوای مورد نیاز (مصرف انرژی) و بیشترین راندمان ته نشینی (۹۱/۴٪) است. همچنین این طراحی از نقطه نظر سایش نسبت به محفظه مرسوم دارای مقدار عددی کمتر و دامنه سایشی کمتری است.

پیشنهاد می گردد در تحقیقات آینده به بررسی اثر وجود فن های جانبی مکنده در قسمت پایینی محفظه ته نشینی پرداخته شود و تاثیر وجود این فن ها، به تنهایی و در کنار پره انحراف مسیر جریان، روی مشخصه های جریان و مشخصه های عملکردی محفظه مطالعه گردد.

نتیجه گیری کلی

در این تحقیق دو سامانه متفاوت از محفظه ته نشینی غلاف نخود شامل محفظه ته نشینی مرسوم و محفظه ته نشینی مجهز به تیغه انحراف مسیر جریان به صورت تجربی و عددی (CFD) مورد مطالعه قرار گرفتند. از داده های تجربی سرعت و فشار برای اعتبارسنجی مدل ها استفاده گردید. برای اعمال آشفتگی از مدل استاندارد استفاده شد. از سه نوع شرط مرزی شامل سرعت جریان در ورودی محفظه، فشار در خروجی محفظه و شرط عدم لغزش در دیواره ها استفاده گردید. نتایج نشان داد که:

تیغه انحراف مسیر جریان با فشرده سازی جریان، باعث تغییر وضعیت فشار و سرعت جریان در نقاط مختلف محفظه می

REFERENCES

- Gebrehiwot, M. G., Baerdemaeker, J., Baelmans, M. (2010). Effect of a cross-flow opening on the performance of a centrifugal fan in a combine harvester: Computational and experimental study. *Biosystems Engineering*, 105, 247–256.
- Golpira, H. (2013). Conceptual design of a chickpea harvesting header. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(3), 635-641.
- Golpira, H., Tavakoli, T & Baerdamaeker, J. D. (2013). The design and development of a chickpea harvester. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(4), 929-934.
- Goula, A. M., Kostoglou, M., Karapantsios, T.D & Zouboulis, A. I. (2008). A CFD methodology for the design of sedimentation tanks in potable water treatment. *Chemical Engineering Journal*, 140, 110–121.
- Hanna, H. M & Quick, G. R. (2007). Grain harvesting machinery design. In: Handbook of farm, dairy and food machinery (Kutz M, ed). William Andrew Inc, Delmar, Y. pp: 93-111.
- Hutchings, I. M. & Winter, R. E. (1974). Particle Erosion of Ductile Metals: A Mechanism of Material Removal. *Wear*, 27, 121-128.
- Kalsirisilp, R., & Singh, G. (2001). Adoption of a stripper header for a thaimade rice combine harvester. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 80,163–172.
- Matin, A. H. (1991). Industrial Ventilation: A guide to design and calculation for industrial hygienists. University of Tehran Press.
- Modares, A. M., Rostampour, V & Mardani, K. (2017). Design, fabrication and evaluation of a short-legged chickpea harvesting machine. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 49 (1), 83–94. (In Farsi)
- Mostafavand, H & Kamgar, S. (2013). Comparison between feeder and cutter mechanism, conventionally combine and hand pulling methodon chickpea harvest at different grain moisture contents. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4 (9), 2174 – 2178.
- Olatunde ,G.A., Atungulu,G. G & Smith, D.L. (2017). One-pass drying of rough rice with an industrial 915 MHz microwave dryer: Quality and energy use consideration, *Biosystems Engineering*, 155, 33–43.
- Panasiewicz, M., Sobczak, P., Mazur, J., Zawiślak, K & Andrejko, D. (2012). The technique and analysis of the process of separation and cleaning grain materials. *Journal of Food Engineering*, 109, 603–608.
- Pereira, G.C., de Souza, F.J & de Moro Martins, D.A. (2014). Numerical prediction of the erosion due to particles in elbows. *Powder Technology*, 261, 105–117.
- Rezvaniandefanayi, A & Nikbakht, A. (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.
- Rong, L., Elhadidi, B., Khalifa, H.E., Nielsen ,P.V & Zhang, G. (2011). Validation of CFD simulation for ammonia emissions from an aqueous solution. *Computers and Electronics in Agriculture*, 75 (2), 261–271.
- Perta, E., Agizza, M.A., Sorrentino, G. (2016). Study of aerodynamic performances of different wind tunnel configurations and air inlet velocities, using computational fluid dynamics (CFD). *Computers and Electronics in Agriculture*, 125, 137–148.