

مطالعه تجربی تأثیر وجود مکنده‌های جانبی بر کارایی محفظه ته‌نشینی دستگاه برداشت نخود

منصور زبیری^۱، وحید رستم‌پور^{۲*}، عادل رضوانی وند فنائی^۳ و علی محمد نیکبخت^۴

چکیده

محفظه‌های ته‌نشینی می‌توانند در ماشین‌های برداشت مجهز به سیستم مکش و انتقال پنوماتیکی محصول مانند دستگاه برداشت نخود کارایی داشته باشند. ایجاد نوآوری در ساختار سنتی محفظه‌های مرسوم تک مکشی و طراحی بهینه این محفظه‌ها می‌تواند باعث افزایش بازده ته‌نشینی محصول و کاهش مصرف انرژی این محفظه‌ها گردد. در این مطالعه با مقایسه یک محفظه مرسوم تک مکشی و یک طرح نوآورانه شامل محفظه مرسوم تک مکشی مجهز به دو مکنده جانبی کمکی، تأثیر وجود مکنده‌های جانبی بر روی بازده ته‌نشینی و دبی هوای مورد نیاز محفظه ارزیابی شد. همچنین برای درک عمیق‌تر تغییرات اتفاق افتاده، نحوه توزیع سرعت جریان هوا در داخل محفظه، افت فشار در داخل محفظه و مسیر حرکت غلاف‌ها بررسی شد. از سرعت‌سنج سیم داغ و فشارسنج برای اندازه‌گیری سرعت و فشار جریان هوا در نقاط مختلف محفظه استفاده شد. محفظه از جنس پلکسی‌گلس ساخته و برای مسیریابی غلاف‌های نخود از روش عکس‌برداری سریع استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از مکنده‌های جانبی کمکی، بازده ته‌نشینی غلاف‌ها را ۱۴/۷٪ افزایش داد و به مقدار ۹۴/۷٪ رساند. همچنین دبی هوای مورد نیاز محفظه ۳۵/۷٪ کاهش یافت. افت فشار داخلی محفظه نیز کاهش پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: بازده، مکنده‌های جانبی، محفظه ته‌نشینی، نخود.

ارجاع: زبیری م، رستم‌پور و، رضوانی وند فنائی ع، و نیکبخت ع. م. ۱۴۰۱. مطالعه تجربی تأثیر وجود مکنده‌های جانبی بر کارایی محفظه ته‌نشینی دستگاه برداشت نخود. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲۳: ۶۱-۶۷. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2022.10120.550>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه.

۲- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه.

۳- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه.

۴- استاد گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه.

* نویسنده مسئول: v.rostampour@urmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۰

مقدمه

گیاه نخود با نام علمی *Cicer arietinum L* شناخته شده و جز خانواده بقولات است. در ایران ۶۲/۸٪ از سطح زیرکشت حبوبات مربوط به نخود است (Ahmadi et al., 2018). تولید ۵٪ از نخود دنیا در ایران انجام می‌شود (Golpira et al., 2021). نتایج تحقیقات نشان داده است که استفاده از مکانیزم های غلاف‌چین می‌تواند کارایی خوبی در برداشت محصولات پاکوتاه مانند نخود و عدس داشته باشد و از نقطه ضعف اتصال بسیار ضعیف غلاف‌ها به بوته می‌توان به عنوان یک نقطه قوت در برداشت این محصولات استفاده نمود (Golpira et al., 2009; Tado et al., 1998). بر همین اساس محققین با توسعه یک مکانیزم غلاف چین انگشتی‌دار، اقدام به ساخت دماغه و دستگاه مخصوص برداشت نخود پاکوتاه نمودند (Modares et al., 2017). در این دستگاه برای جمع‌آوری غلاف‌های نخود از روی دماغه برداشت و کاهش تلفات ریزش، از سیستم مکش و انتقال پنوماتیکی استفاده شد، اما ارزیابی‌های مزرع‌ای نشان داد که ورود غلاف‌های نخود به درون مکنده دستگاه، باعث شکستگی ۵۰ درصدی دانه های نخود گردید. در نتیجه محققین برای جداسازی غلاف‌ها از جریان هوای حامل و جلوگیری از ورود این غلاف‌ها به درون مکنده دستگاه، اقدام به طراحی و ساخت یک محفظه ته‌نشینی مرسوم تک مکشی غلاف نخود نمودند و این محفظه را در مسیر انتقال غلاف‌ها و قبل از مکنده اصلی قرار دادند. ارزیابی‌ها نشان داد این محفظه ته‌نشینی دارای بازده عملکردی ۸۰٪ بود و برای افزایش بازده ته‌نشینی باید طراحی دقیق‌تری انجام شود. محفظه‌های ته‌نشینی ثقلی ساده‌ترین تجهیزات جداسازی ذرات از جریان هوای حامل بدون استفاده از فیلتر هستند. در این محفظه‌ها عامل جدا کننده، جریان هوا است، چنان‌که افزایش سطح مقطع بخشی از محفظه باعث کاهش سرعت جریان هوا و ته‌نشینی ذرات می‌شود. هر چقدر یک محفظه ته‌نشینی بتواند درصد ته‌نشینی بیشتر، دبی هوای مورد نیاز کمتر (مصرف انرژی کمتر) و افت فشار کمتری داشته باشد مطلوب‌تر خواهد بود. مزایای محفظه‌های ته‌نشینی ثقلی شامل امکان ساخت آسان، عدم وجود اجزای متحرک، هزینه‌های ساخت کم، هزینه تعمیر و نگهداری کم و افت فشار کم است (Panasiewicz et al., 2012). عواملی که بر بازده ته‌نشینی محفظه‌های ثقلی

تأثیر می‌گذارند، شامل ابعاد محفظه ته‌نشینی، یکنواختی تغذیه مواد، سرعت و رطوبت جریان هوا و نحوه مکش یا توزیع جریان هوا در داخل محفظه است (Wang et al., 2015; Rezvanivandefanayi et al., 2006). بنابراین تغییر وضعیت مکش و در نتیجه تغییر مسیرهای جریان هوا در داخل محفظه ثقلی از جمله پارامترهایی است که می‌توان از آن برای افزایش بازده ته‌نشینی محفظه و رسیدن به یک طراحی بهتر استفاده نمود. همچنین تغییر وضعیت مکش ممکن است روی میزان دبی هوای مورد نیاز محفظه (مصرف انرژی) تأثیرگذار باشد و باید مورد بررسی قرار گیرد. امروزه درصد بسیار زیادی از انرژی مصرفی دنیا در بخش کشاورزی مکانیزه مورد استفاده قرار می‌گیرد و در عین حال انرژی مورد نیاز برای برداشت محصول، جزء مهمی از هزینه‌های عملیاتی مزرعه است (Dehghan-Hesar & Kalantari, 2019).

در این تحقیق یک طراحی مرسوم تک مکشی از محفظه ته‌نشینی غلاف نخود و یک طراحی نوآورانه شامل محفظه تک مکشی مجهز به دو مکنده جانبی کمکی در نظر گرفته شد و با مقایسه تجربی این دو نوع طرح، اثر وجود مکنده‌های جانبی بر روی بازده ته‌نشینی غلاف‌ها، دبی هوای مورد نیاز محفظه، افت فشار داخلی محفظه و نحوه توزیع جریان هوا و مسیر حرکت غلاف‌ها در داخل محفظه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق می‌تواند منجر به بهبود فرآیند طراحی محفظه‌های ته‌نشینی کشاورزی و صنعتی گردد.

مواد و روش‌ها

محفظه ته‌نشینی یکی از اجزاء ضروری مربوط به سیستم مکش، انتقال و جداسازی، در دستگاه برداشت نخود پاکوتاه است. عملکرد محفظه‌های ته‌نشینی ثقلی بر این اصل متکی است که جریان هوا ذرات را در مسیری انتقال می‌دهد که ابعاد قسمتی از آن مسیر بنام اتاقلک ته‌نشینی، بزرگتر از ابعاد دیگر قسمت‌ها است، در نتیجه سرعت هوا در اتاقلک ته‌نشینی کاهش می‌یابد و منجر به جدا شدن ذرات از گاز حامل می‌شود. در شکل ۱ هندسه محفظه ته‌نشینی، مسیر ورود و انتقال مواد، موقعیت اتاقلک ته‌نشینی و نحوه ته‌نشینی یک ذره نشان داده شده است. در این تحقیق یک طراحی مرسوم تک مکشی از محفظه ته‌نشینی غلاف نخود (استفاده شده توسط Modares et

$$b = \frac{18 m Q}{D^2 r_s g a} \quad (۲)$$

در این معادلات a عرض و ارتفاع مقطع مربعی اتاقک ته‌نشینی (متر)، b طول اتاقک ته‌نشینی (متر) (شکل ۱)، Q دبی هوا (مترمکعب بر ثانیه)، V_w سرعت جریان هوا در اتاقک (متر بر ثانیه)، μ ویسکوزیته هوا (کیلوگرم بر متر ثانیه)، D قطر غلافها (متر)، ρ_s دانسیته غلافها (کیلوگرم بر مترمکعب) و g شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه) است. در این تحقیق برای ایجاد مکش اصلی از یک مکنده اصلی و برای ایجاد مکش‌های جانبی از دو مکنده جانبی استفاده شده است. هوای مکیده شده توسط مکنده‌های جانبی از طریق شکاف‌های موجود در قسمت بالایی و پایینی پوسته مکنده‌ها، از مکنده‌ها خارج می‌شد (شکل ۲). مشخصات ابعادی محفظه ته‌نشینی ساخته شده و مشخصات فنی مکنده‌های استفاده شده در جدول ۱ آورده شده است.

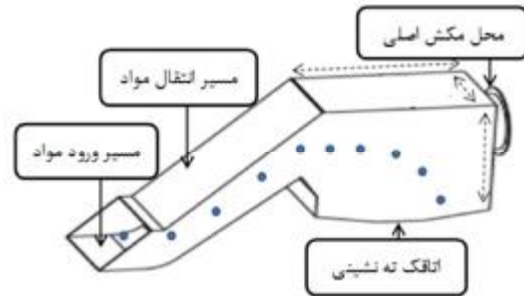
جدول ۱- مشخصات محفظه ته‌نشینی

| پارامتر | مقدار |
|---|------------------|
| سطح مقطع اتاقک ته‌نشینی (عرض \times ارتفاع) (متر) | 0.4×0.4 |
| طول اتاقک ته‌نشینی (متر) | ۰/۵ |
| قطر مجرای مکش اصلی (متر) | ۰/۲ |
| قطر مجرای مکش جانبی (متر) | ۰/۱ |
| بیشترین نرخ حجمی جریان مکنده اصلی (مترمکعب بر ساعت) | ۲۵۰۰ |
| بیشترین نرخ حجمی جریان مکنده‌های کمکی جانبی (مترمکعب بر ساعت) | ۱۹۲ |

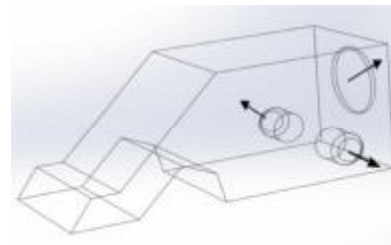
سامانه آزمایشگاهی

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد، برای انجام آزمون‌های تجربی، یک سامانه آزمایشگاهی با قابلیت ایجاد دو پیکربندی مختلف از محفظه ته‌نشینی ساخته شد. در این سامانه بر روی محفظه ته‌نشینی یک مجرای مکش اصلی (در راستای مسیر حرکت ذرات) ایجاد شد و بر روی این مجرا، مکنده اصلی نصب شد. همچنین روی محفظه ته‌نشینی و در قسمت پایینی آن دو مجرای مکش جانبی ایجاد شد و بر روی این مجراها دو عدد مکنده جانبی کمکی نصب شد. مکنده اصلی به وسیله یک الکتروموتور (۳ کیلو وات و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه) به حرکت درآمد و دور آن توسط یک Inverter مدل LG-5A کنترل شد. کنترل دور مکنده اصلی برای دستیابی به بیشترین بازده ته‌نشینی ضروری بود. در پیکربندی اول (وضعیت تک مکشی) فقط مکنده اصلی با دبی اسمی ۲۵۰۰ مترمکعب

(*al.*, 2017) و یک طراحی نوآورانه، شامل محفظه مرسوم تک مکشی مجهز به دو مکنده جانبی کمکی در نظر گرفته شد، و مقدار بازده ته‌نشینی، دبی مورد نیاز سیستم و نحوه توزیع جریان هوا و مواد در هر دو وضعیت بررسی شد. بنابراین پیکربندی‌های بررسی شده شامل محفظه تک مکشی (مکش اصلی) و محفظه چند مکشی (مکش اصلی و دو مکش جانبی) بودند.



شکل ۱- محفظه ته‌نشینی



(الف)



(ب)

شکل ۲ الف) شکل شماتیک مکنده‌ها به همراه مسیر خروجی هوا؛ ب) مکنده‌های جانبی قرار گرفته بر روی سیستم

ابعاد و هندسه اتاقک ته‌نشینی این محفظه‌ها (شکل ۱) بر اساس معادلات (۱) و (۲) محاسبه و ساخته شد (Matin, 1991).

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

داده‌برداری تجربی

برای محاسبه بازده ته‌نشینی (h) از معادله (۳) استفاده شد (Møller *et al.*, 2002):

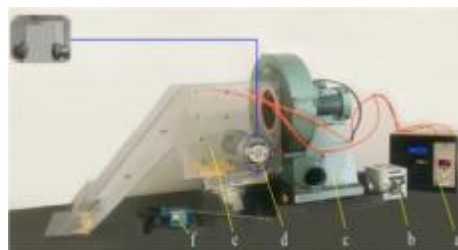
$$h = \frac{P_s}{P_t} \quad (3)$$

که در آن P_s و P_t به ترتیب تعداد غلاف‌های ته‌نشین شده و تعداد کل غلاف‌های تغذیه شده به داخل مسیر ورودی محفظه است. همچنین دبی هوای مورد نیاز سیستم با اندازه‌گیری سرعت جریان هوا در دهانه مکنده‌ها و سطح مقطع دهانه مکنده‌ها محاسبه گردید.

اندازه‌گیری سرعت جریان هوا در نقاط مختلف داخلی محفظه توسط یک سرعت‌سنج هوای سیم داغ (مدل TSI-8465، دقت ۰/۰۷ متر بر ثانیه، محدوده کاری ۰/۱۲۵ تا ۵۰ متر بر ثانیه) ساخت کشور آمریکا و اندازه‌گیری فشار داخلی محفظه توسط دستگاه فشار سنج (مدل KIMO-CPE310s) ساخت کشور فرانسه انجام گرفت.

چنان‌که در شکل ۵ مشاهده می‌گردد، مقادیر سرعت و فشار در ۱۶ نقطه، یعنی محل تقاطع چهار مقطع از طول محفظه (در راستای محور x موقعیت‌های $x=10$ ، $x=20$ ، $x=30$ ، $x=40$ سانتی‌متر منطبق با شماره‌های ۱ تا ۴) و چهار مقطع از ارتفاع محفظه (در راستای محور y از بالا به پایین در موقعیت‌های $y=5$ ، $y=15$ ، $y=25$ و $y=35$ سانتی‌متر منطبق با شماره‌های ۱، ۵، ۹ و ۱۳) مورد بررسی قرار گرفت. از نظر موقعیت عرضی (راستای محور z یا عرض محفظه) اندازه‌گیری‌ها دقیقاً در وسط محفظه و در فاصله $z=20$ سانتی‌متری از دیواره‌ها انجام شد. برای اندازه‌گیری سرعت، پروپ دستگاه سرعت‌سنج از طریق سوراخ‌های ایجاد شده وارد محفظه شد و شکاف مربوط به سیم داغ دستگاه در راستای عمود بر جهت جریان هوا قرار گرفت. برای جلوگیری از اثرگذاری سوراخ‌های اندازه‌گیری، روی ویژگی‌های جریان، نقاط اندازه‌گیری دور از دیواره‌ها در نظر گرفته شدند. اندازه‌گیری‌ها سه بار تکرار شد و از میانگین مقادیر به دست آمده استفاده گردید. چنان‌که در شکل ۵ مشاهده می‌گردد، اتافک ته‌نشینی به صورت چهار منطقه در نظر گرفته شد.

بر ساعت در حال کار بود ولی در پیکربندی دوم (وضعیت چند مکشی) علاوه بر مکنده اصلی دو عدد مکنده جانبی که هر کدام دارای دبی اسمی ۱۹۲ مترمکعب بر ساعت بودند نیز در حال کار بودند. با توجه به اینکه مجموع دبی هوای مکشی دو مکنده جانبی ۰/۱۵ درصد مکنده اصلی است این مکنده‌ها فقط قادر به ایجاد تغییراتی جزئی در وضعیت جریان اصلی هستند. در شرایط کاری واقعی مزرعه می‌توان از مکنده‌های مناسب‌تر با مشخصات فنی مکنده‌های استفاده شده در این تحقیق استفاده کرد.



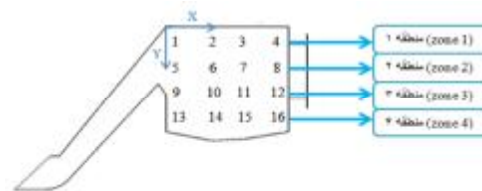
شکل ۳- سامانه آزمایشگاهی شامل: (a) اختلاف فشار سنج (b) Inverter (c) مکنده اصلی (d) مکنده جانبی (e) محفظه ته‌نشینی (f) سرعت‌سنج

برای اینکه چگونگی حرکت غلاف‌ها و نحوه ته‌نشین شدن آن‌ها قابل مشاهده و بررسی باشد، محفظه از جنس پلکسی‌گلس ساخته شد و از روش عکس‌برداری سریع و از دوربین دیجیتال Canon 700d برای مشاهده مسیر حرکت غلاف‌ها استفاده گردید (شکل ۴). این دوربین با توجه به قابلیت بالای تصویربرداری، از دقت تصویر ۱۸ مگاپیکسل، کیت لنز ۱۸-۱۳۵ میلی‌متری، سرعت تصویربرداری ۵۵ فریم بر ثانیه برخوردار است. در حین عکس‌برداری از پوشش مناسب در اطراف دوربین و سامانه استفاده گردید تا شرایط نوری مطلوب برای عکس‌برداری ایجاد شود.



شکل ۴- سیستم تصویربرداری و مسیریابی غلات

است. با مقایسه فریم‌های شماره ۲ در دو وضعیت، می‌توان به وضوح مشاهده کرد که در وضعیت تک مکشی، غلاف‌ها در حالت حرکت رو به بالا قرار دارند و دارای وضعیت بهتری جهت مکیده شدن به داخل مکنده اصلی و افزایش تلفات هستند، ولی وقتی مکنده‌های جانبی به محفظه اضافه شده است مسیر رو به بالای غلاف‌ها کمی به پایین متمایل شده و امکان ته‌نشینی غلاف‌ها (قبل از مکیده شدن توسط مکنده اصلی) بیشتر شده است. همچنین مقایسه غلاف‌ها در فریم شماره ۳ مربوط به دو وضعیت نشان می‌دهد که در وضعیت چند مکشی (وجود مکنده‌های جانبی) تعدادی از غلاف‌ها به سمت مکنده‌های جانبی کشیده شده‌اند و این پدیده باعث افزایش بازده ته‌نشینی شده است، ولی در وضعیت تک مکشی (بدون وجود مکنده‌های جانبی) غلاف‌ها در ارتفاع بالاتری قرار دارند و امکان کشیده شدن آنها به داخل مکنده اصلی و افزایش تلفات بیشتر شده است.



شکل ۵- نقاط اندازه‌گیری سرعت و فشار

نتایج و بحث

بازده ته‌نشینی و دبی هوای مورد نیاز سیستم

استفاده از مکنده‌های جانبی، بازده ته‌نشینی را نسبت به محفظه مرسوم تک مکشی، ۱۴/۷٪ افزایش داده و به مقدار ۹۴/۷٪ رسانده است. همچنین استفاده از مکنده‌های جانبی، میزان دبی هوای مورد نیاز محفظه را (در بیشترین بازده ته‌نشینی) نسبت به محفظه تک مکشی، به میزان ۳۵/۷٪ کاهش داده است. برای اینکه دلیل تأثیرگذاری مثبت مکنده‌های جانبی بر روی کارایی محفظه ته‌نشینی مشخص شود، در ادامه به مسیریابی جریان مواد در داخل محفظه، نحوه توزیع سرعت جریان هوا در داخل محفظه و افت فشار داخلی محفظه پرداخته شده است.

مسیریابی جریان مواد

در شکل ۶ تأثیر وجود مکنده‌های جانبی بر تغییر مسیر حرکت غلاف‌ها در داخل محفظه ته‌نشینی نشان داده شده

جدول ۲- بازده ته‌نشینی و دبی هوای مورد نیاز

| طراحی‌های محفظه | بازده ته‌نشینی (درصد) | دبی هوا (مترمکعب بر ساعت) |
|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| وضعیت تک مکشی | ۸۰ | ۸۴۷/۸ |
| وضعیت چند مکشی | ۹۴/۷ | ۶۰۱/۵ |



شکل ۶- جریان مواد: محفظه تک مکشی (ردیف بالا)، محفظه چند مکشی (ردیف پایین)

مشاهده می‌گردد استفاده از مکنده‌های جانبی (وضعیت چند مکشی) باعث گردیده است، متوسط سرعت جریان هوا در منطقه ۱ محفظه، یعنی موقعیت نقاط ۱، ۲، ۳ و ۴ که مربوط به بخش بالایی محفظه است به شکل کاملاً

سرعت جریان هوا

نتایج مربوط به مقادیر سرعت جریان هوا در ۱۶ نقطه مختلف، و در دو وضعیت متفاوت محفظه ته‌نشینی در شکل ۷ نشان داده شده است. چنان‌که در این شکل

می‌دهند. چنان‌که در این نمودارها مشاهده می‌گردد، استفاده از مکنده‌های جانبی باعث گردیده مقدار افت فشار داخل محفظه ته‌نشینی در اکثر نقاط کاهش یابد و این کاهش افت فشار سبب افزایش عمر سیستم به واسطه کاهش تنش‌ها و تعادل بیشتر سیستم و در نهایت عملکرد بهتر محفظه شود. تأثیر وجود مکنده‌های جانبی بر روی کاهش افت فشار می‌تواند به دلیل ایجاد وضعیت چند مکشی، توزیع یکنواخت‌تر جریان هوا در داخل محفظه ته‌نشینی و کاهش ۳۵/۷٪ دبی هوای مورد نیاز محفظه باشد.



شکل ۸- مقایسه افت فشار در داخل محفظه ته‌نشینی

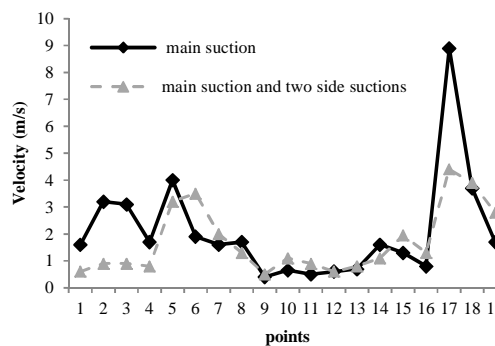
نتیجه‌گیری

در این تحقیق، بازده ته‌نشینی و دبی هوای مورد نیاز دو ترکیب‌بندی مختلف از محفظه ته‌نشینی غلاف نخود، شامل محفظه مرسوم تک مکشی و محفظه مرسوم تک مکشی مجهز به دو مکنده جانبی به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج زیر حاصل گردید:

- مکنده‌های جانبی با تغییر سرعت جریان هوا در مناطق مختلف محفظه، باعث تغییر مسیر حرکت غلاف‌ها به سمت بخش‌های پایینی محفظه و افزایش بازده ته‌نشینی و کاهش دبی هوای مورد نیاز محفظه می‌گردد.
- مکنده‌های جانبی باعث توزیع یکنواخت‌تر جریان هوا در داخل محفظه و در نتیجه کاهش دبی هوای مورد نیاز محفظه و در نتیجه کاهش افت فشار محفظه می‌شوند.

محسوسی کاهش یابد و این کاهش سرعت، منجر به کشیده شدن غلاف‌ها به سمت پایین محفظه و افزایش بازده ته‌نشینی شود. همچنین بررسی سرعت‌ها در منطقه ۲ نشان می‌دهد که استفاده از مکنده‌های جانبی باعث شده سرعت جریان هوا در نقطه ۸ که دقیقاً محل خروج غلاف‌ها از محفظه است کاهش یابد و این تغییر، قطعاً در کاهش تلفات (افزایش بازده ته‌نشینی) تأثیر مثبت داشته است. مقایسه نمودارهای دو وضعیت در منطقه ۳ نشان می‌دهد که استفاده از مکنده‌های جانبی باعث افزایش متوسط سرعت جریان هوا در منطقه ۳ محفظه، یعنی موقعیت نقاط ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ شده و این افزایش سرعت باعث کشیده شدن غلاف‌ها از منطقه ۲ محفظه به سمت پایین و افزایش بازده ته‌نشینی شده است. در منطقه ۴ نقطه ۱۵ بسیار نزدیک به مکنده‌های جانبی است و این عامل باعث افزایش هوا در این نقطه شده است.

مقایسه نمودارهای مربوط به دو وضعیت (شکل ۷) نشان می‌دهد که اختلاف نقاط قله و نقاط دره در نمودار مربوط به وضعیت چند مکشی (وجود مکنده‌های جانبی) نسبت به نمودار وضعیت تک مکشی (عدم وجود مکنده‌های جانبی) کمتر است و وجود مکنده‌های جانبی باعث توزیع یکنواخت‌تر جریان هوا در بخش‌های مختلف محفظه گردیده و این توزیع یکنواخت می‌تواند از جمله عواملی باشد که منجر به کاهش دبی هوای مورد نیاز سیستم جهت ته‌نشینی غلاف‌ها شده است.



شکل ۷- مقایسه سرعت هوا در داخل محفظه ته‌نشینی

افت فشار

نمودارهای شکل ۸ مقادیر افت فشار داخلی محفظه ته‌نشینی را در دو پیکربندی مختلف از این محفظه نشان

a cyclone separator. *Applied Mathematical Modelling*, 30: 1326-1342.

منابع

- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Abdshah, H., & Kazemian, A. (2018). *Agricultural Statistics of Iran. Ministry of Agriculture Jihad, Vol 1*. Information and Communication Technology Center of the Ministry of Agricultural Jihad Press. Iran, Tehran (In Persian).
- Dehghan-Hesar, H., & Kalantari, D. (2019). Design and evaluation of two new biomimetic blades for reducing the shear energy required for cutting herbal plants. *Journal of Agricultural Machinery*, 9 (2): 265-278. (In Persian).
- Golpira, H., Rovira-Más, F., Golpíra, H., & Saiz-Rubio, V. (2021). Mathematical model-based redesign of chickpea harvester reel. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 19(1): e0203.
- Golpira, H., Tavakoli, T., Khoshtagaza, M. H., & Minaei, S. (2009). Determining some mechanical properties of chickpea to use in the design of its harvesting machines. *Agriculture Science*, 19: 24-33. (In Persian).
- Konak, M., Carman, K., & Aydın, C. (2002). Physical properties of chickpea seeds. *Biosystem Engineering*, 82(I): 73-78.
- Matin, A. H. (1991). *Industrial Ventilation: A guide to design and calculation for industrial hygienists, Vol 1*. University of Tehran Press 34805. Iran, Tehran. (In Persian).
- Modares Motlagh, A., 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 Persian).
- Møller, H. B., Sommer, S. G., & Ahring, B. K. (2002). Separation efficiency and particle size distribution in relation to manure type and storage conditions. *Bioresource Technology*, 85(2): 189-196.
- Panasiewicz, M., Sobczak, P., Mazur, J., Zawislak, K., & Andrejko, D. (2012). The technique and analysis of the process of separation and cleaning grain materials. *Journal of Food Engineering*, 109: 603-608.
- Rezvanivandefanayi, A & 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.
- Tado, C. J., Wacker, P., Kutzbatch, H. D., & Suministrado, D.C. (1998). Development of stripper harvesters. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 71: 103-112.
- Wang, B., Xu, D. L., Chu, K. W., & Yu, A. B. (2006). Numerical study of gas-solid flow in

