بسمه تعالی

آزمایش ۴- اندازه گیری خواص جاری شدن مواد کشاورزی

(اصطکاک خارجی، زاویه پایداری تخلیه شدگی و پر شدگی)

درس خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی

مدرس: دکتر معصومی کارشناس: مهندس خورسندی

مقدمه: محصولات کشاورزی و مواد غذایی شامل غلات، بذرها، میوه ها و سبزی ها، توده سلولی و غیره در طی برداشت، حمل ونقل، فرآوری و ذخیره سازی، بر سطح اجزای ماشین آلات و یا ساختار اجزای ذخیره سازی، نیروهای اصطکاکی اعمال می کنند. دانستن مقدار این نیروهای اصطکاکی در طراحی تجهیزات و فرآیندها حائز اهمیت است. میزان نیروی اصطکاکی بر مقدار توان لازم برای حمل و نقل مواد تأثیر می گذارد. اصطکاک بین ذره جامد و نوار نقاله، تعیین کننده حداکثر زاویه ای است که نوار نقاله با افق برای انتقال مواد جامد بایستی داشته باشد. نیروهایی که ذرات بر دیوارهای سیلوها و دیگر ساختارهای ذخیره سازی تحت شرایط استاتیکی و شبه استاتیکی اعمال می کنند، نیز به اصطکاک ذرات با سطح جامد و اصطکاک داخلی (اصطکاک ذرات با یکدیگر یا اصطکاک بین ذرات) بستگی دارد.

هدف:

اندازه گیری اندازه گیری ضرایب اصطکاک محصولات کشاورزی

وسائل مورد نیاز:

سطح شیبدار، جعبه شفاف با درب کناری، جعبه مکعب مستطیلی و دانه‌های بذور مختلف

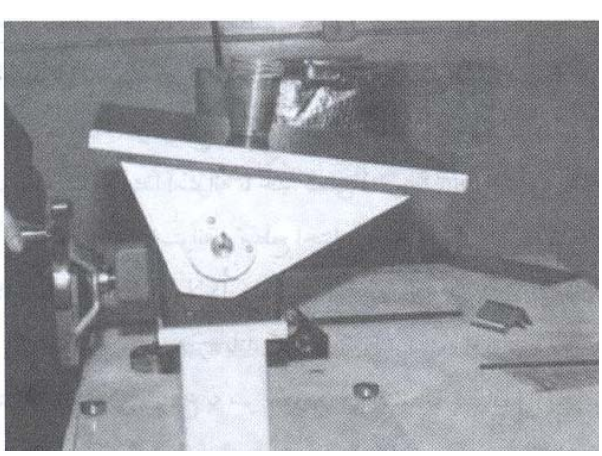
روش انجام آزمایش:

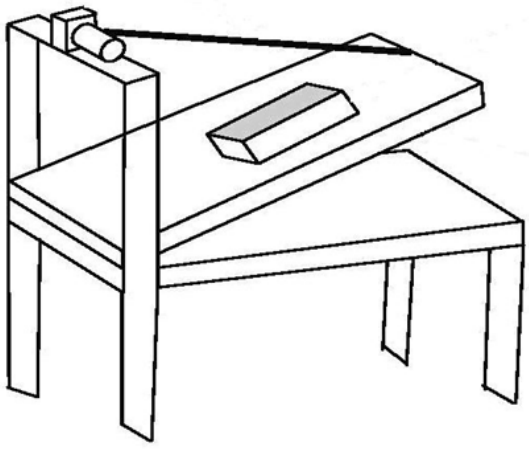
۱- اندازه گیری ضرایب اصطکاک

به طور کلی برای اندازه گیری ضرایب اصطکاک دو روش استاتیکی و دینامیکی در منابع علمی به شرح ذیل آورده شده است. از آنجا که ضریب اصطکاک استاتیکی از دینامیکی بیشر است، در طراحی‌ها به جهت ایمنی بیشتر از آن استفاده می‌کنند.

۱-۱- اندازه گیری ضرایب اصطکاک استاتیکی با استفاده از سطح شیب دار با شیب قابل تنظیم: ضریب اصطکاک استاتیک از طریق پرکردن یک استوانه پلاستیکی از جنس پلی وینیل کلراید (pvc) دارای قطر ۱۰۰ و ارتفاع ۵۰ میلی متر با نمونه و قرار دادن آن روی سطح اصطکاکی مورد نظر به دست می آید. در ابتدا استوانه تا حد کمی (تقریباً ۳ میلی‌متر) روی سطح مورد نظر بلند می شود تا از هر گونه تماس بین استوانه و سطح اجتناب شود. سطح اصطکاکی، جزئی از دستگاه است که در یک انتها لولا شده است، به طوری که می توان انتهای غیر لولادار را به آرامی به وسیله یک سیستم پیچ و مهره بلند کرد و بدین ترتیب زاویه ای (α) که نمونه های مورد نظر به همراه استوانه پلاستیکی شروع به سرخوردن می کنند، به عنوان زاویه اصطکاک استاتیکی بین نمونه و سطح اصطکاکی ثبت می شود(شکل ۴-۱). سپس ضریب اصطکاک استاتیکی از فرمول ۴-۱ به دست می آید. سطوح مختلفی مانند تخته چند لایه (مثلاً سه لایه یا پنج لایه)، فولاد نرم، فولاد گالوانیزه، لاستیکی، سیمانی و شیشه ای برای اندازه گیری ضریب اصطکاک مورد استفاده قرار می گیرند. در این روش به جای استوانه پلاستیکی می توان از جعبه ای به ابعاد ۴۰×۱۰۰×۱۵۰ میلی متر مکعب که بدون کف و درب است، نیز استفاده نمود.زاویه از یک مقیاس مدرج در کنار دستگاه قرائت می گردد.

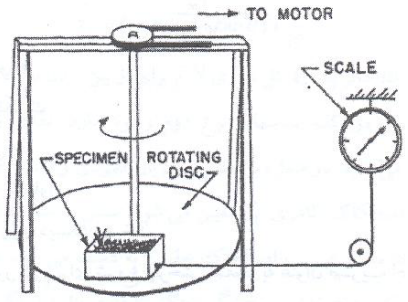
$$\mu_s = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \tan\alpha \qquad (۱-۴)$$





شکل ۴-۱- سطح شیب دار با شیب قابل تنظیم برای اندازه گیری ضریب اصطکاک استاتیکی

۱-۲- اندازه گیری ضرایب اصطکاک دینامیکی با استفاده از صفحه چرخان: این دستگاه از سه قسمت اصلی تشکیل شده است که شامل ظرف ثابت برای نمونه، واحد نیرو محرکه به همراه یک صفحه چرخان، سیستم ثبت داده ها می باشد (شکل ۴-۲):



شکل ۴-۲- دستگاه صفحه چرخان برای اندازه گیری ضریب اصطکاک دینامیکی

نمونه روی سطح چرخان گذاشته می شود و گشتاور لازم برای بازداشتن نمونه توسط سیستم ثبت داده ها اندازه گیری می شود. سپس ضریب اصطکاک استاتیک و دینامیک از طریق معادله زیر به دست می آید:

$$\mu = \frac{T_m}{w \times d} \qquad (۲-۴)$$

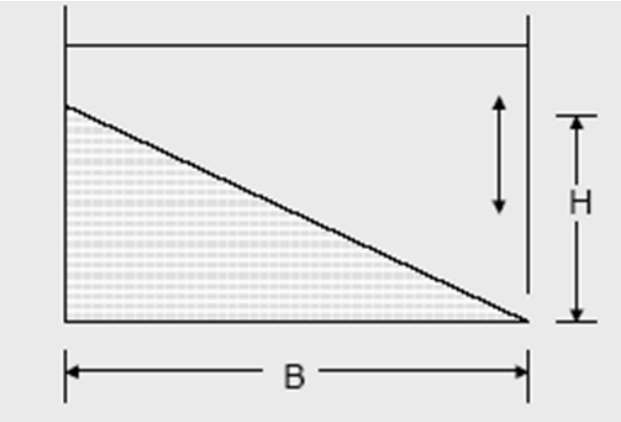
در این فرمول μ ضریب اصطکاک، T_m گشتاور، d طول بازوی گشتاور، w وزن نمونه روی دیسک چرخان می باشد. حداکثر گشتاور لازم برای شروع چرخش صفحه به عنوان ضریب اصطکاک استاتیک و مقدار متوسط گشتاور در طی چرخش صفحه به عنوان ضریب اصطکاک دینامیک در نظر گرفته می شود.

۲- زاویه های پایداری مواد دانه‌ای (Repose Angles)

وقتی مواد گرانولی از طریق دریچه ته یک مخزن یا سیلو تخلیه شده، یا وقتی که از طریق لوله یا دهانه ای به درون یک تغار یا روی یک سطح ریخته می شوند و تشکیل کپه (پشته) می دهند، ضریب اصطکاک بین ذرات بر زاویه ای که سطح

کپه با افق می سازد، تأثیر می گذارد. این زاویه را اصطلاحاً زاویه پایداری یا انباشتگی[1] می نامند. وقتی ماده غذایی از درون یک سیلو تخلیه می شود، به زاویه پشته باقی مانده در سیلو، زاویه پایداری تخلیه شدگی یا دینامیکی (Emptying) می گویند. اما وقتی ماده کشاورزی به درون یک سیلو یا روی یک سطح ریخته می شود، به زاویه کپه تشکیل شده، زاویه پایداری پرشدگی یا استاتیکی (Filling) می گویند. معمولاً زاویه پایداری تخلیه شدگی بزرگتر از پرشدگی است. زاویه پایداری تخلیه شدگی برای محاسبه مقدار مواد دانه‌ای باقی مانده درون یک سیلو با قاعده مسطح به کار می رود، وقتی که این مواد از طریق دریچه خروجی تعبیه شده در کف سیلو تخلیه می شوند. در حالی که زاویه پایداری پرشدگی برای تخمین مقدار ماده ای که درون مخازن دارای قاعده های مسطح انباشته می شوند، مورد استفاده قرار می گیرد. با افزایش رطوبت، زاویه پایداری افزایش می یابد.

۲-۱- اندازه‌گیری زاویه پایداری تخلیه شدگی: با استفاده از یک جعبه شفاف دارای درب کشویی انجام می گیرد، بدین ترتیب که جعبه ابتدا با ماده مورد نظر پر شده و سپس درب کشویی سریعاً به طرف بالا کشیده می شود تا مواد به طرف خارج تخلیه شود. مواد باقیمانده در جعبه یک کوپه طبیعی جعبه تشکیل می‌دهد (شکل ۴-۳). زاویه پایداری پس از اندازه گیری ارتفاع در دو نقطه شیبدار کوپه و فاصله افقی بین این دو نقطه و سپس جایگذاری در رابطه زیر به دست می-آید:

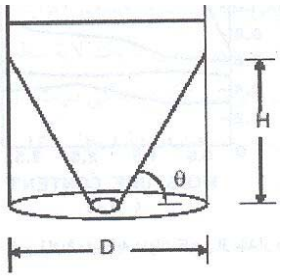


شکل ۴-۳- جعبه مستطیلی با یک دریچه جانبی برای اندازه گیری زاویه پایداری تخلیه شدگی

1- Angle of repose

$$\theta_e = \tan^{-1}\left[\frac{H}{B}\right] \qquad (۳-۴)$$

در بعضی مواقع به جای جعبه چوبی از یک مخزن استوانه ای مطابق شکل (۴-۴) استفاده می شود. در قاعده این استوانه سوراخی با قطر مشخص وجود دارد که پس از پر کردن استوانه با نمونه مورد نظر، این سوراخ باز شده و اجازه می دهد تا نمونه بر اساس نیروی وزن خود تخلیه شود. سپس ارتفاع پشته تشکیل شده درون استوانه اندازه گیری شده و زاویه ریپوز تخلیه از طریق رابطه زیر به دست می آید:

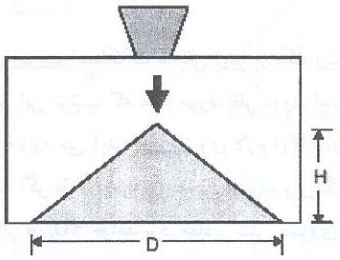


شکل ۴-۴- ظرف استوانه ای با یک سوراخ در قاعده آن برای اندازه گیری زاویه پایداری تخلیه شدگی

$$\theta_e = \tan^{-1}\left[\frac{2H}{D}\right] \qquad (۴-۴)$$

۲-۲- اندازه‌گیری زاویه پایداری پرشدگی: اندازه گیری زاویه پایداری پرشدگی با استفاده از یک جعبه چوبی مطابق شکل ۴-۵ انجام می گیرید. ناودانی در بالای جعبه تعبیه شده است که از طریق آن نمونه از ارتفاع مشخصی به درون جعبه سرازیر می شود. سپس زاویه پایداری پرشدگی از رابطه زیر به دست می آید:

$$\theta_f = \tan^{-1}\left[\frac{2H}{D}\right] \qquad (۵-۴)$$



شکل ۴-۵- جعبه چوبی با قیفی در بالای آن برای اندازه گیری زاویه پایداری پرشدگی