طراحی و ساخت سامانه میراکننده مجموعه چرخ گاوآهن‌های دوطرفه

علیرضا مهدویان[۱]، حسن عاقل[۲]، سعید مینایی[۳،*]، غلامحسن نجفی[۴]، محمد حسین آق‌خانی[۵]

۱، ۳ و ٤ – به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۲ و ۵ – به ترتیب استادیار و دانشیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

minaee@modares.ac.ir

چکیده:

در این پروژه سعی شده است تا با بهینه سازی مجموعه چرخ یک نمونه گاوآهن دوطرفه تولید داخل، مشکلات ایجاد صدا، دفرمه شدن (شکستگی، پیچش و تغییر شکل‌های دائمی) قطعات، افزایش تنش‌های موضعی و آسیب به سامانه هیدرولیک برطرف گردند. در هنگام چرخش چرخ گاوآهن، ضربه شدیدی در مجموعه گاوآهن ایجاد می‌شود که نیاز به بهینه سازی و طراحی سازوکاری برای میراندن و خنثی نمودن این ضربه احساس گردید. در این راستا ۵ ایده مطرح و با استفاده از روشی نظام‌مند، ایده برتر(سازوکار لنگ‌ولغزنده) از میان ۵ طرح اولیه انتخاب و محاسبات فنی، مدل سازی و ساخت این سازوکار انجام شد. پس از ساخت و نصب سازوکار لنگ‌ولغزنده بر روی گاوآهن برگرداندار، آزمایش‌های مقایسه‌ای غیر کمی و نظری با سامانه اصلی و موجود روی دستگاه صورت گرفت. نتایج حاصل از این مقایسه گویای این مطلب بود که نصب این سامانه روی دستگاه، ارتعاش و ضربه مجموعه را به شدت کاهش داده و عملکرد آنرا بهبود می‌بخشد.

لغات کلیدی: گاوآهن‌های دوطرفه، میراکننده، بهینه سازی، سازوکار لنگ‌ولغزنده

۱- مقدمه

مهمترین وسیله از سری ادواتی که در خاکورزی سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرد گاوآهن‌های برگردان‌دار است. این گاوآهن ها دارای دو ردیف خیش هستند (یک ردیف خیش‌های راست ریز و ردیف دیگر خیش‌های چپ ریز) که این دو با زاویه ۱۸۰ درجه نسبت به هم روی شاسی گاوآهن قرار گرفته اند. با این گاوآهن ها شخم از یک طرف قطعه زمین شروع و شیار در کنار شیار در آخر قطعه زمین خاتمه پیدا می‌کند. در هنگام شخم پس از اتمام یک شیار، وقتی که گاوآهن به حاشیه انتهایی می‌رسد، جای دو ردیف خیش بر روی شاسی عوض شده (به وسیله اهرم بندی مکانیکی یا سامانه هیدرولیک) و تراکتور در کنار شیار بوجود آمده شخم را در مسیر برگشت ادامه می‌دهد. بدین‌وسیله خاک شیار جدید در هنگام برگشت در همان جهتی که خاک شیار قبلی برگردانده شده برگردان می‌شود و شیار قبلی را پر می‌کند. در یک بررسی اجمالی می‌توان گفت که مزایای گاوآهن دو طرفه نسبت به دستگاه یک طرفه شامل نیاز به علامت گذاری کمتر، شخم یکنواخت‌تر، بازده زمانی بیشتر، تردد کمتر و در نتیجه تخریب کمتر ساختمان خاک می‌باشند. در کتاب های مختلف درباره طراحی، بهینه

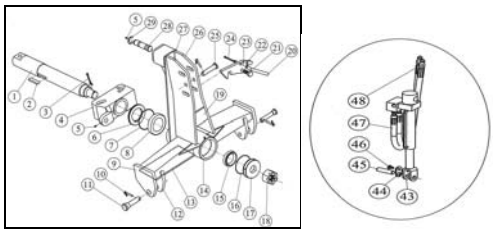
سازی و محاسبات سامانه ها، سازوکار ها و ادوات مکانیکی از جمله ادوات ماشین های کشاورزی مطالب موثری عنوان شده است [٦-١]. در تحقیقی، آزمایش و طراحی دینامیکی و ارتعاشی سامانه شش درجه آزادی برای شبیه سازی رفتار ارتعاشی تراکتور در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. در این تحقیق مشخص شد که متغیرهای تاثیر گذار بر عملکرد شامل بیشینه بار، بسامد تشدید و تنشهای مجاز، بر ارتعاش تراکتور تاثیر می گذارند. سپس قطعات مکانیکی و هیدرولیکی ساخته شده مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج آزمون ارتعاشی بیانگر بسامد ۱-۱۰HZ برای مجموعه بود (Hostens, *et al*. 1977). در زمینه بهینه سازی گاوآهن های برگردان دار، تحقیقاتی روی بخش های مختلف این دستگاه انجام شده است. بطور مثال در پژوهشی که با هدف بهینه سازی مصرف انرژی در خیش این دستگاه انجام پذیرفت با بررسی پارامتر های مؤثر در عملکرد (وزن مخصوص خاک، همچسبی، دگرچسبی، زوایای خیش، سرعت حرکت و عمق کار) خیشی با مصرف انرژی کمتر و بهینه طراحی گردید. نتایج مقایسه خیش بهینه شده و خیش تجاری نشان داد که نیروی کشش مخصوص خیش بهینه شده به میزان معنی داری کمتر است (D. S. Shrestha, *et al*. 1977). پژوهش دیگری که با هدف بررسی سختی و فنریت غیر خطی صندلی تراکتور بوسیله میراکننده‌های غیر یکنواخت انجام شد، نشان داد که چنانچه در بسامد های پائین از وضعیت فعال میراکننده با ضریب میرایی بالا استفاده شود و در وضعیت فرکانس بالای ارتعاش صندلی، ضریب میرایی پائین بکار برده شود، راننده در مقایسه با صندلی های متداول تراکتور احساس راحتی بیشتری خواهد داشت (G. Goss.& M. Duke ,2007).

۲- مواد و روش ها

۲-۱ گاوآهن مورد استفاده

در این پروژه گاوآهن‌های مدل GAK-RG3 گروه صنعتی قطعات آهنگری خراسان که از نوع دو طرفه سوار ۱+۲ خیش و ۱+۳ خیش می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفت. پیکره اصلی این گاوآهن‌ها را می‌توان به بخش‌های زیر تقسیم کرد. سه‌نقطه اتصال (شکل۱-الف)، شاسی (شکل ۲-ب)، خیش ها، جک هیدرولیک برای برگرداندن شاسی (شکل ۱-ب) و مجموعه چرخ پیش از بهسازی (شکل ۲-الف). با توجه به وزن زیاد گاوآهن (حدود kg ۹۰۰) با قرار گرفتن دستگاه در موقعیت حمل‌ونقل، چرخ با تحمل بخشی از وزن وسیله به حرکت آن کمک می‌نماید. هنگام کار گاوآهن در مزرعه نیز با تحمل بخشی از نیروهای قائم (عمود بر سطح زمین) از انتقال وزن بیش‌ازحد روی چرخ عقب تراکتور و واژگونی احتمالی آن جلوگیری می‌کند.

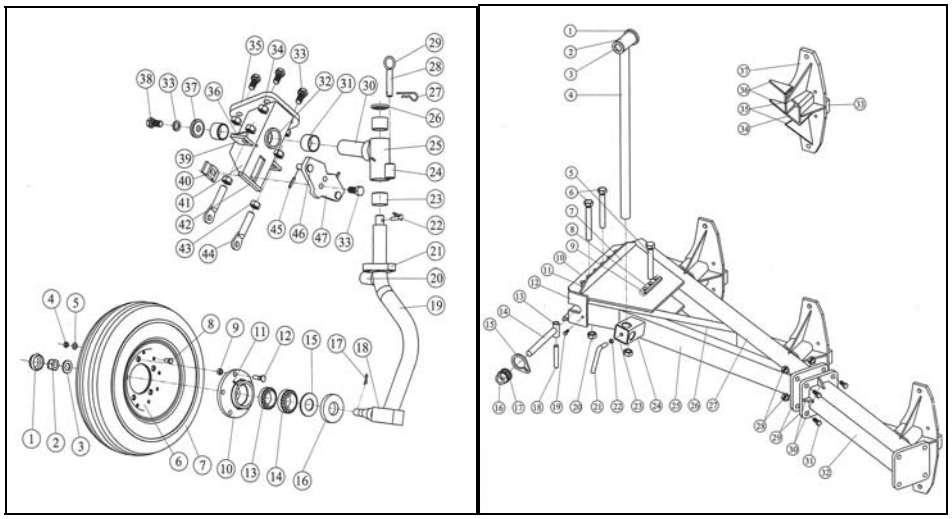
کلیه قطعات تشکیل دهنده مجموعه چرخ گاوآهن در شکل (۲-الف) نمایش داده شده است. این مجموعه پس از سوار شدن از طریق شاسی کوتاه اتصال و فلنج (شماره ۳۵) به فلنج انتهایی شاسی اصلی متصل می‌شود.



(ب) (الف)

شکل ۱: اجزای سه‌نقطه اتصال(الف) و جک هیدرولیک(ب)

نکته دیگر اینکه قطعه پروانه‌ای (شماره ٤٧) (مجموعه صفحه دوران)، در امتداد ریل خود به میزان ۵ سانتی متر قابلیت حرکت داشته و موجب محدودیت حرکت لاستیک و پایه خم دار به میزان حد اقل ۲۷۰ درجه می‌گردد و با این عمل میزان عمق شخم را تثبیت و تنظیم می‌نماید. هرچه محدودیت کمتر گردد یا به عبارتی قطعه پروانه‌ای (شماره ٤٧) به واسطه پیچ‌های تنظیم (شماره ٤٤) در موقعیت عقب تری قرار گیرد، عمق شخم کمتر خواهد بود. پایه تثبیت کوتاه (شماره ۲۰) جوش داده شده به سه راهی اتصال ضمن تماس با قطعه پروانه‌ای موجب محدودیت در حرکت چرخ می‌گردد.



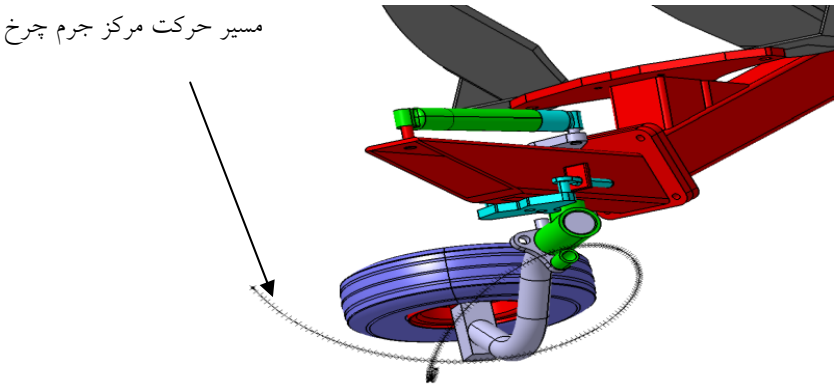
(ب) (الف)

شکل ۲: اجزای مجموعه چرخ پیش از بهسازی (الف) و بدنه اصلی گاوآهن(ب)

۲-۲ مشکلات مجموعه چرخ

این پروژه به منظور بهبود برخی ایرادات مجموعه چرخ اصلی انجام پذیرفت. شاخص‌های عملکردی این مجموعه که در این پروژه بیشتر مورد توجه و مطالعه قرار گرفت به شرح ذیل می‌باشد. رینگ، لاستیک و یاتاقان‌های این مجموعه جرمی‌در حدود ۲۸ کیلوگرم دارند و جرم پایه خم دار (شماره ۱۹) ۱۲ kg است. با توجه به متغیر بودن شتاب حرکتی در مسیر دوران، تعیین سرعت زاویه‌ای اجزا به منظور اندازه‌گیری تکانه آن‌ها کاری دشوار است. اما می‌توان بوسیله یک زمان‌سنج، زمان تقریبی یک سیکل دورانی چرخ که تقریباً ٤/٧ ثانیه می‌باشد را اندازه گیری نمود. البته این زمان شامل نیمه اول حرکت چرخ از زمین تا نقطه اوج نیز می‌باشد که در ایجاد ضربه تأثیری ندارد. زمان مؤثر در ایجاد ضربه از لحظه رسیدن چرخ به نقطه اوج مسیر حرکت خود (از نظر ارتفاع از سطح زمین) که در واقع لحظه شروع سقوط چرخ می‌باشد، آغاز و تا لحظه برخورد پایه تثبیت با قطعه پروانه‌ای ادامه دارد. این زمان بطور متوسط ۰/۹ s به طول می‌انجامد. مسیر حرکت مرکز جرم چرخ از لحظه سقوط تا رسیدن پایه تثبیت به پروانه‌ای و لحظه ضربه، در مدل پیش بینی نرم افزاری مسیر حرکت مشاهده می‌شود (شکل ۳) لازم به ذکر است که مسیر حرکت مرکز جرم چرخ پیش و پس از بهسازی یکسان است. در بحرانی ترین شرایط که چرخ می‌تواند ۲۷۰ درجه گردش نماید، با توجه به دور بودن جرم‌ها از مرکز دوران و سرعت زاویه‌ای زیاد مجموعه در هنگام ضربه واضح است که مجموعه متحرک، تکانه و مومنتوم زاویه‌ای زیادی را دارا می‌باشند، و از طرفی به علت خواص متالورژیکی فلزات و ذات برخورد دو فلز با یکدیگر که نتیجه آن زمان بسیار کوتاه برخورد می‌باشد ضربه

شدید رخ داده و نیروی بزرگی در محل ضربه ایجاد می‌شود. این نیروی بزرگ موجب بروز مشکلاتی می‌گردد که فهرست آنها در ادامه می‌آید:



شکل ۳: مدل پیش بینی نرم افزاری مسیر حرکت مرکز جرم چرخ پس از بهسازی

ایجاد صدا: هر نوع صدای شدید می‌تواند موجب بروز مشکلات ارگونومیک برای کاربر گردد.

تغییر شکل دائمی قطعات: بخشی از انرژی بسیار زیاد قطعات متحرک مجموعه چرخ پس از برخورد، به تدریج موجب تغییر شکل دائمی در قطعه محدود کننده حرکت (پروانه‌ای) و پایه تثبیت می‌شود.

تحریک تنش‌های موضعی: تشدید ضربه زمینه مساعدی را فراهم می‌آورد تا در صورت وجود ایرادات فنی در فرآیند تولید اجزای در معرض ضربه که به علت خطاهای انسانی غیر قابل پیش بینی هستند، (بطور مثال تنش‌های موضعی و محبوس که در فرایند جوشکاری ایجاد می‌گردند) از محل مستعد دچار تغییر شکل شدید یا گسیختگی می‌گردد.

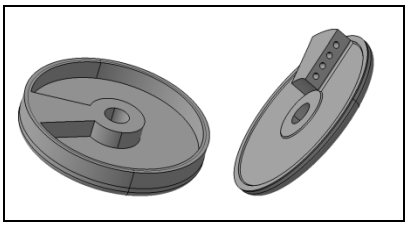
آسیب به سامانه هیدرولیک تراکتور: در لحظه برخورد، گاوآهن کاملاً در هوا معلق بوده و تنها تکیه گاه آن بازوهای سه گانه تراکتور است که هر سه به نوعی به شیر ها و کنترلرهای هیدرولیکی متصل اند. اگر چه از لحظه برخورد تا رسیدن موج حرکت گاوآهن به بازوهای اتصال به علت گذشت زمان، انرژی منتقله حالت ضربه‌ای خود را از دست خواهد داد و اندازه ضربه بسیار کوچک می‌شود، اما تکانه و مومنتوم آن باقی و ثابت خواهد ماند (بنا به اصل بقای تکانه) و تماماً از طریق بازوهای هیدرولیک به تراکتور انتقال می‌یابد. مسلماً با توجه به آسیب پذیری سامانه هیدرولیک تراکتور، این تکانه به مرور زمان موجب آسیب دیدگی سامانه به ویژه سیلر ها و اورینگ ها می‌شود.

۲-۳ ایده‌های مطرح شده

ایده‌های مطرح شده به منظور رفع مشکل مجموعه چرخ به شرح زیر می‌باشند.

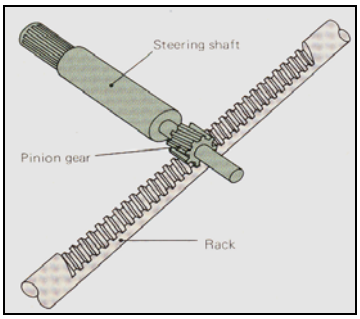
طرح میراکننده کولمب: در اولین و ساده ترین ایده یک فنر بشقابی یا یک فنر لول به همراه یک دیسک بشقابی با صفحه دوران اجزای متحرک در محل یاتاقان (سه راهی اتصال) تماس می‌یابد تا بوسیله اصطکاک خشک انرژی را میرا کند. فشار فنر را می‌توان به وسیله یک پیچ تنظیم تغییر داد.

میراکننده پیچشی: شامل یک میراکننده پیچشی است که از دو واحد سیلندر و پیستون تشکیل شده و نحوه قرار دادن آن در سازوکار مشابه میراکننده کولمب می‌باشد، با این تفاوت که مجموعه اجزای متحرک می‌بایست به پیستون و شاسی به سیلندر یا جداره میراکننده متصل شود (شکل ٤).



شکل ٤: شماتیک میراکننده پیچشی

میراکننده خطی و سازوکار چرخ‌دنده–شانه: میراکننده‌های خطی به لحاظ سادگی طراحی، در دسترس بودن، تنوع، عمر مفید و قیمت اولیه، بسیار مناسب تر از میراکننده‌های پیچشی می‌باشند. اما تنها مشکل در این سامانه مجموعه چرخ گاوآهن، حرکت پیچی آن است که می‌بایست به حرکت خطی تبدیل گردد. به این منظور می‌توان از سازوکار **چرخ‌دنده–شانه** استفاده نمود با این ترتیب که اجزای دوران کننده را به چرخدنده و پیستون میراکننده را به یک شانه به صورت صلب متصل نمود. به این ترتیب در صورت درگیر نمودن چرخ‌دنده–شانه می‌توان بوسیله میراکننده خطی انرژی جنبشی اجزای متحرک را مستهلک نمود (شکل ٥).

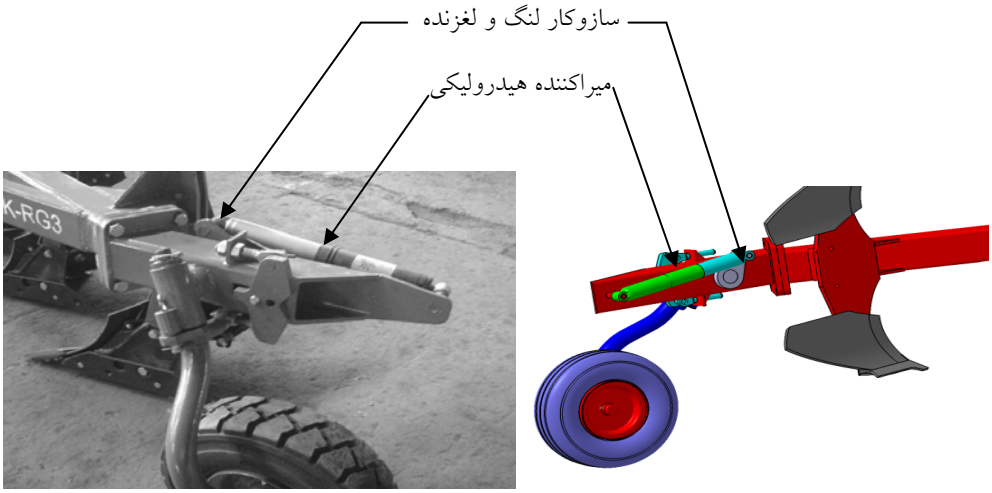


شکل ٥: شماتیک چرخ‌دنده–شانه

فنر پشت هد: در این ایده یک فنر، پشت قسمت‌های در حال تماس قرار داده می‌شود تا در لحظه وقوع ضربه با افزایش زمان بر خورد، اندازه ضربه را کاهش دهد.

سازوکار لنگ و لغزنده : همان‌گونه که در قسمت چرخ‌دنده–شانه مطرح گردید، چنانچه مشکل تبدیل حرکت دورانی به حرکت خطی مرتفع گردد، می‌توان از تمام مزایای میراکننده‌های خطی نرمال استفاده نمود. با بکارگیری یک لنگ ساده و سازوکاری شبیه به سازوکار لنگ و لغزنده می‌توان این طرح را عملی نمود. مدل شبیه‌سازی این ایده در شکل ٦ نشان داده شده است.

در این سازوکار سر ثابت میراکننده بوسیله یک پایه به شاسی متصل گردیده و انتهای میراکننده یا سر پیستون آن به لنگی که به مرکز دوران اجزای متحرک متصل است ارتباط داده شده با این ترتیب انرژی اجزای متحرک بوسیله میراکننده خطی مستهلک شده و موجب دفع ضربه شدید به سامانه می‌گردد.



(ب) (الف)

شکل ٦: (الف) شماتیک مدل سازوکار لنگ‌ولغزنده، (ب) تصویر واقعی از نمونه اولیه ساخته شده لنگ و لغزنده

٢-٤- انتخاب بهترین ایده

در این پروژه برای انتخاب ایده برتر از میان ایده‌های مطرح شده، از روشی نظام مند (جداول ١ تا ٧) استفاده گردیده. در این روش ابتدا به هر یک از طرح ها یک کد اختصاص می‌یابد. سپس با توجه به اولویت‌ها و شرایط خاص زمانی و مکانی، معیارهایی برای سنجش برتری ایده ها نسبت به یکدیگر مطرح می‌شود. اکنون با توجه به اهمیت هر معیار طی سازوکاری که در زیر به آن اشاره می‌شود، به هر معیار یک وزن و ضریب اختصاص می‌یابد. سپس تمام طرح‌ها در جداولی جداگانه نسبت به هر معیار سنجیده شده و با یکدیگر مقایسه می‌شوند. در پایان برآیند نتایج جداول مقایسه در جدولی جداگانه وارد و وزن معیار ها نیز در آن تأثیر داده می‌شود. واضح است که ایده‌ای که بیشترین وزن مجموع را به خود اختصاص دهد ایده برتر و طرح انتخابی خواهد بود.

اندیس گذاری ایده ها به شرح زیر است:

میراکننده کولمب (A)، چرخ‌دنده–شانه (B)، میراکننده پیچشی (C)، لنگ‌ولغزنده (D)، فنر پشت هد (E)

در بررسی اولیه طرح ها با توجه به این مطلب که در طرح فنر پشت هد اگر چه تا حدی از میزان ضربه و صدای ایجاد شده کاسته می‌شود اما با این حال مسئله تکانه که موجب آسیب دیدن اجزای هیدرولیکی تراکتور می‌گردد، همچنان به قوت خود باقی است و نمی‌توان از این نقیصه چشم پوشی نمود. از سوی دیگر با در نظر گرفتن مسئله جهش چرخ در کورس برگشت فنر به دلیل عدم جذب انرژی در فنرها که می‌تواند مشکلات ثانویه و حتی خطراتی را ایجاد نماید، می‌توان به این نتیجه رسید که ایده فنر پشت هد نا کارآمد بوده و می‌توان آنرا از میان ایده‌های مورد بررسی حذف نمود. در ادامه فرآیند گزینش ایده نهایی چند خاصیت و معیار به منظور سنجش ایده‌ها مطرح شد تا به وسیله آنها بتوان ایده برتر را انتخاب نمود. این معیار ها عبارتند از: معیار ١ برتری طرح به لحاظ فاکتورهای ظاهری (زیبایی، سادگی، تناسب اجزا و . . .)، معیار ٢ عملی شدن و قابلیت اجرا (با توجه به توان تولیدی خط تولید)، معیار ٣ هزینه تمام شده تولید، معیار ٤ تعمیر و نگهداری کم و آسان، معیار ٥ توانایی در کاهش تکانه مجموعه با توجه به موقعیت مکانی زاویه‌ای چرخ. اولویت بندی معیار ها خود دارای فرآیند خاصی است، در این روش علامت + در هر خانه از جدول نشان دهنده اهمیت بیشتر معیار یا طرح مورد

ارزیابی واقع در ردیف نسبت به طرح یا معیار واقع در ستون مربوطه می‌باشد. r برابر تعداد + های هر ردیف، n کل + های جدول و r/n امتیاز کل نسبتی هر معیار یا طرح مورد ارزیابی می‌باشد. در آخرین جدول با تأثیر دادن وزن نسبی معیار ها در امتیاز کل هر طرح نسبت به آن معیار و جمع کردن کل امتیازهای بدست آمده از برای هر معیار، امتیاز نهایی هر ایده محاسبه می‌گردد. ارزش گذاری معیارها از نظر اهمیت با در نظر گرفتن تمام عوامل دخیل به شرح زیر(جداول ۱ تا ۷) است:

جدول ۱- وزن نسبی معیار ها

معیار	۱	۲	۳	٤	٥	r	r/n
۱			+			۱	۰/۱۱
۲	+		+			۲	۰/۲۲
۳						۰	۰/۰۰
٤	+		+			۲	۰/۲۲
٥	+	+	+	+		٤	۰/٤٤
						n=۹	۱/۰۰

جدول ۲- امتیاز کل اهمیت نسبی ایده‌های اولیه نسبت به معیار ارزیابی "فاکتورهای ظاهری طراحی"

ایده	A	B	C	D	r	r/n
A		+			۱	۰/۲۰
B					۰	۰/۰۰
C	+	+		+	۳	۰/٦۰
D		+			۱	۰/۲۰
					n=٥	۱/۰۰

جدول ۳ - امتیاز کل اهمیت نسبی ایده‌های اولیه نسبت به معیار ارزیابی "قابلیت اجرا"

ایده	A	B	C	D	r	r/n
A		+	+	+	۳	۰/٥۰
B			+		۱	۰/۱۷
C					۰	۰/۰۰
D		+	+		۲	۰/۳۳
					n=٦	۱/۰۰

جدول ٤ – امتیاز کل اهمیت نسبی ایده‌های اولیه نسبت به معیار ارزیابی "هزینه تمام‌شده تولید"

ایده	A	B	C	D	r	r/n
A		+	+	+	٣	٠/٥٠
B			+		١	٠/١٧
C					٠	٠/٠٠
D		+	+		٢	٠/٣٣
					n=٦	١/٠٠

جدول ٥ – امتیاز کل اهمیت نسبی ایده‌های اولیه نسبت به معیار ارزیابی "تعمیر و نگهداری کم"

ایده	A	B	C	D	r	r/n
A					٠	٠/٠٠
B	+				١	٠/١٧
C	+	+			٢	٠/٣٣
D	+	+	+		٣	٠/٥٠
					n=٦	١/٠٠

جدول ٦ – امتیاز کل اهمیت نسبی ایده‌های اولیه نسبت به معیار ارزیابی "کاهش تکانه"

ایده	A	B	C	D	r	r/n
A					٠	٠/٠٠
B	+				١	٠/٢٠
C	+				١	٠/٢٠
D	+	+	+		٣	٠/٦٠
					n=٥	١/٠٠

جدول ٧ – امتیاز نهایی ایده‌های اولیه نسبت به معیار ها

	میراکننده کولمب	چرخ‌دنده–شانه	میراکننده پیچشی	لنگ‌ولغزنده
برتری طراحی	٠/٢٠×٠/١١	٠/٠٠×٠/١١	٠/٦٠×٠/١١	٠/٦٠×٠/١١
قابلیت اجرا	٠/٥٠×٠/٢٢	٠/١٧×٠/٢٢	٠/٠٠×٠/٢٢	٠/٣٣×٠/٢٢
هزینه تولید	٠/٥٠×٠/٠٠	٠/١٧×٠/٠٠	٠/٠٠×٠/٠٠	٠/٣٠×٠/٠٠
تعمیر و نگهداری	٠/٠٠×٠/٢٢	٠/١٧×٠/٢٢	٠/٣٣×٠/٢٢	٠/٥٠×٠/٢٢
کاهش مومنتوم	٠/٠٠×٠/٤٤	٠/٢٠×٠/٤٤	٠/٢٠×٠/٤٤	٠/٦٠×٠/٤٤
M_f	**٠/١٣٢**	**٠/١٦٢**	**٠/٢٢٦**	**٠/٤٦٨**

همانطور که نتیجه سازوکار رتبه‌بندی ایده ها نشان می‌دهد طرح سازوکار لنگ‌ولغزنده در رتبه بهتر و اولویت بالا تری از سایر ایده ها قرار گرفت (بیشترین M_f).

۵-۲ محاسبات مربوط به طرح لنگ‌ولغزنده

چنانچه سرعت زاویه‌ای متوسط ω را برای حرکت سامانه در نظر بگیریم، از آنجا که در بحرانی ترین شرایط، چرخ ۱۳۰ درجه کامل سقوط می‌کند و با در نظر گرفتن زمان ۰/۹ s که زمان اندازه گیری شده برای حرکت سقوط آزاد سامانه (بدون میراکننده) می‌باشد. خواهیم داشت:

$$\theta = 130^\circ = 2/27\ rad \rightarrow \omega = \frac{2/27}{0/9} = 2/5\ rad/s \quad (1)$$

به منظور برآورد انرژی جنبشی جسم از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$K = \frac{1}{2} j_{eq}\, \omega^2 \quad \uparrow \quad j_{eq} = m_1 l_1^2 + \frac{2}{3} m_2 l_2^2 \quad (2)$$

K : تکانه اجزای در حال دوران ($kg.m^2/s^2$)؛ j_{eq} : ممان اینرسی معادل اجزای دورانی ($kg.m^2$)؛ ω: سرعت‌زاویه‌ای متوسط (rad/s)؛ m_1 : جرم چرخ و رینگ (kg)؛ m_2 : جرم پایه خم دار (kg)؛ l: فاصله جرم ها از مرکز دوران (m)

$$\rightarrow j_{eq} = 28 \times 0/7^2 + \frac{2}{3} \times 12 \times 0/7^2 = 17/64\ \ kg.m^2 \quad (3)$$

$$\rightarrow K = \frac{1}{2} \times 17/64 \times 2/5^2 = \ 55\ \ (kg.m^2/s^2)$$

برای دمپر های خطی رابطه ٤ صادق است[٤].

$$\Delta w = c.\bar{v}.d = \frac{cd^2}{t} \quad (4)$$

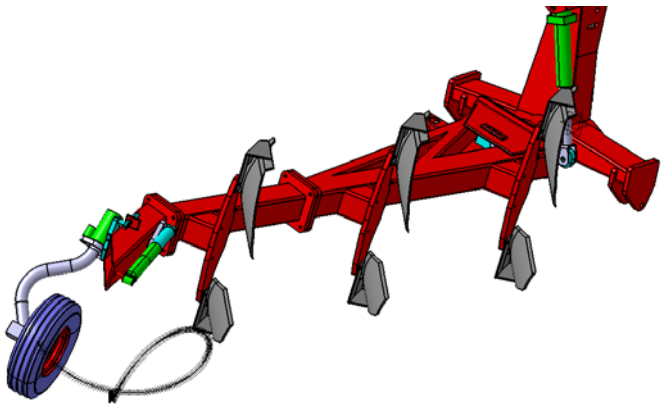
Δw: میزان انرژی میرانده شده توسط میراکننده(J)؛ c: ضریب میرایی میراکننده($N.s/m$)؛ d: مسافت طی شده پیستون (m)؛ $\bar{v}$: سرعت متوسط پیستون (m/s)؛ t: زمان طی شدن مسافت توسط پیستون (s)

براساس آزمایش می‌توان دریافت، چنانچه سقوط چرخ حداقل ۳ s به طول انجامد، این برخورد اثر ضربه‌ای نخواهد داشت. همچنین از آنجاکه کورس نرمال اغلب میراکننده‌ها حدود ۲۰ cm می‌باشد، براساس رابطه فوق می‌توان گفت:

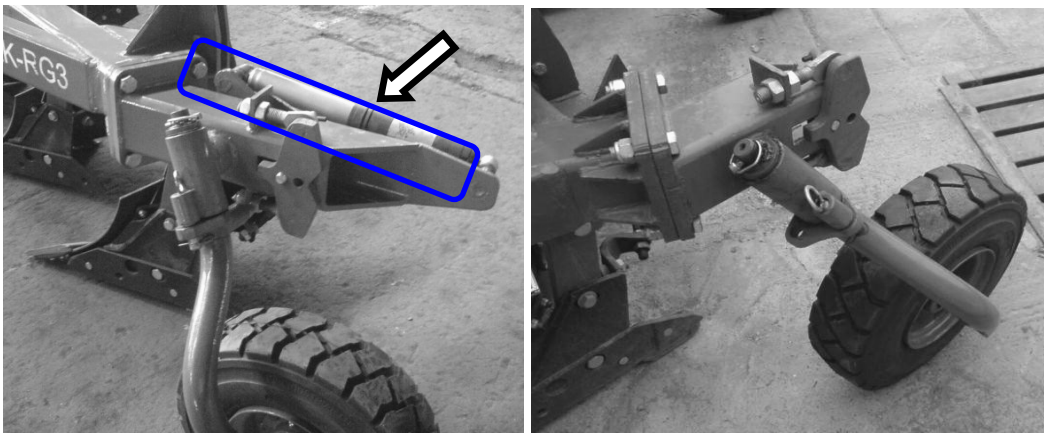
$$c = \frac{88 \times 3}{0/2^2} = 4125\ \ N.s/m \quad (5)$$

میراکننده تهیه شده با ضریب فوق دارای حداکثر طول کورس ۲۲ cm بود که با در نظر گرفتن ۲۰ cm کورس مفید برای آن و با توجه به دو برابر بودن کورس مفید نسبت به شعاع لنگ در سازوکار لنگ‌ولغزنده، لنگی با شعاع ۱۰cm برای این مجموعه منظور گردید. مدل سه بعدی کل گاوآهن پس از سوار شدن سازوکار لنگ و لغزنده در شکل ۷ نشان داده شده است. مجموعه چرخ گاوآهن پیش و پس از بهینه سازی در شکل ۸ نشان داده شده است. پس از ساخت نمونه اولیه با شبیه سازی شرایط سقوط چرخ (معلق نگهداشتن دستگاه به وسیله جرثقیل) و اندازه گیری زمان سقوط، نتیجه حاکی از سه برابر

شدن زمان سقوط و در نتیجه $\frac{1}{3}$ برابر شدن اندازه تکانه بوده، همچنین کاهش شدید صدای برخورد پس از بهسازی مجموعه کاملاً آشکار می‌باشد.



شکل۷: مدل سه بعدی کل گاوآهن پس از مونتاژ



(ب) (الف)

شکل ۸: (الف) مجموعه چرخ گاوآهن پیش از بهینه سازی، (ب) مجموعه چرخ بهینه شده به‌وسیله سامانه میراکننده

۵- نتایج و بحث

به منظور رفع مشکلات (ایجاد صدا، تغییر شکل قطعات، تحریک تنش‌های موضعی و آسیب به سامانه هیدرولیک) مشاهده شده در مجموعه چرخ گاوآهن دوطرفه سوار که به علت وجود تکانه زیاد در اجزای در حال دوران مجموعه چرخ ایجاد می‌گردید تحقیق حاضر انجام پذیرفت. پس از ارزیابی طرح‌های اولیه (میراکننده کولمب، میراکننده پیچشی، سازوکار چرخ‌دنده–شانه، سازوکار فنر و سازوکار لنگ و لغزنده) با استفاده از روشی نظام مند اقدام به رتبه‌بندی ایده ها گردید و سپس برترین طرح از میان آنها انتخاب شد (طرح سازوکار لنگ و لغزنده). پس از انتخاب طرح بهینه، مدل سازی و محاسبات فنی انجام پذیرفت (برای مطابقت فیزیکی اجزای جدید با گاوآهن و همچنین پاسخگوئی مناسب به نیازها) و نمونه اولیه دستگاه ساخته شد. پس از ساخت نمونه اولیه ی طرح بهینه شده، آزمایشهای غیر کمی و مشاهده ای حاکی از بهبود عملکرد سامانه، کاهش ارتعاش و صدای غیرعادی (Noise) بود.

سپاسگزاری

از شرکت قطعات آهنگری خراسان به دلیل در اختیار قرار دادن مواد، تجهیزات و وسایل آزمایشگاهی و همکاری کارشناسان واحد طراحی، تحقیق و پژوهش، بازرگانی و مدیریت آن شرکت محترم تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

۱. افضلی، م. ملکان، م. ۱۳۸۳. بیر، فردیناند. جانسون، راسل، مقاومت مصالح ، چاپ سوم، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، تهران.

۲. امیر فضلی، ع. ۱۳۸۰. روشهای طراحی در مهندسی، چاپ اول، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، تهران.

۳. بهروزی لار، م. عقبائی، ر. ۱۳۸۰. هانت ،دانل.آر. ، مدیریت تراکتور و ماشینهای کشاورزی، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

٤. پوستی، ب. ١٣٨٤. رائو ،اس.اس. ارتعاشات مکانیکی ، چاپ سوم، انتشارات متفکران، تهران.

۵. سینایی، ع. ١٣٨٤. مریام ،ال.جی. ، کریگ ،جی.ال.، دینامیک مهندسی مکانیک ، چاپ هشتم، انتشارات جهان فردا، مشهد.

٦. منصوری راد، ب. ۱۳۸۳. مکانیک تراکتور وماشین های کشاورزی، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا ، همدان.

7. Hostens; J. Anthonis; P. Kennes; H. Ramon, Six-degrees-of-freedom Test Rig Design for Simulation of Mobile Agricultural Machinery Vibrations, *Journal of agric. Engng Res.*, 2000, 77 (2), 155-169.
8. D. S. Shrestha; G. Singh; G. Gebresenbet, Optimizing Design Parameters of a Mouldboard Plough, *Journal. agric. Engng Res.* (2001) 78 (4), 377d389
9. M. Duke; G. Goss , Investigation of Tractor Driver Seat Performance with Non-linear Stiffness and On–off Damper , Biosystems Engineering (2007) 96 (4), 477–486

Designing and manufacturing damping mechanism for whele set of two-way moldboard plough

The aim of this research is to design, analysis and manufacture of damping mechanism for optimizing of two-way moldboard plough. It has aimed to solve the moldboard problems such as sound generation, pieces deformation and increase (increasement) of local stresses and damages to hydrolic system whit optimizing of whele set. while rotation of the plow wheel, severe impact generates in plow due to high distance between rotational components and rotation center and high angular velocity. This severe impact showes a need to optimize and design a system for damping of this energy and reduction of the impact intensity. For this purpose, five items (colomb damper, torsion damper, rake and pinion system, crank and slider mechanism) were evaluated for determination of the best one in optimization process. By using of systematic method, the best selected item was the crank and slider that technical calculations, modeling and manufacturing of this mechanism were carried out. The results of observational compare with old system revealed that the additional components decreased of the impact intensity and improved system operations.