

بررسی پایداری استاتیکی و دینامیکی تراکتور پا بلند مدل ITM 285 HC

روح اله شمسی^۱ و سعادت کامگار^۲، احسان مشکانی فراهانی^۳

چکیده

طبق آمارهای موجود بیش از ۳۰٪ حوادث منجر به مرگ در کشاورزی مربوط به تراکتور بوده که از این عامل بیش از ۴۷٪ آن مربوط به واژگونی تراکتور می باشد. لذا مبحث ایمنی تراکتورهای کشاورزی از موضوعات اساسی در طراحی و کاربری این ماشینهاست. در این تحقیق یک دستگاه تراکتور پا بلند مدل ITM 285 HC ساخت کارخانه تراکتور سازی ایران از نظر پایداری مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی تعادل طولی و جانبی، موقعیت مرکز ثقل تراکتور، زوایای بحرانی تعادل استاتیکی طولی و جانبی، حداکثر کشش مالبندی، ضریب پایداری، حداقل شعاع دور زدن به سمت چپ و راست و حداکثر سرعت جاده ای تراکتور تعیین گردید. برای حصول ایمنی راننده تراکتور هنگام آزمایش، سازه محافظ در برابر واژگونی (ROPS) طراحی، ساخته و بر روی تراکتور نصب گردید. نتایج نشان داد که در این تراکتور، موقعیت مرکز ثقل نامناسب و زوایای بحرانی تعادل استاتیکی، کمتر از حد استاندارد بوده؛ و کشش مالبندی، شعاع دور زدن و سرعت پیشروی جاده ای می توانند خطرات جدی برای پایداری تراکتور بوجود آورده؛ و به طور کلی استفاده از این تراکتور بدون رعایت هشدارهای ایمنی مخاطره آمیز است. به منظور افزایش ایمنی و بهینه سازی عملکرد تراکتور، کاهش قطر چرخهای محرک با حفظ ارتفاع شاسی، افزایش فاصله طولی و عرضی بین چرخهای تراکتور، استفاده از وزنه های تعادل و پایین آوردن موقعیت مرکز ثقل با ایجاد تغییرات در ساختمان تراکتور پیشنهاد می گردد.

کلمات کلیدی: تراکتور، تراکتورهای پابلند، پایداری، کشش مالبندی، ایمنی تراکتور

مقدمه

موجودی بیش از ۳۰٪ حوادث منجر به مرگ در کشاورزی مربوط به تراکتور بوده که از این عامل بیش از ۴۷٪ آن مربوط به واژگونی تراکتور می باشد (۲). لذا مبحث ایمنی تراکتورهای کشاورزی از موضوعات اساسی در طراحی و کاربری این ماشینهاست که قبل از به کار گیری آنها باید طبق آخرین استانداردهایی که توسط مؤسسات معتبر بین المللی تدوین و اعلام شده، مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند. از بین عوامل مختلف ایمنی تراکتور، پایداری آن اهمیت بیشتری

کاربرد روز افزون ماشینهای کشاورزی، اگر چه آسایش کشاورزان و افزایش عملکرد محصولات و صرفه جویی در زمان و هزینه ها را در پی داشته، اما باعث بوجود آمدن خطرات و آسیبهایی برای کاربران این ماشینها و حتی حوادث منجر به مرگ شده است. طبق آمارهای

- ۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بخش مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شیراز
- ۲- استادیار بخش مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شیراز
- ۳- دانشجوی کارشناسی بخش مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه شیراز

دارد. برخی از عوامل تأثیر گذار بر پایداری تراکتور شامل: ارتفاع و سرعت اولیه مرکز ثقل، فاصله عرضی و طولی بین چرخها، جرم و اینرسی تراکتور، نسبت ضربه گیری و ضریب فنری لاستیک، شتاب زاویه ای، سیستم فرمان و ترمز، گشتاور موتور، ضریب خالص گیرایی، ضریب نیروی جانبی و زاویه سرخوردگی لاستیک، ابعاد سطح تماس چرخ با خاک و مقاومت غلتشی آن می باشد (۷).

یکی از انواع تراکتورهای کشاورزی تراکتور پا بلند می باشد که به علت تفاوت در موقعیت مرکز ثقل و برخی متغیرهای دیگر، عوامل سه گانه محدود کننده عملکرد آن که شامل توان موتور، تعادل تراکتور و گیرایی چرخهای محرک هستند (۱) و بویژه تعادل و پایداری از اهمیت مضاعفی برخوردار بوده و بررسی آنها ضروری می باشد.

در ۸۰ سال گذشته تحقیقات قابل توجهی در زمینه دینامیک و پایداری تراکتور انجام گرفته که بیشتر حول واژگونی طولی و واژگونی جانبی بوده است. اولین اندیشه اساسی در مورد دینامیک و پایداری تراکتور در سال ۱۹۲۰ توسط مک کین پایه گذاری شد (۱۰). مک کورمیک (۹) و ورتینگتون (۱۷) تحقیقاتی در مورد واژگونی جانبی تراکتور در دور زندهای سریع در شعاع کم بر روی زمین مسطح انجام دادند. لارسن و لیل جدال (۸) با استفاده از یک مدل ریاضی رفتار واژگونی جانبی را شبیه سازی نموده و توانستند با استفاده از این مدل زمان واژگونی جانبی را پیش بینی نمایند. اسمیت و همکارانش (۱۵) در تحقیقات خود نشان دادند که واژگونی جانبی تراکتور در دو مرحله صورت می گیرد: در

مرحله اول تراکتور حول محوری فرضی که نقطه اتصال آکسل جلو به شاسی رابه نقطه تماس با خاک در یکی از چرخهای عقب متصل می کند، و در مرحله دوم حول محوری فرضی که نقاط تماس چرخهای جلو و عقب یک طرف تراکتور با خاک را به هم متصل می کند، شروع به چرخش می کند.

چی شولم (۵) معادله تعادل نیرو و جابجایی در هر نقطه تماس تراکتور با زمین حین واژگونی را ارائه داد و معادله وی شبیه سازی واژگونی در شیب ها و همچنین مقدار انرژی که توسط سازه محافظ (ROPS) جذب می شود را پیش بینی کرد. جرینگ و بوچل (۶) مدل واژگونی از عقب روی زمین مسطح در حالت رها کردن سریع پدال کلاچ بدون بار مالبندی و رها کردن آرام پدال کلاچ با بار مالبندی سنگین را ارائه کردند. مدل ایشان قادر بود واژگونی از عقب را به دقت پیش بینی کند. اسمیت (۱۶) اثرات موقعیت مالبند تراکتور را بر پایداری طولی آن بررسی نمود. مورفی (۱۱) بررسی جامعی از پایداری تراکتور و عوامل موثر بر آن انجام داد و میزان تاثیر موقعیت مرکز ثقل، نیروی گریز از مرکز، گشتاور آکسل عقب و عملکرد بار مالبندی بر پایداری را تعیین نمود.

در این پژوهش یک دستگاه تراکتور پا بلند مدل ITM 285 HC ساخت کارخانه تراکتور سازی ایران (تبریز) از نظر تعادل و پایداری مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای عمده بررسی شده شامل: موقعیت مرکز ثقل، زوایای بحرانی تعادل استاتیکی طولی و جانبی، حداکثر کشش مالبندی در مرزعه و بر روی آسفالت در حالت هایی که بار نصب شده روی بازوهای هیدرولیک از مقادیر

در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز اندازه گیری شدند.

تعیین موقعیت مرکز ثقل تراکتور

برای تعیین موقعیت مرکز ثقل تراکتور از روش توزین استفاده گردید. (۱) در این روش در چند مرحله وزن جلو، وزن عقب، وزن کل و وزن جلو تراکتور در حالتی که به میزان مشخصی بالا رفت و همچنین وزن طرفین تراکتور به کمک باسکول اندازه گیری شد، سپس با کمک روابط مربوطه موقعیت مرکز ثقل بدست آمد.

صفر تا ۶۰۰ کیلوگرم تغییر می کرد، ضریب پایداری، کشش بحرانی و کشش مجاز، حداقل شعاع دور زدن به سمت چپ و راست در وضعیت های با ترمز و بدون ترمز، حداکثر سرعت جاده ای تراکتور و سرعت و شعاع مجاز هنگام دور زدن بودند. همچنین برای حصول ایمنی راننده و تراکتور هنگام آزمایشات، سازه محافظ در برابر واژگونی (ROPS) ، مطابق با استاندارد ASAE طراحی، ساخته و بر روی تراکتور نصب گردید.

مواد و روشها

آزمایشات مربوط به حداکثر کشش مالبندی در قطعه ۲۳ زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز با بافت شنی لومی و رطوبت متوسط ۱۲ درصد وزنی به صورت شخم نخورده با بقایای گیاهی پراکنده، و در قطعات آسفالت موجود در سطح دانشکده با سه تکرار صورت گرفت. آزمایشات مربوط به حداکثر سرعت پیشروی و حداقل شعاع دور زدن نیز در قطعات آسفالت دانشکده کشاورزی و دامپزشکی شیراز با سه تکرار انجام شد. بقیه اندازه گیریها ، ساخت و نصب سازه محافظ در کارگاههای بخش مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه شیراز صورت گرفت. ابعاد مختلف تراکتور ، قطعات و فاصله نقاط مختلف در سطح زمین با توجه به اهمیت آنها و دقت مورد نیاز با استفاده از متر نواری، دو نوع خط کشی فلزی و شفاف، گونیا و کولیس اندازه گیری شدند. زمان مربوط به آزمایشات مختلف ، وزن قسمتهای مختلف و نیز وزن کل تراکتور نیز به ترتیب با استفاده از کرنومتر دیجیتال و ترازوی دیجیتال گرمی و باسکول ۱۰۰ کیلویی و باسکول ۱۰ تنی موجود

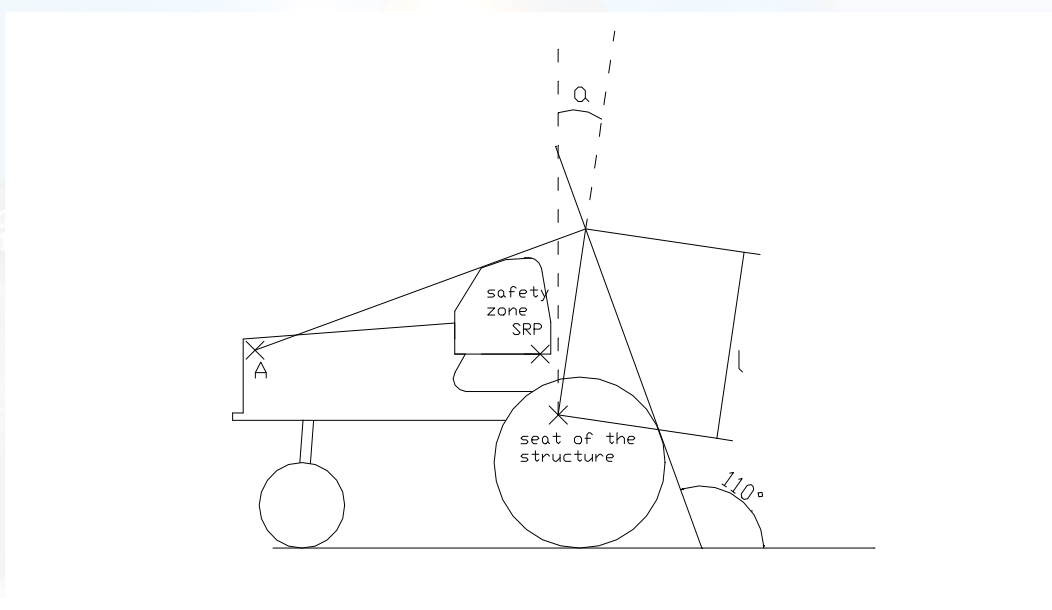
طراحی و ساخت سازه محافظ دربرابر واژگونی (ROPS)

برای تأمین ایمنی راننده و تراکتور هنگام واژگونی، حداکثر زاویه چرخش تراکتور در واژگونی طولی ۱۱۰ درجه در نظر گرفته شد (۱۳و۳). از طرف دیگر هنگام واژگونی کامل تراکتور باید محدوده ایمنی استاندارد که توسط مراجع معتبر نظیر ASAE تعریف شده (۱۳)، بازمین هیچ برخوردی نداشته باشد. یعنی اینکه خط گذرا از نقطه اتکای جلوی تراکتور و انتهای سازه محافظ حداقل باید بر بیرونی ترین کمان محدوده ایمنی مماس باشد. لذا همانگونه که در شکل شماره ۱ مشاهده می گردد و نیز با استفاده از نرم افزار اتوکد، اندازه طول سازه و زاویه قرارگیری آن نسبت به خط عمود بر سطح بالایی پوسته آکسل عقب به ترتیب برابر با ۱۸۷ سانتیمتر و ۱۸ درجه بدست آمد.

برای تعیین جنس، نوع پروفیل و ابعاد ضخامت پروفیل سازه محافظ، با در اختیار داشتن وزن کل تراکتور، شتاب واژگونی آن، ابعاد

هیدرولیکی شکل داده شد؛ سپس جوشکاری گردیده و نهایتاً دو پروفیل با مقطع طولی مستطیل و مقطع عرضی دوزنقه بدست آمد. برای استحکام جانبی پروفیل‌های اصلی، پروفیل‌های جانبی نیز در انتها و وسط سازه نصب گردید (شکل شماره ۲). ابعاد مقطع پروفیل بر روی پوسته آکسل 10×10 cm و در انتهای آن 21×10 cm بود.

مختلف و موقعیت مرکز ثقل آن، از معادلات مربوط به خمش الاستیک و بارهای ضربه ای کمک گرفته شد و با در نظر گرفتن استاندارد هایی که توسط مؤسسه ASAE در مورد سازه محافظ بیان شده (۳ و ۴)، ورق فولاد ST37 با استحکام کششی 370 MPa و تنش تسلیم 235 MPa و درصد تغییر طول نسبی 0.25 و ضخامت 6 mm ابتدا توسط قیچی و پرس



شکل ۱: روش بدست آوردن طول (l) و زاویه استقرار (a) سازه محافظ



شکل ۲: سازه محافظ ساخته شده در برابر واژگونی تراکتور

تعیین زوایای بحرانی تعادل استاتیکی

در زاویه بحرانی تعادل استاتیکی طولی، راستای نیروی وزن که بر مرکز ثقل تراکتور اعمال می شود، خط حد پایداری عقب (۱۱) تراکتور (خطی که محل تماس چرخهای عقب تراکتور با زمین را به هم وصل می کند) را در یک نقطه قطع می کند. در زاویه بحرانی تعادل استاتیکی جانبی، راستای نیروی وزن، خط حد پایداری جانبی (۱۱) تراکتور (خطی که محل تماس چرخهای یک طرف تراکتور با زمین را به هم وصل می کند) را در یک نقطه قطع می کند. لذا با کمک گرفتن از معادلات زیر زوایای مورد نظر را بدست آمد:

$$\theta_l = \tan^{-1} \left(\frac{x_{CG}}{h_{CG}} \right)$$

$$\theta_s = \tan^{-1} \left(\frac{y_{CG}}{h_{CG}} \right)$$

که در این روابط:

$$\theta_l = \text{زاویه بحرانی تعادل استاتیکی طولی}$$

$$\theta_s = \text{زاویه بحرانی تعادل استاتیکی عرضی}$$

$$x_{CG} = \text{موقعیت طولی مرکز ثقل تراکتور نسبت}$$

به مرکز چرخ عقب (خط حد پایداری عقب)

$$y_{CG} = \text{موقعیت عرضی مرکز ثقل تراکتور}$$

نسبت به مرکز چرخ عقب (خط حد پایداری جانبی)

$$h_{CG} = \text{ارتفاع مرکز ثقل تراکتور از سطح زمین}$$

تعیین حداکثر کشش مالبندی

برای تعیین حداکثر کشش مالبندی، طبق استانداردهای ASAE (۱۲ و ۱۴)، نیاز به نیروی افقی بود که به مالبند اعمال شده و مقدار آن از

حداقل حداکثر تغییر نماید. بدین منظور از دو دستگاه تراکتور U445 و MF 285، دودستگاه نیروسنج مالبندی دیجیتال و عقربه ای، یک دستگاه سمپاش، یک دستگاه گاو آهن و وسایل جانبی دیگر استفاده گردید. در آزمایشهای مزرعه ای، تراکتور ITM 285 HC به کمک کابل فولادی، تراکتور MF 285 را در حالی که گاو آهن متصل به بازوهای هیدرولیک آن، اندک اندک در خاک فرو می رفت، کشیده و نیروی کششی افقی بوسیله نیروسنج های مالبندی ثبت شد. در آزمایشاتی که بر روی آسفالت انجام گرفت، تراکتور ITM 285 HC، تراکتورهای MF 285 و U445 را کشیده و این تراکتورها با کمک ترمز و تعویض دنده در حالت خاموشی، مقاومت کششی افقی را افزایش می دادند. دور موتور تراکتور ITM 285 HC در حالت حداکثر گشتاور به میزان 1300RPM و چرخهای محرک آن در وضعیت قفل دیفرانسیل قرار می گرفت. مسیر حرکت مستقیم و طول آن برای تمام آزمایشات کشش مالبندی تقریباً 100m بود. در این آزمایشات، با افزایش مقاومت کششی، در مورد تراکتور ITM 285 HC، سه حالت ممکن بود اتفاق بیافتد (۱): ۱- خاموش شدن تراکتور ۲- بوکسوات صد در صد چرخها و ۳- بلند شدن جلوی تراکتور. که در هر سه حالت آزمایش خاتمه یافته تلقی شده و از ادامه آن صرف نظر می شد. جهت اعمال بار محوری به چرخهای محرک تراکتور ITM 285 HC از یک دستگاه سمپاش سوار شونده بر بازوهای سه گانه هیدرولیک تراکتور استفاده شد که برای افزایش وزن، حجم مشخصی از آب درون آن ریخته می شد.

تعیین ضریب پایداری، کشش مجاز و کشش بحرانی

با در اختیار داشتن کشش مالبندی، وزن استاتیک تراکتور و ابعاد مختلف آن و با استفاده از رابطه زیر، ضریب پایداری در هر حالتی از کار تراکتور بدست آمد (۱۴ و ۱۲):

$$K = \frac{F_w W b}{P h}$$

که در این رابطه

K = ضریب پایداری

Wb = فاصله بین محور چرخ عقب و جلو (cm)

F_w = وزن استاتیک روی چرخ‌های جلو (N)

P = حداکثر کشش مالبندی موازی با سطح

زمین (N)

h = ارتفاع خط کشش مالبندی موازی با سطح

زمین (cm)

با در اختیار داشتن ضریب پایداری،

مقادیر کشش مجاز (نیروی کششی افقی که در آن ضریب پایداری برابر با ۱/۲۵ است) و کشش بحرانی (نیروی کششی افقی که در آن ضریب پایداری برابر با ۱ است) تراکتور در هر حالت نیز بدست آمد.

اندازه گیری حداکثر سرعت پیشروی در تراکتور

برای تعیین حداکثر سرعت پیشروی

تراکتور بر روی آسفالت با کیفیت مناسب، یک مسیر به طول 300m که دو نقطه از آن به فواصل 150m و 250m از ابتدای مسیر علامت گذاری شده بودند، انتخاب گردید؛ سپس تراکتور در

سبکترین دنده قرار گرفته از ابتدای مسیر شروع به حرکت نموده تا به سرعت حداکثر برسد. در لحظه رسیدن تراکتور به نقطه ۱۵۰ متری، زمان سنج (کرونومتر) روشن شده و در لحظه رسیدن به نقطه ۲۵۰ متری زمان سنج متوقف شد. آزمایش در سه تکرار انجام شده و میانگین زمانهای بدست آمده برای پیمودن ۱۰۰ متر با حداکثر سرعت بدست آمد. سپس با فرمول زیر حداکثر سرعت پیشروی تراکتور تعیین گردید:

$$v_a = \frac{360}{T}$$

v_a = حداکثر سرعت پیشروی تراکتور بر حسب کیلومتر بر ساعت

T = مدت زمانی که تراکتور مسافت ۱۰۰ متر را

با حداکثر سرعت می پیماید بر حسب ثانیه

بدین ترتیب حداکثر سرعت پیشروی تراکتور

۲۶۷ کیلومتر بر ساعت بدست آمد.

اندازه گیری حداقل شعاع دور زدن

برای تعیین حداقل شعاع دور زدن،

زمینی به مساحت ۲۰۰۰ مترمربع با پوشش آسفالت انتخاب شد و سپس تراکتور از یک گوشه میدان با دنده سنگین و سرعت کم (حدود ۲ کیلومتر بر ساعت) در حالی که فرمان آن به طور کامل به یک سمت پیچیده شده بود، شروع به حرکت نمود (۱۴ و ۱۲). سرعت تراکتور در تمام طول مسیر و در تمام آزمونها ثابت بود. حرکت تراکتور به همین صورت تا رسیدن دوباره آن به نقطه شروع ادامه یافت. برای مشخص کردن مسیری که تراکتور در این آزمون پیموده (رد چرخ)، آج چرخهای جلو و عقب در طرف بیرونی مسیر با گچ آغشته شده تارد پیوسته چرخ

روی زمین نقش بندد. آزمایشات درجهت های چپ و راست و در حالت بدون ترمز و حالتی که چرخ داخلی تراکتور با ترمز قفل شده بود، انجام گردید. شعاع دایره ی ایجاد شده توسط تراکتور در هر آزمایش، حداقل شعاع دورزدن تراکتور در آن آزمون بود.

تعیین سرعت و شعاع مجاز در دور زدن

برای تعیین سرعت و شعاع مجاز در دورزدن، از رابطه های زیر استفاده گردید (۱) که با داشتن حداقل شعاع دور زدن، سرعت بحرانی و با داشتن حداکثر سرعت پیشروی، شعاع بحرانی تراکتور محاسبه گردید:

$$v_c = \sqrt{\frac{g r y_{CG}}{h_{CG}}}$$

$$r_c = \frac{v^2 h_{CG}}{g y_{CG}}$$

$$v_c = \text{سرعت بحرانی هنگام دور زدن با شعاع } r \quad (\text{m/s})$$

$$r_c = \text{شعاع بحرانی هنگام دور زدن با سرعت } v \quad (\text{m})$$

$$h_{CG} = \text{ارتفاع مرکز ثقل از سطح زمین (m)}$$

$$y_{CG} = \text{فاصله عرضی مرکز ثقل از خط حد}$$

$$\text{پایداری جانبی (m)}$$

$$g = \text{شتاب ثقل}$$

نتایج و بحث

بر اساس روشهای ذکر شده در قسمت مواد و روشها فاصله طولی مرکز ثقل از مرکز چرخ عقب، ۱۱۶/۵ سانتی متر و ارتفاع مرکز ثقل نسبت به مرکز چرخ عقب ۷۳/۵ سانتی متر بدست

آمد. موقعیت عرضی مرکز ثقل تراکتور نیز به علت تساوی وزن طرفین تراکتور در وسط عرض تراکتور قرار داشت. همچنین زوایای بحرانی تعادل استاتیکی طولی و جانبی به ترتیب ۳۷/۲ و ۲۷/۸ درجه بدست آمد که از نمونه مشابه MF 285 کمتر بوده و با استانداردهای موجود تفاوت زیادی دارد (۴). به همین علت تعادل تراکتور هنگام حرکت بر روی شیبها اندک می باشد. برای افزایش تعادل تراکتور می بایست نسبت به پایین آوردن موقعیت مرکز ثقل به هر روش ممکن اقدام نمود. (در اینگونه تراکتورها معمول است که واحد تولید توان و دیگر لوازم آنها سبک طراحی کرده و در موقعیت پایین تری نسبت به تراکتور های زراعی استاندارد قرار می دهند که در این تراکتور اینگونه نیست).

اطلاعات مربوط به حداکثر کشش مالبندی در مزرعه و بر روی آسفالت، ضریب پایداری، کشش مجاز و کشش بحرانی در جدول شماره ۱ و ۲ درج گردیده است. همانطور که مشاهده می شود، فقط در حالت های بارمحوری اضافی صفر در مزرعه و حالت های حرکت بر روی آسفالت، ضریب پایداری در محدوده مجاز است (بیشتر از ۱،۲۵). (۱،۲ و ۱۴) و در بقیه موارد ضریب پایداری کمتر از حد مجاز است و بدین لحاظ کار با این تراکتور خطرناک می باشد. در آزمایشات مزرعه ای در مواردی که بار روی بازوهای هیدرولیک تراکتور ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰ کیلوگرم بود، جلوی تراکتور حین آزمایش از زمین بلند شد و در بقیه موارد، سرخوردگی چرخهای تراکتور به ۱۰۰٪ رسید. نیروی کشش بحرانی در تمام حالت هایی که جلو تراکتور از زمین بلند شد، از حداکثر نیروی کشش

تراکتور استفاده کرد. (وزنه های تعادل مانع انتقال وزن نمی شوند، ولی در افزایش ضریب پایداری اثر مستقیم دارند)

با توجه به حداقل شعاع دورزدن و حداکثر سرعت پیشروی تراکتور ITM 285 HC، این نتیجه حاصل می شود که این تراکتور امکان واژگونی جانبی حتی در سرعت های متوسط را نیز دارا می باشد که علت آن بالا بودن مرکز ثقل و فاصله عرضی کم چرخهای تراکتور است. در این پژوهش با در نظر گرفتن سرعت پیشروی و شعاع دور زدن تراکتور، شکل شماره ۳ بدست آمد که سرعت بحرانی در شعاع مشخص یا شعاع بحرانی در سرعت مشخصی را نشان می دهد و راهنمای کاربر هنگام استفاده از این تراکتور می باشد.

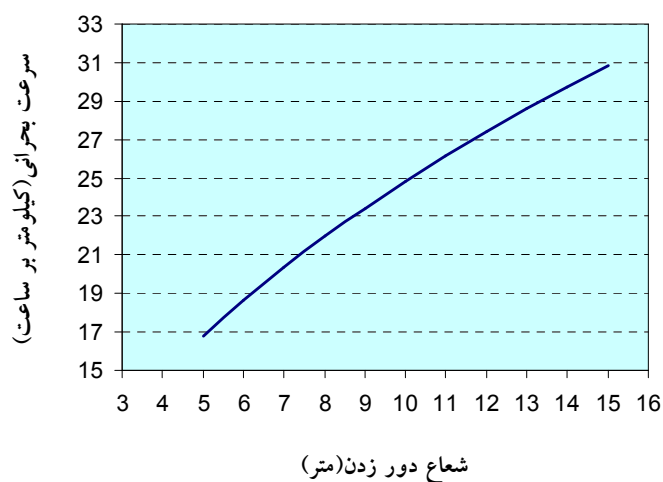
مالبندی (اندازه گیری شده) کمتر می باشد که علت آن محاسبه نیروی کششی بحرانی در حالت استاتیک است و وضعیت بحرانی تعادل دینامیکی مقداری زودتر از حالت استاتیکی آن پدید می آید. کشش مالبندی اندازه گیری شده برای این تراکتور در تمام حالات بیش از نیاز کاری این تراکتور می باشد و این امر به علت نفوذ زیاد چرخها در خاک (۵ تا ۷ سانتی متر)، افزایش قطر چرخهای محرک و انتقال وزن است که جهت بهبود آن باید حتی الامکان قطر چرخهای محرک را کمتر کرده، به منظور کاهش نفوذ در خاک عرض لاستیک آنها را اندکی بیشتر نمود (اگرچه افزایش اندک عرض لاستیک، نیروی کشش مالبندی را افزایش می دهد ولی اثر آن بر کاهش نفوذ در خاک و در نتیجه کاهش کشش مالبندی بیشتر است) و از وزنه های تعادل در جلو

جدول ۱: متغیرهای مربوط به آزمون کشش بر روی آسفالت

بار محوری اضافی (Kg)	حداکثر کشش مالبندی (KN)	ضریب پایداری	کشش مجاز (KN)	کشش بحرانی (KN)
صفر	۱۵/۷	۲/۱۵	۲۷/۰۲	۳۳/۷۸
۲۰۰	۱۷/۶۶	۱/۷۸	۲۵/۰۹	۳۱/۳۶
۴۰۰	۲۰/۷	۱/۴۱	۲۳/۱۵	۲۸/۹۴

جدول ۲: متغیرهای مربوط به آزمون کشش در مزرعه

بار محوری اضافی (Kg)	حداکثر کشش مالبندی (KN)	ضریب پایداری	کشش مجاز (KN)	کشش بحرانی (KN)
صفر	۲۲/۶۱	۱/۵	۲۷/۰۲	۳۳/۷۸
۲۰۰	۲۷/۴۷	۱/۱۴	۲۵/۰۹	۳۱/۳۶
۳۰۰	۳۰/۳۶	۰/۹۹	۲۴/۱۲	۳۰/۱۵
۴۰۰	۲۷/۹۶	۱/۰۳	۲۳/۱۵	۲۸/۹۴
۵۰۰	۲۵/۹	۱/۰۷	۲۲/۱۸	۲۷/۷۳



۲۶/۵۲	۲۱/۲۱	۱/۰۷	۲۴/۸	۶۰۰
-------	-------	------	------	-----

شکل ۳: روش تعیین سرعت بحرانی تراکتور ITM 285 HC هنگام دور زدن

پیشنهادات

- ۱- مرکز ثقل را پایین آورد.
 - ۲- فاصله عرضی چرخهای تراکتور نیز بیشتر نمود.
 - ۳- عرض لاستیک چرخهای محرک را افزایش داد.
 - ۴- قطر چرخهای محرک را کاهش داد.
 - ۵- وزنه های اضافی به جلو تراکتور اضافه نمود.
- با توجه به نتیجه این پژوهش به منظور پایداری بیشتر تراکتور و کاهش خطرات احتمالی حاصل از عدم پایداری پیشنهادات زیر تا حد امکان که به کاربری آن لطمه نزنند ارائه می گردد:

منابع

- ۱- لیل جدال، ج. ب.، و. ل. کارلتون، پ. ک. ترینکوویست و د. و. اسمیت (۱۳۶۹). تراکتور و مکانیسم آن. ترجمه: محمود تقفی. مرکز نشر دانشگاهی تهران.
- 2- Ayers, P. D., M. Dickson, and S. Warner. 1994. Model to evaluate exposure criteria during Roll-Over Protective Structures (ROPS) testing. TRANSACTIONS of ASAE. Vol.37(6): 1763-1768
- 3- ASAE S383.1. 2002. Roll Over Protective Structures(ROPS) for wheeled agricultural tractors. ASAE standard book: 243-248.
- 4- ASAE S440.2. 2002. Safety for powerd lawn and garden equipment. ASAE standard book: 474-476.
- 5- Chisholm. C. J. 1979. The effect of parameter variation on tractor overturning and impact behavior. J. of Agricultural Engineering Research 24(4): 417-440.
- 6- Goering G.E. and W.F. Buchele. 1967. Computer simulation of an unsprung vehicle. Part I and Part II. TRANSACTIONS of ASAE 10(2):272-280.
- 7- Kim U. K. and G. E. Rehkguler. 1987. A review of tractor dynamics and stability. TRANSACTIONS of ASAE Vol. 30(3):615-623.
- 8- Larson. D. L. and J. B. Liljedahl. 1971. Simulation of sideways overturning of wheel tractors on side slopes. SAE Paper No. 710790. Society of Automotive Engineers. Inc. 400 common wealth Drive. Warrendale. PA 15096
- 9- Mc Kormick, E. 1941. Some Engineering aspects of high speed farming. Agricultural Engineering 22(5):166-167.
- 10- Mc Kibben, E. G. 1927. The kinematics and dynamics of the wheel type farm tractor. AGRICULTURAL ENGINEERING 8:15-16, 39-40, 58-69, 90-93, 119-122, 155-160, 187-189.
- 11- Murphy, C. and J. Dennis. 2002. Tractor overturn hazards. www.cdc.gov/nasd/docs
- 12- SAE J708. 2002. Agricultural tractor test code. ASAE Standard book:421-425.
- 13- SAE J2194. 2002. Roll-over Protective Structures(ROPS) for wheeled agricultural tractors. ASAE Standard book: 426-438.
- 14- SAE J2708. 2002. Agricultural tractor test code(OECD). ASAE Standard book: 439-455.
- 15- Smith, D. W., J. V. Perumpral and J. V. Liljedahl. 1974. The kinematics of tractor sideways overturning. TRANSACTIONS of ASAE 17(1):1-3.
- 16- Smith, D. W. 1984. The influence of drawbar position on tractor rearward stability. ASAE paper No. 49085.
- 17- Worthington, W. H. 1949. Evaluation of factors affecting the operating stability of wheel tractors. Agricultural Engineering 30(4):179-183.

Evaluation of static and dynamic stability of an ITM-285 HC tractor

Abstract

In present research, an ITM 285 HC tractor made by Iran Tractor Manufacturing Company was evaluated for stability capabilities. For evaluation of longitudinal and lateral stabilities, position of center of gravity, critical angles of static stability, maximum drawbar pull, stability factor, minimum turning radius and maximum road speed were measured/calculated. In order to provide the safety of tractor and the operator in the experiments, a Roll Over Protective Structure (ROPS) was designed, manufactured and mounted on the tractor. Based on the results, in this tractor, the position of center of gravity is unfavorable and the critical angles of static stability are less than standard values, furthermore, drawbar pull, turning radius and road speed may cause serious hazards for the tractor stability. For increasing safety and improving the tractor stability, decreasing the radius of drive wheels, increasing the wheelbase and wheel tread, adding the balance weights and lowering the tractor center of gravity is recommended.

Keywords: Tractor, High clearance tractors, Stability, Drawbar pull, Tractor safety