



دانشگاه ساه نور
په

مکانیک تراكتورهاى کشاورزى

(رشته مهندسى ماشينهاى کشاورزى)

دکتر حسين حاجى آقاعليزاده

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست مطالب

یازده

سیزده

پیشگفتار

مقدمه

۱

فصل اول: طبقه‌بندی تراکتور

۲

طبقه‌بندی تراکتورها براساس شکل موتور و نوع سوخت مصرفی

۲

طبقه‌بندی تراکتورها براساس شکل چرخ‌ها

۵

محاسن تراکتورهای چرخ زنجیری

۵

معایب تراکتورهای چرخ زنجیری

۶

تراکتورهای دو چرخ محرک

۷

تراکتورهای استاندارد

۸

تراکتورهای محصولات ردیفی

۱۱

تراکتورهای شاسی بلند

۱۱

تراکتورهای شاسی کوتاه

۱۲

تراکتورهای چهار چرخ محرک

۱۳

تراکتورهای با نیروی موقت در چرخ‌های جلو

۱۴

تراکتورهای چهار چرخ محرک دائم

۱۷

فصل دوم: اتصال ادوات کشاورزی به تراکتور

۱۸

مال‌بندها

۱۸

اتصال سه نقطه تراکتور

۲۲

ابعاد اتصال سه نقطه

۲۴

قلاّب اتصال سریع

۲۷

فصل سوم: سیستم انتقال نیرو

۲۹

کلاچ‌ها

۳۰	کلاچ‌های مثبت
۳۰	کلاچ‌های اصطکاکی
۳۱	اصطکاک و نقش آن در کلاچ‌های اصطکاکی
۳۲	کلاچ‌های دیسک و صفحه‌ای
۳۳	کلاچ‌های دیسک و صفحه‌ای خشک
۳۸	گشتاور قابل انتقال توسط کلاچ‌های دیسکی
۴۰	کلاچ‌های تر
۴۱	مواد اصطکاکی
۴۲	کلاچ‌های یک‌طرفه
۴۳	انواع کلاچ‌های یک‌طرفه
۴۵	کلاچ‌های مخروطی
۴۶	گشتاور قابل انتقال در کلاچ‌های مخروطی
۴۷	کلاچ‌های تسمه‌ای یا نواری
۴۸	کلاچ‌های کشکی
۴۹	کلاچ‌های مغناطیسی
۵۱	مکانیزم‌های کنترل کلاچ
۵۵	جعبه دنده
۵۶	ساختمان و اصول کار جعبه دنده
۶۰	نسبت دنده‌ای
۶۱	چرخ‌دنده‌ها
۶۳	چرخ‌دنده‌های استوانه‌ای با دندانه‌های مستقیم و موازی محور
۶۳	چرخ‌دنده‌های استوانه‌ای با دندانه مورب
۶۴	چرخ‌دنده‌های استوانه‌ای جناغی
۶۴	چرخ‌دنده‌های مخروطی تخت
۶۵	چرخ‌دنده‌های مخروطی مارپیچی
۶۵	چرخ‌دنده‌های حلزونی
۶۶	چرخ‌دنده‌های سیاره‌ای
۶۶	چرخ‌دنده‌های کرمی شکل
۶۷	چرخ‌دنده‌های اره دنده‌ای یا دنده شانه‌ای
۶۸	انواع جعبه دنده
۶۸	جعبه دنده کشویی (لغزنده)
۶۹	جعبه دنده کشویی با محور ورودی و خروجی موازی
۷۱	جعبه دنده کشویی با محورهای در امتداد هم
۷۴	جعبه دنده با درگیری دائم (کوپلاژ دار یا طوقه‌دار)
۷۶	جعبه دنده‌های مکانیزم سینکرونیزر (هماهنگ‌کننده)
۷۷	انواع سنکرونیزر
۷۹	سیستم‌های تعویض دنده
۸۱	تعویض دنده توسط صفحه سه گوش
۸۲	مجموعه دنده سیاره‌ای

۸۵	دیفرانسیل
۸۷	انواع ساختمان و طرز کار دیفرانسیل
۸۸	طرز کار دیفرانسیل
۹۱	معایب و محاسن دیفرانسیل
۹۱	محل قرار گرفتن دیفرانسیل
۹۲	قفل دیفرانسیل
۹۴	انواع قفل دیفرانسیل
۹۴	قفل های دیفرانسیل مکانیکی
۹۵	قفل های هیدرولیکی
۹۶	قفل های اتوماتیک
۹۶	کاهنده نهایی
۹۷	انواع کاهنده نهایی
۹۸	کاهنده نهایی محور مستقیم
۹۹	کاهنده نهایی پنیونی یا کاهنده نهایی چرخ دنده ای
۱۰۱	کاهنده نهایی سیاره ای
۱۰۲	کاهنده نهایی زنجیری
۱۰۳	مراقبت از گرداننده نهایی
۱۰۳	محور انتقال نیرو
۱۰۷	محور انتقال نیرو جعبه دنده گرد
۱۰۷	محور انتقال نیرو با حرکت دائم (مداوم)
۱۰۸	محور انتقال نیرو مستقل
۱۰۸	محورهای تواندهی دو سرعت
۱۱۰	چهارشاخه ها
۱۱۱	انواع محورهای انتقال دهنده نیروی خارجی (PTO) به ادوات دنبال بند

۱۱۳	فصل چهارم: توان هیدرولیکی
۱۱۴	اساس کار سیستم هیدرولیک
۱۱۶	پمپ های هیدرولیک
۱۱۶	پمپ های چرخ دنده ای
۱۱۸	پمپ های پره ای
۱۱۹	پمپ های پیستونی
۱۲۱	عوامل موثر در ارزیابی پمپ ها
۱۲۳	سوپاپ های هیدرولیکی
۱۲۳	سوپاپ های کنترل فشار
۱۲۴	سوپاپ های کنترل مسیر
۱۲۵	سوپاپ های کنترل جریان
۱۲۶	مخازن روغن و خنک کننده ها
۱۲۷	روغن های هیدرولیک
۱۲۸	نمونه هایی از کاربردهای هیدرولیک در تراکتور

۱۲۸	سیلندرهای هیدرولیکی پیستونی
۱۲۹	سیستم کنترل کشش خودکار
۱۳۰	سیستم کنترل وضعیت خودکار

۱۳۳	فصل پنجم: سیستم‌های چرخ، ترمز و فرمان
۱۳۳	چرخ‌ها
۱۳۵	ساختمان تایرهای لاستیکی
۱۳۷	ابعاد مشخص‌کننده لاستیک‌ها
۱۳۸	انواع چرخ‌های لاستیکی تراکتور
۱۳۹	لاستیک‌های چرخ محرک
۱۴۰	انواع لاستیک‌های چرخ محرک
۱۴۳	لاستیک‌های هادی (F)
۱۴۴	فشار باد لاستیک
۱۴۷	تنظیم فاصله عرضی چرخ‌ها
۱۴۷	تنظیم فاصله عرضی چرخ‌های عقب
۱۵۰	تنظیم فاصله عرضی چرخ‌های جلو
۱۵۲	سیستم ترمز
۱۵۶	سیستم فرمان
۱۵۷	انواع فرمان

۱۶۱	فصل ششم: مکانیک تراکتور
۱۶۲	تحلیل ایده‌آل بدون در نظر گرفتن افت‌ها
۱۶۴	تحلیل پارامترهای سرعت، توان و... با احتساب افت‌ها
۱۶۶	محاسبه سایر پارامترها
۱۶۹	ضریب کشش (نسبت وزن - کشش)
۱۶۹	وزن تراکتور و توزیع آن
۱۷۱	کشش
۱۷۳	تعاریف و توضیح مکانیک کشش
۱۷۴	مکانیک وسایل کششی
۱۷۸	ویژگی‌های مربوط به چرخ‌های محرک در تراکتورها
۱۷۹	مکانیک چرخ
۱۸۲	محاسبه نیروی مقاومت غلتشی به صورت تئوری
۱۸۵	تخمین کشش و مقاومت غلتشی با استفاده از آنالیز ابعادی
۱۸۷	شاخص مخروطی
۱۸۹	عدد حرکت
۱۹۰	تأثیر عوامل مختلف روی کشش
۱۹۴	تأثیر انتقال وزن
۱۹۶	تأثیر فشار باد
۱۹۸	تأثیر قطر چرخ

۱۹۸	تأثیر طرح عاج لاستیک چرخ
۲۰۲	تأثیر عرض و سطح مقطع عاج
۲۰۳	تأثیر سطح خاک (تأثیر پوشش خاک در کارایی تراکتور)
۲۰۷	مکانیک شناسی تراکتور
۲۰۸	نیروهای وارد بر تراکتور در حالات مختلف و تعیین مرکز ثقل
۲۱۱	تأثیر ارتفاع مال‌بند بر پایداری تراکتور
۲۱۳	تعیین فاصله بین دو محور تراکتور
۲۱۴	تعیین مرکز ثقل تراکتور
۲۱۴	روش‌های محاسبه مرکز ثقل تراکتور
۲۱۹	حرکت تراکتور با کشش غیر افقی در سطح شیبدار و با سرعت یکنواخت
۲۲۱	حرکت تراکتور در سطح شیبدار با سرعت متغیر
۲۲۴	تعادل طولی تراکتور
۲۲۶	تعیین ممان اینرسی جرم تراکتور
۲۲۷	تعادل تراکتور با سرعت زیاد در پیچ‌های تند و سریع

۲۳۱	فصل هفتم: آزمایش توان و عملکرد تراکتورها
۲۳۲	انواع توان و روش‌های اندازه‌گیری توان
۲۳۴	توان سنج‌ها یا دینامومترها
۲۳۶	نیروسنج‌های کارگاهی
۲۳۷	نیروسنج‌های مال‌بندی

۲۳۹	واژه‌نامه
۲۵۱	منابع

پیشگفتار مؤلف

کتاب حاضر به عنوان کتاب درسی رشته مهندسی ماشین های کشاورزی به نگارش درآمده و شامل مواد درسی مورد نیاز دانشجویان مقاطع کاردانی و کارشناسی و سایر کاربران تراکتورهای کشاورزی می باشد.

این کتاب دربرگیرنده مطالبی در مورد سیر تکاملی و طبقه بندی تراکتورهای کشاورزی، روش های اتصال ادوات کشاورزی به تراکتور، سیستم انتقال توان، سیستم هیدرولیک، سیستم چرخ، ترمز و فرمان، مکانیک تراکتور و آزمایشات مربوط به توان و عملکرد تراکتورهای کشاورزی است.

مطالب موجود در این کتاب، مجموعه ای از اطلاعات جمع آوری شده توسط مؤلف در طول سال های تدریس و حاصل تجربیات و فعالیت های پژوهشی وی و بهره گیری از منابع مختلف دست اندرکاران و اساتید این رشته می باشد که امیدوارم مورد قبول استفاده کنندگان گرامی واقع گردد.

در پایان علاقمندم تا سپاسگزاری خود را نسبت به افرادی که مرا در نگارش این کتاب تشویق و یاری نمودند، بیان نمایم. ابتدا از همسر و حضور و پشتیبانی او و فرزندانم تشکر می کنم و در ادامه نیز از مهندس محمد حصارخانی که مرا در قالب بندی مطالب، تهیه تصاویر و بازخوانی این کتاب و همچنین از زحمات مهندس بهداد شدیدی که در بازخوانی کتاب حاضر یاری نموده اند قدردانی می نمایم. جا دارد از کلیه مؤلفان و مترجمانی که از کتاب ها یا مقالات آنها در تألیف این کتاب استفاده شده و نام آنها در فهرست منابع کتاب ذکر گردیده است، صمیمانه تشکر کنم.

امید است سروران گرامی با نظرات اصلاحی خود موجب رساتر شدن چاپ های بعدی کتاب گردند.

دکتر حسین حاجی آقاعلیزاده

عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

مقدمه

از دیاد روز افزون جمعیت و مسأله تغذیه انسان‌ها از مشکلات اساسی جوامع امروزی محسوب می‌گردد. از سوی دیگر گرایش نیروی انسانی به سمت صنایع و مکانیزاسیون تولید مواد غذایی و کشاورزی را به صورت اجبار درآورده است. از آنجا که استفاده از ماشین در انجام امور کشاورزی یکی از شاخص‌های مکانیزاسیون به‌شمار می‌رود، ضرورت شناخت ماشین‌های کشاورزی و روش‌های استفاده صحیح از آنها احساس می‌شود.

به‌طور کلی ماشین‌های کشاورزی در دو گروه جداگانه قابل بحث است:

۱. ماشین‌های مولد قدرت: تراکتور بهترین نمونه ماشین مولد قدرت در

کشاورزی محسوب می‌شود.

۲. ماشین‌های عملیاتی و اصلاح (ماشین‌های خاک‌ورزی، ماشین‌های کاشت

و داشت)

در اکثر کشورهای پیشرفته سهم استفاده از تراکتور در میان ماشین‌های کشاورزی ۵۰ درصد است در حالی که در کشورهای در حال توسعه این رقم به ۷۵ درصد می‌رسد با پیشرفت تکنولوژی در حال حاضر تراکتور از حالت یک وسیله کششی بیرون آمده و وظایف زیادی را در امر کشاورزی و مکانیزاسیون بر عهده دارد.

حدود هفتاد الی هشتاد سال قبل حتی در کشورهای پیشرفته، انسان و دام بهترین تأمین‌کننده توان مورد نیاز کشاورزی محسوب می‌شدند. اما از سال ۱۹۳۰ به بعد احساس نیاز به وجود تراکتور در امر کشاورزی هر ده سال نسبت به دهه قبل بیشتر

گشته است. توسعه تراکتور از نظر فنی و تنوع قابلیت انجام کار سبب ایجاد پیشرفت‌هایی در دستگاه تراکتور و در نتیجه افزایش استفاده از آن برای به‌کار انداختن ادوات کشاورزی توسط کشاورزان و صاحبان زمین‌های زراعی شده، که این امر موجب افزایش تعداد تراکتورها و توسعه فنی آنها در کشورهای مختلف جهان گردیده است. طبق آمار سال ۱۳۸۲، تعداد تراکتورهای موجود در ایران ۲۴۱۹۵۵۷ دستگاه بوده است.

در سراسر جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه با توجه به تقسیم‌بندی منابع قدرت، قدم‌های مثبتی در امر مکانیزاسیون برداشته شده است. با این حال، کشورهای مختلف برای مکانیزه کردن کشاورزی خود روش‌های متفاوتی را انتخاب کرده‌اند که اتخاذ این روش‌ها بایستی بر مبنای استفاده صحیح از منابع قدرت استوار گردد. در صورت استفاده غلط از منابع مذکور مشکلات زیر متصور می‌باشد:

۱. اصولاً مکانیزاسیون در بودجه سالانه یک کشور سهم زیادی را بخود اختصاص می‌دهد. بنابراین استفاده از این بودجه بدون نقشه و برنامه‌ریزی قبلی باعث به هدر رفتن بودجه کشور خواهد شد.

۲. افراط در استفاده از ماشینی شدن کشاورزی باعث بروز بیکاری در روستاها و مناطق کشاورزی شده و تعادل نیروی کاری را بین روستائیان و شهرنشینان به ضرر روستائیان برهم خواهد زد (مهاجرت به شهرها).

۳. منابع قدرت مورد استفاده در کشاورزی معمولاً با انرژی فسیلی کار می‌کنند. در کشورهایی که سوخت مورد نیاز خود را از خارج تأمین می‌کنند به‌کارگیری بی‌رویه مکانیزاسیون باعث دگرگونی وضع اقتصاد آن کشورها خواهد شد.

در سیستم‌های تقریباً پیشرفته کشاورزی، تراکتور هسته مرکزی را تشکیل می‌دهد. زیرا مجموعه خصوصیتی که امروزه در تراکتورها فراهم گردیده، چه از نظر بعد توان تولیدی و روش‌های متعدد انتقال آن و چه از نظر تنظیمات، تطبیق‌پذیری و...، به‌کارگیری آنها را برای انجام عملیات گوناگون در مراحل مختلف دوره زراعی و تحت شرایط گوناگون امکان‌پذیر ساخته است.

امروزه علاوه بر کارهای عمومی زراعی، تراکتور برای تأمین قدرت مورد نیاز ماشین‌هایی نظیر لودر، گریدر، مته‌های حفاری، بیل مکانیکی و بسیاری از ماشین‌ها و ادوات دیگر چه در بخش کشاورزی و چه در بخش صنعت و نیز خدمات شهری مانند

پارک‌ها و زمین‌های ورزشی به کار گرفته می‌شود. همین بعد وسیع توانایی و کاربرد تراکتور برای انجام کارهای گوناگون و نقش مهم آن مخصوصاً در بخش کشاورزی، مبنای این تفکر بوده است که باید در سیستم‌های مدرن کشاورزی تراکتور را به عنوان مهمترین عامل تأمین نیروی کشاورزی، پایه و اساس تصمیمات و برنامه‌ریزی‌ها بخصوص در زمان‌بندی انجام عملیات قرار داد. بدین ترتیب برای هر زارع یا مدیر مزرعه‌ای در دوران اشتغال به کار کشاورزی و موقع اتخاذ تصمیمات مربوط به آن بارها این سؤال پیش می‌آید که کدام تراکتور برای انجام عملیات زراعی مناسب‌تر است؟ و چگونه باید آن را انتخاب نماید؟

بدیهی است که پاسخ قطعی به سؤالات فوق آن طور که در بدو امر تصور می‌شود، تنها با داشتن خصوصیات مربوط به چند تراکتور میسر نیست. بلکه مستلزم داشتن حداقل اطلاعاتی در زمینه‌های گوناگون می‌باشد که برخی از آنها عبارتند از: نوع کار، شرایط فیزیکی خاک، سطح زیر کشت، پستی و بلندی زمین، محدودیت‌های زمانی در یک دوره زراعی و تنگناهای احتمالی ناشی از آن، تأمین لوازم یدکی و ارائه خدمات پس از فروش، تنوع ادوات و دستگاه‌هایی که باید به تراکتور متصل و توسط آن کشیده یا حمل گردند، جنبه‌های مالی امر و توجیه اقتصادی آن و

بدون شک شناخت خصوصیات کلی و جزئی هر دستگاه از جهات مختلف علاوه بر آنکه معیار قابل توجهی برای ارزیابی کیفیت و کارایی دستگاه بوده و فاکتور مهمی در انتخاب آن به شمار می‌رود، می‌تواند استفاده مطلوب از دستگاه را میسر سازد. بر همین اساس شناسایی بیشتر و دقیق‌تر تراکتور در جهت کاربرد بهتر آن تلاش افزون‌تری را طلب می‌نماید، زیرا عملکرد مطلوب و توأم با موفقیت تراکتور - به عنوان عامل مهم تأمین توان در کشاورزی - در یک برنامه زراعی از پیش تعیین شده خصوصاً در مواقع بحرانی، منوط به آگاهی و تسلط بر کم و کیف خصوصیات آن از جهات مختلف می‌باشد. این آگاهی سبب می‌گردد تا اولاً، از حداکثر توان و کارایی آن به روشی معقول استفاده گردد، و ثانیاً، در برنامه‌ریزی‌ها ادوات و دستگاه‌هایی برای استفاده از توان تراکتور در نظر گرفته شوند که با آن تطبیق کامل داشته باشند.

در کتاب مکانیک تراکتور، پس از بیان خلاصه‌ای از تاریخچه توسعه تراکتور و انواع آن، سعی شده است با تشریح خصوصیات اجزاء مختلف تراکتور و ارتباط اجزا با

یکدیگر، در نهایت نقش آن در ایجاد نیروی کششی و انتقال نیرو به سایر ادوات و دستگاه‌های مرتبط با تراکتور بیان شود.

تاریخچه توسعه تراکتور

با اختراع و توسعه موتورهای بخار که بیش از یکصد سال قبل از اختراع موتورهای گازی ابداع شد، تدریجاً از نیروی آنها برای انجام بعضی از عملیات کشاورزی مانند خرمکوبی نیز استفاده گردید. از آنجا که اولین ماشین‌های بخار با استفاده از نیروی خود قادر به حرکت نبودند، انتقال آنها از منطقه‌ای به منطقه دیگر توسط نیروی دام انجام می‌شد. باگذشت سال‌ها پیشرفت‌هایی در زمینه ارتقاء سطح کیفی این ماشین‌ها حاصل گردید و منجر به خودرو گردیدن^۱ آنها شد که در آن زمان یکی از خصوصیات برجسته این نوع ماشین‌ها به حساب می‌آمد.

افزایش سطح زیر کشت و پیدایش مزارع بزرگ ایجاب می‌نمود که الزاماً توان بیشتر و موثرتری در خدمت کشاورزی قرار گیرد، به همین دلیل در سال ۱۸۵۰ میلادی با توجه به اصلاحاتی که روی ماشین‌های مذکور صورت گرفت این ماشین‌ها توانستند در امر شخم زدن و تهیه زمین تا حدی جانشین نیروی حیوانات اهلی گردیده و با تأمین قسمت دیگری از توان مورد نیاز کشاورزی، عامل مهمی در ایجاد نیروی کششی محسوب شوند. استفاده از کلمه تراکتور برای معرفی این ماشین‌ها بعد از این جانشینی و در رابطه با همین توانایی و کاربرد آنها معمول شد.

کلمه تراکتور از لغت لاتین TRAHERE مشتق شده و به معنی کشیدن می‌باشد. تراکتور یکی از مهمترین ماشین‌های کشاورزی است که جهت مکانیزه کردن واحدها به طریق صحیح، بالا بردن راندمان کار در واحد زمان و نیز افزایش سطح زیر کشت و کارهای دیگر از آن استفاده می‌شود.

از نظر فنی تراکتور یک ماشین خود گردان است. قبل از توضیح این کلمه ارائه تعریفی مناسب از موتور و ماشین جهت درک بهتر موضوع الزامی به نظر می‌رسد. موتور وسیله تولید توان است ولی به تنهایی قادر به انجام کار نیست خواه این موتور

1. Self-Propel

احتراقی باشد و یا برقی. ماشین وسیله ای است که کار انجام می دهد ولی قادر به تولید توان نمی باشد. همچنین ماشین نمی تواند به تنهایی کار انجام دهد مگر این که یک موتور، توان مورد نیاز آن را تأمین کند.

ساده ترین کاربرد تراکتور استفاده از آن به عنوان یک وسیله نقلیه است که حداقل راننده را از یک نقطه به نقطه دیگر می برد و اصطلاحاً کار انجام می دهد. در نتیجه می توان گفت شامل موتور و ماشین است.

قسمتی از تراکتور که شامل کلاچ، جعبه دنده، دیفرانسیل و چرخ ها به استثنای موتور آن می باشد ماشین به شمار می آید و از آنجا که این ماشین دارای موتوری است که مستقیماً به آن متصل گردیده، یک ماشین خودگردان محسوب می شود. با توجه به پیشرفت های حاصل در زمینه به کارگیری و استفاده بیشتر از نیروی تراکتورهای بخاری، توسعه تدریجی این تراکتورها از سال ۱۸۷۶ به بعد شتاب بیشتری به خود گرفت و تا اواخر قرن نوزدهم روند صعودی داشت و موجب استفاده گسترده از آنها در شخم چمنزارها، تهیه زمین و حتی در عملیات کاشت گردید. اما مشکلات و محدودیتهای زیادی نظیر جثه بزرگ و سنگین آن، کندی حرکت، کارایی کم، حجم زیاد سوخت مورد نیاز و مشکل تأمین آن، مشکلات آبرسانی و سوخت رسانی در حین کار، سرو صدای زیاد و زیاد بودن نیروی انسانی مورد نیاز، شتاب و توسعه این تراکتورها را کند و بالاخره موجب رکود بازار آنها گردید.

در سال ۱۹۰۰ یک نوع تراکتور بخاری به بازار عرضه شد که دارای چرخ هایی به قطر ۳ متر و عرض ۵ متر و وزنی در حدود ۴۱ تن بود و کارکنان زیادی اعم از مهندس، کارگر و راننده مجبور بودند برای به راه انداختن این تراکتور عظیم الجثه تلاش کنند و مقدار زیادی سوخت برای آن تهیه و در مقابل حجم قابل توجهی خاکستر از آن خارج نمایند (شکل ۱).

مشکلات عدیده تراکتورهای بخاری و عدم کارایی آنها مهندسان و دانشمندان را در گوشه و کنار جهان به چاره اندیشی و تلاش برای اصلاح این غول عظیم الجثه و یا جانشین نمودن آن واداشت و در نهایت باعث گردید که سر انجام در سال ۱۹۰۱ اولین تراکتور گازی درونسوز (شکل ۲) وارد بازار شود و مورد استفاده قرار گیرد. البته اولین تراکتور گازی در مقایسه با تراکتورهای گازی امروزی، مانند تراکتورهای بخاری

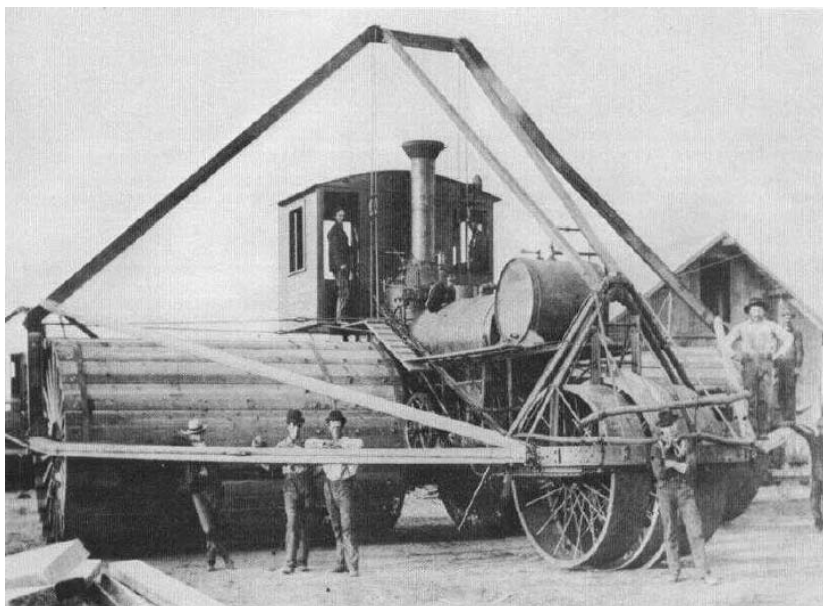
پرزحمت بودند، اما نسبت به تراکتورهای بخاری این مزیت را نیز داشتند که سوخت مورد نیاز خود را در مدت زمان کار با خود حمل می‌کردند. اولین تراکتور گازی که در سال ۱۹۰۱ وارد بازار شد جثه‌ای بزرگ و وزنی در حدود ۹ تن داشت در صورتی که قدرت موتور آن در حدود ۴۵ اسب بخار و قدرت کششی آن فقط معادل ۲۲ اسب بخار بود.

صنعت تراکتورسازی با همین تراکتورهای بزرگ و پر دردسر از حدود سال ۱۹۰۵ شتاب بیشتری به خود گرفت و طی چند سال تراکتورهای کوچک‌تری به بازار عرضه گردید که مناسب انجام عملیات در مزارع کوچک نیز بودند.

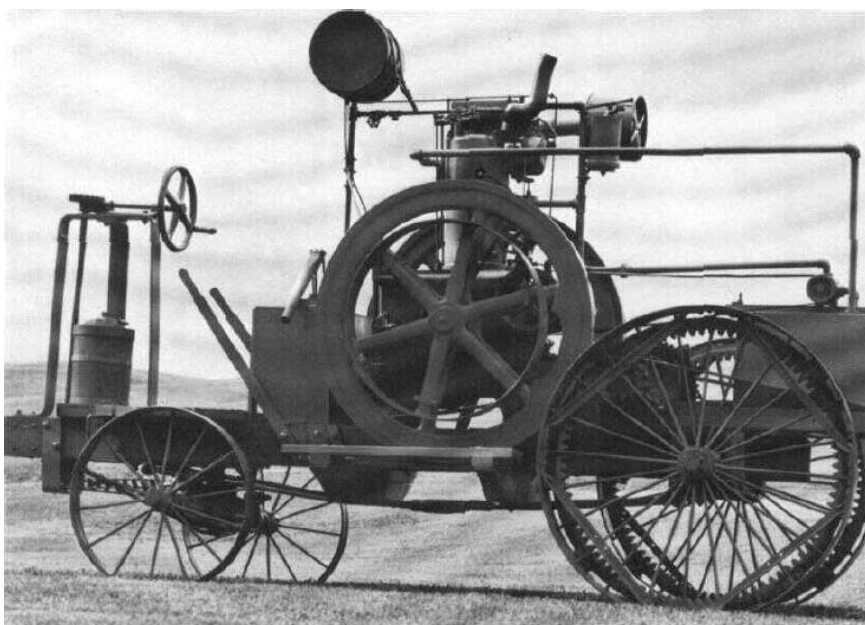
از سال ۱۹۲۵ تراکتورهای همه کاره وارد بازار شد که تدریجاً موفقیت‌های چشمگیری به دست آوردند. این تراکتورها که با ادوات خود یک دستگاه واحد را تشکیل می‌دادند نه تنها قادر به انجام عملیات متداول و ساده تهیه زمین، کاشت، داشت و برداشت گیاهان غیرردیفی معمول بودند، بلکه انجام کارهایی از قبیل کشت گیاهان ردیفی که احتیاج به نیروی انسانی بسیار زیادی داشت نیز توسط آنها به سهولت صورت می‌گرفت.

اولین تراکتوری که مجهز به محور توان دهی یا PTO^۱ بود از سال ۱۹۲۷ وارد بازار گردید و در دسترس عموم قرار گرفت. البته در مراحل نخستین این وسیله مهم انتقال نیرو، در همه تراکتورها به یک صورت نبود. ولی بعداً اصلاحاتی بر روی آنها انجام شد که رعایت آنها به عنوان استاندارد در تولید تمام تراکتورها الزامی گردید. از سال ۱۹۳۰ به بعد کارخانجات تراکتورسازی مسیر توسعه را به سرعت طی نمودند و پیشرفت‌های مهمی را برای این صنعت به ارمغان آوردند. در این مجال تنها به ذکر چند پدیده مهم آن اکتفا می‌کنیم.

1. Power Take off Shaft



شکل ۱ نوعی تراکتور بخاری (۱۹۰۰)



شکل ۲ اولین تراکتور گازی درونسوز (۱۹۰۱)

استفاده از موتور دیزل در تراکتورها شاید یکی از مهم‌ترین پدیده‌های صنعت تراکتورسازی در طی آن سال‌ها به حساب آید. در فاصله سال‌های ۱۹۳۷ استفاده از چرخ‌های لاستیکی بجای چرخ‌های فولادی معمول گردید. اگر چه این امر با هزینه اولیه نسبتاً زیادی همراه بود اما بدلیل مزایای قابل توجه آنها نسبت به چرخ‌های فولادی خیلی سریع رواج یافت.

استفاده از سیستم خنک کننده تحت فشار، پرکردن لاستیک چرخ‌ها از مایع برای ایجاد وزن بیشتر و بهبود نیروی کششی، اختراع و معرفی سیستم‌های اتصال مدرن و سریع سه نقطه و کنترل اتوماتیک نیروی کششی از جمله پدیده‌های مهمی هستند که در سالهای ۴۱-۱۹۳۷ صنعت تراکتورسازی به آنها دست پیدا کرد.

کنترل هیدرولیکی ادوات کششی، معرفی تراکتورهای مصرف‌کننده گاز مایع، افزایش سریع تراکتورهای چمن‌زنی و باغبانی، افزایش سریع قدرت تراکتور، پیدایش فرمان هیدرولیکی، سیستم‌های انتقال اتوماتیک استارت الکتریکی، سیستم ترمز حاصل تلاش سال‌های ۶۱-۱۹۴۱ بود. بالاخره تلاش در افزایش راحتی صندلی و جایگاه راننده، ساخت و عرضه لاستیک‌های رادیال، مجهز نمودن تراکتورهای بزرگ به کابین راننده، عمومیت یافتن تراکتورهای چهارچرخ محرک و پیشرفت‌های متعدد دیگر از دستاوردهای قابل توجه صنعت تراکتورسازی بعد از سال ۱۹۶۰ می‌باشد.

در نتیجه این اختراعات، اصلاحات و پیشرفت‌ها در طی سالیان متمادی، امروزه تراکتورهایی ساخته شده و به بازار عرضه گردیده‌اند که توانایی‌ها و کاربردهای آنها بسیار متنوع بوده، از هر نظر با مدل‌های قدیمی‌تر خود تفاوت دارند.

نکات برجسته و مهم در خصوص توسعه و تکامل تراکتور

- ۱۸۵۸، ماشین بخار شخم‌زنی اختراع شد و توانست گاوآهن ۸ خیشه‌ای را با سرعت ۴/۸ Km/h در زمین‌های با پوشش چمن طبیعی به دنبال خود بکشد.

- ۱۸۷۳، ساخت ماشین بخار پروینز^۱ که شاید بتوان آن را نخستین کوشش آمریکایی‌ها برای ساختن ماشین‌های کشنده زنجیری دانست. اگرچه دفتر ثبت اختراعات آمریکا پیدایش تراکتور چرخ زنجیری را در سال ۱۸۵۰ ثبت نموده است.

- ۱۸۷۶، انتشار خبر اختراع موتور احتراق داخلی اتو.
- ۱۸۸۹، ساخت تراکتور با موتور احتراق داخلی توسط یکی از کمپانی‌ها.
- ۱۹۰۸، انجام اولین آزمایش تراکتور با موتور احتراق داخلی در شهر وینی پگ کانادا.

- ۱۹۱۰ تا ۱۹۱۴

- برگزاری اولین نمایشگاه تراکتور در شهر اوماها ایالت نبراسکا
- عرضه تراکتورهای سبک وزن و کوچک
- عرضه تراکتورهای بدون شاسی.

- ۱۹۱۵ تا ۱۹۱۹

- عرضه محور انتقال توان (PTO)
- تصویب قانون آزمایش تراکتور نبراسکا.
- ۱۹۲۰ تا ۱۹۲۴، تراکتور کشاورزی همه کاره با موفقیت زیاد به وجود آمد.
- ۱۹۲۵ تا ۱۹۲۹، محور انتقال توان به خارج (PTO) به تدریج روی تراکتورها سوار و مورد استفاده قرار گرفت.

- ۱۹۳۰ تا ۱۹۳۷

- نصب موتور دیزل بر روی تراکتورهای بزرگ
- عرضه تراکتورهای چرخ لاستیکی با سرعت‌های بیشتر
- نصب ادوات تمام الکتریکی روی تراکتورها
- افزایش تمایل برای نصب موتورهای با تراکم بالا بر روی تراکتورها
- پذیرش تراکتور چند منظوره.

- ۱۹۳۷ تا ۱۹۴۱

- پذیرش استاندارد محور انتقال توان (PTO) و قلاب تراکتور از طرف ASAE^۱ و SAE^۲

- عرضه سیستم خنک کن تحت فشار تراکتور
- استفاده از روش پر کردن لاستیک‌ها با آب برای سنگین کردن^۳ تراکتور به

1. ASAE : American Society of Agricultural Engineers

2. SAE : Society of Automotive Engineers

3. Ballast

منظور کشش بهتر آن

- عرضه اتصال سه نقطه
- عرضه دستگاه هیدرولیک تراکتور برای تنظیم عمق شخم.

– ۱۹۴۹ تا ۱۹۴۱

- ساخت محور آماده به کار محور انتقال توان (PTO)
 - پذیرش کنترل هیدرولیکی برای ادوات کششی
 - عرضه تراکتورهای گازسوز
 - افزایش سریع تعداد تراکتورهای چمن زنی و باغی.
- ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰
- افزایش سریع قدرت تراکتورها
 - افزایش درصد تراکتورهای دیزلی
 - تجهیز تراکتورها به فرمان هیدرولیک، جعبه دنده اتوماتیک و جعبه دنده چند

سرعت.

– ۱۹۶۱ تا ۱۹۷۰

- ادامه افزایش قدرت تراکتورها
- مجهز شدن کلیه تراکتورها به موتور دیزل در آمریکا (بجز تراکتورهای

کوچک)

- تأکید بر راحتی و ایمنی راننده تراکتور
- در دسترس قرار گرفتن جعبه دنده تمام اتوماتیک
- رواج لاستیک‌های رادیال برای چرخ‌های تراکتور

– ۱۹۷۸ تا ۱۹۷۰

- مجهز شدن تراکتورها به توربوشارژر و ایترکولر
- ضرورت ساخت اتاقک راننده برای حفظ جان سرنشین در هنگام غلتیدن (ROPS) از ۱۵ اکتبر ۱۹۷۶ برای کلیه تراکتورهای جدید تولید شده در آمریکا
- مجهز شدن تراکتورهای بزرگ به اتاقک کامل راننده
- اضافه شدن آزمون اندازه‌گیری شدت صدا به آزمایش‌های تراکتور نبراسکا
- رواج تراکتورهای چهار چرخ محرک (دو دیفرانسیل)