جامعة المنصورة
كلية الزراعة
قسم الهندسة الزراعية

مقدمة
الهندسة الزراعية
الجزء الأول
(الجرارات الزراعية)

إعداد

دكتور
الشحات بركات البنا
أستاذ ورئيس قسم الهندسة الزراعية

المحتويات

الباب الأول	٤
مقدمة فى الهندسة الزراعية	٥
مبادىء هندسية عامة	١٦
وسائل نقل القدرة	٢٢
الباب الثانى	٣٨
الأجزاء الرئيسية للجرار	٣٨
أنواع الجرارات	٤٠
الـــــــــــــمحرك	٤٢
الأجزاء الثابتة والمتحركة فى المحرك	٤٣
الدورات الحرارية الحقيقية	٥٤
حساب القدرة والكفاءات الخاصة بالمحرك	٦٦
أمثلة محلولة	٧٠
أسئلة وتمارين	٧٥

الباب الثالث	٧٧
أجهزة تشغيل المحركات	٧٧
جهاز الوقود	٧٧
جهاز التبريد	٨٦
جهاز تنقية الهواء	٨٩
جهاز التزييت	٩١
الأجهزة الكهربائية	٩٦
أجهزة بدء الحركة	٩٨
ججهاز العادم	١٠٢
أمثلة محلولة	١٠٢
أسئلة وتمارين	١٠٣

الباب الرابع	١٠٦
أجهزة نقل الحركة	١٠٧
القابض أو الدبرياج	١٠٧
صندوق التروس أو تغيير السرعات	١١٠
جهاز النقل العمودى والجهاز الفرقى	١١٢
أجهزة النقل النهائى	١١٧
أملثة محلولة	١٢٠
أسئلة وتمارين	١٢٢
الباب الخامس	١٢٤
أجهزة القيادة والتلامس ونقل القدرة	١٢٥
الفصل الأول	١٢٥
أجهزة القيادة والتلامس مع الأرض	١٢٥
أجهزة القيادة	١٢٥
أجهزة التلامس مع الأرض	١٢٨

الفصل الثانى	
أجهزة نقل القدرة من الجرار إلى المعدات الزراعية	136
قضيب الجر أو السحب	136
عامود الإدارة الخلفى	138
طارة الإدارة	139
الجهاز الهيدروليكى	140
قائمة المراجـــــع	145

الباب الأول

١-مقدمة فى الهندسة الزراعية
٢-مبادىء هندسية عامة
٣-وسائل نقل القدرة

مقدمـــة

من المعلوم أن أكثر من نصف سكان العالم يعملون بالزراعة أو صناعة الزراعة، فالزراعة هي أقدم صناعة للإنسان على سطح الأرض، فإذا أمكننا تعريف الزراعة على أنها عملية إنتاج الحاصلات النباتية والحيوانية فإنه أيضا يمكننا تعريف الهندسة الزراعية على إنها علم وفن استخدام الموارد والقوى الطبيعية لخدمة الإنسان وخاصة لمجهوده العضلي.

واتحاد العلوم الزراعية مع علم الهندسة الزراعية عملوا لتسخير عناصر الإنتاج الزراعي لمصلحة الإنسان بعلم الهندسة الزراعية وعلى ذلك
فالهندسة الزراعية هي علم وفن استخدام فرع أو أكثر من فروع الهندسة الزراعية إلى الحد الذي يجعله صالحا للاستخدام في المجال الزراعي.

منذ بدء الخليقة والإنسان يحاول وما زال يكرر محاولاته لتطوير المعدات والآليات التي تساعده على التعامل بسهوله ويسر مع عناصر الإنتاج الزراعي (الأرض- التقاوي- الماء- النبات- المحصول النامي- الحيوانات ومنتجاتها- والمنتجات الزراعية .....الخ) إلا أن التطور السريع في مجال الآليات قد بدأت مع مشارف القرن العشرين بسنوات قليلة

وسنقتبس قول متخصص زراعي أمريكي لتوضيح ذلك فقد قال: " لو بعث الفلاح الفرعوني القديم الى حقل الإنتاج القمح فلا غرابه أو اختلاف في استخدام نفس الآلات البسيطة عن تلك التي كان يستخدمها هو منذ خمس آلاف سنه"، ولكن منذ بداية القرن العشرين تمكن الإنسان وبفضل صناعة المحركات والمعادن أن يطور الآلات الزراعية تطورا وضحا.

وهذا الإنجاز الرائع للإنسان لم يكن من الممكن إتمامه طوال خمسة آلاف عام (آي منذ العهد الفرعوني)، وقد كان السبب الأول لهذا التطور الكبير هو استخدام علم الهندسة الزراعية. وعلي آية حال وبهدف زيادة الاستفادة من العلم بطريقة منظمه يمكننا تقسيم فروع الهندسة الزراعية الى التخصصات الآتية:-

١- هندسة التربة أو ميكانيكا التربة الزراعية.
٢- هندسة القوى المحركة في المزرعة.
٣- هندسة الآلات الزراعة.
٤- هندسة الري والصرف.
٥- هندسة تصنيع المنتجات الزراعية.
٦- هندسة المنشآت والمباني الزراعية.
٧- هندسة مزارع الإنتاج الحيواني.
٨- هندسة الزراعات المحمية.
٩-هندسة المعدات الثقيلة وإستصلاح الأراضى
١٠-إدرة المعدات وتحليل النظم

وقد اصبح من غير الممكن إلا أن ونحن في القرن الواحد والعشرين تغطيه المعلومات عن فروع الهندسة الزراعية في مؤلف أو كتاب واحد، لذلك وجب على مقدمي المؤلفات العلمية أن يشيروا الى تصنيف هذه المعلومات ويتناولوا فقط المعلومة الخاصة عن جزئيه الفرع المعين المتخصصين فيه وخاضه وأن المعلومات المتوفرة والأفكار العلمية وأبحاث التطوير والابتكار كثيرة جدا في فرع من الفروع السابق ذكرها للهندسة الزراعية.

١-١ فوائد استخدام وتطبيق علم الهندسة الزراعية:-

١- زيادة إنتاج العامل الزراعي: فبعد أن كان العامل الزراعي ينتج ما يغطى حاجة ثلاثة أو أربعه أشخاص فقط فقد زاد هذا المعدل الى ما يعادل ١٦ شخص تقريبا.

٢- توفير الوقت اللازم لإنتاج محصول ما، أي الوقت اللازم لأداء العمليات الزراعية المختلفة لإنتاج محصول ما. فعلى سبيل المثال كان الوقت اللازم لإنتاج القمح من وحدة مساحة فدان هو ٥٦ ساعة للفدان أصبح هذا الوقت (بعد استعمال الهندسة الزراعية)- ٥ ساعة للفدان تقريبا.

٣- تقليل العمالة اليدوي: فقد نقصت نسبة عدد العمال المشتغلين بالزراعة على مستوى العالم من ٧٠ الى ٣٠% تقريبا. فبعد أن كان عمليه حصاد البطاطس مثلا تتطلب ٢٤ رجلا/ فدان أصبح بمقدور رجل واحد حصاد من ٣-٤ فدان يوميا باستخدام الجرار وآلة الحصاد اللازمة، كذلك باستخدام آلة الحصاد والدارس combine أمكنه حصاد فدان من محصول القمح في اقل من ساعة واحدة.

٤- توفير الجهد العضلي الكبير الذي كان يبذله المزارع القديم: وأدى ذلك الى تحرير عضلات الإنسان وبالتالي توفير طاقاته لكي يفكر في طريقه افضل لتطوير وتحسين معيشته اليومية وقد ساهمت الهندسة الزراعية الى ارتفاع مستوى معيشة العامل الزراعي واستغلال وقته في إدارة وتطوير الآلات والمعدات والمنشآت الحديثة الأمر الذي يكسبه مهارة التشغيل والإدارة للمعدات الزراعية في مزرعته

٥- سرعة إنجاز العمليات الزراعية: أدى استخدام علم الهندسة أو الميكنة الزراعية للمعدات الزراعية إنجاز العمليات الزراعية، وهذا يؤدى إنجاز العمليات الزراعية وعدم تأخير زراعة المحصول، ونضج المحصول وحصاده في الوقت المناسب لتقليل فاقدي التبكير أو التأخير لميعاد الزراعة والحصاد.

٦- تقليل فاقد المحصول الزراعي: أدى استخدام الهندسة الزراعي بمهارة تطبيقها في المجال الزراعي وضبط الآلة والزراعة المنتظم الي تقليل فاقد المحصول الى أدني حد ممكن الأمر الذي نتج عنه زيادة المنتج من الوحدة الزراعية، كما ذكر في (٥) سرعة الإنجاز للعملية الزراعية وتقليل فاقدي التبكير والتأخير في زراعة وحصاد المحصول في الميعاد المناسب.

٧- تحسين خواص التربة الزراعية أدى استخدام الهندسة الزراعية للمحافظة على خواص التربة الزراعية مثل تقليل هدم بناء التربة الزراعية Soilلزيادة تهويتها أو مساميتها Porosity ولمحافظه على مستوى الماء الارض بها.

٨- تقليل تكاليف انتاجية المحصول: أدى استخدام المعدات الزراعية وإدارتها الجيده Managementلى زيادة انتاجية المحصول الزراعى من وحدة المساحات. وذلك باستخدام القدره اللازمة للمعدة الزراعية مما يطلق عليه الاختيار الأنسب للمعدات Machinery selectionحتى لاستخدم المعده الصغيره أو العكس.

٩- ترشيد استخدام المياه: اليوم يتجه العالم لترشيد المياه وفي البلدان ذات الجو الحار خاصة وهناك قول عن أنه في خلال ٢٠ عاما القادمة سوف تباع المياه المستخدمه فى المجال الزراعى- فاستخدام وسائل الرى الحديثه مثل الرى بالرش أو بالتنقيط للمياه فى المجال الزراعى يؤدى إلى ترشيد استخدام المياه.

مما سبق يمكن تعريف الهندسة الزراعية بأنها علم يسهام في ارتفاع مستوى معيشة العامل الزراعى وتحول الكدح اليومى فى الحقول منذ شروق الشمس إلى غروبها إلى عمل ذو سمات أخرى مثل إدارة المزرعة وتطوير الآلات والمعدات وكذلك المنشآت الحديثة مما ساهم فى زيادة مهارة وذكاء العامل الزراعى في كل مكان .

١-٢ تعريف الميكنة الزراعية:

تعريف الميكنة الزراعية على أنها فرع من فروع الهندسة الزراعية، وهى أداء العمليات الزراعية بواسطة المعدات وآلات تعمل بمحركات آلية مع عدم الاعتماد بطريقه مباشره على المجهود العضلى للانسان كلما امكن ذلك بهدف تخفيض تكلفة الانتاج أو اختصار وقت الأداء أو تقليل المجهود العضلى الحيوى والهندسة الزراعية اذا طبقت في مجال الزراعة أطلق عليها الميكنة الزراعية.

ويري البعض أن يكون تعريف الميكنة أعم وأشمل بحيث لا يتوقف عند استخدام المعدات الميكانيكية فقط بل يتعداها إلي أي معدات تستخدم القوى العضلية للانسان أو الحيوان ويستخدم فى مجال انتاج أو تداول أو تصنيع المنتجات الزراعية لذلك نجد أن الميكنة الزراعية بشكلها الحالى قد مرت بعدة مراحل تطور نجملها فيما يلي:-

١-مرحلة انعدام الميكنة

وهى مرحلة الزراعة البدائية التى يعمل فيها الانسان بدون استخدام أى أداه خارجية معتمدا على قوته العضلية مثل نثر البذور والسماد واقتلاع الحشائش والحصاد اليدوى (جمع الثمار) وقد كان ذلك فى بداية القرن ١٩ فى أوربا وأمريكا. ورغم ذلك ففى مصر مازالت هذه المرحلة موجودة فى كثير من الأعمال الزراعية وتتميز هذه المرحلة بارتفاع المجهود العضلى الذى يبذل مع انخفاض الانتاجية كما أن المجهود العضلى يتلاشى بعد مدة من الزمن.

٢-مرحلة المعدات اليدوية

فى هذه المرحلة بدأ الإنسان فى استخدام المعدات اليدوية مثل المنجل والفأس فى أداء عمله، وقد كان ذلك فى أوائل القرن ١٩ فى أوربا وأمريكا، أما فى مصر فما زالت هذه المرحلة موجودة وتمتاز هذه المرحلة بتحسن قليل فى الإنتاجية ولكن مازال المجهود العضلى الذى يبذل مازال مرتفع.

٣-مرحلة الميكنة الحيوانية

بدأت هذه المرحلة بعد إستئناث الحيوان وتدريبه فقد وجد الإنسان أن الحيوان يمكن أن يريحه من بذل مجهود شاق كما أنه يستطيع أن يعطى مجهود أكبر من مجهوده فى تشغيل آلات زراعية بسيطة الصنع التركيب مثل المحراث الخشبي والعراقة، وتتميز هذه المرحلة بتحسن ملموس فى الانتاجية للعامل مع تقليل جزئى للمجهود العضلى الذى يبذله، وهذه المرحلة مازالت حتى الآن من مميزات الزراعة المصرية.

٤-مرحلة الميكنة الحيوانية المتطورة (عجلة التحريك)

استمر الانسان فى تطوير الآلات التى تجر بواسطة الحيوان وأصبحت أكثر كفاءة وتتميز هذه المرحلة بإدخال عجلة التحريك للآلة الزراعية التى تدير جهاز أو أكثر عند جر الحيوان للآلة وفى هذه المرحلة تحسنت إنتاجية الإنسان تحسننا كبيرا مع خفض المجهود العضلى الذى يبذله، ومن آثار هذه المرحلة فى مصر (الساقية والنورج) أما قى أوربا فقد استخدمت العجلة فى إدارة آلات كثيرة.

٥- مرحلة الميكنة الانتقالية أو المشتركة

بدأت هذه المرحلة فى أوائل القرن ١٩ بعد ظهور آلات الاحتراق الداخلى وذلك بإضافة محركات احتراق داخلى للآلات التى تجر بواسطة الحيوان بغرض تخفيف المجهود الذى يبذله الحيوان وفى هذه المرحلة بدأ استخدام مصدر آخر غير المجهود العضلى الحيوى وصاحب ذلك تطورا واضحا فى الآلات الزراعية

وظهرت المحشة الميكانيكية وآلات الحصاد وآلات المقاومة وآلات الكبس، مما أدى إلى ارتفاع الإنتاجية للإنسان والحيوان مع تقليل المجهود العضلى الذى يبذل ورغم أن هذه المرحلة قد بدأت فى الاختفاء فى البلاد المتقدمة إلا أنها لم تدخل الزراعة المصرية بشكل واضح وإن كان لها بعض المظاهر وهو موتور الرش والمحرك الذى يجر بالحيوان.

٦-مرحلة الميكنة الزراعية الكاملة

وهى مرحلة استخدام الجرارات الزراعية المتخصصة فى جر وتشغيل الآلات الزراعية ذات المحركات أو تشغيل الآلات الثابتة بمعنى آخر يمكن أداء جميع العمليات الزراعية بواسطة آلات تديرها محركات ميكانيكية. ويقتصر عمل الإنسان على المراقبة المستمرة للأجهزة التى تعمل وتتميز هذه المرحلة بارتفاع الكفاءة الإنتاجية للإنسان مع تقليل المجهود العضلى له بالإضافة إلى استغناءه عن المجهود العضلى للحيوان وهذه المرحلة آخذة فى الانتشار تدريجيا فى الزراعة المصرية.

٧-مرحلة الميكنة الأتوماتيكية

رغم أن المرحلة السابقة فى الميكنة تعتبر كاملة إلا أنه قد ظهرت فى الأفق مرحلة التحرك الذاتى لبعض الآلات التى تؤدى أعمال محددة مثل آلات الرى والصرف التى تعمل وتقفل أتوماتيكيا كآلات تجفيف الحبوب وآلات التحكم فى درجات الحرارة والرطوبة داخل المخازن، كما تجرى أبحاث فى بعض البلدان لإمكانية تشغيل الجرارات والتحكم فيها أتوماتيكيا.

وتتميز هذه المرحلة بعدم استمرارية الإنسان فى مراقبة العمل على آلة بل تعداه إلى مراقبة عدة أنظمة مع بعضها وفى هذا النظام تصل إنتاجية الانسان إلى القمة مع انخفاض المجهود الذى يبذله إلى أقل مستوى. وحتى الآن لايمكن اعتبار أن هذه المرحلة من الميكنة قد دخلت الزراعة المصرية بشكل إنتاجى.

١-٣ دلائل تطور الميكنة الزراعية فى مصر

لتطوير الميكنة الزراعية دلائل أو علامات يمكن بواسطتها معرفة مدى حدوث التطور، ويمكن توضيح دلائل تطور الميكنة الزراعية فى مصر فى ثلاثة مراحل كمايلى:-

المرحلة الأولى

وهى مرحلة البدء فى إدخال الميكنة فى الزراعة فى الفترة مابين أوائل ١٩ وحتى قيام الثورة وفى هذه المرحلة تم استيراد عدد محدود من الجرارات الزراعية مع بعض الآلات الصالحة لإعداد مهد البذور ثم توقف عند هذا الحد إلى منتصف القرن ١٩ لعدة أسباب أهمها:-

١-عدم وجود تخطيط واضح لسياسة التنمية وإدخال الميكنة.
٢- وفرة الأيدى العاملة مع رخص أجرها.
٣-جمود السياسة الزراعية واحتفاظها بشكلها الحالى.
٤-اتجاه ملاك الأراضى الزراعية إلى الاقتصاد وعدم الإقبال على شراء المعدات الزراعية.
ورغم ذلك فقد كانت مصر من الدول الكبيرة إلى الاقتصاد وعدم شراء المعدات الزراعية.

المرحلة الثانية

وهى مرحلة التفكير الجدى فى إدخال الميكنة فى الزراعة المصرية وهى الفترة من قيام الثورة وحتى عام ١٩٧٥م تقريبا وهذه الفترة مصر بدأت جديا فى إدخال الميكنة وذلك راجع لعدة أسباب أهمها:

١- وضع خطة تنمية زراعية وصناعية.

٢- البدء فى استصلاح مناطق جديدة.

٣- إقامة صناعة الجرارات والمعدات الزراعية واستمرار استيرادها.

٤- هجرة بعض عمال الزراعة للمدن والدول العربية.

ورغم وجود العديد من المشاكل الاقتصادية والفنية والتى واجهت الاستمرار الحاسم فى إدخال الميكنة فى المجال الزراعى إلا أنه كانت هناك استمرارية محدودة فى التطبيق.

المرحلة الثالثة:

وهى المرحلة الحالية ويمكن أن نطلق عليها حتمية إدخال المكنة المتكاملة أو الهندسة الزراعية إلى جميع فروع الانتاج الزراعى وتصنيعه لعدة أسباب:-

١- التوسع فى استصلاح الأراضى الغير منزرعة مثل سيناء وتوشكا والنوبارية ومعظم المناطق على جانبى نهر النيل بالوجه القبلى.

٢-إعطاء الجمعيات الزراعية والأفراد حق امتلاك المعدات واستصلاح الأراضى الصحراوية.

٣- وجود العديد من مشاريع الأمن الغذائى.
٤-هجرة العديد من العمالة الزراعية للعمل خارج القرية أو السفر إلى الدول العربية.
ومن النتائج الملموسة لهذه المرحلة أن ٦٠-٧٠% كانت الزيادة فى تعداد الجرارات الزراعية مع زيادة أعداد محدودة فى الآلات الزراعية، وزيادة تعداد المعدات المستخدمة فى مزارع الإنتاج الحيوانى وزيادة التصنيع الزراعى.

١-٤ الوضع الراهن للمزرعة المصرية

لابد من معرفة الظروف الحالية للمزرعة المصرية حتى يمكن وضع خطة سليمة للاستفادة من التقدم التكنولوجى فى تطويرها. فالمزرعة المصرية بوضعها الحالى لتعطى المجال المناسب لاستغلال الهندسة الزراعية فى أطوارها المتقدمة والاستفادة بإمكانياتها الضخمة فى

المساهمة فى زيادة الإنتاج الزراعى حيث أن الهندسة الزراعية مازالت تستخدم فى حدود ضيقة وخاصة فى المناطق القديمة والمنزرعة وهى المساحات الكبيرة حيث تبلغ ٦ مليون فدان إلا أن هناك أسباب تحد من انتشار الهندسة الزراعية بها أما المناطق التى يمكن استصلاحها واستزراعها حسب الموارد المائية تبلغ ٢ مليون فدان

وتم بالفعل استصلاح واستزراع مليون فدان منها. فى هذه المناطق يمكن تطبيق الهندسة الزراعية أو الميكنة الشاملة بها حيث أن العوامل التى تحدد اختيار محصول بما فيها هى العوامل الجوية أو المناجية والتربة والمياه بالإضافة إلى العوامل الاقتصادية وبعد ذلك يمكن اختيار الميكنة الشاملة لإنتاج هذا المحصول.

١-٥ العوامل التى تحد من انتشار الهندسة الزراعية فى المناطق المنزرعة

١- صغر الملكيات او تفتت الحيازة الزراعية ورد بالإحصاء السنوى ١٩٧٣ ما يوضح أن توزيع الملكيات الزراعية فى مصر ما هو موضح بالجدول

مساحة الملكية، فدان	عدد الملاك × ١٠٠٠	جملة المساحة × ١٠٠٠	جملة المساحة × ١٠٠٠	المساحة، %
أقل من ٥ أفدنة	٣٠٣٣	٣٦٩٣	٩٤ر٥	٥٧ر١
٥ أفدنة	٧٨	٦١٤	٢ر٤	٩ر٥
٧ أفدنة	٦١	٥٢٧	١ر٩	٨ر٢
٢٠ فدان	٢٩	٨١٠	٩ر٠	١٢ر٦
٥٠ فدان	٦	٣٩٢	٢ر٠	٦ر١
١٠٠ فدان	٤	٤٢١	١ر٠	٦ر٥

من الجدول يتضح أن ثلثى المساحة المنزرعة فى مصر أقل من ٥ أفدنة وقد دلت الأبحاث أن استعمال المعدات الميكانيكية الكبيرة غير إقتصادى فى المساحات الصغيرة إذ تقل كفاءة تشغيلها وكفاءتها الإنتاجية وتصل لأدنى حد وتؤكد ابحاث سعود (١٩٧٤)، البنا (١٩٩٠، ٢٠٠٢) على ميكنة إنتاج محصولى القمح والشعير حيث ارتفعت الكفاءة الحقلية لآلة الحصاد والدرس الكاملة بمقدار ٥ر١٩%

وإنتاج الحبوب بمقدار ٥ر٥٥ كجم/ساعة فى القطع التى تبلغ أطوالها أكثر من ١٠٠م، عن القطع ذات الأطوال الأقل عن ١٠٠ م.

هذه المشكلة يمكن أن تحل بوجود الجرار ومحاريث تحت التربة حيث يمكن إعداد الطرق وحرث التربة حرثا عميقا وتطهير المصارف والقنوات مما يقلل بالتدريج من عدد هذه المصارف المكشوفة بالإضافة إلى إمكان عمل المصارف المغطاة.

٤- عدم استكمال الجهاز الفنى لتشغيل الميكنة الزراعية

فى البلاد نقص كثير من الكفاءات الفنية على اختلاف مستوياتها فى مجال الميكنة الزراعية سواء كان فى التشغيل أو الصيانة أو الإرشاد، ولذلك يجب إعداد جهاز فنى من المهندسين الزراعيين المتخصصين فى الآلات والجرارات الزراعية يكون مجال عملهم مايلى:-

أ- الإشراف على محطات الخدمة الآلية بجميع أنواعها

ب- إرشاد المزارعين إلى أصلح الآلات الملائمة لظروف زراعاتهم

ج- استيراد الآلات الزراعية المناسبة للمزرعة المصرية

د- تدريب العمال على تشغيل وصيانة الآلات الزراعية

هـ-وضع تصميمات وتصنيع الآلات الزراعية التى تصلح للمزرعة المصرية.

يجب الإشارة إلا أن المعدات الصغيرة تناسب ظروف الزراعة المصرية لصغرها وهذا يؤكد تفوقها على المعدات الكبيرة فى الوقت والأداء. فعند استخدام معدات متطورة تستخدم القدرة الفعلية نجد أن الوقت المستفيد فى أداء العمليات يتراوح مابين ١٦-٢٧% فى حين أن الوقت قد يصل إلى ٢٥ر٠ - ١٢% فى المعدات الصغيرة أما تكاليف الأداء فقد وصلت مابين ٣٣-٥٠% للمعدات المتطورة، ٨-٣٧% فى المعدات الصغيرة ذات محرك بنفس الترتيب من وقت الأداء وقيمة التكاليف للعمل اليدوى.

١-٦ الأسباب التى تؤدى إلى تأخر انتشار الهندسة الزراعية:-

١- ارتفاع ثمن الجرارات والآلات الزراعية

٢- ضعف القوة الشرائية للمزارع المصرى بصفة عامة

٣- عدم توفر القروض الطويلة الأجل لشراء المعدات الزراعية لعدم وجود ضمانات كافية.

٤- عدم الاستقرار فى توحيد طراز الجرار الذى بصنع محليا الأمر الذى لا يعطى فرص لتقليل ثمنه وتوافر قطع الغيار.

ويمكن تذليل هذه الصعاب بمايلى:-

١-إتباع دورات زراعية يكون من خصائصها تجميع المحصول الواحد فى مساحات كبيرة لتسهيل عمل الآلات المتخصصة.

٢- عمل مصارف مغطاة فى المساحات التى تسمح طبيعة أرضها بذلك.

٣-تشجيع إقامة الجمعيات التعاونية التى تمد المزارعين بالآلات والمعدات الزراعية.

٤- إنشاء محطات خدمة آلية للتأجير والتشغيل للآلات والمعدات الزراعية.

٥- تشجيع الدراسات والأبحاث للتوصل إلى أنسب الآلات التى تصلح للمزرعة المصرية.

٦-تشجيع الصناعة الوطنية لإنتاج المعدات والآلات الزراعية.

٢- مبادىء هندسية عامة
Engineering principals

الكميات الهندسية

هناك نظامان رئيسيان للوحدات هما النظام الإنجليزى والنظام المترى، وذلك للتعبير عن الكميات الهندسية المختلفة. فى عام ١٩٧٠ عرض نظام عالمى موحد للوحدات وهو يعد نظام معدل للنظام المترى،

ويسمى هذا النظام بالنظام العالمى للوحدات.

The International System of Units of measurements

ويرمز له بالرمز **SI**

وتنقسم الكميات الهندسية فى هذا النظام إلى سبعة كميات أساسية و ١٧ كمية مشتقة من الكميات الأساسية.

اولا الكميات الأساسية Basic SI Units

يحتوى النظام العالمى للوحدات SI Units على سبعة كميات أساسية منها تتكون الكميات الهندسية الأخرى وهى مبينة بالجدول التالى:-

Quantity		Units	Symbol
Length	الطول	Meter	m
Mass	الكتلة	Kilogram	kg
Time	الزمن	Second	s
Electric current	التيار الكهربى	Ampere	A
Temperature	درجة الحرارة	Kelvin	K
Light Intensity	شدة التيار (كثافة الضوء)	Candela	Cd
Molecular substance	الوزن الجزئى	Mole	mol

يهمنا فى مجال الهندسة الزراعية والمقرر الحالى الكميات الخمسة التالية:-

١- الطول Length

وهو المسافة بين نقطتين، ووحداته الكيلومتر أو المتر أو السنتيمتر فى النظام المترى وفى النظام الإنجليزى الميل أو الياردة أو القدم أو البوصة

١ mter = 3.28 feet = 39.37 inches =

39.37x2.54 cm =100 cm

١ feet = 12 inches

٢-الكتلة Mass

وهى كمية المادة معبرا عنها بالكيلوجرام SIأو الرطل British)

٣- الزمن Time

وهو الوقت الذى تستغرقه أى عملية ووحداته الساعة، الدقيقة، الثانية

٤- درجة الحرارة Temperature

ويعبر عنها بوحدات الكلفين Kelvin (K)والوحدات البسيطة لدرجة الحرارة تسمى درجة مئوية Celsius .(oC)

- oC = 273.15 K

٥ـ التيار الكهربى Electrical current

وتعبر عن شدة التيار الكهربى ووحداتها الأمبير Ampere (A)

ثانيا الوحدات المشتقة Derived SI Units

وعددها سبعة عشر وحدة مشتقة ويهمنا منها فى مجال الهندسة الزراعية الوحدات التالية:-

١- المساحة area

يعبر عنها بالمتر المربع، وبالنسبة لمساحة الأراضى يستخدم الهكتار Hectare حيث أن:

Hectare = Ha = ١٠٠٠٠ m2

٢-الحجم Volume

وحدة الحجوم يعبر عنها باللتر حيث أن:

1 liter = 1000 cm3

1 m3 = 1000 litre = 106 cm3

٣- السرعة Velocity

وهى معدل تغير المسافة بالنسبة للزمن ووحداتها متر/ثانية أو كم/ساعة.

٤- السرعة الزاوية Angular Velocity

مثل سرعة المحرك (سرعة عامود المرفق) ويعبر عنها باللغة/ثانية وفى النظام العالمى يعبر عنها Raddled حيث أن:

$$rpm = \frac{2\pi}{60} N \ldots\ldots\ldots rad$$

حيث أن π = ٣ر١٤

٥- العجلة Acceleration

وهى معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن ووحداتها متر/ثانية مربعة.

٦- القوة Force

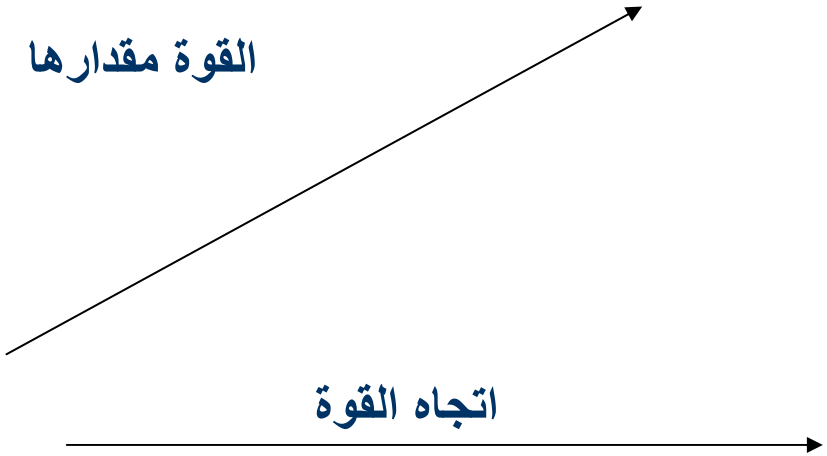
وهى أى عامل يؤثر على جسم ما ويغير من حالته سواء كان ساكنا أو متحركا.

وتحدد القوة بثلاثة عناصر هى:-

أ- المقدار واتجاهها

ب- الاتجاه

جـ- نقطة التأثير



وتتناسب القوة مع العجلة الناتجة عن تأثيرها حيث :-

$$F = m. a$$

F = القوة نيوتن

m = كتلة الجسم كجم

a = العجلة m/s2

وتوجد القوة فى صور كثيرة منها:-

أ- قوة الضغط Pressure Force

مثل القوة المتولدة من ذراع مكبس آلة كبس التبن وهى عكس قوة الشد Pull

ب- قوة الشد Tension Force

مثل القوة المتولدة فى قضيب الشد الخاص بالجرار الزراعى نتيجة لسحب آلة زراعية.

جـ- قوة الاحتكاك Friction Force

وهى القوة التى تنشأ عند تحرك سطح بالنسبة لسطح آخر ملاصق له وتعمل على مقاومة هذه الحركة

قوة الاحتكاك = قوة الضغط × معامل الاحتكاك بين الجسمين.

د- قوة الجذب Gravitational Force

وهى قوة جذب الأرض للأجسام بفعل الجاذبية الأرضية وهذا ما يعرف بوزن الجسم.

هـ- قوة الطرد المركزى Centrifugal Force

وهى القوة الناتجة عن حركة دوران جسم قى منحنى واتجاها إلى خارج مركز الدوران.

٧- العزم Torque

إذا أثرت قوة على جسم ما فإنها تحاول أن تحدث فيه دورانا حيث أن:-

العزم = القوة × المسافة العمودية بوحدات نيوتن. متر

$$T = F. L \quad (N.m)$$

٨- الضغط Pressure

وهو مقدار القوة الواقعة على وحدة المساحات، ووحداته نيوتن / متر مربع حيث:

$$P = \frac{F}{A} .....N / m^2$$

Force (F) = Pressure (P) O Area (a)

Pa (Pascal) = ٢N/m

N/ m2 = Pressure الضغط = P

N = القوة = F

m2 = المساحة = A

٩- الشغل Work

إذا تحرك جسم تحت تأثير قوة معينة لمسافة ما فى اتجاه القوة فيقال أن هذه القوة قد بذلت شغلا ويساوى

Work = Force x Distance

or Joule (J) WD = F.L = N.m

١٠- الطاقة Energy

وهى مقدرة الجسم على بذل شغل معين ولها صور عديدة منها الطاقة الميكانيكية - الذرية - الكيميائية - الحرارية - الكهربائية - الضوئية.

ويهمنا فى مجال الهندسة الزراعية أشكال الطاقة الميكانيكية وهى:-

أ-طاقة الوضع Potential Energy

وهى الطاقة التى يكتسبها الجسم نتيجة لوضعه على ارتفاع معين بالنسبة لمنسوب ثابت، ويمكن الحصول على هذه الطاقة إذا ترك هذا الجسم ليسقط تحت تأثير الجاذبية الأرضية

F.L =E = m. a. L

طاقة الوضع = Potentional Energy = E

joule)J .....

كتلة الجسم = Mass = M

kg .....

عجلة الجاذبية الأرضية= Acceleration = a

m2/s.....

المسافة = Length = L

m .....

ب- طاقة الحركة Kinetic Energy

وهى الطاقة الكامنة بالجسم نتيجة الحركة وتساوى

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots Joule.(J)$$

V= السرعة = Velocity = m/s٢

١١- القدرة Power

وهى معدل الشغل المبذول بالنسبة للزمن

$$\text{Power} = \frac{\text{Work}}{\text{Time}} \ldots\ldots\ldots\ldots\text{J/s}\ldots\text{orWatt}$$

or

Power = 2π rNF (T=rF)

π NT٢ =

القدرة = ٢ط × عزم الدوران × سرعة الدوران

ملحوظة:

للأغراض العملية يستخدم الحصان وهو ٧٥ كجم. متر كل ثانية وهو يساوى
١ حصان = ٧٣٦ وات.

٣ - وسائل نقل القدرة الميكانيكية

تنقل القدرة الميكانيكية من مصدر توليدها إلى مكان استخدامها بعدة طرق مع تحويلها أثناء النقل إلى الصورة المرغوبة في مكان الاستعمال من حيث السرعة والحمل المطلوب التغلب عليه . والأمثلة على ذلك كثيرة ... فيلزم نقل قدرة المحرك إلى عجل الجرار مع تقليل سرعة الدوران أثناء هذا النقل . وذلك حتى يتمكن الجرار من التحرك على الأرض بالسرعة المناسبة وبالقوة اللازمة للتغلب على الحمل الواقع عليه (مقاومة عملية حرث مثلا) .

أو نقل قدرة المحرك إلى طارة الجرار ومنها عن طريق سير إلى طارة أخرى لآلة ري أو دراس ... أو نقل قدرة المحرك إلى عمود الإدارة الخلفي ثم نقلها لتشغيلها سكينة (المحصدة أو أسلحة محراث دوراني) ، أو نقل قدرة المحرك إلى جهاز الهيدروليكي بالجرار للتحكم من حركة محراث معلق .

ويمكن حصر الوسائل الشائعة الاستعمال لنقل القدرة في مجال الجرارات والآلات الزراعية على:

ويمكن حصر الوسائل الشائعة الاستعمال لنقل القدرة في مجال الجرارات والآلات الزراعية على:

١- النقل المباشر

٢- التروس

٣- السيور

٤- الجنازير

٥- الأعمدة المرفقية والكامات

استعمال السوائل والكهرباء

ويتطلب الأمر عادة استخدام أكثر من وسيلة لنقل القدرة من مكان توليدها إلى مكان استخدامها

ويتوقف الاختيار المناسب للوسيلة على عوامل كثيرة أهمها :-

(أ) مكان مصدر توليد القدرة بالنسبة لمكان استعمالها ... أي المسافة بين أعمدة الدوران التي تنقل القدرة بينهما والعلاقة الهندسية بين محاورها .... هل هي محاور متوازنة أومتقاطعة أو متعامدة .

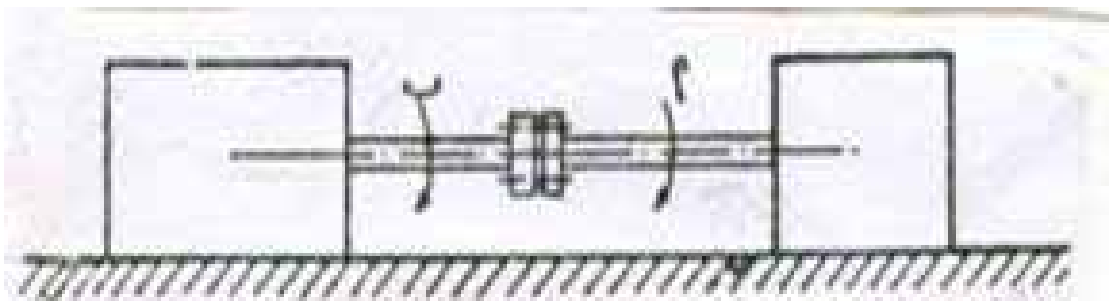
(ب) السرعة والعزم عند المصدر بالنسبة للسرعة والعزم عند مكان الاستعمال .

(ج) أهمية المحافظة على نسبة ثابتة بين سرعة أعمدة الدوران

(د) بساطة التصميم وكفاءة النقل .
(هـ) التكلفة الأصلية لوحدة النقل وتكاليف الصيانة ... كثيراً ما يضحي بكفاءة النقل في سبيل تقليل التكاليف .
(و) الظروف التي تعمل فيها وحدة النقل من حيث إمكانية الصيانة والإصلاح

(١) النقل المباشر :

ولا شك أنها أبسط الطرق وأكفأها لنقل القدرة إلا أنها تستلزم وجود عمودي الدوران في مكان واحد وأن يكون محور العمود الأول امتدادا لمحور العمود الثاني كذلك فإن القدرة تنقل في هذه الحالة على نفس الصورة ...أي أن السرعة والعزم على العمود الأول هي نفس السرعة والعزم على العمود الثاني ب (شكل ١)



مصدر القدرة الآلة أو مكان إستعمال

(٢) التروس:

وهى عبارة عن عجلات مسننة مصنوعة من الحديد أو الصلب أو من مواد أخرى ويوجد على محيطها أسنان تتعشق مع أسنان تروس مماثلة وبذلك تعمل على أدارتها .

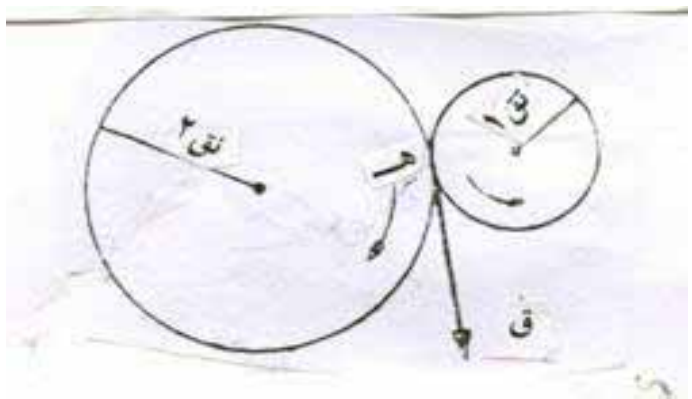
وتستخدم هذه الطريقة عادة في حالة اقتراب العمودين اللذين تنقل القدرة بينهما كذلك عندما يتطلب الأمر ضرورة المحافظة على نسبة ثابتة بين سرعتي عمودي الدوران ، ويمكن الحصول بواسطة التروس على مجال واسع من نسبة السرعة ونسب العزم بين عمودي الدوران

وذلك باستعمال تروس ذات أقطار مختلفة . ويلاحظ أنه يجب استعمال ترسين على الأقل عند نقل القدرة وفي هذه الحالة فإن إتجاة دواران العمود الثاني يكون على عكس اتجاه العمود الأول . هذا ويمكن الاحتفاظ باتجاه واحد لدوران العمودين بإضافة ترس ثالث بينهما. والتروس عادة يلزمها تزيت مستمر وإلا تآكلت بسرعة ونتج عن ذلك تصادم بين الأسنان بسبب كسرها. والتروس غالية الثمن نسبياً إذا ما قورنت بالوسائل الأخرى لنقل القدرة

وحجم التروس يتوقف على المادة المصنوعة منها ومقدار القوى المنقولة بينهما وعلى المسافة بين الأعمدة وعى نسبة سرعة الدوران . ويلاحظ أن الترس ذو عدد الأسنان الأكبر هو الأبطأ . ويمكن استنتاج العلاقة بين سرعة دوران الترسين المعشقين لبعضهما على النحو الآتي :

نفرض أن هناك ترسين أ، ب كما في شكل (٢) والذي يتضح منه أن المسافة بين محورين الترسين هي مجموع نصف قطريهما . ونقطة التماس (هـ) بين الترسين (أ ، ب)

يمكن اعتبارها نقطة على محيط الترس (أ) أو محيط الترس (ب) حيث أنها مشتركة بين الاثنين . نفرض أيضاً أن سرعة دوران الترس (أ) هي (ن١) وللترس (ب) هي (ن٢) لفة في الدقيقة ، وأن نصفي قطري الترسين هما (نق١ ، نق٢) على التوالي .



شكل (٢)

فإذا اعتبرنا هـ نقطة من (أ) فإنها تسير مسافة محيط الترس (أ) هي (٢ط نق١) في زمن لفة واحدة من (أ) (٦٠ / ن١) ثانية أي أن سرعتها المحيطية هي ع هـ = (ط نق١ × ن١) / ٦٠ وإذا اعتبرنا نفس النقطة (هـ) كنقطة على محيط الترس ب فإن سرعتها المحيطية ع هـ = (ط نق٢ × ن٢) / ٦٠

$$\frac{\text{عدد أسنان الترس (أ)}}{\text{عدد أسنان الترس (ب)}} = \frac{\text{ن}_2}{\text{ن}_1} \times \frac{\text{نق}_1}{\text{نق}_2} \times \frac{\text{٠٠}}{\text{٠٠}}$$

$$\text{٠٠ ع هـ} = \frac{\text{٢ ط نق}_1\text{ن}_1}{60} \quad \frac{\text{٢ ط نق}_2\text{ن}_2}{60}$$

كذلك نفترض أن القوة المنقولة بين الترسين عند النقطة المشتركة هت مقدارها (ق) وفي إتجاه المماس للترسين عند (هـ) ، وحيث أن السرعة عند هذه النقطة هي (ع هـ) فإن القدرة المنقولة هي :

القوة × السرعة = ق × ع هـ

$$\frac{\text{ق} \times ٢ \text{ ط} \times \text{نق}٢\text{ن}٢}{٦٠}$$

$$\frac{\text{ق} \times ٢ \text{ ط} \times \text{نق}١\text{ن}١}{٦٠}$$

وحيث أن (ق ×نق١) = العزم على الترس (أ)

و أن (ق × نق٢) = العزم على الترس (ب)
. . ينتج المعادلة السابقة للقدرة أن (العزم على الترس أ) × ن١ = (العزم على الترس ب) × ن٢
وعلى ذلك فيمكنا تلخيص جميع العلاقات الهامة بالنسبة لترسين معشقين شكل (٣) في الآتي :-

العزم على الترس (أ)
العزم على الترس (ب)

$$\frac{ن_{٢}}{ن_{١}}$$

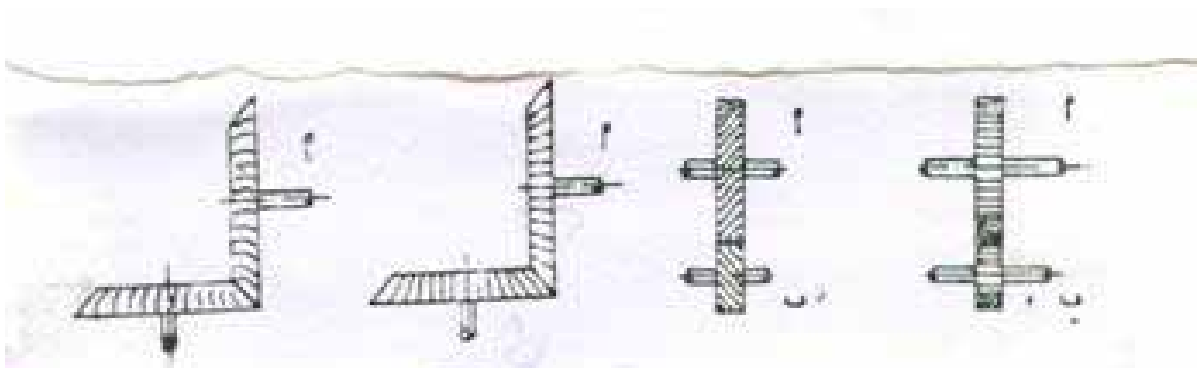
عدد أسنان الترس (أ)
عدد أسنان الترس (ب)

$$\frac{نق_{١}}{نق_{٢}} = \ldots\ldots$$

نق١ + نق٢ = المسافة بين محوري ترسين (أ ، ب) ٢

والقدرة المنقولة = $\frac{٢ \text{ ط } ن_{١}}{60}$ × العزم على الترس (أ) = $\frac{٢ \text{ ط } ن_{٢}}{60}$

× العزم على ترس ب ٣



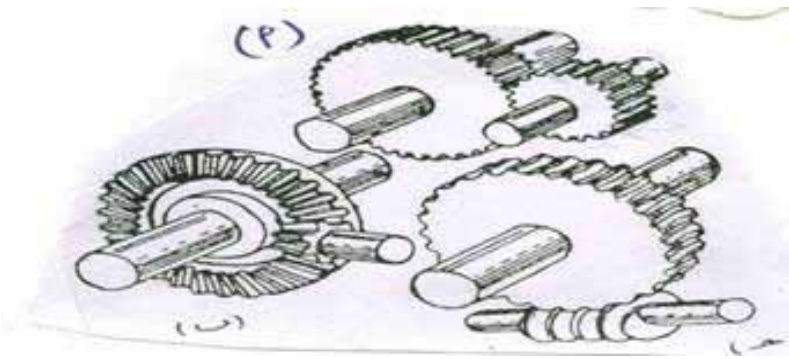
شكل (٣)

وهناك أنواعاً مختلفة من التروس :

التروس المهمازية : وأسنان الترس فيها متوازنة وفي اتجاه محور الدوران للترس وتستعمل إذا كان محوري الدوران للعمودين متوازين . (شكل ٣ وشكل ٤-أ)

- التروس المخروطية : وتستعمل في حالة تعامد محوري الدواران للعمودين (شكل ٣ وشكل ٤-ب)

ـ التروس الحلزونية : وهي تشبه إلى حد ما التروس المهمازية والتروس المخروطية إلا أن أسنانها ليست موازية لمحور الدوران للترس بل مائلة عليه (أنظر شكل ٤) مما يعطي مسافة أطول لتلامس السنين المعشقين وينتج عن ذلك تخفيضاً في الصوت نتيجة لقلة الضغط الواقع بين السنين ـ وتستعمل التروس الحلزونية في علبة التروس وفي مجموعة التروس الفرقية في الجرارات .



أنواع مختلفة من تروس نقل الحركة

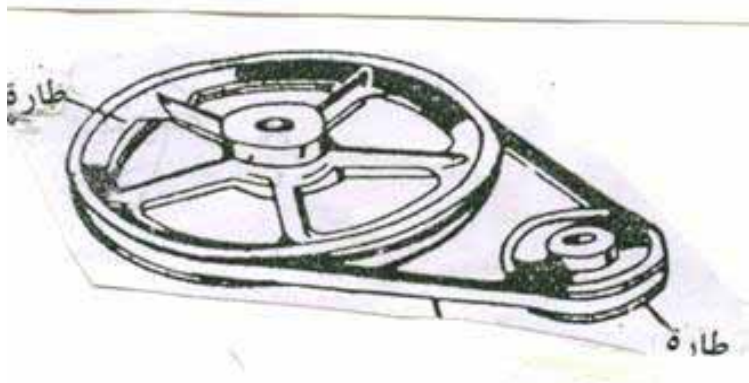
(أ) بين محاور متوازية

(ب) بين محاور متعامدة فى نفس المستوى

(ج) بين محاور متعامدة ليست فى نفس المستوى

(٣) السيور :

في هذه الحالة تركب طارة خشبية أو معدنية على العمود الأول وطارة أخرى على العمود الثاني ويوصل بينهما سير من الجلد أو المطاط أو النسيج بحيث يكون مشدوداً . (شكل ٥)



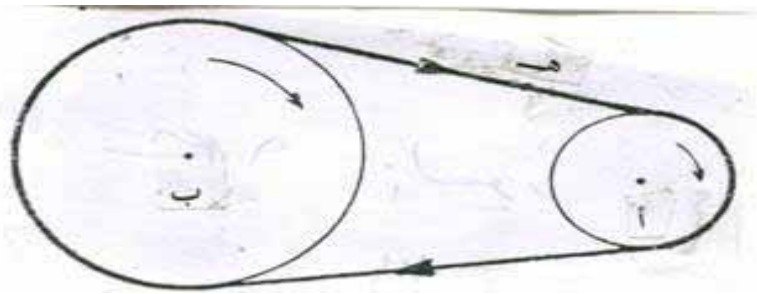
شكل (٥)

فعند دوران العمود الأول يتحرك السير والذي يقوم بإدارة الثاني . ويجب أن يكون شد السير مناسباً حيث أنه إذا كان مشدوداً زيادة عن اللازم سبب إجهاداً للسير واستهلاكه سريعا أما إذا كان مشدوداً شد أقل من اللازم سبب انزلاقا كبير بين السير والطارة مما يحدث فقداً في القدرة المنقولة كما تكون مقدرته على نقل القدرة ضئيلة جداً .

ويمكن المحافظة على اتجاه دوران الأعمدة (أ ، ب) أو عكسهما حسب طريقة تركيب السير على الطارتين كما هو مبين بالشكلين (٦ – أ ، ٦ – ب) . كذلك يمكن نقل القدرة من العمود (أ) إلى أكثر من عمود واحد (ب ، جـ) كما هو مبين بالشكل (٧) وتستعمل السيور عادة عندما تكون المسافة بين أعمدة الدوران بعيدة ، كذلك تستعمل في حالة السر عات العالية والأحمال الخفيفة والمتوسطة وتمتاز بانخفاض صوتها وقدرتها على امتصاص الصدمات وعدم احتياجها للتزييت أو التشحيم

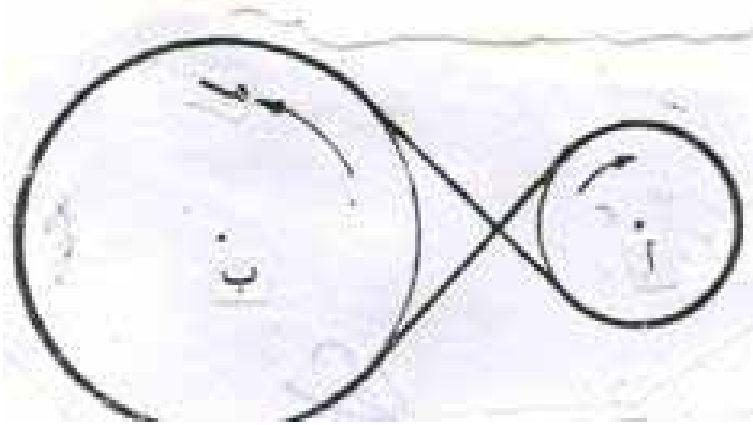
والصدمات تكون عادة نتيجة لزيادة فجائية لوقت بسيط في الحمل مثل الذي يحدث أحيانا على سكينة المحصدة فتسبب زيادة في انزلاق السير على الطارة لتحمى بقية أجزاء وحدة نقل القدرة من الكسر . إلا أن السيور لا يمكن استعمالها عند ضرورة المحافظة على نسبة ثابتة بين سرعة دوران الأعمدة وذلك لوجود انزلاق بسيط دائماً بين السير والطارة حتى في حالة الأحمال العادية المصمم عليها السير . والسيور تستعمل

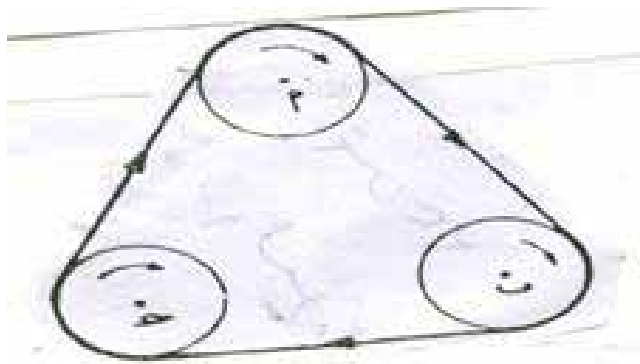
بكثرة لإدارة آلات الدراس والري ولنقل القدرة بين أجزاء آلة الضم والدراس ....إلح.



شكل ٦-أ) الأعمدة (أ، ب) تدور فى نفس الإتجاه

شكل (٦-ب) الأعمدة (أ، ب) تدور فى عكس الإتجاه





شكل (٧) تمكين إدارة أكثر من عامود بسير واجد ولاستنتاج العلاقات بين سرعة الطارات وأقطارها كما فعلنا في حالة التروس، نتتبع حركة نقطة علي السير (هـ) كما في الشكل (٦-أ) فهذه النقطة تسير بسرعة منتظمة (ع هـ) وتكون مماسة بعض الوقت للطارة (أ) وسرعتها (ع هـ) = (٢ط نق ٢× ن ٢) /٦٠

.٠. نق١ × ن١ = نق٢× ن٢

كذلك نفرض أن قوة الشد في الطرف العلوي من السير في الشكل (٨) وهو (ق١) وفي الطرف السفلي (ق٢) وأن السرعة هي ع هـ

٠٠٠القدرة = القوة × السرعة

= ق١ × ع هـ – ق٢× ع هـ

= (ق١ – ق٢) ع هـ

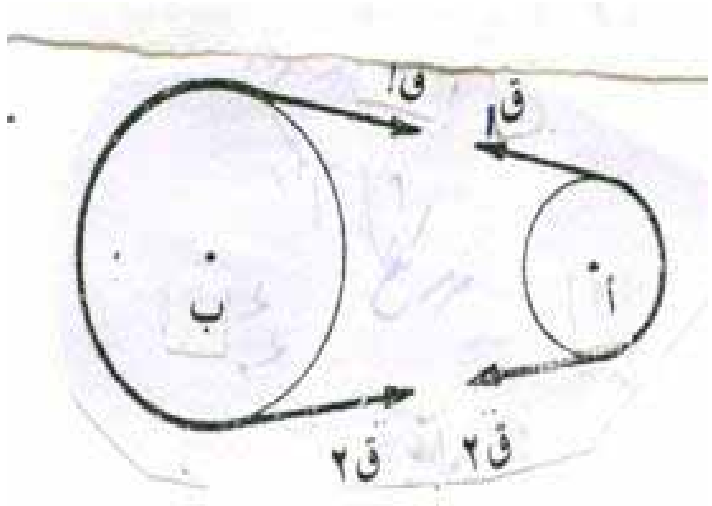
(ق١-ق٢)× (٢ط نق١ ن١)

= ———————

٦٠ و٠٠٠ (ق١ – ق٢) × نق١= العزم على الطارة (أ)

(ق١ – ق١) × نق٢ = العزم على الطارة (ب)

.٠. (العزم على الطارة ١) × ن١ = (العزم على الطارة ب) × ن٢



شكل (٨)

وهو نفس القانون الذي وصلنا إليه في حالة التروس . ويلاحظ أنه لا بد أن يكون أحد طرفي السير مشدود أكثر من الطرف الآخر أي (ق١) لا تساوي (ق٢) وذلك واضح من القانون السابق للقدرة حيث أنه سوف لا يكون هنالك قدرة منقولة إذا كانت ق١ = ق٢

ويمكن تلخيص العلاقات الهامة بالنسبة لنقل القدرة بين طارتين في الآتي :-

العزم على الطرة (أ)

$$\frac{}{} = \text{نق}_1 | \text{نق}_2 = \text{ن}_1 | \text{ن}_2 \quad \ldots\ldots\ldots 1$$

العزم على الطرة (أ) نق٢

$$\text{سرعة السير} = \text{ع} = \frac{2\pi \text{ نق}_1 \text{ ن}_1}{60} = \frac{2\pi \text{ نق}_2 \text{ ن}_2}{60} \quad \ldots\ldots\ldots 2$$

٢ط١ ن١ العزم عاى لطارة (أ) ٢ط ن٢

العزم عاى لطارة (ب)

$$\text{القدرة المنقولة} = \frac{}{60} = \frac{}{60} \quad \ldots\ldots\ldots 3$$

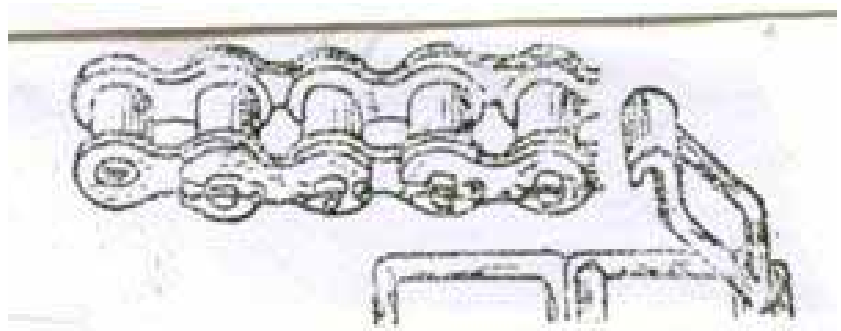
(٤) الجنازير

في هذه الحالة تركب عجلة مسننة على العمود الأول مصنوعة عادة من الحديد الزهر أو الصلب وتركب عجلة أخرى على العمود الثاني ويوصل جنزير بينهما (شكل ٩- ١٠) وتستعمل هذه الوسيلة عندما يكون من الضروري المحافظة على نسبة ثابتة بين سرعة دوران العمودين غير أن المسافة بينهما بعيدة نسبياً بما لا يسمح باستخدام التروس . كما يفضل استعمال الجنازير عن السيور في حالة السرعات البطيئة أو الأحمال الكبيرة

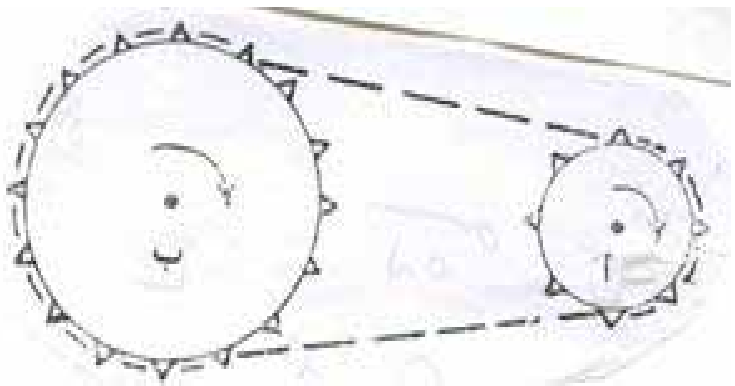
إلا أن استعمال الجنازير يكون مصحوباً باهتزازات والجنازير ليس لها خاصية امتصاص الصدمات كما في حالة السيور . ويجب أن يكون الجنزير مشدود جداً وألا تسبب في زيادة الاحتكاك بين الجنزير والأسنان مما يسبب استهلاكه سريعاً . أما من حيث العلاقات التي تربط سرعة دوران الأعمدة والقدرة المنقولة وعدد أسنان العجلات فينطبق عليها نفس القوانين التي سبق استنتاجها بالنسبة للتروس.

$$\frac{\text{عدد أسنان الترس (أ)}}{\text{عدد أسنان الترس(ب)}} = \frac{\text{العزم على العجلة (أ)}}{\text{العزم على العجلة (ب)}}$$

وتحسب القدرة المنقولة بنفس القانون المستخدم في حالة السيور



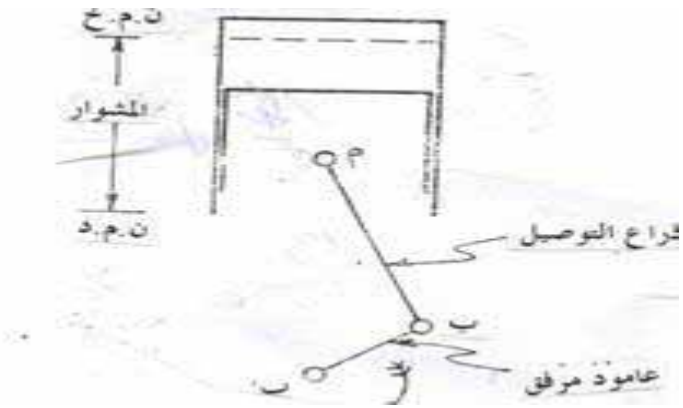
شكل (٩)



شكل (١٠)

(٥) الأعمدة المرفقية والكامات

وهذه الطريقة تستعمل عادة في تحويل الحركة الدائرية إلى حركة ترددية أو العكس. فالأعمدة المرفقية : تستعمل في محرك الجرار لتحويل الحركة الترددية للمكبس داخل الأسطوانة إلى حركة دائرية على عمود المرفق (عمود المحرك أو عمود الكرنك) كما في الشكل (١١)



شكل (١١)

ويتحرك المكبس داخ الأسطوانة ثم يعكس اتجاه سيره إلى الخارج واقرب وضع لسطح المكبس ناحية رأس الأسطوانة يطلق عليها الميتة الداخلية (ن.م.د) بينهما يطلق على أبعد وضع لسطح المكبس النقطة الميتة الخارجية (ن . م . د) والمسافة بين هاتين النقطتين تسمى بمشوار المكبس أو المشوار.

ويلاحظ أن سرعة المكبس ليست منتظمة فهو يبدأ بسرعة تساوي صفراً عند (ن . م . خ) عند بداية تحركه إلى الداخل وتزاد سرعة أثناء ذلك حتى يصل إلى نصف المشوار فتبدأ سرعة في التناقص ثانية لتساوي صفراً مرة أخرى عندما يغير اتجاه حركته عند (ن . م . د) ثم تزداد ثانية أثناء حركته بعيداً عن (ن . م . د) لتتناقص مرة أخرى لتساوي صفراً عند (ن . م . خ) وهكذا يتحرك المكبس حركة ترددية أثناء دوران عمود المرفق .

فإذا كان طول المشوار (ل) سنتيمتراً وسرعة دوران عمود الرفق (ن) لفة/ دقيقة فان المكبس يسير مسافة مشوارين (٢ ل) مم في زمن لفة واحدة من عمود المرفق ثانية لذلك فإن السرعة المتوسطة للمكبس

$$\text{ع هـ} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{(٢\ \text{ل})}{٦٠} = \frac{٦٠\ \text{ل ن}}{}$$

سم / ث

وسرعة المكبس المتوسطة لمحركات الجرارات لا تتعدى عادة ٨ م /ث وقد تصل إلى ضعف ذلك أو أكثر من محركات السيارات.

ويلاحظ تغير حجم الغازات أو الهواء المحصور فوق سطح المكبس والسطح الداخلي للاسطوانة أثناء حركة المكبس فيكون أكبر ما يمكن عندما يكون المكبس (ن . م . خ) وأقل ما يمكن عند (ن . م . د .) ويطلق على النسبة بين هذين الحجمين نسبة المكبس أي أن نسبة المكبس = الحجم ع (ن . م . خ) / الحجم عند (ن . م . د)

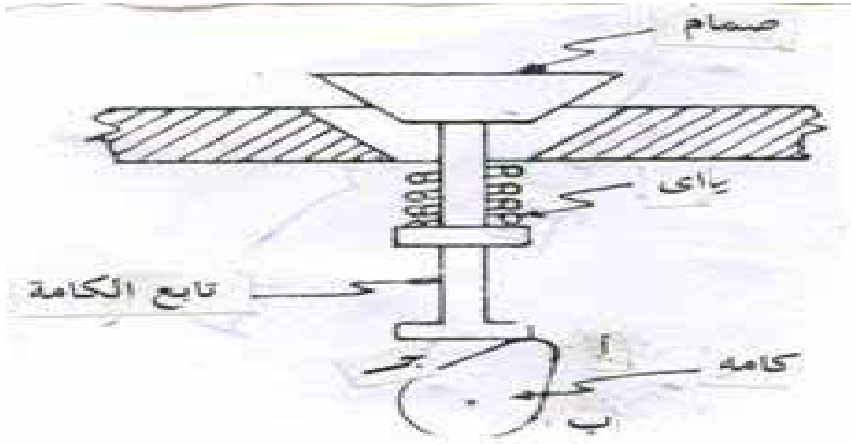
الكامات :

فتستعمل لتحويل الحركة الدائرية لعمود ما إلى حركة ترددية ويلاحظ في هذه الحالة أن الحركة الترددية تحدث أثناء جزء معين من لفة العمود الدائر المركب عليه الكامة .

وتستعمل الكامات لنقل الحركة الدائرية لعمود الكامات في محرك الجرار إلى حركة ترددية تسبب فتح وقفل الصمامات التي يدخل عن طريقها الهواء ويطرد منها نواتج الاحتراق كما هو مبين في الشكل (١٢) .

والكامة عبارة عن قرص من الصلب له سمك معين ويلاحظ من سطح القرص يكون دائري أي أن كل نقطة على هذا الجزء الدائري من الكامة تبعد مسافة واحدة من مركز عمود الكامة الذي يحترق أما الجزء الآخر من سطح الكامة فهو محدب ذو تصميم معين كما هو مبين بالشكل (١٢) وتابع الكامة يلاصة باستمرار سطح محيط الكامة وذلك بمساعدة الزمبرك .فعند دوران الكامة مع ملاصقة تابع الكامة للجزء المحدب (جـ أ).

يرتفع تابع الكامة إلى أعلى فاتحاً الصمام ويستمر الصمام مفتوحاً حتى ينهي دوران الجزء المحدب من الكامة وينخفض تابع الكامة لملاصقة الجزء للاصقة الجزء الدائري . ويستمر الصمام مغلقاً أثناء تلاصق الكامة للجزء الدائري ليبدأ في الفتح من جديد وهكذا. وبالتصميم السليم لشكل الكامة يمكن أن نتحكم في حركة الصمام لتجعله يفتح وقت معين ويكون مقفولا بقية الوقت

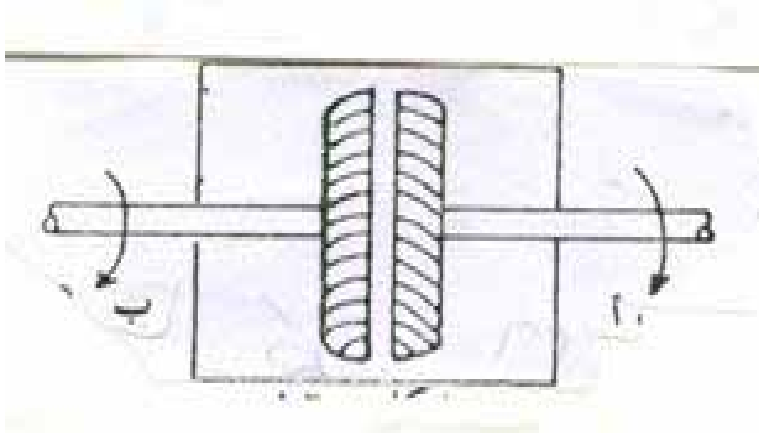


شكل (١٢)

(٦) ضغط السوائل والكهرباء :

يمكن استخدام السائل (الزيت عادة) في نقل القدرة من العمود الأول (المصدر) إلى العمود الثاني وذلك بتركيب قرص يحتوي على تجاويف وريش مائلة على العمود الأول وتركيب قرص مماثل على العمود الثاني ويوضح القرصين داخل علبة تحتوي على زيت (شكل ١٣)

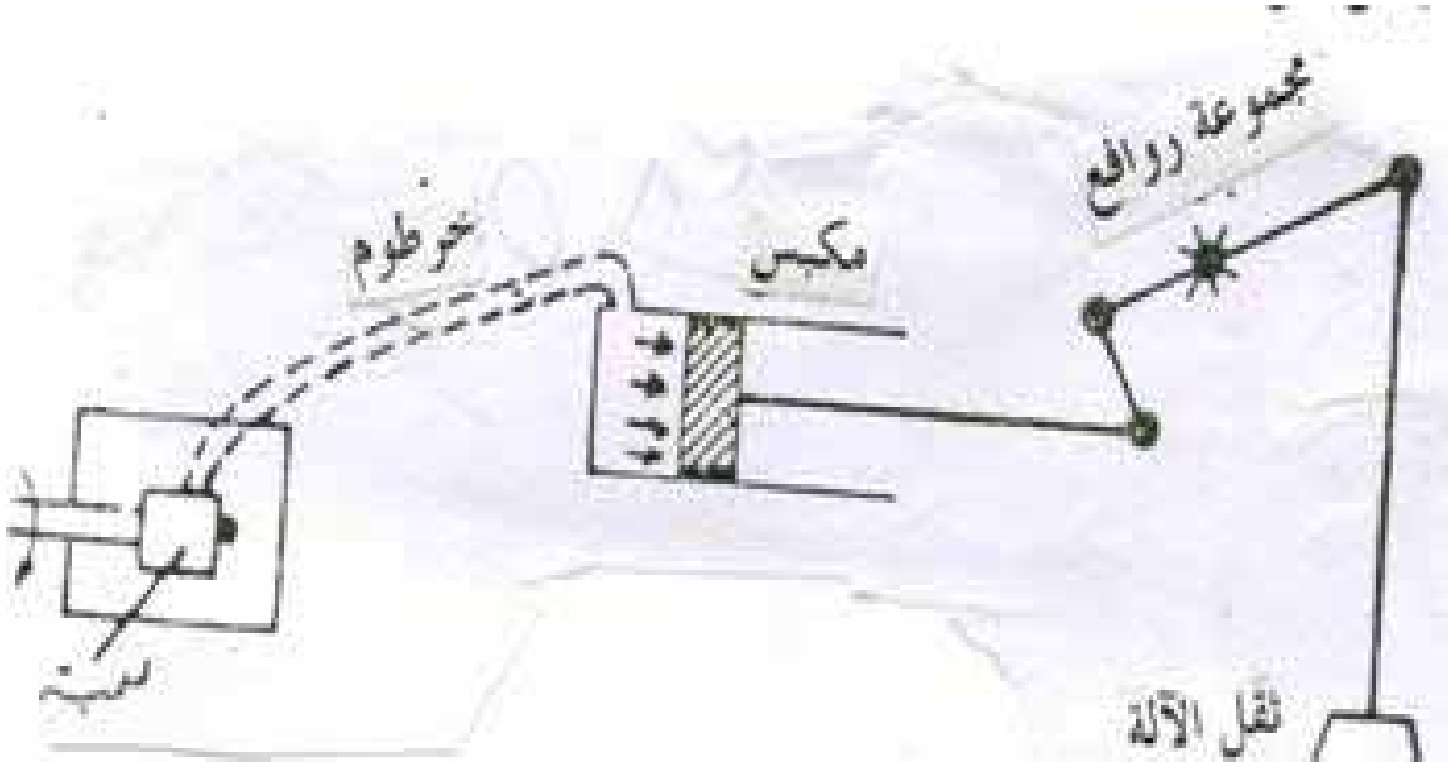
فعندما يدور العمود الأول تدفع الريش الزيت بشدة في اتجاه معين لتصطدم بريش القرص الثاني فتسبب حركته وهذه الطريقة لها مزايا امتصاص الصدمات والحصول على نسب مختلفة للسرعة والعزم بين العمودين بالتحكم في تصرف الزيت وضغطه إلا أنها معقدة ومكلفة وكفاءة النقل بها ليست كبيرة وهذه الطريقة كثيرة الاستعمال في السيارات الحديثة لما تسببه من راحة من قيادة السيارة وتستخدم أحيانا في نقل القدرة من المحرك إلى بقية أجزاء الجرار في بعض التصميمات إلى أنه يمكن القول بأنها غير منتشرة في مجال الجرارات .



شكل (١٣)

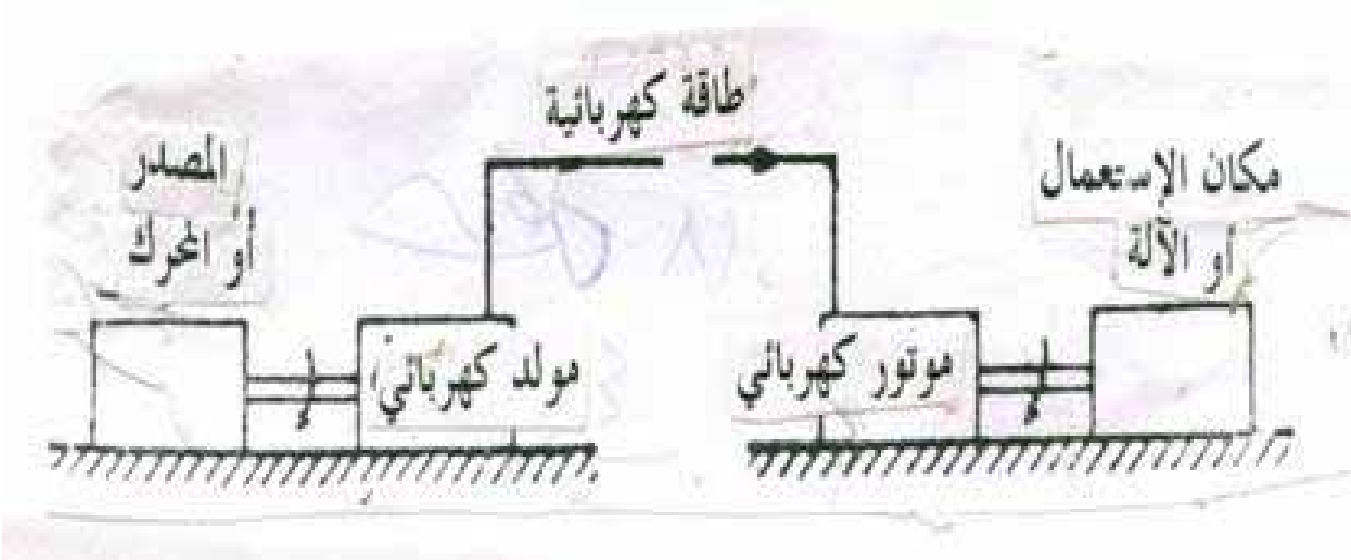
وهناك طريقة أخرى لنقل القدرة بواسطة الزيت وتستخدم بكثرة في الجرارات وهي عند نقل قدرة المحرك إلى جهاز الهيدروليكي الذي يتحكم في رفع وخفض بعض الآلات الزراعية . ففي هذه الحالة يركب على عمود (المصدر) طلمبة زيت تنقل الزيت تحت ضغط في خراطيم إلى اسطوانة تحتوي مكبس وتأثير ضغط الزيت على سطح المكبس يتحرك المكبس المتصل بواسطة مجموعة من الروافع بالآلة الزراعية فيحركها

وميزة هذه الطريقة أنه يمكن نقل القدرة لمسافات بعيدة وفي أي اتجاه (شكل ١٤)



الكهرباء:

تستعمل هذه الطريقة عند نقل القدرة الميكانيكية لمسافات بعيدة جداً وذلك لتحويلها إلى طاقة كهربائية في مكان مصدرها بواسطة مولد كهربائي ونل هذه الطاقة الكهربائية بواسطة الأسلاك إلى مكان الاستعمال حيث تحول مرة ثانية إلى طاقة ميكانيكية بواسطة موتور كهربائي كما هو مبين بالشكل (١٥)


طاقة كهربائية
المصدر
أو المحرك
مولد كهربائي
موتور كهربائي
مكان الإستعمال
أو الآلة

شكل (١٥)