مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الزراعية المجلد (18) العدد (4) 1996
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Agricultural Science Series Vol. (18) No (4) 1996

استخدام طريقة حسابية موحدة لتحديد القوى المؤثرة على معدات تهيئة التربة

الدكتور محمد غانم*

☐ الملخّص ☐

إن التطور المستمر لمعدات تهيئة التربة وتشكيل الوحدات الآلية أثناء تنفيذ العمليات الزراعية المختلفة يتطلبان معرفة قوى التأثير المتبادلة بين الجرار والآلة المشبوكة به وكذلك معرفة القوى المؤثرة على أجزاء الآلة نفسها.

وفي الدراسة المرجعية تم عرض الطرق الحسابية المختلفة لحساب القوة المؤثرة على معدات تهيئة التربة وقد تبين أن هذه الطرق تدرس حالات خاصة سواء منها ما يتعلق بالآلة أو بالتربة أو ببعض القيم التكنولوجية أو ببعض الافتراضات.

يهدف البحث إلى استخدام طريقة حسابية موحدة لدراسة وتحديد القوى المؤثرة على معدات تهيئة التربة، تأخذ بعين الاعتبار تنوع معدات تهيئة التربة واختلاف شبكها مع الجرار وتنوع ظروف العمل. وباستخدام الطريقة الحسابية الموحدة المتبعة في البحث تم وضع مخطط لتشكيل وحدات الآلات يتمكن من خلاله الفنيون القائمون على عملية تهيئة التربة وباستخدام نظم الحاسوب تحقيق التوافق الاستطاعي بين الجرار ومعدات تهيئة التربة وبالتالي التشكيل الأمثل لوحدات الآلات.

* مدرس في قسم الهندسة الريفية – كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الزراعية المجلد (18) العدد (4) 1996
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Agricultural Science Series Vol. (18) No (4) 1996

Using of a Unified Mathematical Method to Specify the Influencing Powers on Land Preparing Equipments

Dr. Mohamad GHANEM*

❐ ABSTRACT ❐

The continuous development of land preparing equipments and forming of a mechanical unities during of a different agricultural operations, need two things:

- *Knowledge of the exchange influence powers between tractor and machine which is connected by tractor.*
- *Knowledge of the influence powers on the pieces of the same machine.*

The bibliographical study showed a various mathematical methods of the influence powers on land preparing equipments. These methods study a special state which depends on machine, or on tractor, or on soil.

The aim in this treatise is to find a unitive mathematical method, which is suitable for studying and specifying the influence powers on land preparing equipments under all condition. The unitive mathematical studying depend on various of land preparing equipment and the difference connect with tractor and the various conditions of the work.

By depending on a unitive mathematical method that was used in this treatise, we put a model for forming agricultural unities and through it, the experts who in the operations of the land preparing, in addition to this, using of computer, can attain equivalent capacity between tractor and land preparing equipment, as well as, they can form the best unities machines.

* Lecturer, Department of Rural Engineering, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

1- الهدف من البحث:

يتطلب التطور المستمر لمعدات تهيئة التربة معرفة قوى التأثير المتبادلة بين الجرار والآلة المشبوكة به وكذلك معرفة القوى المؤثرة على أجزاء الآلة نفسها. وعلى هذا الأساس فقد ظهرت منذ بداية مكننة تهيئة التربة طرق مختلفة لتحديد وحساب القوى المؤثرة على معدات تهيئة التربة.

يتعرض الجزء الفعال من معدات تهيئة التربة (الجزء الذي يسير داخل التربة) أثناء العمل لحمولات متنوعة تسمى بمجموعها بمقاومة التربة. تنشأ مقاومة التربة من مجموعة من القوى هي: قوة القطع أو الفصل وقوة الرفع وقوة الاحتكاك وقوة التشكيل وقوة التسارع. تتأثر محصلة هذه القوى بعمق وعرض العمل وبسرعة الحركة وبنوع وحالة التربة وبزاوية التقعر الأفقي والرأسي لسلاح الآلة وكذلك بنوع الآلة وطريقة شبكها مع الجرار. ولما كانت هذه القوى تؤثر أثناء العمل بشكل غير متناظر وفي اتجاهات مختلفة، كان لابد من البحث عن أسلوب للقياس يستطيع أن يعطي تفسيراً للقوى الفراغية التي تتعرض لها أسلحة المعدات.

يستخدم في الوقت الحالي، سواء من الوجهة التصميمية أو عند التحضير التقني، حسابات عديدة لتحديد استخدام معدات تهيئة التربة يستخلص منها[1]:

آ- وجود علاقة ارتباط تبادلية بين الآلة الاستطاعية (الجرار) ومعدات العمل وخاصة عند استخدام جرارات عالية الاستطاعة.

ب- إمكانية التأثير على الاستغلال الأمثل لاستطاعة الجرار وذلك من خلال حساب حمولة العجلات وعلاقتها بنوع الشبك بين الآلة والجرار ضمن الحدود المسموح بها لكبس التربة.

جـ- إمكانية التأثير على احتياجات الوقود من خلال حسابات أولية تجرى قبل البدء بتهيئة التربة.

وبناءً على ما تقدم فإن البحث يهدف إلى استخدام طريقة حسابية موحدة لدراسة وتحديد القوى المؤثرة على معدات تهيئة التربة يتمكن من خلالها الفنيون القائمون على عملية تهيئة التربة وباستخدام نظم الحاسوب تحقيق التوافق الاستطاعي بين الجرار ومعدات تهيئة التربة وبالتالي التشكيل الأمثل لوحدات الآلات.

2- طرق حساب القوة المؤثرة على معدات تهيئة التربة:

تشير الأبحاث النظرية إلى عدم وجود طريقة حسابية موحدة لتحديد القوى المؤثرة على معدات تهيئة التربة تأخذ بعين الاعتبار تنوع هذه المعدات واختلاف شبكها مع الجرار وتنوع ظروف العمل. وقد تبين أن هذه الطرق تدرس حالات

خاصة سواء ما يتعلق بالآلة كطريقة الشبك ونوع وشكل السلاح أو بالتربة كنوع وحالة التربة ومعامل الاحتكاك بين التربة والسلاح والمقاومة النوعية للتربة أو ببعض القيم التكنولوجية كعمق وعرض العمل وسرعة الحركة أو ببعض الافتراضات كافتراض مركز دوران القرص في المحاريث القرصية وافتراض مقدمة السلاح في المحاريث المطرحية مركزاً لتأثير القوى المؤثرة على هذه المعدات[2].

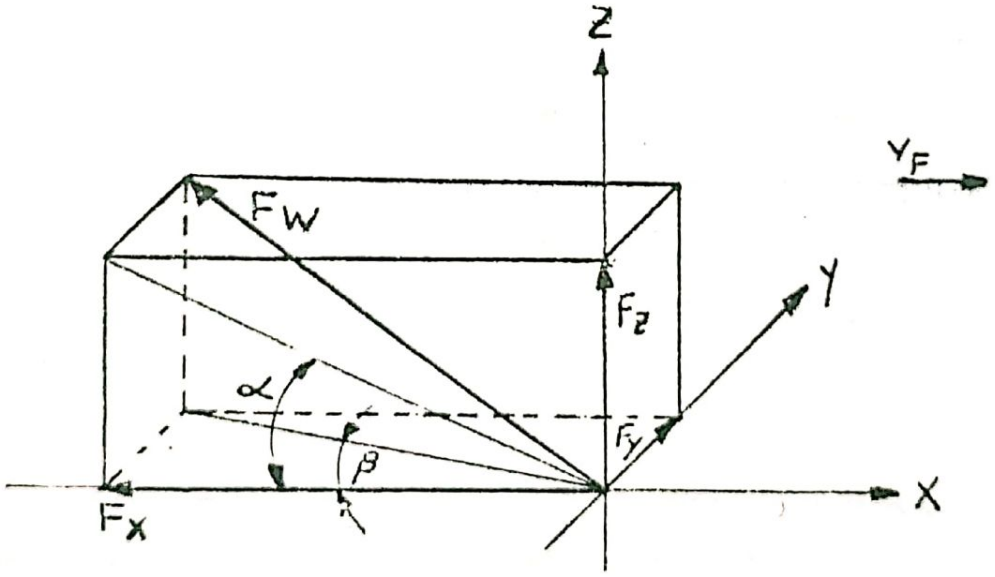
ومهما اختلفت هذه الطرق وتنوعت فجميعها تعمل على حساب إحدى مركبات محصلة القوى المؤثرة على معدات تهيئة التربة ومن ثم حساب المركبات الأخرى من خلال علاقة تبادلية تمثل بزاويتين الأولى α يمثل ظلها نسبة المركبة الرأسية F_Z على المركبة الأفقية F_X أي أن[3]:

$$\tan\alpha = F_z / F_x \quad (1)$$

والثانية β يمثل ظلها نسبة المركبة الجانبية F_Y على المركبة الأفقية F_X أي أن:

$$\tan\beta = F_y / F_x \quad (2)$$

كما هو موضح في الشكل (1).



الشكل (1): محصلة القوى المؤثرة على معدات تهيئة التربة ومركباتها في نظام الإحداثيات الثلاثي. F_W: محصلة القوى؛ F_X: المركبة الأفقية (قوة الشد)؛ F_Z: المركبة الرأسية؛ F_Y: المركبة الجانبية؛ $V_F \rightarrow$: اتجاه العمل.

تتراوح قيم الزاوية β بين 10 إلى 30 درجة وتختلف باختلاف نوع التربة حيث تأخذ القيم الكبرى في الأراضي الثقيلة. أما قيم الزاوية α فتتراوح بين 5 إلى 20 درجة وقد تأخذ قيماً سالبة حتى -12 درجة وخاصة في الترب ذات المقاومة النوعية العالية أو عند استخدام المعدات القرصية حيث تحتاج هنا لوضع حمولات إضافية للمحافظة على عمق العمل المطلوب.

ولما كانت قوة الشد F_X (مركبة محصلة القوى التي تؤثر بعكس اتجاه العمل) هي الأساس في حساب التوازن الاستطاعي بين الجرار والآلة اتجهت الأنظار منذ البداية إلى حساب هذه القوة، ولهذا فقد وجدت معادلات عديدة لحساب قوة الشد أهمها وأشملها المعادلة التي وضعها العالم الروسي غرياتشكين (Goriatshkin) والتي هي:

$$F_X = m.g.f + b.t.k + b.t.\varepsilon.V_F^2 \quad (3)$$

حيث أن:

F_X: قوة الشد المطلوبة (N)، m: كتلة المحراث (kg)، g: تسارع الجاذبية الأرضية ($9.81 m/s^2$)، f: ثابت مقاومة التدحرج، b: عرض العمل (cm)، t: عمق العمل (cm)، V_F: سرعة الحركة (m/s)، k: المقاومة النوعية للتربة (N/cm^2)، ε: ثابت يتعلق بنوع وشكل السلاح.

والمجموعات الثلاث للمعادلة تعني:

m.g.f: مقاومة احتكاك العجلات مع الأرض.

b.t.k: القسم الستاتيكي لفصل وتشكيل الشريحة الترابية.

$b.t.\varepsilon.V_F^2$: القسم الديناميكي لتسارع الشريحة الترابية.

وعلى أساس علاقة غرياتشكين فقد اشتق العديد من الباحثين علاقات مبسطة لحساب قوة الشد وذلك بالاعتماد على دراسة عامل أو أكثر من العوامل الرئيسية التي تؤثر على قوة الشد والتي يسهل حسابها ومن هذه العلاقات:

1) علاقة برناسكي وهامان (Bernacki and Haman):

$$FX = b.t.\left(k + \varepsilon.V_F^2\right) \quad (4)$$

وهنا أهمل برناسكي وهامان مقاومة احتكاك العجلات مع الأرض وبالتالي تصلح هذه المعادلة لحساب قوة الشد للمعدات المحمولة التي لا تحتوي على عجلات.

2) علاقة شيلنك (Shilling):

$$F_X = b.t.k.\sqrt{V_F} \quad (5)$$

وهنا أهمل شيلنك نوع وشكل السلاح ومقاومة احتكاك العجلات.

3) علاقة فشا (Visha):

$$F_X = b.t.k \quad (6)$$

حيث أهمل فشا تأثير سرعة العمل ولم يدرس إلا تأثير عمق وعرض العمل مع المقاومة النوعية للتربة وتأثير ذلك على قوة الشد.

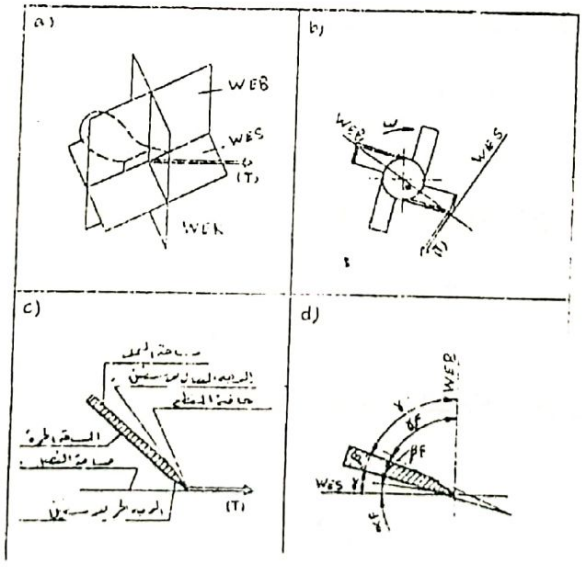
ومع تطور الطرق الحسابية لتحديد القوى المؤثرة على معدات تهيئة التربة فقد وجد اتجاهان أساسيان لهذا التطور: الأول يعتمد على تطوير طريقة حسابية من أجل تصميم معدات تهيئة التربة، والثاني يعتمد على تطوير طريقة حسابية من أجل تشغيل واستخدام هذه المعدات. وبناء على ذلك تم إيجاد حلول عديدة ولكنها تقود إلى تسهيل الحسابات لإيجاد تأثير الأبعاد والمقادير التصميمية (نوع الآلة) وتأثير ذلك على قيمة القوى المؤثرة على هذه المعدات[4].

3- الطريقة الحسابية الموحدة:

3-1: مفاهيم وافتراضات:

تتعرض معدات تهيئة التربة نتيجة التبدلات في مواقع هذه المعدات أثناء العمل واختلاف ظروف العمل إلى قوى تتغير قيمتها ومواقعها واتجاهاتها بشكل مستمر، ولتسهيل دراسة هذه القوى تم تحديد نظامين للإحداثيات، الأول نظام إحداثيات ثابت يقع مركزه على الآلة ويسمى بنظام الآلة، والثاني نظام إحداثيات يرتبط بحقل تأثير هذه الآلة ويسمى بنظام التأثير.

يحدد نظام الآلة التغيرات الهندسية للآلة كدوران أسلحة المحاريث الدورانية واهتزاز الأمشاط الاهتزازية وارتفاع وانغراس الأسلحة النابضية والأسلحة التي ترتبط مع أجهزة رفع آلية، بينما يحدد نظام التأثير التغيرات التي تحصل أثناء تنفيذ تهيئة التربة حيث يمكن دراسة حركة الآلة والحركة بين الآلة والتربة واتجاه هذه الحركة (الشكل 2).



الشكل (2): كينماتيكية (حركة) الآلة أثناء تهيئة التربة.

a: سلاح محراث مطرحي؛ b: سلاح محراث دوراني؛ c: أسنان مشط اهتزازي؛ d: أسنان مشط أو مهراس دائري.

تمثل T حركة الفصل للشريحة الترابية وV حركة الدفع لهذه الشريحة ومحصلة هاتين الحركتين تدعى بحركة التأثير WI بينما تمثل F حركة السير لوحدة العمل. يشكل اتجاه حركة الدفع مع اتجاه حركة الفصل زاوية تسمى بزاوية الدفع φ_V كما يشكل اتجاه حركة التأثير مع اتجاه حركة الفصل زاوية تسمى بزاوية التأثير φ_{WI} ولما كانت الشريحة الترابية تندفع نتيجة حركة السلاح نحو الأمام لذلك تتطابق دوماً حركة السير F مع حركة الدفع V.

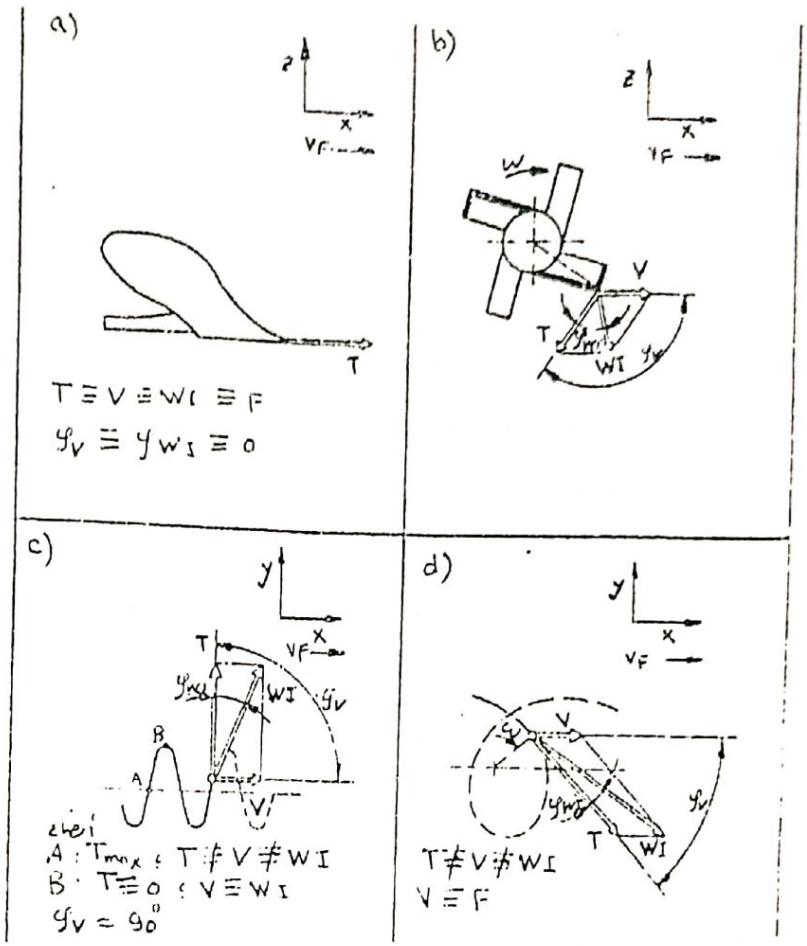
فعند استخدام المحاريث المطرحية (الشكل a2) يتطابق اتجاه الفصل مع اتجاه الدفع واتجاه التأثير وذلك نتيجة حركة السلاح الثابت للمحراث نحو الأمام وبذلك تأخذ الزاويتان φ_V وφ_{WI} القيمة صفر.

وعند استخدام المحاريث الدورانية (الشكل b2) فإن حركة الفصل T تتطابق مع مماس الحركة الدورانية لدائرة مركزها مركز دوران السلاح ومحيطها تمثله نهاية السلاح وبهذا تختلف قيمة الزاويتين φ_V وφ_{WI} باختلاف زاوية الدوران وعندها لا تتطابق حركة الفصل مع حركة الدفع وبالتالي تنشأ حركة التأثير.

وعند استخدام مشط اهتزازي فإن مسار هذا المشط يُمَثَّل بمنحنى جيبي وبهذا تكون السرعة العظمى للسلاح الاهتزازي في منتصف مجال الحركة (الموقع A) بينما تأخذ القيمة صفراً في نهاية مجال الحركة (الموقع B) وبهذا تتطابق حركة الفصل T الصفر عند الموقع B تتطابق عندها حركة الدفع مع حركة التأثير. بينما تأخذ حركة الفصل أكبر قيمة لها عند الموقع A، وفيما عدا الموقع B فإن الحركات الثلاث لا تتطابق مع بعضها بعضاً وتكون حركة الفصل عمودية على حركة السير وبذلك تأخذ الزاوية φ_V القيمة 90.

أما في حال استخدام أسلحة دورانية فإن الحركة العامة لمحيط السلاح تمثل بحركة لولبية لا تتطابق فيها حركة الفصل مع حركة الدفع وحركة التأثير وتتجه حركة الفصل باتجاه مماسي في كل نقطة من نقاط مسار الحركة وبهذا فإن اتجاه حركة الفصل يتغير باستمرار وبذلك يتغير اتجاه حركة التأثير وتتغير قيمة الزاويتين φ_V وφ_{WI}.

يحدد نظام الآلة من خلال تحديد مستوى الآلة (WEB) ومستوى القطع (الفصل) (WES) ومستوى الانغراس (WEK) وذلك عن طريق مساحات وحواف وزوايا أجزاء الآلة نفسها (الشكل 3).



الشكل (3): تحديد مفاهيم في نظام الآلة.

a،b: مستويات (سلاح محراث مطرحي، سلاح محراث دوراني)؛

c: مساحات؛

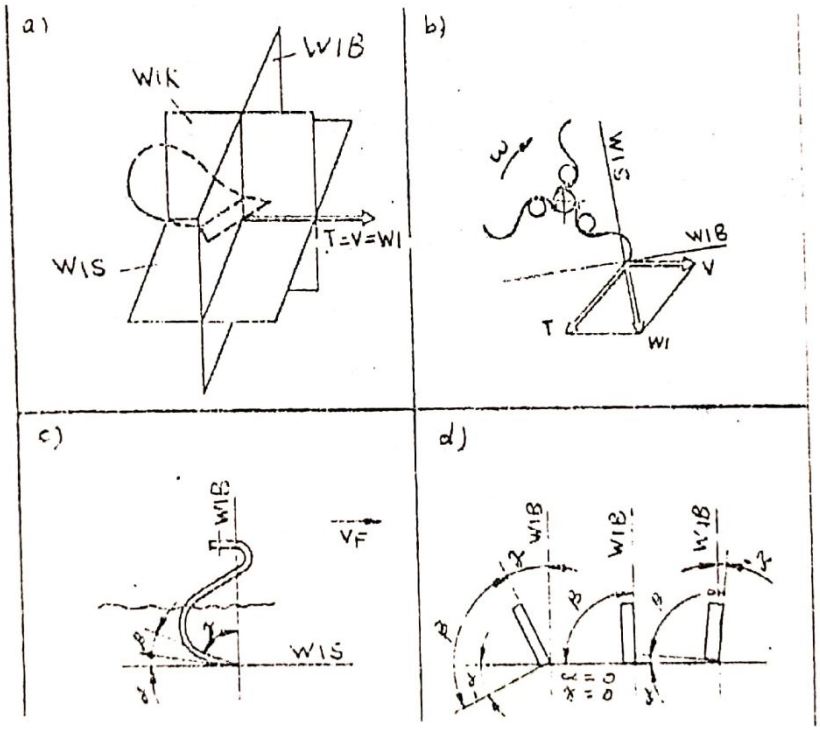
d: زوايا

يتشكل مستوى الآلة (WEB) من دوران مستقيم في نقطة القطع المفترضة (تقع على الطرف الحاد لسكين المحراث) باتجاه المساحة الرئيسية (سطح المطرحة) أو الحافة الرئيسية (طرف سلاح المحراث الدوراني) أو المحور الرئيسي (مركز دوران السلاح) لسلاح الآلة، ويكون مستوى الآلة متعامداً مع جهة الفصل أو القطع ويتشكل مستوى القطع (WES) من دوران مستقيم في نقطة القطع المفترضة باتجاه الفصل، أما مستوى الانغراس (WEK) فيتشكل من دوران مستقيم في نقطة القطع المفترضة بشكل متعامد مع الطرف الحاد لسكين المحراث (متعامد مع WEB).

يشكل الجزء الفعال من سلاح الآلة إسفيناً يحدد من خلال زاوية الإسفين βF وزاوية السلاح β، فعند انغراس السلاح في التربة تسير الشريحة الترابية في البداية على الوجه الفعال للإسفين والذي ينحرف عن مستوى الآلة (المستوى الشاقولي عندما يسير سلاح الآلة بشكل أفقي) بالزاوية γF ثم تتابع سيرها على مساحة العمل للسلاح والذي ينحرف عن مستوى

الآلة بالزاوية γ. وأثناء العمل يتشكل فراغ بين الوجه السفلي للسلاح، والذي يسمى بالمساحة الحرة، ومساحة الفصل يحدد من خلال الزاوية الحرة α. أما الوجه الحر للإسفين فيتحدد بزاوية الإسفين الحرة αF. وهذه الزاوية الحرة αF هي التي تحدد عمل السلاح وتبلغ قيمتها عادة بين 10 و 11 درجة فكلما قلت هذه الزاوية اقترب الوجه الحر للإسفين من مساحة الفصل حتى ينطبق عليه عندما تأخذ الزاوية αF القيمة صفر. وعندما يأخذ هذه الزاوية قيماً سالبة فإن الوجه الحر للإسفين يسير تحت مستوى الفصل مما يسبب صعوبات ومعوقات إضافية أثناء العمل.

وبشكل مشابه يتم تحديد نظام التأثير والذي يحدد من خلال تحديد مستوى التأثير (WIB) ومستوى تأثير القطع (WIS) ومستوى تأثير الانغراس (WIK) الشكل (4).



الشكل (4): تحديد مفاهيم في نظام التأثير.

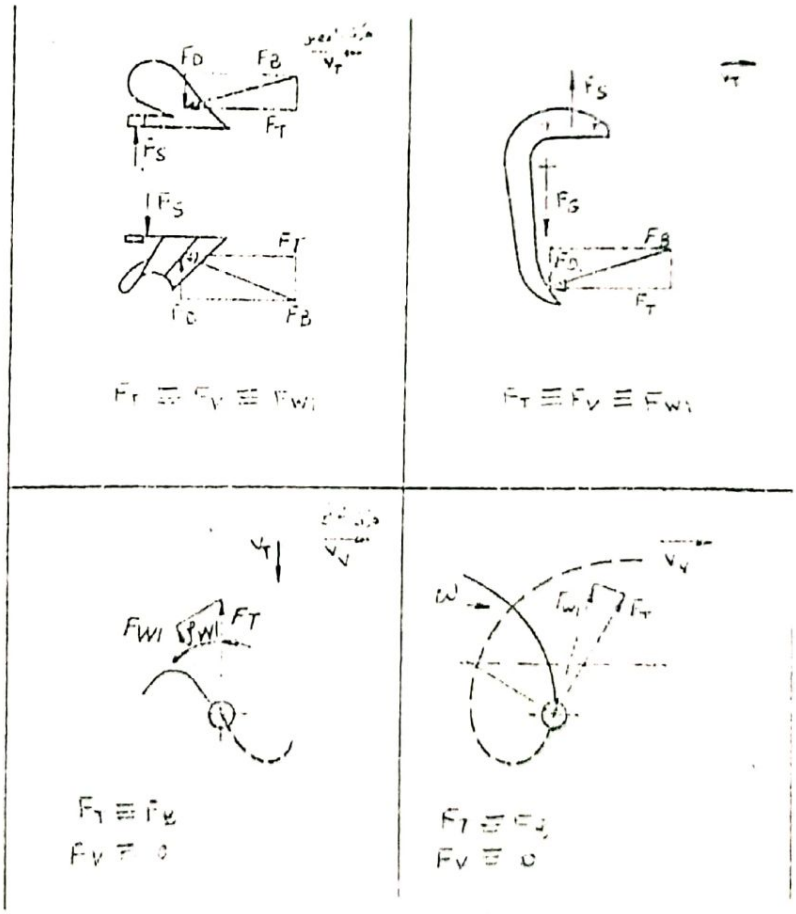
b،a: مستويات (سلاح محراث مطرحي، سلاح محراث دوراني معقوف)

d،c: زوايا (سلاح محراث حفار، ضلوع مرداس).

يتشكل مستوى التأثير (WIB) من دوران مستقيم في نقطة القطع المفترضة ويكون هذا المستقيم متعامداً مع اتجاه تأثير الآلة، ويتشكل مستوى تأثير القطع (WIS) من دوران المستقيم في نقطة القطع المفترضة باتجاه حركة التأثير. أما مستوى تأثير الانغراس (WIK) فيتشكل من دوران مستقيم في نقطة القطع المفترضة بشكل متعامد مع مستوى التأثير (WIB).

2-3: الطريقة الحسابية الموحدة لتحديد القوى المؤثرة على آلات تهيئة التربة:

تؤثر في نظام التأثير (أثناء تنفيذ تهيئة التربة) القوى التالية: قوة العمل F_B وقوة الثقل F_G وقوة الاستناد F_S وقوة الضغط F_D وقوة التشغيل F_A. وأثناء العمل تبقى هذه القوى في حالة توازن ويأخذ مسار هذه القوى طابعاً ديناميكياً متغيراً باستمرار وذلك بتغير ظروف العمل (الشكل 5).



الشكل (5): القوى المؤثرة على سلاح معدات تهيئة التربة.

a: سلاح محراث مطرحي؛ b: سلاح محراث حفار.

C: سلاح مشط اهتزازي؛ d: سلاح مشط دوراني.

تعبر قوة العمل F_B عن المقاومة التي يتعرض لها السلاح أثناء العمل ومركبة هذه القوة التي تعاكس اتجاه فصل الشريحة الترابية بقوة الفصل F_T والمركبة التي تضغط على الجزء الفعال من السلاح بقوة الضغط F_D.

تمثل قوة التأثير F_{WI} مسقط قوة العمل على اتجاه التأثير، أما قوة الدفع F_V فتمثل مسقط قوة العمل على اتجاه الدفع، وقوة الثقل F_G هي القوة المؤثرة على الآلة من خلال وزن هذه الآلة، وقوة الاستناد F_S هي قوة رد فعل القوى الفعالة.

ومن الشكل (5) نلاحظ أن قوة التأثير F_{WI} تطابق قوة الدفع F_V وقوة الفصل F_T عند استخدام المحاريث المطرحية والحفارة، أما عند استخدام الأسلحة الاهتزازية والدورانية فإن قوة الدفع F_V تساوي الصفر نتيجة عدم اندفاع الشريحة الترابية أمام السلاح، بينما تتطابق قوة الفصل مع قوة العمل. ولما كانت قوة الفصل F_T هي القوة المشتركة بين أسلحة معدات تهيئة التربة لذلك استخدمت هذه القوة في تحديد قوة العمل أو تحديد المقاومة التي تتعرض لها معدات تهيئة التربة أثناء العمل.

وفي حساب قوة الفصل تم الأخذ بعين الاعتبار العوامل التالية:

1- سلاح الآلة كعضو متكامل لدراسة الأبعاد التصميمية لهذا السلاح على قوة الفصل.

2- عمق وعرض وسرعة الفصل للشريحة الترابية لدراسة تأثير القيم التكنولوجية المستخدمة.

3- تماسك وصلابة التربة لدراسة تأثير ظروف العمل.

تحدد قوة الفصل F_T على أساس التحديد التجريبي لقوة الفصل النوعية *fi* والتي تتعلق بمساحة مقطع الفصل المحدد بعمق وعرض الفصل. ولتحديد قوة الفصل النوعية تم الأخذ بعين الاعتبار سرعة الفصل P_v وتآكل أو اهتلاك الآلة P_a والحمولات القصوى للسلاح.

وقوة الفصل النوعية هي عامل يتعلق بالسلاح وتحدد قيمتها من خلال تحديد تماسك التربة، حيث يتعلق هذا التماسك بمقطع الفصل المقابل لكل نوع من الأسلحة. وعند التمثيل الفراغي للقوى المؤثرة على سلاح الآلة (الشكل 6) وبعد تحديد قوة الفصل F_T يمكن حساب قوة العمل F_B من العلاقة:

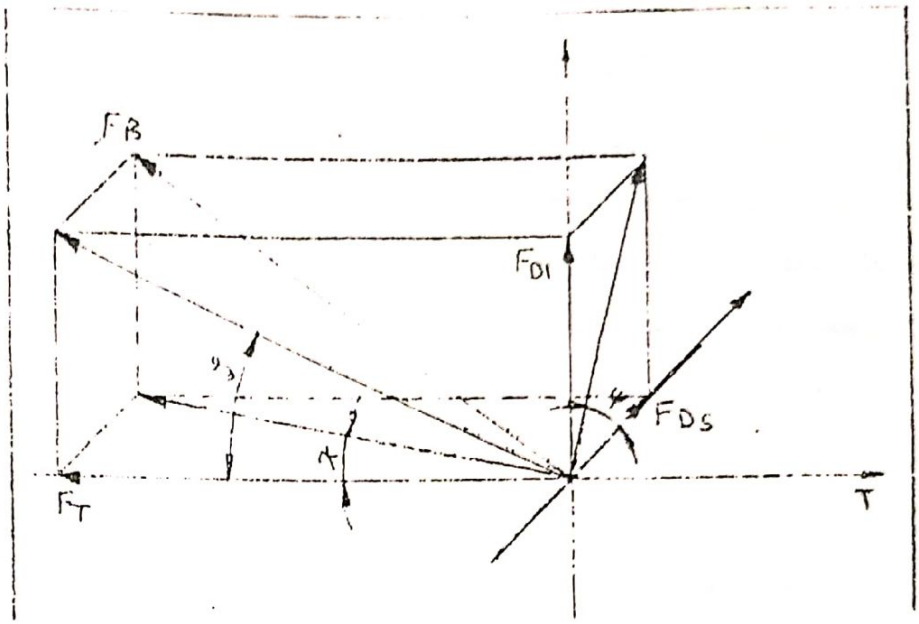
$$F_T = F_B \cos\varphi \cos\chi \quad (7)$$

ولحساب قوة العمل F_B يمكن حساب قوة الضغط الجانبية من العلاقة:

$$F_{DS} = F_B \cos\varphi \sin\chi \quad (8)$$

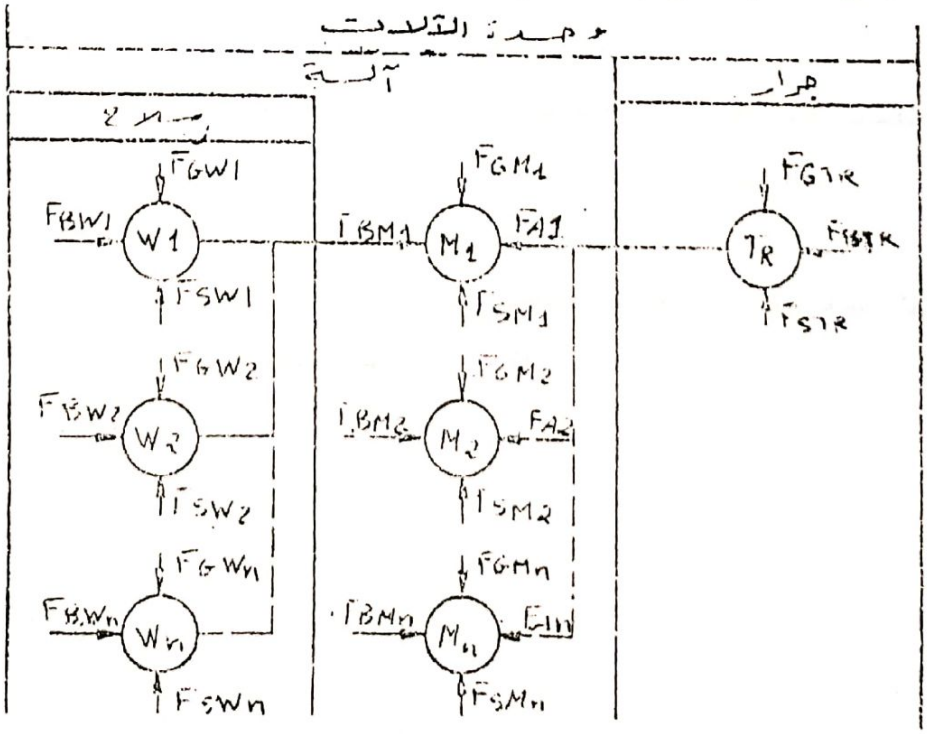
وحساب قوة الضغط الشاقولية من العلاقة:

$$F_{D1} = F_B \sin\varphi \cos\chi \quad (9)$$



الشكل (6): تمثيل القوى المؤثرة على سلاح آلات تهيئة التربة.

وبالمطابقة مع الشكل (5) يمكن تمثيل القوة المؤثرة على كل نوع من أنواع أسلحة معدات تهيئة التربة وبالتالي حساب مقاومة كل سلاح وبالتالي مقاومة الآلة بشكل كامل. ولحساب مقاومة العمل للسلاح يمكن حساب مقاومة العمل للآلة الواحدة أو لعدة آلات وبالتالي تشكيل وحدة آلات تناسب قوة التشغيل المقدمة من الجرار كما هو موضح في الشكل (7).



الشكل (7): مخطط تشكيل وحدات الآلات مع التحميل الأمثل للجرار.

فمن خلال الشكل (7) يمكن تشكيل وحدة آلات تناسب مقاومتها قوة التشغيل المقدمة من الجرار والتي تحتاج إليها كل آلة فللآلة الواحدة (M1) مثلاً تحسب القوى المؤثرة على كل سلاح من الأسلحة والتي تشكل بمجموعها مقاومة العمل للآلة الأولى F_{BM1} هذه المقاومة مع قوة الثقل F_{GM1} وقوة الاستناد F_{SM1} يجب أن تتعادل مع قوة التشغيل المقدمة لهذه الآلة من الجرار. وعلى أساس قوة التشغيل العظمى للجرار يمكن إضافة آلة ثانية (M2) أو أكثر (Mn) وبهذا يتحقق التوافق الاستطاعي بين الجرار والآلات الزراعية وبالتالي يتحقق الاستخدام الأمثل لاستطاعة الجرار من خلال التشكيل الأمثل لوحدة الآلات.

4- الاستنتاجات:

إن تقييم معدات تهيئة التربة سواء من الوجهة التصميمية أو عند التحضير التقني يتطلب معرفة القوى التي تؤثر على هذه المعدات، وبناء على نتائج الدراسات المرجعية فقد اقتضت الضرورة إيجاد طريقة حسابية موحدة لتحديد قوى التأثير المتبادلة بين الجرار والآلة المشبوكة به والقوى التي تؤثر على أجزاء الآلة نفسها تأخذ بعين الاعتبار تنوع معدات تهيئة التربة واختلاف شبكها مع الجرار وتنوع ظروف العمل، حيث تمكن هذه الطريقة من:

1- التمثيل الفراغي للقوى التي تتعرض لها أسلحة معدات تهيئة التربة.
2- وضع الحلول التصميمية المثلى لمعدات تهيئة التربة.
3- الشبك الأمثل لمعدات تهيئة التربة مع الجرار.
4- استخدام نظم الحاسوب في تحقيق التوافق الاستطاعي بين الجرار ومعدات تهيئة التربة.
5- التشكيل الأمثل لوحدات الآلات.

وبالاعتماد على ما تقدم يتمكن الفنيون القائمون على عملية تهيئة التربة من الاستخدام الأمثل لوحدة الآلات والذي يهدف إلى زيادة الإنتاجية بأقل التكاليف وإلى تحسين ظروف العمل وتحسين نوعية العمل الأمر الذي يؤدي إلى زيادة المردود الاقتصادي لوحدات الآلات وبالتالي دعم الاقتصاد الوطني.

REFERENCES المراجع

[1]- König, G.: Die Anfänge der Zugkraft ermittlung an Bodenbearbeitungsgeräten. Agrartechnik, Berlin 39 (1988).

[2]- König, G.: Grundlagen einer Borechnungsmethodäk Zur rechnergestützten Ermittlung des Kraft-und Leistungsbedarfs von Bodenbearbeitungsgeräten. Agrartechnik, Berlin 40 (1989).

[3]- Kugler, K.: Maschinen und Geräte für die pflanzenproduktion, Berlin 1984.

[4]- Söhne, W.: Einige Grund lagen für eine landtechnische Bodenmechanik. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 6 (1956).