**УДК 631.358:633.78**

***В.М. Стельмах,*** *кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник Житомирського національного агроекологічного університету,*
***Д.В. Марчук,*** *здобувач, викладач коледжу Житомирського національного агроекологічного університету*

# РОЗРАХУНОК ВИТЯЖНОЇ СИЛИ АГРЕГАТІВ ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ КРИХКИХ КОРЕНЕПЛОДІВ

*Встановлено теоретичну залежність витяжної сили пасивними (невібраційними) і активними (вібраційними) робочими органами, необхідної для витягування крихких коренеплодів (цикорію) з ґрунту. Вказані залежності, після експериментального визначення емпіричних коефіцієнтів, дадуть змогу розраховувати параметри робочих органів для викопування крихких коренеплодів.*
***Ключові слова:*** *витяжна сила, крихкі коренеплоди, цикорій, робочі органи.*

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Основним завданням при вирощуванні цикорію залишається ефективність процесу збирання. У цикорієсіючих господарствах України використовують дві технології збирання. За першою – корені підкопують буряковими підіймачами СНУ-3Р з наступним їх вибиранням і очищенням вручну. При цьому витрачається близько 70 людино-днів на гектар посівів.

При використанні другої технології застосовують сучасні бурякозбиральні комплекси. Використання цієї технології має значні недоліки, пов'язані з технічними можливостями комбайнів і фізико-механічними властивостями коренів. Крихкий та ламкий корінь цикорію, що залягає на глибину до 25-30 см, при збиранні бурякозбиральними комбайнами ламається на висоті заглиблення робочих органів (8-12 см). При цьому значна частина урожаю залишається у ґрунті і втрати урожаю становлять 35-60% залежно від його типу.

У зв'язку з цим назріла проблема розробки робочих органів для викопування цикорію кореневого (крихких коренеплодів). Для цього в першу чергу необхідно встановити теоретичну залежність витяжної сили, необхідної для витягування коренів цикорію з ґрунту робочими органами (пасивними і активними). У подальшому це дасть змогу проводити розрахунок технологічних і геометричних параметрів робочих органів що розробляються.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.** Складність розробки механізованої технології викопування цикорію кореневого зумовлена його специфічними фізико-механічними характеристиками.

Попередніми дослідженнями [2] встановлено, що корінь цикорію дуже крихкий. Ударна в'язкість кореня (1,701 кг·см/см$^2$) у декілька разів менша від найкрихкіших матеріалів (фенопласт, амінопласт). Тому при збиранні цикорію кореневого слід уникати ударних навантажень. Низькими є й інші допустимі зусилля. Так, модуль зсуву кореня цикорію лежить в межах 0,187...1,55 кг/см$^2$, а допустиме зусилля кручення – 0,0685...0,154 кг/см$^2$.

У той же час корінь цикорію здатний витримувати значні вертикальні навантаження. Допустиме навантаження його на розрив перебуває в межах від 5,53 до 8,34 кг/см$^2$ [2].

Тобто, при розробці робочих органів для викопування цикорію кореневого слід враховувати, що основні зусилля до кореня слід прикладати у вертикальному напрямку і не допускати ударних, згинаючих зусиль.

Створення робочих органів, які б забезпечували неушкодженість і повноту збирання коренеплодів сільськогосподарських культур, є дуже актуальною проблемою. Для її вирішення слід розрахувати витяжну силу, необхідну для виривання (витягування) коренеплоду з ґрунту.

**Формулювання цілей статті:** встановити теоретичну залежність вказаної витяжної сили для двох основних випадків: перший – без попереднього підкопування коренів (невібраційні робочі органи) і другий – для вібраційних робочих органів (з попереднім порушенням зв'язку кореня з ґрунтом).

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для проведення теоретичних досліджень моделюються форма коренеплодів, щільність ґрунту, а також взаємодія між коренеплодом і ґрунтом [1, 3]. Коренеплоди моделюються як циліндри і конуси. Розрахунки ускладнюються через необхідність враховувати гофровану поверхню коренеплоду. Значна довжина коренеплодів

© *В.М. Стельмах, Д.В. Марчук, 2010*

(порівняно з характерними розмірами ґрунтових макроагрегатів) дозволяє моделювати ґрунт як суцільне середовище, в якому густина залежить від глибини. Вважаємо, що ґрунтова суміш до формування коренів є баратропним середовищем, для якого виконується залежність:

$$P = A \cdot \rho^{\gamma}, \tag{1}$$

де $P$ – тиск; А,

$\nu$ – емпіричні коефіцієнти;

$\rho$ – густина ґрунту.

Вважаємо також, що координатна залежність густини є експоненціальною:

$$\rho(x, c) = \rho_0\ (c)\exp(\alpha x), \tag{2}$$

де $\rho_0$ (с) – залежність густини від вологості, яка може бути розрахована теоретично, але зручніше використовувати емпіричні залежності.

Вираз (2) добре апроксимує залежність густини ґрунту від глибини х у зоні обробітку (рис. 1). Залежність $\rho_0(c)$ досить громіздка, тому далі не розглядатиметься.

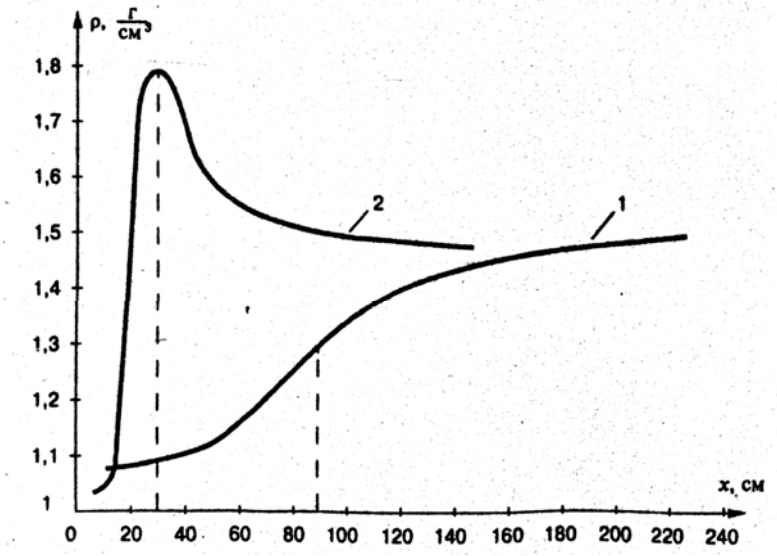


*Рис. 1. Залежність густини грунту від глибини:*
*1 – звичайний; 2 – дерново-підзолистий глеєвий*

За взаємодію між ґрунтом і коренеплодом приймається тертя спокою.

Розрахункова схема для конічних гладких коренеплодів наведена на рис. 2.

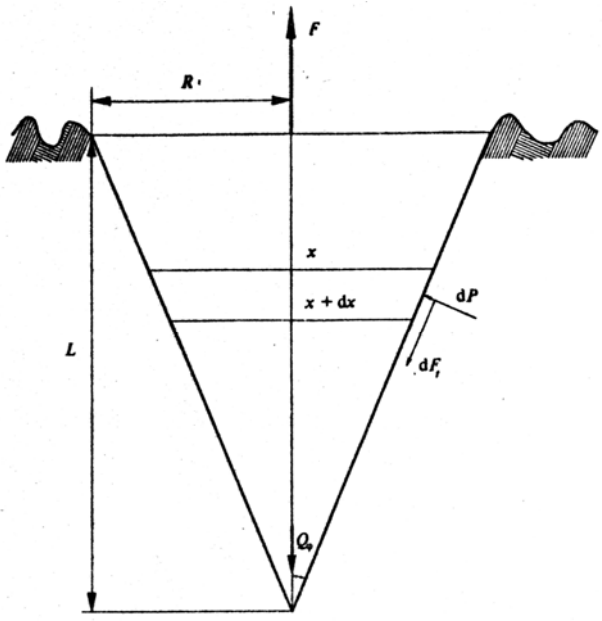


*Рис. 2. Розрахункова схема для конічних слабких коренів*

Для порушення рівноваги необхідно, щоб виконувалась нерівність, справедлива для коренеплодів довільної форми і різних моделей ґрунту:

$$F \geq Q + F_t, \tag{3}$$

де $F$ – витяжна сила;
$Q$ – вага коренеплоду;
$F_t$ – сила тертя.
Для циліндричної гладкої поверхні елемент площі становитиме:

$$dS = \frac{2\pi R\sqrt{L^2 + R^2}}{L}(1-\frac{x}{L})dX. \tag{4}$$

Тоді інтенсивність бокового навантаження дорівнюватиме:

$$q(x)= \beta(1 - \frac{x}{L})e^{\alpha\gamma x}; \quad \beta = \frac{2\pi RA}{L}\rho_0^{\gamma}\sqrt{L^2 + R^2}. \tag{5}$$

Якщо позначити коефіцієнт тертя спокою між ґрунтом і коренеплодом через $\mu_0$, то

$$F_t = \mu_0 \cdot cos\varphi \int_0^L q(x)dx = \frac{\beta\mu_0 cos\varphi}{L\alpha^2\gamma^2}[e^{\alpha\gamma L} - \alpha\gamma L - 1] \tag{6}$$

Залежність q(x) наведена на рис. 3.

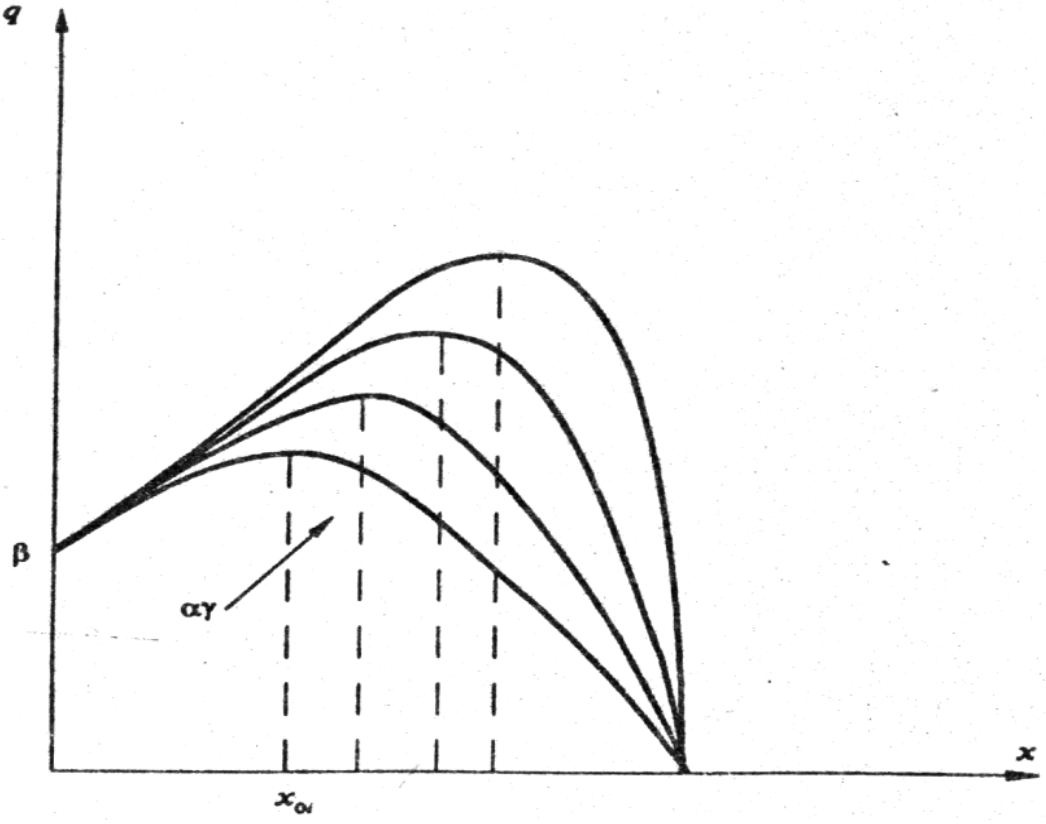


*Рис. 3. Якісна залежність q(x)*

Екстремуми знаходяться в точках $x_{0i}$ і дорівнюють $q_{0i}$

$$x_{0i} = L - \frac{1}{\alpha\gamma}; \quad q_{0i} = \frac{\beta}{\alpha\gamma}e^{\alpha\gamma L-1}. \tag{7}$$

Частковим випадком виразів (5) і (6) є випадок однорідного середовища ($\alpha\gamma \to 0$):

$$q = \beta\left(1 - \frac{x}{L}\right); \quad F_t = \pi A\mu_0 LR\rho_0^{\gamma}cos\varphi. \tag{8}$$

Якщо вважати, що жорсткість коренеплоду мало залежить від координати, то можна ставити задачу про те, що місце найімовірнішого розриву коренеплоду визначається умовою:

$$\max\ [l(x)q(x)],$$

де l(x) – довжина лінії на конусі у площині x = const. Так, для ситуації (5)

$$x_p = L - \frac{2}{\alpha\gamma}. \tag{9}$$

Розглянемо випадок з гофрованою поверхнею коренеплоду. Для цього можна обмежитися гофрованим циліндром, оскільки хвиля на поверхні конічних коренеплодів вносить невелику похибку в обчислення витяжної сили.

Похідна циліндра може бути апроксимована залежністю

$$y = R[1 + \lambda sin\Omega x]; \qquad \lambda = \frac{h}{R}. \tag{10}$$

Тут h, $\Omega$ – відповідно амплітуда і частота гофри, які можуть бути визначені шляхом гармонічного аналізу. Для цього випадку

$$q(x) = 2\pi A\rho_0^{\gamma} R\sqrt{1 + h^2\Omega^2 cos^2\Omega x}(1 + \lambda sin\Omega x)e^{\alpha\gamma x}. \tag{11}$$

Витяжна сила дорівнюватиме

$$F = Q + 2\pi A\rho_0^{\gamma} R\mu_0[\frac{1}{\alpha\gamma}(e^{\alpha\gamma L} - 1) + \frac{\lambda}{\alpha^2\gamma^2+\Omega^2} e^{\alpha\gamma L}(\alpha\gamma sin\Omega L - \Omega cos\Omega L) + \\ + \frac{\lambda\Omega}{\alpha^2\gamma^2+\Omega^2}] \tag{12}$$

У випадку, коли результати гармонічного аналізу дають не одну гармоніку, а кілька, результат (10)-(12) ускладнюється:

$$F = Q + 2\pi A\rho_0^{\gamma} R\mu_0[\frac{1}{\alpha\gamma}(e^{\alpha\gamma L} - 1) + \sum_{k=1}^{N}\{\frac{\lambda k}{\alpha^2\gamma^2+\Omega^2 k} e^{\alpha\gamma L}(\alpha\gamma sin\Omega kL - \\ -\Omega k cos\Omega kL) + \frac{\lambda k\Omega}{\alpha^2\gamma^2+\Omega^2 k}\}] \tag{13}$$

Тобто для невібраційних робочих органів витяжна сила буде визначатися за формулою (13).

Для вібраційних робочих органів приймаємо, що вібруючі робочі органи працюють на глибині $b \le L$. Їхній вплив полягає, по-перше, у порушенні зв'язку ґрунту з коренеплодом, тобто, у зміні статичного коефіцієнта тертя динамічним; по-друге, внаслідок утворення «киплячого» шару відбувається перешарування координатної залежності густини.

Введемо середню густину на глибині впливу:

$$\rho_c = \frac{1}{B}\int_0^B \rho(x)dx = \frac{\rho_0}{\alpha B}[e^{\alpha B} - 1]. \tag{14}$$

Тоді для конічної гладкої поверхні інтенсивність q(x) матиме вигляд:

$$q(x) = \begin{cases} \frac{2\pi RA}{L}\rho_c^{\gamma}\sqrt{L^2 + R^2}\left(1 - \frac{x}{L}\right); 0 \le x < b \\ \frac{2\pi RA}{L}\rho_0^{\gamma} e^{\gamma\alpha b}\sqrt{L^2 + R^2}e^{\alpha\gamma x}\left(1 - \frac{x}{L}\right); b < x \le L. \end{cases} \tag{15}$$

Для витяжної сили матимемо:

$$F = Q + \pi AR\rho_0^{\gamma}(\alpha b)^{-\gamma}\,\mu[e^{\alpha b} - 1]^{\gamma} b(2L - b)L^{-1} + \frac{2\pi RA\rho_0^{\gamma} e^{2\alpha\gamma b}\mu_0}{\alpha\gamma L} \times \\ [e^{\alpha\gamma(L-b)} - 1 - \frac{1}{\gamma^2}\left(e^{\alpha\gamma(L-b)} - \frac{b}{L}\right) + \frac{1}{L\alpha\gamma}\left(e^{\alpha\gamma(L-b)} - 1\right)] \tag{16}$$

Використання робочих вібруючих органів викликає розрив густини у точці x = b (рис. 4):

$$\Delta\rho = \frac{\rho_0}{\alpha b}[(\alpha b - 1)e^{\alpha b} - 1]. \tag{17}$$

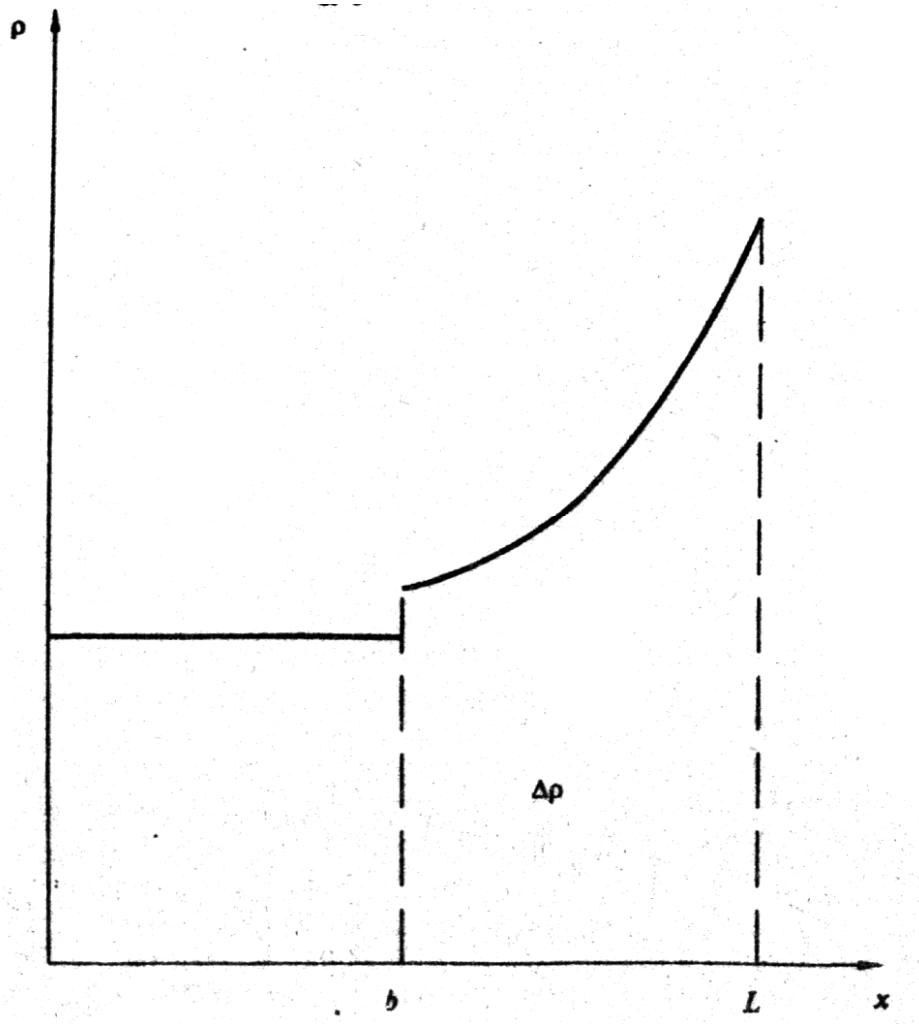


*Рис. 4. Якісна залежність $\rho$ (x) при використанні вібраційних робочих органів.*

**Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямку.** У результаті проведеного теоретичного дослідження встановлено залежність витяжної сили невібраційними робочими органами для коренеплодів з гофрованою поверхнею (формула 13) і для вібраційних робочих органів при конічній поверхні коренеплодів (формула 16).

У подальшому для практичного застосування вказаних теоретичних залежностей витяжної сили при конструюванні і розрахунку параметрів робочих органів експериментальним шляхом слід встановити числові значення введених емпіричних коефіцієнтів.

**Список використаних джерел**

1. Дюженкова Л. І., Дюженкова О. Ю., Михалін Г. О. Вища математика: Приклади і задачі / Посібник. – К.: Видавничий центр «Академія», 2002. – 624 с.
2. Мельник С.І., Малиновський А.С., Стельмах В.М. та інші. Фізико-механічні властивості коренеплодів цикорію – основа розробки технічних засобів збирання. // Науково-теоретичний збірник «Вісник Житомирського національного агроекологічного університету». – 2009. – № 2. – С. 191-201.
3. Пискунов Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисление для втузов, т. 1, 2: Учебное пособие для втузов. – 13-е изд. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985.

***Аннотация.*** *Установлено теоретическую зависимость вытяжной силы, необходимой для выкапывания ломких корнеплодов (цикория) из почвы пассивными (не вибрационными) и активными (вибрационными) рабочими органами. Указанная зависимость после*

*экспериментального определения эмпиричных коэффициентов даст возможность рассчитать параметры рабочих органов для выкапывания ломких корнеплодов.*

***Ключевые слова:*** *вытяжная сила, ломкие корнеплоды, цикорий, рабочие органы*

***Annotation.*** *The theoretical dependence of the extracting power necessary for pulling up the fragile root-crops (chicory) from the soil by passive (non-vibrational) and active (vibrational) working tools has been determined. Explained dependences, taken from the experimental estimating the empiric coefficients, will enable to calculate the parameters of the working tools used for pulling up fragile root-crops.*

***Key words:*** *extracting power, fragile root-crops, chicory, working tools.*

**УДК 629.113.004 (477.43)**

***Г.П. Краснолуцький,*** *старший викладач,*
***В.В. Морозов,*** *асистент,*
***П.П. Федірко,*** *кандидат технічних наук, доцент ПДАТУ*

# МОБІЛЬНИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДІАГНОСТУВАННЯ, ТО ТА УСУНЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ МТП СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

*Наведено та описано конструкцію принципово нового мобільного агрегату для проведення діагностування, ТО та усунення несправностей МТП, що дозволяє виконувати весь комплекс ремонтно-обслуговуючих робіт як в польових, так і в стаціонарних умовах. Запропонована універсальна система джерела електроенергії дає можливість отримання напруги 380В, 220В, 36В з приводом від вала відбору потужності транспортного засобу або при підключенні стаціонарної системи електропостачання з автономним джерелом живлення.*

***Ключові слова:*** *діагностування, ТО, джерело живлення, вал відбору потужності.*

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичним завданнями.** Основною проблемою підтримування існуючого МТП в роботоздатному стані є організація ремонту, технологічне налагодження і технічне обслуговування складних систем сільськогосподарської техніки.

Вирішення цієї проблеми можливе наступним шляхом: організація мобільної служби, діагностування технічного обслуговування та усунення несправностей сільськогосподарської техніки.

Основою мобільної служби є пересувні агрегати технічного обслуговування та ремонтні майстерні. Створення її має ряд проблем, а саме:

- в Україні в даний час не виготовляються універсальні мобільні засоби діагностування, технічного обслуговування та усунення несправностей сільськогосподарської техніки;
- існуючі засоби закордонного виробництва вузькоспеціалізовані (діагностичні лабораторії, засоби ТО, ремонтні майстерні обмежених можливостей виконання ремонтних робіт), їх придбання пов'язано з великими фінансовими вкладеннями;
- принципи отримання електроенергії для приводу електроінструменту, електрозварювального обладнання засновані на використанні приводу від двигунів транспортного засобу та окремо встановлених двигунів внутрішнього згорання (МПР-3901).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.** При існуючій раніше ремонтно-обслуговуючій базі агропромислового комплексу великі сільськогосподарські підприємства, служби ТО районного рівня оснащались певними ремонтно-обслуговуючими мобільними засобами: агрегатами ТО, які призначені для виконання в польових умовах першого (ТО-1) та другого (ТО-2) технічних обслуговувань тракторів, самохідних шасі та сільськогосподарських машин.

Промисловість випускала три типи агрегатів: на шасі автомобіля (АТО-А), самохідного тракторного шасі (АТО-С) та тракторному причепі (АТО-П).

Великі площі полів та відсутність в більшості новоутворених господарств з наявним МТП потребує відповідної ремонтно-обслуговуючої бази, що викликає необхідність використання

© *Г.П. Краснолуцький, В.В. Морозов, П.П. Федірко, 2010*