

М. Я. Довжик, к.т.н., доцент,
Б. Я. Татяниченко, к.т.н., доцент,
О. О. Соларьов
 Сумський національний аграрний університет

Прилад належить до пристроїв для вимірювання напружень, що виникають у ґрунті під рушіями транспортних засобів.

Ключові слова: напруження у ґрунті, пристрій для вимірювання напружень.

Постановка проблеми. Процес визначення напруження у ґрунті під рушіями техніки, яка працює, – на полі досить складне завдання. Перш за все складність полягає в тому, що використання існуючих приладів дає велику похибку або ж просто не дає достовірних даних. Тому завдання полягає у розробці нового приладу для визначення напружень у ґрунті, який дасть достовірні дані з мінімальною похибкою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Для визначення твердості ґрунту використовують прилади — ґрунтові твердоміри різних конструкцій [3, 4, 5]. Раніше і твердість ґрунту вимірювали загостреною палицею, яка за формою нагадувала знаряддя з обробітку ґрунту.

З другої половини ХІХ ст. професор Н.І.Железнов запропонував для визначення твердості ґрунту використовувати динамометричний лом. Металевий лом із загостреним кінцем мав вимірювальні поділки на загостреній частині. При вільному вертикальному падінні лому з висоти 1 м після заглиблення у ґрунт визначали твердість ґрунту й енергетичні потреби для його обробітку. Пізніше було запропоновано багато конструкцій твердомірів, у тому числі копри, лопати-твердоміри тощо. Кожна конструкція мала як свої наукові і практичні переваги, так і недоліки. Найбільше поширення одержав твердомір В.П. Горячкіна, вдосконалений співробітниками Всесоюзного науково-дослідного інституту сільськогосподарського інституту машинобудування. Цей твердомір записує вимірювану твердість ґрунту на глибині 0-30 см. У сучасному аграрному виробництві для визначення ущільненості ґрунту та глибини залягання підплужної підшви використовують пенетрометр (твердомір) рис. 1. [1]. Але насамперед перед нами постала задача визначення зміни напружень та щільності ґрунту об'ємного напруженого стану. Отриманню точних результатів вимірювань перешкоджають деякі фактори. Ґрунт – це неоднорідне середовище і всі процеси, що в ньому протікають, проходять при різних умовах по різному. Тому, на нашу думку, відомі прилади для визначення напружень у ґрунті частково не задовольняють наші потреби.

Для дослідження напружень і деформацій у ґрунті відомий пристрій, який має корпус з направляючими руху, каретку з датчиками тиску та

інше (А.С. СССР, №1035452А кл. G 01 M 17/00, 1983 р. Бюлетень №30).

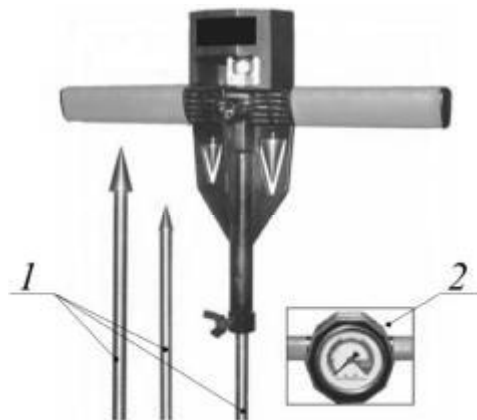


Рис. 1. Пенетрометр (твердомір):
 1 – робочі стержні, 2 – дисплей

Недоліком такого пристрою є те, що внаслідок розташування датчиків в одній площині, неможливо визначити одночасно напруження в трьох взаємно-перпендикулярних напрямках у ґрунті від дії рушіїв транспортних засобів.

Також є пристрій для вимірювання напружень у ґрунті, що складається з основного диска, допоміжного диска з каліброваними кульками, які встановлені по його периметру, а кришка виконана з виступом та гнучкими балочками з допоміжними тензодатчиками та ін. (А.С. СССР, №585440 кл. G 01N 33/24, 1977 р. Бюлетень №47).

Суттєвим недоліком такого пристрою є значна похибка виміру горизонтальних та вертикальних напружень у ґрунті. Це пов'язано з тим, що під дією зовнішнього нормального зусилля верхній диск деформується (прогинається) по периферії, а це призводить до виникнення дотичних напружень і деформації тензодатчиків. Внаслідок цього значно затрудняється процес отримання дійсних значень напружень у ґрунті, що виникають від дії рушіїв транспортних засобів.

Формулювання цілей статті. Аналізуючи вищесказане, було вирішено розробити прилад для визначення напружень у ґрунті об'ємного напруженого стану.

Пристрій для вимірювання напружень (рис. 2) являє собою пустотілий стержень 1 прямокутного перерізу, у одному з кутів якого вмонтовано три чутливі елементи 2. Вони призначені для

виміру напружень у трьох взаємно-перпендикулярних напрямках [2]. Кожен з чутливих елементів – це консольна балка прямокутного перерізу з розмірами $b \times h$, прикріплена до корпусу 2 одним своїм кінцем, а її вільний кінець несе шайбу 3 діаметром d , яка контактує з ґрунтом. На відстані робочої довжини l на розтягнутій зоні балки приклеєний тензодатчик 4, з'єднаний ізольованими провідниками, що виходять через внутрішню порожнину корпусу 2 на поверхню, з приладом для тензометрування.

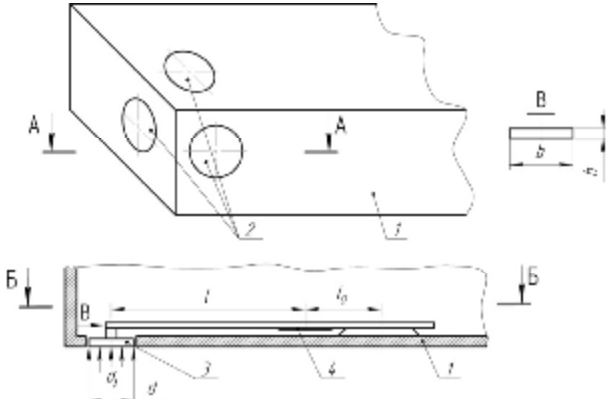


Рис. 2. Схема приладу для вимірювання напружень

Зовнішній вигляд приладу для тензометрування показано на рис. 3.

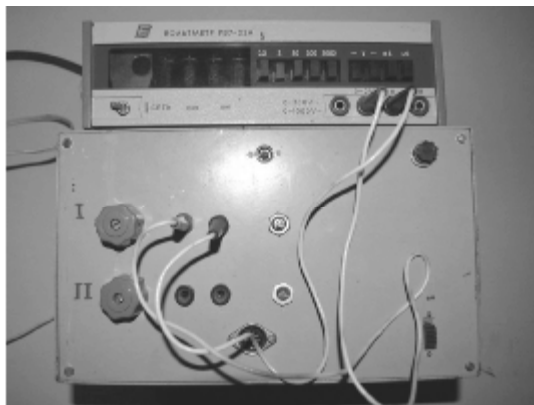


Рис. 3. Тензостанція і цифровий вольтметр

Основним елементом приладу для тензовимірювання є чотирихплечий міст (рис. 4), у якому одним з плечей являється тензорезистор.

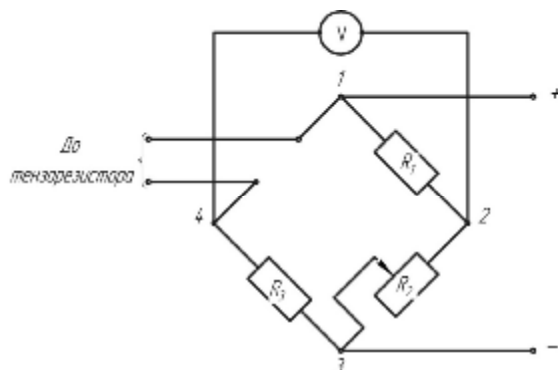


Рис. 4. Електрична схема приладу для тензовимірювання з цифровим вольтметром

Опори R_1 і R_3 стабільні й постійні, а опір R_2 змінний і призначений для регулювання нуля у діагоналі 2 – 4 на початку вимірювання. Оцінка зміни електричного опору ΔR в діагоналі 2 – 4 виконується числовим вольтметром типу РВ7–22А.



Рис. 5. Тарування приладу для вимірювання плоско напруженого стану 1 – тензостанція; 2 – прилад.

Як відомо, виміряний числовим вольтметром розбаланс моста пропорційний зміні опору тензорезистора ΔR . Цей розбаланс зіставляється з механічними напруженнями σ_i , що діють на поверхні балки, навантаженої силою $\sigma_i \frac{\pi d^2}{4}$ на кінці консолі. При таруванні приладу показники вольтметра співвідносилися безпосередньо до вимірюваного напруження σ_i .

Технічні дані тензорезисторів

Тип КФ4П1-10-400-А-12, що означає:

- КФ4П1 – типорозмір;
- 10 – база в міліметрах;
- 400 – номінальний опір, Ом;
- А – група якості.

Граничне відхилення опору від номінального $\pm 0,2 \%$.

Максимальна вимірювана деформація ± 3000 е. о. д.

Коефіцієнт тензочутливості $k = 2,1 \pm 2$.

Середнє квадратичне відхилення чутливості $0,02$.

Годинна повзучість при номінальній температурі $0,5 \%$.

Максимальний струм 30 мА.

Визначення розмірів робочого елемента пристрою (консольної балки) виконано, виходячи з максимального тиску (напруження) $\sigma_{imax} = q = 0,35$ МПа. Матеріал балки – дюралюміній Д16 (модуль пружності першого роду $E = 0,7 \cdot 10^5$ МПа; межа текучості $\sigma_T = 290$ МПа).

Приймаючи конструктивно діаметр контактуючого елемента $d = 10$ мм і довжину консолі $l = 80$ мм, знаходимо силу тиску на контактуючий елемент

$$P = q \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 0,35 \cdot \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 27,475 \text{ Н}, \quad (1)$$

і згинальний момент в небезпечному перерізі

$$M = P(l + l_0) = 27,475(30 + 20) = 3022,25 \text{ Нмм}, \quad (2)$$

де $l_0 = 30$ мм – відстань від центра тензорезистора до опори.

Допустиме напруження для матеріалу бал-

ки

$$[\sigma] = \frac{\sigma_b}{n} = \frac{290}{2} = 145 \text{ МПа}, \quad (3)$$

де $n = 2$ – коефіцієнт запасу міцності.

З умови міцності на згинання знаходимо необхідний момент опору перерізу балки:

$$W = \frac{M}{[\sigma]} = \frac{3022,25}{145} = 20,84 \text{ мм}^3. \quad (4)$$

При висоті перерізу $h = 3,0$ мм ширина $b = 6,46$ мм.

Тарування приладу виконувалося в лабораторії механіки матеріалів і конструкцій (рис. 5) безпосереднім навантаженням на контактуючий елемент. Для кожного значення $\sigma_i = \frac{P}{F} = \frac{4P}{\pi d^2}$ знімався відповідне показання числового вольтметра V . Результати розрахунків і вимірювань наведені в таблиці 1, а залежність сигналів числового вольтметра від напруження σ_i – на рис. 6.

Табл. 1. Результати розрахунків і вимірювань

Маса m , кг	Сила P , Н	Напруження σ_i , МПа	Показники числового вольтметра, V
0,2	1,962	0,025	14
0,4	3,924	0,050	24
0,6	5,886	0,075	43

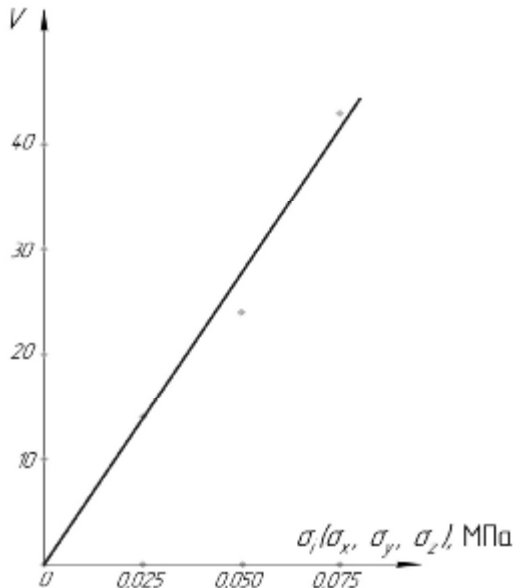


Рис. 6. Залежність сигналів числового вольтметра від напружень σ_i на контактуючому елементі

Прилад для вимірювання напружень плоского напруженого стану

Корпус 1 приладу (рис. 7) виготовлений зі сталевий труби $\varnothing 45 \times 2,5$. У середині корпусу вмонтовано два чутливих елементи під кутом 90° . З метою підвищення точності вимірювань можна додати ще два діаметрально протилежних елемента (на рисунку показані пунктиром).

Кожен елемент, як і в попередньому приладі, складається з консольної балки 2, на кінці якої прикріплено контактний диск 3, а у місці закріплення балки на її розтягнутих волокнах приклеєний тензодатчик 4, який з'єднується з приладом для тензометрування і числовим вольтметром. Усі параметри чутливих елементів, включа-

ючи і тарувальний графік (рис. 6), такі ж, як і у приладі для вимірювання напружень об'ємного напруженого стану.

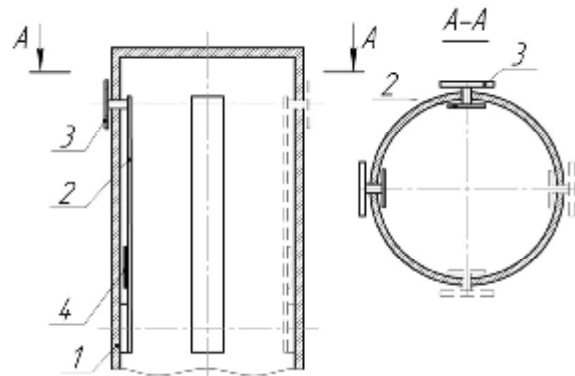


Рис. 7. Пристрій для вимірювання напружень плоского напруженого стану

Як показує досвід використання приладів для вимірювання напружень, останній варіант простіший у виготовленні і зручніший у практичній роботі. На рис. 8. показана схема розміщення приладу в ґрунті.

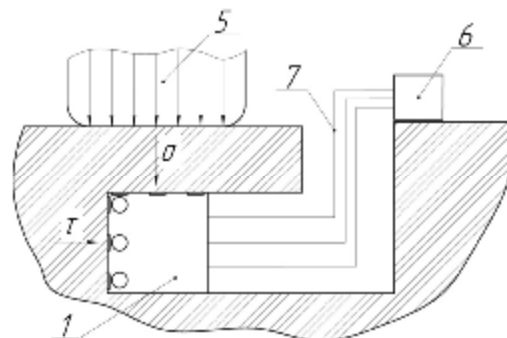


Рис. 8. Розміщення приладів у ґрунті

Висновки. Прилад був використаний при експериментальному вимірюванні напружень у ґрунті під рушіями МТА у польових умовах з метою перевірки теоретичних рішень, наведених у роботі [1].

Список використаної літератури:

1. Довжик М.Я. Напружено - деформований стан ґрунту під слідом колеса транспортного засобу / М.Я. Довжик, Б.Я. Татьянченко, О.О.Соларьов // Матеріали міжнар. науково - пакт. конф. [«Науково-технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві»], (Мінськ, 28-30 листопада, 2013 р.) / М-во сільського господарства і продовольства республіки Білорусь, Білоруський державний аграрний технічний університет. - Мінськ, 2013. - С. 57-62.
2. Кленін Н.І. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Елементи теорій робочих процесів, розрахунок регульованих параметрів і режимів роботи – 1-е вид. / Н.І. Кленін, В.А. Сакун.– М.: Колос, 1980. – 671с
3. Плунжеры [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ru-ecology.info/pics/203688901360002/>
4. Твердомер ВИСХОМа [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ru-ecology.info/page/00383870403688901350003000067073/>
5. Твердомер Качинского [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ru-ecology.info/pics/203688901390005/>

Довжик М.Я., Татьянченко Б.Я., Соларев А.А. Приборы для измерения напряжений в массиве грунта

Прибор относится к устройствам для измерения напряжений, возникающих в почве под движителями транспортных средств.

Ключевые слова: напряжение в почве, устройство для измерения напряжений.

Dovzhik M.J., Tatyanchenko B.J., Solarov O.O. Voltage measuring devices in the array ground

The main feature is the development in the agricultural land, the natural fertility of which is very high. In Ukraine historically formed type of farmer who absorbed centuries of experience in cultivation and breeding of livestock, agricultural labor to love, desire and ability to work. And for a long historical time in Ukraine predominantly rural population, mostly engaged in agriculture, crafts subsidiary, manufacturing simple tools. Due to the peasants - the main carriers of the national cultural consciousness and spirituality of the people, their customs, traditions - replenished rapidly growing urban population. The gap between the traditional national cultural and linguistic environment in strengthening the "displacement" of nations.

Modern engineering in agricultural production wherein each year design features result in increased machine weight. Development of the agricultural engineering aimed at increasing productivity units often by reducing workers and equipment working in the fields. All these factors lead to increased soil compaction MTA suspension systems. The urgency of this issue repeatedly proven in practice as well as leading academics. And the task of our time is the actual value.

So it was decided to study the mechanisms of soil compaction processes that occur in it during contact with the wheel, that the overall process of deformation and compression not only on the surface, but it spread deeper into the array.

Stresses that occur deep in the fertile layer spread deeper into the panel, thereby impeding free access of moisture to the root of the plant. As will be discussed further, deformation is partly residual soil that does not allow rapid recovery. In our opinion, this is a major problem in modern agriculture. Indeed, due to irrational use of agricultural machinery we reserve increasingly complex conditions of cultivation.

Questions compaction currently has a great relevance, as it is changing the soil density has the most significant impact on the growth and development of crops. Especially at this time when agricultural machinery keeps on increasing energy intensity vector machines. According to previously developed Terry decided to determine the change in density of the soil due to the change of stresses in panels. The invention relates to a device for measuring the stresses that occur in the soil under vehicle engines and can be used in the study of the effectiveness of their use in the field.

Keywords: voltage in the soil, the apparatus for measuring voltages.

Дата надходження до редакції: 09.12.2015

Рецензент: д.т.н., проф. Подригало М.А.