



УДК 631.31.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛИНИЙ СКАЛЫВАНИЯ ОТ ДВИЖУЩЕГОСЯ В ПОЧВЕ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ЛЕМЕХА

*Муранов М.С., магистрант Днепропетровского государственного аграрного
университета*

*Научный руководитель – Волик Б.А., к.т.н., Днепропетровского государственного
аграрного университета*

*Розглянуто механізми тріщиноутворення у ґрунті під дією елементарного леміша.
Приведено результати аналітичних і лабораторних досліджень.*

ґрунт, леміш, тріщиноутворення

Представленные в работе материалы ориентированы на создание в последующем общей виртуальной модели взаимодействия орудия произвольной геометрической формы со средой.

Рассмотрим расчетную схему (рис.1). Лемех 1 заглублен на глубину a под углом α и движется со скоростью V_m в направлении оси X .

Вырежем бесконечно тонкий слой почвы по оси орудия и рассмотрим механизм происходящих в среде процессов.

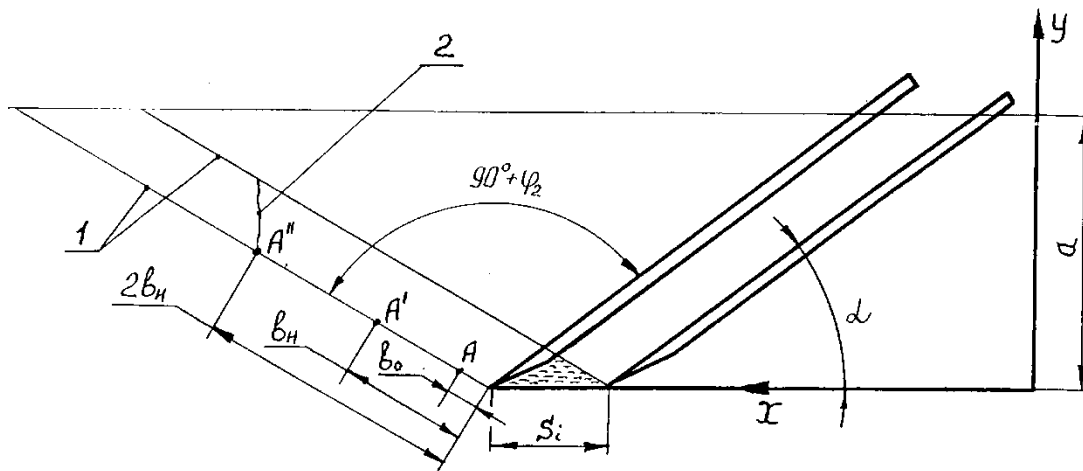


Рисунок 1. Расчетная схема к определению основных параметров трещинообразования: 1 – основная трещина; 2 – ответвление.

При перемещении лемеха отделение элементов почвы от массива происходит по плоскостям сдвига, наклоненным по отношению к лезвию под углом $90^\circ + \varphi_2$, где φ_2 – угол внутреннего трения. Под этим же углом происходит перемещение отделенной призмы грунта.

С началом движения (рис.1) происходит смятие заштрихованной части почвы до момента скола, после чего начинается сдвиг сколотой части. В работе [1] нами показано, что текущее значение расстояния между двумя последовательно образующимися линиями скола составляет

$$S_i = \frac{1}{\cos(\alpha + \varphi_2)} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot a \cdot \sin(\varphi_2) \cdot [C_{cp} + f_i \cdot \sigma_c]}{\sin(\alpha) \cdot [q_{cp} + f_{i+1} \cdot \sigma_q]}}, \quad (1)$$

СЕКЦІЯ 1

«Інформаційно-технологічне суспільство в змісті сучасної освіти» «Моделі розвитку технічних інновацій в змісті сучасної освіти»»



где α - угол атаки лемеха, град;

φ_2 – угол внутреннего трения почвы, град;

a – глубина хода орудия, м;

C_{cp} – среднестатистическое значение коэффициента удельного сцепления частиц, кН/м^2 ;

σ_c – среднее квадратичное отклонение коэффициента разнотекстурности структурных агрегатов, кН/м^2 ;

q_{cp} – среднестатистическое значение коэффициента объемного смятия, кН/м^3 ;

σ_q – среднее квадратичное отклонение коэффициента объемного смятия, кН/м^3 ;

f_i – случайное число от -1 до $+1$, подчиняющееся закону распределения C_{cp} и q_{cp} .

При дальнейшем перемещении лемеха после смятия заштрихованной части благодаря перегибу пласта образуется трещина конечной длины b_0 на вершине которой концентрируется напряжение. Чем длиннее трещина, тем большую концентрацию напряжения она вызывает. Таким образом возникает очаг неустойчивости. Дальнейший рост трещины возможен тогда, когда в зоне неустойчивости интенсивность выделения энергии G превышает сопротивление росту трещины R (критерий Гриффитса [2]). Величина G носит также название трещиноводящей силы [3] и определяется как энергия, деленная на единицу толщины вырезанного слоя и единицу изменения длины трещины, что также может быть представлено как сила, приходящаяся на единицу изменения длины трещины.

Сопротивление росту трещины R есть сила, необходимая для преодоления сцепления частиц, приходящаяся на единицу длины трещины. При известном коэффициенте удельного сцепления частиц C_i является величиной постоянной

$$R = C_i \cdot dz, \quad (2)$$

где dz – толщина вырезанного слоя.

Разница ($G - R$) определяет количество энергии, которая может перейти в кинетическую энергию роста трещины и, следовательно, определяет скорость, с которой распространяется линия скола.

Примем следующие упрощающие предположения.

1. Процесс распространения трещины происходит при постоянном напряжении, т.е. интенсивность выделения энергии линейно зависит от длины линии скола.
2. Интенсивность выделения энергии не зависит от скорости распространения трещины.
3. Сопротивление росту трещины постоянно.

Для разъединения двух слоев материала необходимо преодолеть потенциальную энергию их сцепления. Потенциальная энергия в данном случае может быть представлена как перемещение элементарной площадки сцепления $dz \cdot db$ на расстояние b , равное длине скола

$$W_n = C_i \cdot b \cdot db \cdot dz \quad (3)$$

С другой стороны процесс распространения трещины может быть представлен в виде перемещения мнимой бесконечно малой частицы A , обладающей мнимой массой m . Следовательно, для любого произвольно взятого положения точки A справедливо

$$\frac{m \cdot V_i^2}{2} = C_i \cdot b \cdot db \cdot dz \quad (4)$$

где V_i – мгновенное значение скорости распространения трещины, м/с.



Первоначальное расширение трещины происходит за счет сдвига пластов в результате перемещения лемеха. Следовательно, начальная скорость развития трещины V_0 определяется скоростью его перемещения

$$V_0 = \frac{V_M \cdot \sin \alpha}{\cos(\alpha + \varphi_2)}, \quad (5)$$

Однако первое время интенсивности выделения энергии не достаточно для самостоятельного развития трещины. В дальнейшем по мере перехода потенциальной энергии сцепления частиц в кинетическую, скорость распространения трещины возрастает и при $G = R$ она начинает развиваться самостоятельно, т.е. трещина должна «разогнаться».

Из анализа зависимости (4) следует, что когда длина трещины b вдвое превышает ее первоначальную длину b_n (длину, начиная с которой трещина начинает развиваться самостоятельно), интенсивность выделения энергии G вдвое превышает сопротивление росту трещины R . Это означает, что высвобождающейся энергии достаточно для развития двух трещин. С дальнейшим ростом трещины $b = 3 \cdot b_n$, $b = 4 \cdot b_n$ и т. д. может возникнуть многократное ветвление. Количество ответвлений зависит от начального значения b_n , которое в свою очередь зависит от поступательной скорости лемеха V_M .

Для подтверждения высказанных здесь положений нами проведена серия экспериментов с использованием почвенного канала собственной конструкции (рис.2.).

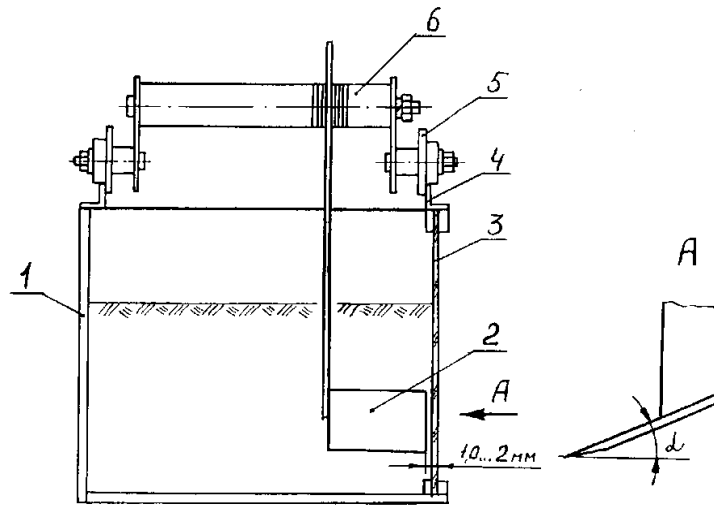


Рисунок 2. Схема почвенного канала.

Канал состоит из металлического лотка 1, лицевая стенка 3 которого выполнена из стекла. В верхней части лотка установлены два уголка 4, выполняющие роль направляющих для опорных колес 5 тележки 6. Испытываемая модель 2 закрепляется на тележке таким образом, чтобы кромка рабочего органа находилась на расстоянии 1,0...2 мм от лицевой стеклянной стенки 3.

Установка работает следующим образом. Металлический лоток заполняется почвой или модельной средой. Устанавливается требуемая глубина хода и рабочий орган протягивается вдоль стеклянной стенки, через которую можно визуальное отслеживать процесс трещинообразования.

В настоящей работе нами приводятся результаты исследований на глубинах, соответствующих поверхностной обработке почвы. Полученные результаты в основном подтверждают высказанные выше соображения.

СЕКЦІЯ 1

«Інформаційно-технологічне суспільство в змісті сучасної освіти» «Моделі розвитку технічних інновацій в змісті сучасної освіти»»



На фото (рис.3) приведен характерный момент взаимодействия лемеха с почвой.



Рисунок 3. Характерное трещинообразование при работе лемеха
(С целью повышения контрастности трещины наведены фломастером)

Эксперименты проводились на модельной среде: смесь песка и глины, смоченная 15% раствором сахара. Так как рассмотренные в статье аналитические зависимости носят вероятностный характер, с целью их проверки среда делалась максимально неоднородной по удельному сцеплению частиц: $C_{cp} = 1,5 \text{ кН/м}^2$, $\sigma_c = 0,5 \text{ кН/м}^2$.

Эксперимент выполнен в 125-ти кратной повторности. Результаты статистической обработки замеров представлены в табл.1.

Таблица 1 – Результаты статистической обработки параметров трещинообразования

Параметры	S _i , мм		b, мм		φ*, град	
	S _{cp}	σ _s	b _{cp}	σ _b	φ _{cp}	σ _φ
Замеренное значение	32	14	46	8	77	15
Расчетное значение	38	9	-	-	-	-

* Угол между первоначальным направлением распространения трещины и ответвлением.

Выводы.

1. Как показывает сравнение замеренных и расчетных значений расстояния между линиями скалывания, погрешность составляет 18%, что позволяет говорить о применимости вероятностного метода к расчету этого показателя.
2. Расстояние от лемеха до начала ветвления трещины есть величина довольно стабильная с незначительным разбросом, что говорит о том, что эта величина зависит в основном от угла атаки лемеха и его скорости и во вторую очередь от механико-технологических свойств почвы.
3. Угол между первоначальным направлением линии скола и ответвлением практически совпадает с углом внутреннего трения почвы.



Список литературы

1. Волик Б.А., Мельянцов П.Т., Бедин А.С. Проектирование рабочих органов почвообрабатывающих машин с использованием методов виртуального моделирования // Праці / Таврійська державна агротехнічна академія – Вип. 2, Т.16. – Мелітополь: ТДАТА, 2001.- С.78-82.
2. Griffith A.A., The phenomena of rupture and flow in solids, Phil. Trans. Roy. Soc. of London, A221 (1921), pp.163-197.
3. Брок Д. Основы механики разрушения (Broec D. Elementary engineering fracture mechanics). Лейден, 1974. Пер. с англ.- М.: Высшая школа, 1980. – 368с.

***Аннотация:** Рассмотрены механизмы трещинообразования в почве под воздействием элементарного лемеха. Приведены результаты аналитических и лабораторных исследований.*

***Abstract:** The mechanisms of cracking in soil under influence elementary ploughshare are considered. The result of analytical and laboratory researches are given.*

RESEARCH OF REGULARITIES OF DISTRIBUTION OF SPALLING LINES FROM MOVING IN THE SOIL AL EMENTARY PLOUGHSHARE

B. Volik, M. Muranov