

Структура почвы при фрезеровании

Цыпук А.М.¹

Петрозаводский государственный университет

В статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований формирования микроструктуры почвы при обработке фрезерным сошником. Разрушение стружки происходит при сходе ее с ножа фрезы под действием центробежной силы. Получено аналитическое выражение для определения размеров микрочастиц почвы в зависимости от предела прочности почвы на растяжение.

Ключевые слова: фрезерование, микроструктура, сошник, стружка, разрушение.

Рабочие органы фрезерного типа широко применяются при обработке лесных почв. Принято считать, что структура почвы после фрезерования определяется размерами почвенной стружки, заключенной между смежными ветвями трохоид - кривых, описывающих перемещение концов ножей почвенной фрезы [1]. Например, при работе фрезерного сошника сеялки для лесных питомников с частотой вращения Π с⁻¹, числом ножей в одной плоскости 4 шт и скоростью перемещения 1,83 м/с расчетная длина стружки получается около 0,04 м и соответствует шагу фрезерования.

Экспериментальные исследования показали, что фактический размер комков почвы, особенно при легком ее механическом составе, гораздо меньше расчетного, что объясняется саморазрушением стружки. Механика саморазрушения до настоящего времени была исследована недостаточно, явление эрозии почвы после фрезерования не имело теоретического обоснования, что затрудняет оптимальное применение почвообрабатывающих фрез.

Установлено, что структура почвы при фрезеровании формируется в два этапа. Первый - вырезание почвенной стружки ножом. При работе в условиях задерненной почвы тяжелого механического состава (глинистой) первоначальная форма и размер стружки сохраняются после схода с ножа, в этом случае расчетные и фактические размеры комков совпадают. Второй этап - разрушение стружки при сходе с ножа, которое наблюдается на малосвязных почвах, песчаных и супесчаных, преобладающих в лесных питомниках таежной зоны России. Схема формирования микроструктуры почвы представлена на рис.

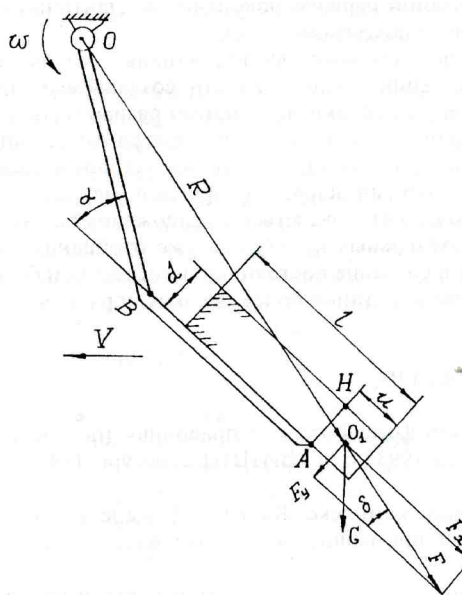


Рис. Схема формирования микроструктуры почвы при фрезеровании:

l - длина почвенной стружки; d - высота стружки; u - длина элементарной частицы стружки; O₁ - центр масс элементарной частицы; АН - плоскость саморазрушения стружки при сходе с ножа фрезы; δ - угол между вектором центробежной силы, действующей на элементарную частицу стружки и рабочей поверхностью ножа АВ.

Установлено (фотографированием при малой выдержке), что малосвязная почва при внедрении в нее ножа не сохраняет заданной его траекторией формы, а "растекается" по рабочей поверхности относительно ровным слоем. После выхода ножа на уровень вершины гребешка, образующегося на пересечении ветвей трохоид, подпор стружки со стороны почвы прекращается, и она начинает движение под действием центробежной силы F в направлении от центра вращения фрезы. При выдвигении стружки за конец ножа А она лишается опоры со стороны рабочей поверхности ножа АВ и после этого удерживается от разрушения только за счет собственной прочности, определяемой сечением стружки в плоскости АН и сопротивлением материала стружки растяжению.

Расчеты показывают, что значимость силы тяжести G стружки не превышает 4% от F, отсюда примем, что разрушение происходит вследствие действия только центробежной силы, что значительно упрощает модель формирования микроструктуры почвы без ущерба для точности [2].

Стружка супесчаной почвы является хрупкой, модель ее разрушения основана на гипотезе удельной потенциальной энергии (пятая теория прочности) [3] и выглядит так:

¹ Автор - доцент кафедры технологии и оборудования лесного комплекса

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}, \quad (1)$$

где

σ - расчетная величина нормального напряжения в опасной точке Н;

τ - расчетная величина касательного напряжения в опасном сечении АН.

Величина σ определится из выражения :

$$\sigma = \frac{3F_y U}{bd^2} + \frac{F_x}{bd}, \quad (2)$$

где b - ширина стружки (принимается равной ширине ножа); F_y и F_x - соответственно нормальная и касательная составляющие силы F относительно рабочей поверхности ножа АВ.

Величина τ определится из выражения :

$$\tau = \frac{F_y}{bd}. \quad (3)$$

Очевидно, что когда величина смещения стружки по ножу достигнет критического значения U , часть стружки, свешивающаяся с конца ножа, отломится, а ее размеры и будут определять микроструктуру почвы при фрезеровании.

Обозначим через R расстояние между центром O вращения фрезы и центром массы O_1 части стружки в критическом положении.

Используя известное выражение для F через плотность ρ материала частицы, ее объем и угловую скорость вращения ω , подставляя в (1 - 3) выражения для F_y и F_x , получим:

$$\sigma = \rho \cdot U \cdot \omega^2 \cdot R \sqrt{\left(\frac{6 \cdot U \cdot \sin \delta}{d} + \cos \delta\right)^2 + 3 \cdot \sin^2 \delta}. \quad (4)$$

При определении численного значения U примем во внимание, что оно мало по сравнению с длиной рабочей поверхности ножа АВ, соизмеримой с длиной стружки при ее формировании, что облегчает определение значений R и δ (см. рис.).

Разрушение происходит, когда эквивалентное напряжение в опасном сечении АН превысит предел прочности стружки на растяжение $\delta_{вр}$. Величина $\delta_{вр}$ опре-

делялась непосредственно в процессе полевых испытаний в лесном питомнике с помощью оригинального измерительного устройства и составила в среднем 0,9 кПа, что несколько превышает известную из литературных данных величину 0,5 кПа для супесчаной почвы [4]. Плотность ρ составляет около 1400 кг/м³ при длине ножа АВ = 0,04 м, угле α установки рабочей поверхности к радиальной части ножа ОВ 35° и величине $R=0,125$ м, величина δ получается 24,4°. Геометрические параметры определены на основе экспериментальных и теоретических исследований [2]. При глубине обработки почвы 0,02 м (посев ели в питомнике) высота стружки составляет также около 0,02 м, отсюда расчетное значение U из выражения (3) равняется $0,865 \cdot 10^{-3}$ м, что подтверждает допущение о малости U по сравнению с АВ.

При максимальном значении $\delta_{вр}=1,3$ кПа для супесчаной почвы длина $U=1,22 \cdot 10^{-3}$ м.

Таким образом, при обработке песчаных и супесчаных почв, преобладающих в лесных питомниках, структура после фрезерования определяется частицами размером около 1 мм, что соизмеримо с собственными размерами частиц (песчинок), образующих почву.

При использовании фрезы для обработки поверхностного слоя почвы создаются благоприятные условия для прорастания семян. Чтобы избежать ветровой эрозии, почву после фрезерования необходимо прикапывать. Для обработки почвы на глубину пахотного слоя применение скоростных фрез нецелесообразно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зима И.М., Малюгин Т.Т. Механизация лесохозяйственных работ. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 416 с.
2. Цыпук А.М., Синда В.У., Осокин А.В. Исследование процесса самоочистки фрезерного сошника // Вопросы теории и механизации сельскохозяйственного производства Северо-Запада РСФСР: Сб. науч. трудов / Петрозаводский университет. Петрозаводск, 1979. С. 31-37.
3. Фесик С.П. Справочник по сопротивлению материалов. Киев: Будевельник, 1982. 280 с.
4. Листопад Г.Е., Демидов Г.К., Зонов Б.Д. и др. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Агропромиздат, 1986. 688с