

Турчин В. Я.

Харьковский национальный техниче-
ский университет сельского хозяйства
имени П.Василенко, г. Харьков, Укра-
ина,
E-mail: ndch_khntusg@mail.ru,

ХАРАКТЕР ДЕФОРМАЦИИ ПОЧВЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КЛИНА

УДК 631.3.02.531.01(075.8)

На основании гипотезы об отделении клином пласта связной почвы путем ее изгиба составлена математическая модель определения нормальных и касательных напряжений в почве под воздействием клина.

Ключевые слова: клин, почва, деформация, рыхление, угол, глубина, пласт, крошение, рабочий орган.

Актуальность проблемы

Анализ концепции развития отечественного тракторного и сельскохозяйственного машиностроения Украины и зарубежного машиностроения показывает увеличение загрузки техники, потери урожая, увеличение себестоимости сельскохозяйственной продукции. [1]

Для обновления машинно-тракторного парка аграрных производств на уровне сегодняшней технологической потребности необходимо ежегодно покупать машины и оборудование на сумму более 15 млрд. грн.

Такой подход для решения проблем технического обеспечения АПК является неконструктивным и может привести в ближайшие годы к негативным последствиям - преобразованию достаточно полезной отрасли машиностроения АПК на ремонтную базу сельхозтехники.

Себестоимость продукции определяется в большей степени технологиями ее производства. В современном сельском хозяйстве используются технологи, в которые затраты топлива на единицу площади выращивания сельскохозяйственных культур колеблются в больших пределах от 20 до 80 л/га. Потому в условиях рынка конкурируют не отдельные машины, а технологии. Внедрение в производство энергосберегающих технологий невозможно без обеспечения их соответствующими средствами механизации, научно-техническое обоснование которых и должно определить направление развития сельхозмашиностроения Украины. [1]

Технический и технологический уровень отечественной техники в недостаточной мере отвечает требованиям агротехники, которые обеспечивают внедрение современных технологий в производство. Использование машин и орудий западного производства не всегда является рациональным с точки зрения природно-технических и экономических условий Украины.

Решение проблемы снижения себестоимости выращивания зерновых культур осуществлялось через обеспечение современных технологий средствами механизации, совершенствование которых осуществлялось путем:

- дальнейшего развития теории взаимодействия с почвой клина в направлении изучения физической сущности процесса крошения пласта и на основании его, построение математической модели для определения рациональных параметров рабочих органов с точки зрения улучшения качества и снижения энергоемкости обработки почвы с учетом ее агрофизических свойств.

Построение математической модели процесса взаимодействия с почвой клина.

Анализ последних исследований и публикаций

В общем случае при обработке почвы рабочие органы сельскохозяйственных машин и орудий воздействием на почву способствуют изменению ее состояния. Для упрощения изучения физической сущности процесса воздействия рабочего органа на почву В. П. Горячкин предложил рассматривать последний как простой клин или совокупность множества простых клиньев. История развития учения о работе клина рассматривалась в контексте с общей теорией резания материалов. При обработке почвы ее физико-механические свойства имеют первостепенное значение, именно они и определяют качество ее проведения.

С появлением тракторов в первой половине прошлого столетия в моделировании процесса обработки почвы клином [2] и изменением почвообрабатывающей техники широко использовалось понятие удельного сопротивления резанию рабочими органами типа лемеха. В. П. Горячкин показал, что общее усилие резания грунта не может быть определено только удельным сопротивлением почвы и предложил рациональную формулу для определения сопротивления плугу, которое целесообразно рассматривать состоящим из двух составляющих - деформации пласта почвы и сопротивления почвы отбросу ее лемехом.

В работах [3, 4], которые были проведены в 1938-1948 годах, по изучению свойств почвы установлено, что почвы целесообразно классифицировать как связные и мало-связные (сыпучие) и было показано, что при резании грунтов энергия расходуется на преодоление сил сцепления и трения почвы. В результате выполненных исследований предложены рекомендации по определению рациональных параметров рабочих органов.

В.П. Горячкин утверждал, что процесс скалывания пласта почвы происходит путем сдвига. Определено, что большинство используемых в сельском хозяйстве суглинистых и глинистых почв под воздействием клина разрушаются путем отрыва. Из анализов результатов исследований В.Ф. Пащенко [5] делает вывод, что отделение пласта почвы от монолита происходит путем сдвига или отрыва в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемой почвы.

Описанная модель физической сущности процесса взаимодействия клина широко используется на практике для решения задач по обоснованию параметров почвообрабатывающих рабочих органов. Однако, физическая сущность процессов, которые происходят под действием клина в отделяемом пласте почвы, изучена недостаточно [6, 7, 8]. Это связано с тем, как писал В.П. Горячкин, что процесс взаимодействия почвы с клином связан с деформацией пласта и является «основным препятствием для всякого рода теоретических исследований».

Изучению процессов, происходящих в почве под воздействием клина, посвящены работы В.П. Горячкина. При этом использовались гипотезы о всестороннем сжатии, те или иные теории сплошных сред, пластической текучести и др.

При использовании той или иной теории прочности необходимо знать значения предельных напряжений, которые вызывают в материале деформации, ведущие к разрушению исходной структуры. Предельные напряжения легко определяются экспериментально только для деформаций растяжения и сжатия.

Результаты исследований

На основании анализа результатов многочисленных экспериментов установлено, что для связных почв имеет место отделение клином пласта почвы от основной массы путем его отрыва. Для описания физической сущности явления воспользуемся гипотезой об отделении клином подрезаемого пласта почвы путем его изгиба. При этом почву бу-

дем рассматривать как однородную среду с равнопрочными свойствами во всем ее объеме, подвергаемом воздействию клина, но разными механическими характеристиками при сжатии и растяжении.

Пласт, отделяемый клином, рассматриваем как балку соответствующего поперечного сечения. При изгибе балки в ней возникают нормальные и касательные напряжения. Значения предельно-допустимых напряжений определяются исходными свойствами обрабатываемой почвы. Для почв мало связных или предварительно обработанных значения предельно-допустимых напряжений являются незначительными, и процесс отделения пласта почвы происходит при меньших усилиях изгиба. Нормальные и касательные напряжения, возникающие в балке при изгибе, зависят от соотношения между длиной и толщиной балки [7]. С увеличением такого соотношения значения касательных напряжений снижаются, а нормальных напряжений возрастают. Кроме того, принятое утверждение позволяет учитывать, что на величину нормальных и касательных напряжений в отделяемом пласте почвы оказывает влияние и глубина обработки почвы. Поэтому процесс образования комка путем отделения его от основной массы сдвигом или отрывом определяется не только физико-механическими свойствами почвы, параметрами рабочего органа, но и глубиной хода его в почве [5].

С энергетической точки зрения более совершенен процесс, у которого скалывание почвы проходит путем отрыва, и поэтому будем исследовать такую пространственную ориентацию клина, при которой наблюдается названный эффект, обусловленный преобладанием нормальных напряжений над касательными. Будем полагать, что действующий на почвенный пласт клин вызывает в нем только изгибающий момент, а поперечные и нормальные силы малы до такой степени, что их можно не учитывать, то есть имеет место «чистый» изгиб [5].

При воздействии клина на мало связные почвы сначала она сжимается. А потом вдавливаясь в недеформированную массу до тех пор, пока она не достигнет предельного состояния и не произойдет сдвиг пласта. Следовательно, отделение пласта почвы от монолита путем сдвига или отрыва происходит в зависимости от вида почвы и ее состояния. При обработке почвы, находящейся в связном состоянии, отделение пласта почвы от монолита происходит путем отрыва, а для сыпучей среды - путем сдвига.

Характер деформации почвы под воздействием клина зависит от величины угла резания и свойств почвы. Связные почвы деформируются путем отрыва пласта почвы от основной массы. Увеличение угла резания более $32...35^\circ$ на связных почвах способствует смене процесса разрушения почвы путем сдвига, что способствует увеличению затрат энергии на крошение пласта почвы.

Исходя из анализа проведенных исследований и с учетом сложности математического описания процессов происходящих в почве под воздействием клина, модель их взаимодействия в первом приближении опишем следующим образом. Пласт почвы подрезается лезвием клина снизу. Изгибаем и уплотняем его до тех пор, пока напряжения в почве не достигнут предельных значений, при которых происходит процесс скалывания пласта почвы путем его отрыва от основной массы. При этом на основании результатов экспериментальных исследований, а также с целью упрощения решения задачи будем полагать, что деформируемый пласт почвы под воздействием клина совершает вращательное движение вокруг точки лежащей на поверхности и плоскости скалывания пласта почвы. Кроме того, будем полагать, что поверхность скалывания пласта почвы близка к плоскости и расположена к направлению движения клина под углом ψ , который принято называть углом скалывания.

Рассмотрим схему взаимодействия сил на отрываемый пласт почвы в результате

воздействия на него двухгранного клина в момент достижения внутренних сил предельных значений (рис. 1).

Полагаем, что клин в почве перемещается совместно с подвижной системой координат XAZ прямолинейно с постоянной скоростью движения V. На пласт почвы действуют распределенные нормальные сильные воздействия клина и основной массы почвы, сила инерции пласта F_j , вес пласта G и сила трения пласта о поверхность клина F. Для упрощения решения задач принимаем, что равнодействующие распределенные нормальной силы воздействия клина на пласт почвы R и основной массы почвы N расположены на расстоянии $2/3$ соответственно от точек A и O.

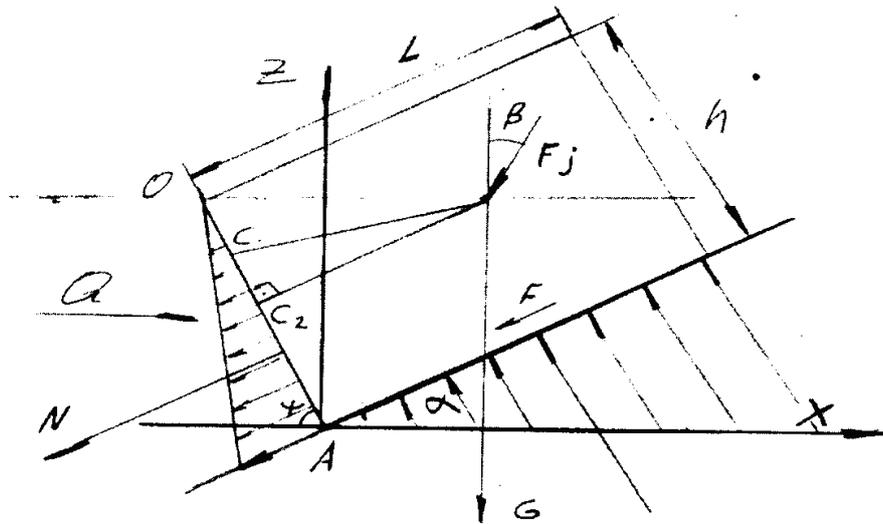


Рис. 1 - Схема действия сил на отрываемый пласт почвы

Уравнения равновесия (см. рис. 1) крутящих моментов относительно точки O и проекций сил на ось AZ, которые образуются в результате действия клина на почву, записываются следующим образом:

$$\sum M_o = N(2h/3 \cos \alpha') + F_j L_j + G L_g + F L_f - R L_r = 0; \quad (1)$$

$$\sum F_z = -F_j \cos \beta - G + R \cos \alpha' - F \sin \alpha' - N \cos \psi; \quad (2)$$

где α' - угол резания;

h - глубина хода клина;

β - угол, определяемый направление действия силы инерции;

ψ - угол скалывания пласта почвы;

L_j ; L_g ; L_f ; L_r - плечи воздействия относительно точки «O» соответственно силы инерции, веса пласта, силы трения и равнодействующей действия клина на пласт.

Значение плеча силы инерции L_j определяем:

$$L_j = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{h^2}{\cos^2 \alpha} + \frac{2hL \cos(\alpha + \psi)}{\cos \alpha} + L^2}; \quad (3)$$

где L - длина сколотого пласта почвы.

Плечо силы веса пласта почвы определяемые из рис. 1.

$$L_G = L_j \cos \left[180 - \psi - \alpha - \arcsin \left[\frac{L \cdot \sin(\alpha + \psi)}{\sqrt{\frac{h^2}{\cos^2 \alpha} + \frac{2hL \cos(\alpha + \psi)}{\cos \alpha} + L^2}} \right] \right]. \quad (4)$$

Решив уравнение (1) относительно равнодействующей силы R получим:

$$R = \frac{N \cdot \frac{2 \cdot h}{3 \cos \alpha} + L_j [F_j - G \cos(\psi + \alpha + b_1)]}{\frac{2}{3} L + h \cdot \operatorname{ctg}(\alpha + \psi) - f \cdot h}. \quad (5)$$

Подставив в уравнение (2) выражение (4), получим трансцендентное уравнение:

$$F_j \cos(\psi + \alpha + \beta_1) - G + \frac{N \frac{2h}{\cos \alpha} + L_j [F_j - G \cos(\psi + \alpha + b_1)]}{\frac{2}{3} L + h \cdot \operatorname{ctg}(\alpha + \psi) - f \cdot h} \cdot (\cos \alpha - f \sin \alpha) - N \cos \psi = 0. \quad (6)$$

Трансцендентное уравнение (6) решили при $V = 2$ м/с; $\psi = 90 - (\alpha + \varphi)$,
 где φ - угол трения почвы о металл;
 $\varphi = 26,5^\circ$; $f = 0,5$; и $\gamma_{об} = 1300$ кг/м³.

В результате решения уравнения с учетом выражения (5), находим длину сколотого элемента от угла резания пласта почвы и глубины хода клина. Зависимость представляет собой кривую второго порядка (рис. 2).

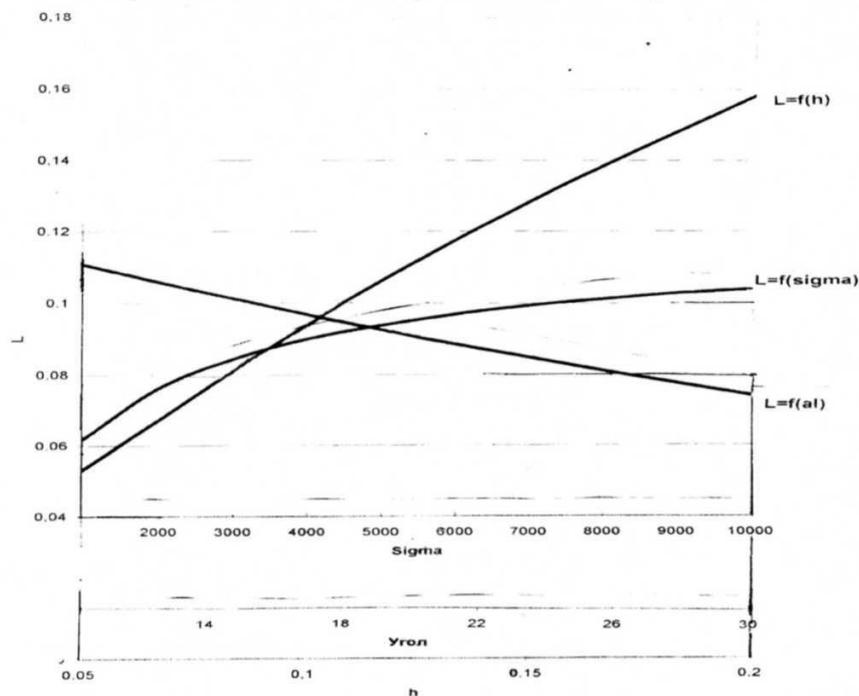


Рис. 2 - Зависимость длины сколотого пласта от угла резания ($L=f(\alpha)$) при различных глубинах хода ($L=f(h)$) клина и величины допустимых значений напряжения почвы на разрыв ($L=f(\sigma)$)

Причем с увеличением глубины хода клина, а также с уменьшением угла резания размеры сколотого пласта почвы повышаются. Увеличение угла резания с 10° до 30° способствует снижению размеров глыб примерно в 1,3 раза, глубины резания почвы клином

с 0,05 м до 0,20 м, увеличение размера глыб - в 3 раза.

После нахождения значений размеров сколотого пласта находим значение равнодействующей силы его воздействия на клин по уравнению (3) и через его горизонтальную составляющую. Анализ полученных результатов показывает, что увеличение угла резания и глубины хода клина в почве приводит к тому, что тяговое сопротивление последнего возрастает. Увеличение угла резания от 10° до 30° способствует возрастанию тягового сопротивления клина примерно в 2 раза, а глубины хода его в почве от 0,05 м до 0,20 м - примерно в 4 раз.

Результаты экспериментальных исследований подтвердили характер влияния параметров клина на качественные и энергетические показатели его работы.

Предложенная математическая модель физических процессов взаимодействия клина с почвой позволяет определить качественные и энергетические показатели его работы с достаточной для практики точностью и может быть использована для обоснования параметров почвообрабатывающих рабочих органов.

Исследование обоснования параметров чизельных рабочих органов при локальном чизелевании проводилось на полях опытного хозяйства ДП «Кутузовка». Серийная дисковая борона ДМТ агрегатировалась с трактором ХТЗ-17221. Скорость движения агрегатов составляет около 9 км/ч.

Обоснование геометрических параметров долота чизельной лапы производили с использованием прямого метода вариационного исчисления [9]. Рациональный профиль долота определили, задавшись условием, что его кривая проходит через фиксированные точки с заданным углом наклона в начальной точке. В этом случае вариационная задача ограничивалась условием: среди множества кривых, проходящих через две фиксированные точки и выходящих из начальной под заданным углом необходимо определить кривую, которая соответствует профильной линии долота чизельного рабочего органа с минимальным тяговым сопротивлением.

В такой постановке задачи при $H_0=0$; $X_k=0,5м$; $Z_k=0,3м$; $f=0,5$; $Z'=0,57$; $X_0=0$; $Z_0=0$, получили профиль долота.

Разработана методика локального чизелования авторами [10].

Качество обработки почвы перед посевом определяется глубиной ее обработки чизельными рабочими органами и расстоянием между ними при локальном чизелевании. Причем эти два параметра связаны между собой.

В данной главе приведены решения систем дифференциальных уравнений с использованием численных методов, методы исследования механических систем на устойчивость функционирования их, использование теории устойчивости решения систем дифференциальных уравнений А. М. Ляпунова для решения задач земледельческой механики [11, 12].

По А. М. Ляпунову, систему называют устойчивой, если при отклонении действий внешних сил на нее или начальных условий, изменяющихся в определенных пределах, изменения траектории движения будут незначительными [11. 12. 13].

С учетом того, что величина возмущающих усилий, воздействующих на чизельные орудия в сравнении с массой энергосредства малы, поэтому исследование дифференциальных уравнений целесообразно проводить на определение асимптотической устойчивости. Показатель асимптотической устойчивости определяет способность системы возвращаться до невозмущенного закона движения. Определение устойчивости является актуальным для трактора ХТЗ-17021. Мерой способности системы возвращаться до невозмущенного закона движения может служить время или путь, необходимые для восстановления закономерности невозмущенного движения системы.

Для решения задач на устойчивость целесообразно использовать второй метод Ляпунова А. М., который предусматривает построение и исследование функций возмущенного движения. Формула и ряд Тейлора для функций нескольких переменных [14].

Анализ графиков показывает, что увеличение массы рамы чизеля с рабочими органами от 3000 кг и выше способствует ухудшению устойчивости их движения. Экспериментальные исследования показывают, что общее сопротивление чизельного орудия составило около 30000 Н.

Обоснование геометрических параметров долота чизельной лапы производили с использованием метода вариационного исчисления [16]. Рациональный профиль долота определяли задавшись условием, что его кривая проходит через фиксированные точки с заданным углом наклона в начальной точке. В этом случае вариационная задача ограничивалась условием: среди множества кривых проходящих через две фиксированные точки и выходящих из начальной под заданным углом необходимо определить кривую, которая соответствует профильной линии долота чизельного рабочего органа с минимальным тяговым сопротивлением.

В такой постановке задачи при $H_0=0$; $X_k=0,5м$; $Z_k=0,3м$; $f=0,5$; $Z'=0,57$; $X_0=0$; $Z_0=0$, получили профиль долота.

Степень асимптотической устойчивости системы определяется величиной времени, необходимого для возвращения ее до невозмущенного движения или близкого к нему. Исходя из систем уравнений, запишем систему дифференциальных уравнений динамики движения предложенной конструкции чизельного орудия. При этом угол возмущения δ принимаем равным 3° .

Качество обработки почвы перед посевом определяется глубиной ее обработки чизельными рабочими органами и расстоянием между ними. При чем при локальном чизелевании эти два параметра связаны между собой.

Увеличение глубины обработки почвы ведет к повышению затрат энергии и ухудшает крошение почвы. Уменьшение глубины обработки почвы вызывает необходимость более плотной расстановки чизельных рабочих органов с целью исключения огрехов между ними. Это также увеличивает затраты энергии на обработку почвы и на забивание рабочих органов пожнивными остатками и сорняками.

Изучалось влияние параметров работы клина, в частности угла крошения и глубины хода в почве, на угол скалывания пласта, величину пройденного пути до начала процесса скалывания и его характера. Результаты проведенных исследований приведены в табл. 1.

Статистическая обработка экспериментальных данных показывает, что фактор влияния глубины хода клина на величину пройденного пути до начала процесса скалывания пласта почвы составляет 72,67 %, угла крошения - 17,45 %, их парного взаимодействия - 2,38 %. Наименьшая существенная разница по факторам глубины хода клина и угла крошения соответственно равна 5,88 и 5,09.

Влияние глубины хода клина, угла крошения и их парного взаимодействия на угол скалывания пласта почвы составляет 90,69 %, 2,71 % и 2,63 %, наименьшая существенная разница по факторам 1,87 и 1,62. Достоверность данных таблицы составила 95%.

Анализ результатов таблицы показывает, что угол скалывания практически не зависит от угла крошения пласта почвы клином. Величину угла скалывания определяли глубиной обработки почвы (рис. 3). Изменение глубины хода клина от 0,04 до 0,10 м способствовало увеличению угла скалывания от 35 до 50 °. Причем интенсивность роста угла скалывания с увеличением глубины хода клина снижалась.

Результаты эксперимента по изучению процесса взаимодействия клина с почвой.

№ п/п	Глубина хода клина, м	Угол крошения, град.	Пройденный путь до начала процесса скалывания, 10^{-3}			Угол скалывания, град			Вид процесса скалывания
			Повторности			Повторности			
			1	2	Сред.	1	2	Сред.	
1	0,04	15	30	32	31,0	40	41	40,5	Сдвиг
2	0,06	15	40	41	40,5	42	43	42,5	Отрыв
3	0,08	15	55	53	54,0	49	48	48,5	Отрыв
4	0,10	15	62	59	60,5	52	51	51,5	Отрыв
5	0,04	25	26	24	25,0	37	38	37,5	Сдвиг
6	0,06	25	33	31	32,0	43	42	42,5	Отрыв
7	0,08	25	43	44	43,5	48	45	46,5	Отрыв
8	0,10	25	51	49	50,0	52	48	50,0	Отрыв
9	0,04	35	22	23	22,5	35	36	35,5	Сдвиг
10	0,06	35	28	26	27,0	43	39	41,0	Отрыв
11	0,08	35	35	37	36,0	48	46	47,0	Отрыв
12	0,10	35	42	44	43,0	51	52	51,5	Отрыв

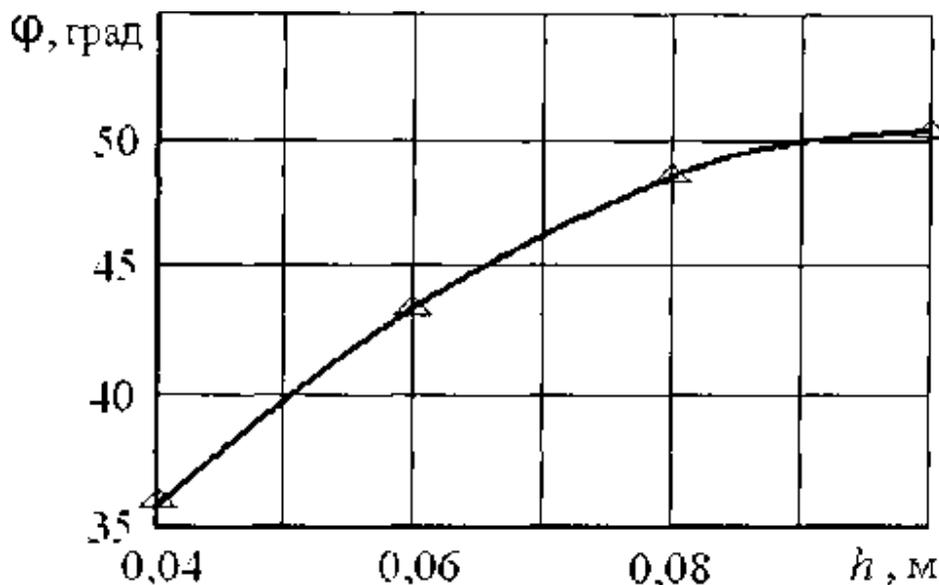


Рис. 3 - Зависимость угла скалывания пласта почвы от глубины хода клина.

На рис. 4 представлена зависимость пройденного пути клином в почве до начала процесса скалывания ее пласта. Анализ данных графика подтверждает результаты теоретических исследований об увеличении длины сколотого пласта с возрастанием глубины обработки почвы и снижением угла крошения клина.

Анализ вида деформаций скалывания пласта почвы, которая находится в фазе физической спелости, определяется глубиной хода клина и практически не зависит от угла крошения. На малых глубинах обработки почвы (до 0,04 м) основным видом деформации является сдвиг почвы, что также подтверждает результаты теоретических исследований.

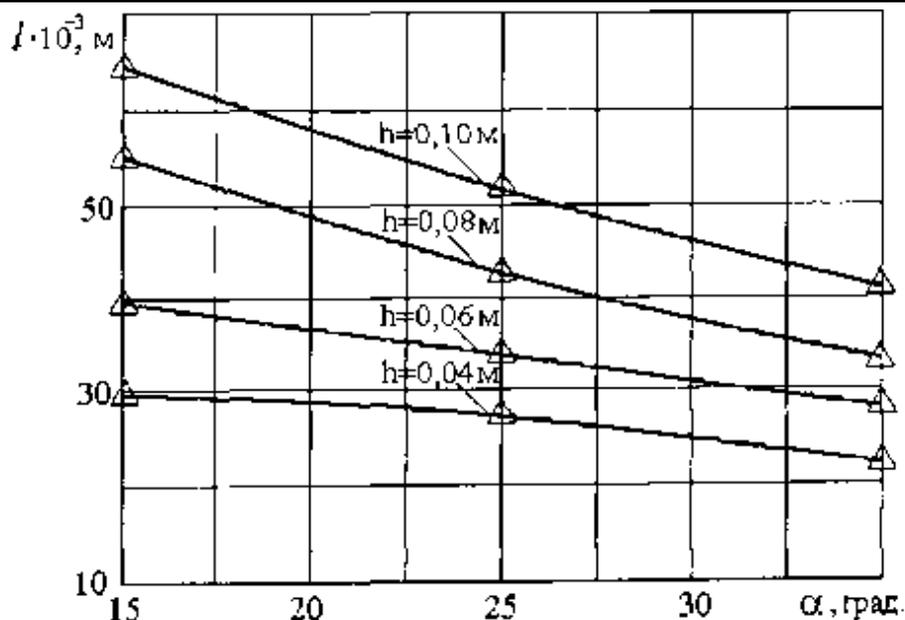


Рис.4 - Залежність пройденого клином пути в почві до початку процесу скальвання її пласта.

На рис. 5 показані процеси руйнування путем отрива і сдвигу відповідно. При сдвігу пласта ґрунту характер змінення форми мелової прослойки по напрямленню поверхні скальвання однаковий по всім слоям, розположеним по глибині обробки. При отриві починається процес руйнування мелової прослойки возле лезвия клина.

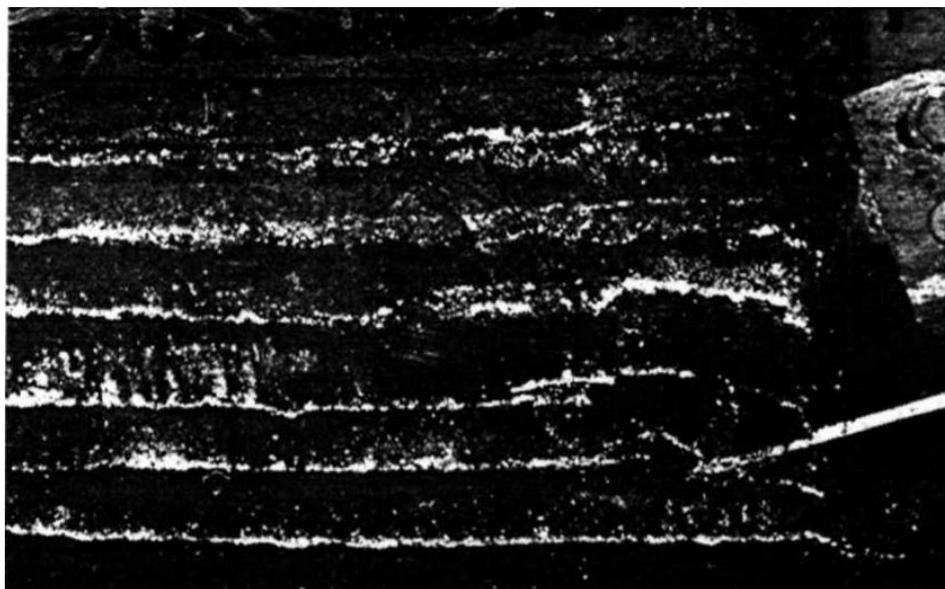


Рис. 5 - Схема установки скальвання пласта ґрунту путем отрива до 0,25 м з допомогою перемещення в вертикальній площині опорних колес експериментально-полевой установки

Результати дослідження локального чизелювання на устійчивість движіння трактора ХТЗ-160 приведені в таблиці 2.

Исходные данные для определения устойчивости чизельного рабочего органа под трактор ХТЗ-160

№	Отклонение, см	№	Отклонение, см	№	Отклонение, см
1	31,1	16	22,2	31	30
2	30,5	17	23,0	32	30
3	31,7	18	24	33	30,1
4	30,3	19	24,5	34	30,3
5	31	20	25	35	30,5
6	31,1	21	25	36	31,5
7	30,1	22	25,1	37	31,5
8	32	23	25,3	38	31,7
9	31,1	24	25,5	39	31,9
10	31,1	25	24,7	40	32,4
11	30,6	26	23,7	41	32,5
12	30,3	27	22,5	42	32,5
13	30	28	22,5	43	32,7
14	27,1	29	22,0	44	33,0
15	26	30	21,7	45	32,9

Выводы

Таким образом, на основании исследований об отделении клином пласта связной почвы путем ее изгиба составлена математическая модель определения нормальных и касательных напряжений в почве под воздействием клина.

В результате исследования установлено следующее.

1. Процесс крошения почвы клином путем отрыва или сдвига определяется не только физико-механическими свойствами почвы и углом крошения, но и глубиной обработки. Для снижения размеров комков при обработке почвы с увеличением глубины ее проведения угол крошения целесообразно увеличить.

2. Для обработки почвы с высокими прочностными свойствами (черноземы среднего и тяжелого механического состава с влажностью менее 22 %) плоскорежущие лапы с углом крошения менее 18° целесообразно использовать для обработки на глубину до 0,10 м, почвы со средними прочностными свойствами - до 0,15 м, почвы с низкими прочностными свойствами - до 0,24 м.

3. Полученная нами математическая модель, которая описывает физическую сущность процесса крошения пласта почвы клином, может быть использована для нахождения рациональных углов крошения рабочих органов в зависимости от свойств почвы и глубины ее обработки.

4. Предложенная математическая модель физических процессов взаимодействия клина с почвой позволяет определить качественные и энергетические показатели его работы с достаточной для практики точностью и может быть использована для обоснования параметров почвообрабатывающих рабочих органов.

5. Локальное чизелевание предусматривает такую технологию обработки почвы дисковой бороной на глубину от 5 до 12 см, после локального чизелевания на глубину от 35 до 40 см.

6. В результате исследований получили исходные данные для определения устойчивости чизельного рабочего органа под трактор ХТЗ-160.

Литература

1. Ким В.В. «Некоторые аспекты проблем трактора и сельхозмашиностроения Украины» Предложение-2001-л 8-9, с. 92-93.
2. Горячкин В.П. «Собрание сочинений» Т.2 2-е изд. М.; Колос, 1968-455с.
3. Зеленин А.Н. «Основы разрушения грунтов механическими способами 2-е изд.-М.: Машиностроение, 1968.-375 с.
4. Ганоненко В.С. «Влияние уплотнения машинотракторными агрегатами на свойства почвы урожай сельскохозяйственных культур черноземов Украины центральной и правобережной лесостепи» В кн. «Переуплотнение пахотных почв», - М: наука, 1987. -С. 105-115.
5. Пащенко В.Ф. «Моделирование взаимодействия с почвой рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий. -Х., 1994.-133 с.
6. Ветахин В.И. «Обоснование формы параметров рыхлительных рабочих органов с целью снижения энергозатрат на обработку почвы»: Автореф. дис. канд. тех. наук / ВИСХОМ.-М., 1992.-24 с.
7. Кушнарев А.С. «Механика почв: задачи и состояние работ // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1987.- т 3.-с.9-13.
8. Соколовский В.В. «Статика сыпучей среды, 3-е издание.- М.: Физмат, издат., 1960.- 244с.
9. Егоршин О.О., Лисовой М.В. «Математическое планирование полевых исследований и статическая обработка экспериментальных данных. -Х., 2005.-192 с.
10. Корниенко СИ., Пащенко В.Ф., Мельник В.И., Огурцов Е.Н. Обоснование параметров чизельных рабочих органов// Інженерія природокористування / науковий журнал № 2 (2) 2014. Харьков с. 74-90.
11. Ляпунов А.М. «Собрание сочинений» / А.М.Ляпунов.-Т.2.-М.-Л.:АН СССР, 1956.
12. Малкин И.Г. «Теория устойчивости движения / И.Г.Малкин.- М.: Наука, 1966.-С.530.
13. Пащенко В.Ф., Ким В.В. «Методика построения математических моделей устойчивости функционирования механических систем» - Х., 2010.-114 с.
14. Бермант А.Ф. «Курс математического анализа». Физматгиз, 1958.-с.358.
15. Кияшко В.М. «Обоснование технологического процесса комбинированной почвообрабатывающей машины»: дис. к. м. н. / Кияшко В.М.-Х., 2005. -138 с.
16. Калиниченко В.И., и др. Введение в метод конечных элементов: специальный курс-Х.: изд-во ХГУ, 1993.- 40с.

Summary

Turchin V. Nature of soil under the influence of strain wedge

Analysis of the concept of development of the national tractor and agricultural machinery of Ukraine and foreign engineering shows an increase in loading techniques, crop losses, increase the cost of agricultural products. Based on the hypothesis of a wedge formation coherent soil compartment is made by bending a mathematical model for determining normal and shear stresses in the soil under the influence of the wedge. This article presents the solution of differential equations using numerical methods, methods of research of mechanical systems to the operation of their resistance, the use of the theory of stability of solutions of differential equations. The magnitude of the disturbing forces acting on the chisel tool in comparison with the weight of the

power unit is small, so the study of differential equations is expedient to carry out the determination of asymptotic stability. The indicator determines the asymptotic stability of the system to return to the law of the undisturbed motion. Based on studies of the wedge formation of coherent soil compartment is made by bending a mathematical model for determining normal and shear stresses in the soil under the influence of the wedge.

Keywords: wedge, soil deformation, loosening, angle, depth, reservoir, crumbling, working body

References

1. Kim V.V. «Nekotorye aspekty problem traktora i selkhoz mashinostroyeniya Ukrainy» Predlozheniye-2001-l 8-9, s. 92-93.
2. Goryachkin V.P. «Sobraniye sochineniy» T.2 2-e izd. M.; Kolos, 1968-455s.
3. Zelenin A.N. «Osnovy razrusheniya gruntov mekhanicheskimi sposobami 2-e izd.-M.: Mashinostroyeniye, 1968.-375 s.
4. Ganonenko V.S. «Vliyaniye uplotneniya mashinotraktornymi agregatami na svoystva pochvy urozhay sel'skokhozyaystvennykh kultur chernozemov Ukrainy tsentralnoy i pravoberezhnoy lesostepi» V kn. «Pereuplotneniye pakhotnykh pochv», - M: nauka, 1987. -S. 105-115.
5. Pashchenko V.F. «Modelirovaniye vzaimodeystviya s pochvoy rabochikh organov sel'skokhozyaystvennykh mashin i orudy. -X., 1994.-133 s.
6. Vetakhin V.I. «Obosnovaniye formy parametrov rykhlytelnykh rabochikh organov s tselyu snizheniya energozatrat na obrabotku pochvy»: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk / VISKhOM.-M., 1992.-24 s.
7. Kushnarev A.S. «Mekhanika pochv: zadachi i sostoyaniye rabot // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva. - 1987.- t Z.-s.9-13.
8. Sokolovsky V.V. «Statika sypuchey sredy, 3-e izdaniye.- M.: Fizmatizdat., 1960.-244s.
9. Yegorshin O.O., Lisovoy M.V. «Matematicheskoye planirovaniye polevykh issledovaniy i staticheskaya obrabotka eksperimentalnykh dannykh. -X., 2005.-192 s.
10. Korniyenko S.I., Pashchenko V.F., Melnik V.I., Ogurtsov Ye.N. Obosnovaniye parametrov chizelnykh rabochikh organov// Inzheneriya prirodokoristuvannya / naukovy zhurnal № 2 (2) 2014. Kharkov s. 74-90.
11. Lyapunov A.M. «Sobraniye sochineniy» / A.M.Lyapunov.-T.2.-M.-L.:AN SSSR, 1956.
12. Malkin I.G. «Teoriya ustoychivosti dvizheniya / I.G.Malkin.- M.: Nauka, 1966.- S. 530.
13. Pashchenko V.F., Kim V.V. «Metodika postroyeniya matematicheskikh modeley ustoychivosti funktsionirovaniya mekhanicheskikh sistem» - X., 2010.-114 s.
14. Bermant A.F. «Kurs matematicheskogo analiza». Fizmatgiz, 1958.-s.358.
15. Kiyashko V.M. «Obosnovaniye tekhnologicheskogo protsessa kombinirovannoy pochvoobrabatyvayushchey mashiny»: dis. k. m. n. / Kiyashko V.M.-Kh., 2005. -138 s.
16. Kalinichenko V.I., i dr. Vvedeniye v metod konechnykh elementov: spetsialny kurs- X.: izd-vo KhGU, 1993.- 40s.