

УДК 631.303
В.В. Шевчук
УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ПОЧВОЙ ДВИЖУЩИХСЯ ИГЛ ИГОЛЬЧАТОЙ БОРОНЫ

В статье рассмотрена работа игл игольчатой бороны при их перемещении по почве.

Ключевые слова: игла, игольчатая бороны, диск, почва, рыхление, взаимодействие, скорость.

Постановка проблемы. Игольчатые бороны широко применяются при обработке почвы. В то же время многие вопросы работы этих борон мало исследованы [1, 2, 3, 4, 5].

Анализ последних исследований и публикаций. По данной теме имеются опубликованные работы [1, 2, 3, 4, 5], но не исследовано движение игл по почве с большой глубиной. Не рассмотрены также вопросы определения скорости скольжения игл по почве.

Цель исследования. Определить закономерности качения игл бороны по почве при большой глубине их хода.

Результаты исследования. Секция игольчатой бороны состоит из пяти игольчатых дисков, оси которых жестко связаны друг с другом. Каждый диск содержит ось, втулку, ступицу и двенадцать игл (рис. 1), жестко связанных со ступицей. Игла представляет собою радиально закрепленный на диске прямолинейный стержень, форма которого в средней части близка к цилиндрической; в концевой части игла выполнена в виде конуса и заканчивается острием.

Во время движения бороны каждый диск вращается вокруг своей оси; ось эта в свою очередь, будучи жестко связанной с общим держателем осей для всех дисков, движется на одинаковой высоте от поверхности почвы. Так работает бороны при жесткой связи осей дисков. Если же рассматривать движение отдельного игольчатого диска при условии, что ось его не связана с общим держателем осей, то характер его движения меняется. Рассмотрим это движение при большом внедрении игл в почву.

Пусть диск, ось которого не связана с общим держателем осей (рис. 1), движется влево по ровной однородной почве, не содержащей твердые включения (камни). Скорость его центра тяжести C обозначим V_C . Под действием силы тяжести G диска, приложенной в центре тяжести C , игла диска углубляется в почву на глубину h_0 . В начале движения машины опустившаяся в почву игла задержится, и какая-то из ее точек C_v станет мгновенным центром вращения (это точка, скорость которой в данный момент равна нулю). Точка C_v стала мгновенным центром вращения потому, что она находится в почве глубоко, и точке этой трудно быстро менять свое положение.

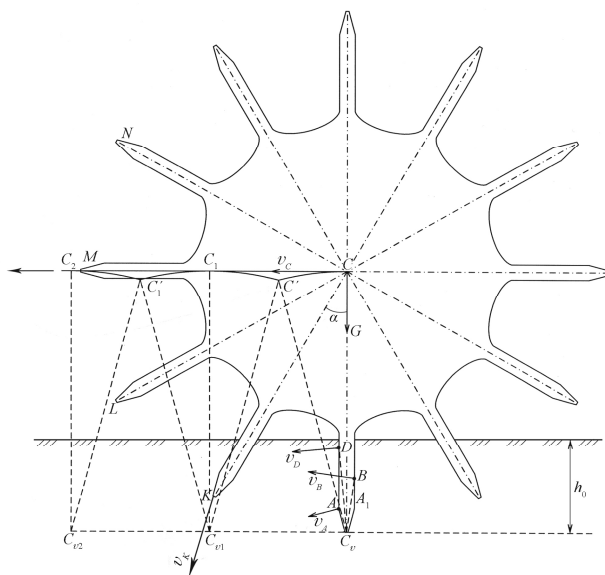


Рис. 1. Схема к анализу движения по полю диска игольчатой бороны, ось которого не связана с осями других дисков, а иглы внедрились глубоко в почву

© В.В. Шевчук

Если точка C_v является мгновенным центром вращения, то радиусом поворота центра C диска будет линия CC_v и угловая скорость вращения иглы ω_n будет равна $\frac{x_c}{CC_x}$, где CC_v – расстояние от центра C до точки C_v .

При движении центра диска влево его точки также будут совершать движение; например, точка D приобретет скорость V_D , точка B приобретет скорость V_B , точка A будет иметь скорость V_A .

Принимая, что положение точки C_v какое-то время не меняется при движении машины влево, то при этом движении машины центр C должен будет несколько опуститься, что видно из рис. 1, на котором показано новое положение иглы C_1C' при перемещении центра C влево к точке C' . Дуга CC' – это траектория движения точки C в начале перехода иглы C_1C вместе с диском игольчатой бороны из положения C_1C в положение C_1C' . Во время этого перехода оказавшаяся впереди иглы C_1C игла KC также повернется вместе с диском вокруг точки C_v против часовой стрелки, при этом точка K (конец иглы KC) придет со скоростью V_K , равной ω_n , умноженной на расстояние KC_v , в точку C_n (здесь C_n – положение мгновенного центра вращения иглы CK в конце поворота вокруг точки C_v и начале поворота вокруг точки C_n), и останется в этом месте в почве.

При приближении иглы CK к положению $C'KC_n$, игла C_1C начнет выходить из положения C_1D вверх и влево, точка C' (центр диска) вместе с иглой C_1C' направится влево и вверх в точку C_1 ; туда же придет центр C диска после того, как игла KC займет вертикальное положение C_nC_1 , т.е. точка C' перейдет в положение C_1 .

При дальнейшем движении машины игла KC_1 , которая заняла вертикальное положение C_nC_1 , будет повторять те же движения, которые уже свершились с иглой C_1C , а именно, произойдет поворот иглы вокруг точки C_n с движением точки C_1 по дуге C_1C_1' . При этом центр игольчатого диска C придет в точку C_1' , а с следующей за иглой KC иглой LC будут происходить те же события, которые раньше произошли с иглой KC , а до этого – с иглой C_1C .

Таким образом, движение центра C отдельного диска состоит из ряда колебаний вниз по траекториям CC' , C_1C_1' и др. и вверх по таким траекториям, как $C'C_1$, $C_1'C_2$ и т.д. Углубление иглы в почву произойдет через каждые 30° поворота диска при длине окружности концов диска, равной $3,14 \cdot 2 \cdot 144 \approx 904$ мм.

Скорости V_A , V_D и V_K представляют собой скорости воздействия точек A , D и K иглы бороны на почву с целью ее измельчения и крошения. Чем меньше глубина h_0 погружения игл в почву, тем меньше нагрузка на иглы.

Рассмотрим теперь движение бороны при значительном углублении игл в почву и жесткой связи осей дисков друг с другом. Эта схема представлена на рис. 2.

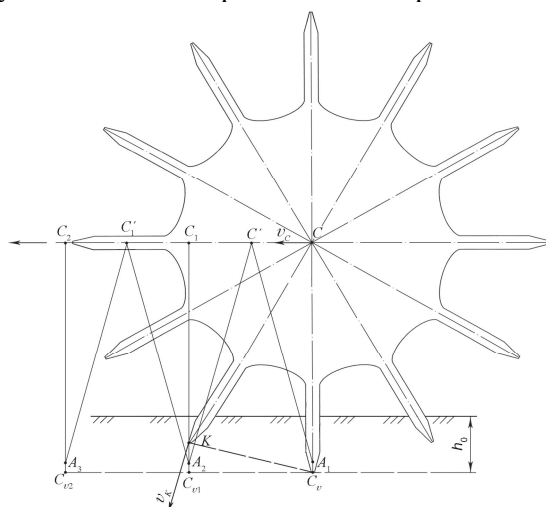


Рис. 2. Схема к анализу движения по полю диска игольчатой бороны, ось которого связана с осями других дисков, а глубина погружения иглы значительна

Жесткая связь осей дисков друг с другом означает, что центры C (оси) движутся по горизонтали, не отклоняясь вверх или вниз.

Пусть диск с центром C , перемещаясь вместе с другими дисками, движется так, что скорость V_C центра C направлена по горизонтали, а глубина h_0 погружения игл в почву значительна (рис. 2). Вначале радиус CC_v вертикален, а точка C_v (мгновенный центр вращения) находится в нижней точке вертикальной иглы CC_v . При движении центра C по горизонтали влево, влево подастся верхняя часть иглы CC_v , точка C останется на уровне горизонтальной линии, проходящей через центр C ; нижний конец иглы CC_v будет при этом выходить из почвенного углубления у точки C_v и поднимется вверх на некоторую высоту C_vA_1 ; игла при этом займет положение $C'A_1$, и будет иметь место равенство $CC_v = C'A_1$. Одновременно повернется влево вся игла A_1C и займет положение A_1C' (о чем выше уже говорилось); также одновременно повернется вниз игла CK и опустится также вниз её точка K . При дальнейшем движении влево центра C точка K опустится вниз в положение A_2 , а затем игла CK займет вертикальное положение C_1C_v .

При продолжении движения центра C влево будет иметь место повторение изложенных событий, а именно центр C подойдет к положению C_1' , при этом нижний конец K иглы CK выйдет вверх из положения точки C_v в почву, к этому времени игла CL опустится вниз и точка L будет приближаться к точке A_3 , а затем и $C_{v/2}$. В то время, когда центр C подойдет к положению C_2 конец L иглы опустится в почвенное углубление, где находятся точки A_3 и $C_{v/2}$, а в момент, когда центр C будет в положении C_2 игла KL займет вертикальное положение $C_2C_{v/2}$.

При уменьшении погружения игл в почву уменьшается и нагрузка на иглы и диски. Основную работу по разрушению почвенных частиц производят концы игл, а также боковые и задние их стороны, при опускании в почву, нахождении в почве и выходе из неё.

Следует отметить, что чем больше глубина h_0 погружения игл в почву, тем больше раздвигаются почвенные частицы, соприкасающиеся с иглами в зоне их заглубления.

Выводы. Из изложенного следует, что при движении осей дисков в одном держателе с осями других дисков их центры тяжести движутся по прямой линии без колебаний вверх и вниз. С увеличением глубины погружения игл в почву возрастает степень разрушения почвенных частиц и их перемещение иглами в разные стороны.

1. Заика П.М. Теорія сільськогосподарських машин. – Т.1, (ч.1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: ОКО. – 2001. – С. 444.
2. Кравчук В., Хайлис Г., Шевчук В. О качении дисков игольчатой бороны при перемещении по поверхности почвы // Техніка і технології АПК. – 2011. – № 10. – С. 23-25.
3. Карпенко А. Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 528.
4. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Изд. 3-е допол. и перераб., – М.: Колос, 1994. – С. 751.
5. Хайлис Г.А. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин. – К.: Изд. УСХА. 1992. – С. 235.