

УДК 631.348.02

**К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОЙ
МАШИНЫ ДЛЯ ПОЛОСНОГО ПОДСЕВА СЕМЯН ТРАВ
В ДЕРНИНУ**

А.А. Эбертс, С.Н. Ладутько, Э.В. Заяц

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 26.06.2014г.)

***Аннотация.** В статье рассмотрена принципиальная схема электрифицированной машины для полосного подсева семян трав в дернину с автономным электрогенератором для привода вертикальных почвенных фрез. Выведена формула расчета требуемой мощности для привода таких фрез, приведена соответствующая номограмма, а также фотография экспериментальной установки.*

***Summary.** The fundamental scheme of an electrified machine with autonomous power generator for driving gear of vertical soil cutters for the strip reseeding of grass in vegetable layer is considered in this article. The formula for power calculating of driving these cutters is deduced, a corresponding alignment chart is presented as well as the photography of the experimental installation.*

Введение. По данным Института мелиорации Научно-практического центра по земледелию НАН РБ ремонт пастбищ подсевом трав проводят как агрегатами с активными рабочими органами, так и сеялками с дисковыми сошниками. Однако указанные сеялки и другие им

подобные посевные агрегаты не могут укладывать семена на твердое ложе и заделывать их рыхлой почвой на глубину менее 1 см, что нужно для получения дружных всходов таких семян, как тимофеевка, клевер и других мелких семян.

Эффективность подсева клевера лугового сохраняется в течение двух лет, клевера ползучего 3-4 гг., лядвенца рогатого и многолетних злаковых трав – до 5 лет. Прибавка урожая в первый год жизни может составлять 20-25% при нормальных условиях увлажнения, а в засушливых условиях – на следующий год и может быть 10-15%.

Цель работы. Нами разработана оригинальная машина для полосного подсева семян в дернину, которая защищена патентом № 9634 от 30.10.2013 г. на полезную модель. Имеется также положительное решение по патенту на изобретение.

Привод рабочих органов предложенной машины осуществлен с помощью серии электродвигателей, каждый из которых установлен на параллелограммном механизме. Ротор каждого электродвигателя, установленного вертикально, соединен с фрезой, глубина хода которой регулируется опорным колесом. Для получения электроэнергии, на наш взгляд, лучше всего здесь использовать асинхронный генератор в виде короткозамкнутого электродвигателя, рекомендованного ВНИИ электрификации [1].

Материал и методика исследований. Известна машина для полосного подсева семян трав в дернину [2], которая состоит из подсоединенных сзади трактора, последовательно установленных на раме фрезерного барабана, высевашей системы и прикатывающего катка. В этой машине ширина обрабатываемых полосок составляет 80 ± 20 мм, необработанных 170 мм, а глубина от 30 до 80 мм. Однако L-образные ножи фрезерного барабана, который вращается в горизонтальной оси, не обеспечивают ровные стенки обрабатываемых полосок дернины, что ухудшает качество заделки семян и способствует быстрому отращиванию произрастающей на дернине растительности, что угнетает всходы подсеваемой травы.

Некоторое улучшение качества обработки полосок дернины перед высевом семян достигнуто в агрегате для полосного подсева трав в дернину, в котором на вертикальной оси вращения установлена почвообрабатывающая фреза в виде усеченного прямого кругового конуса, диаметр верхнего основания которого равен 60-80 мм, а глубина фрезерования 20-30 мм [3].

Однако данная фреза, совмещенная с нижней поверхностью ротора режущего аппарата этого агрегата, не сможет работать на каменистых почвах из-за ее поломок при встрече с камнями.

Кроме того, для хорошего качества резания и измельчения дерна фреза малого диаметра должна иметь повышенную частоту вращения, имея в виду, что при фрезеровании, например, древесины высокое качество обработки достигается при частоте вращения $6000-8000 \text{ мин}^{-1}$ [4]. Обеспечить это механическими редукторами весьма сложно при их приводе от вала отбора мощности трактора с частотой вращения 540 или 1000 мин^{-1} .

Кроме того, глубина рыхления задерненного пласта почвы на глубину $20-30 \text{ мм}$ может быть недостаточной для качественной работы сошника сеялки, движущегося за почвообрабатывающей фрезой.

Предложенная электрифицированная машина для полосного подсева семян трав в дернину (рисунок 1) позволяет значительно улучшить качество выполняемой операции.

После соединения машины с трактором и включения вала отбора мощности через карданную передачу, начинает вращаться электрогенератор 11, который вырабатывает электрический ток, от которого начинают вращаться электродвигатели 5 и соединенные с ними почвообрабатывающие фрезы 4. На обрабатываемом участке машина опирается на колеса 2 и 10. При движении машины дисковые ножи 7 каждой секции разрезают дернину вертикально на глубину $a_1=8-10 \text{ см}$, а почвообрабатывающая фреза 4 рыхлит полоску дернины по диаметру фрезы $D=6-8 \text{ см}$ на глубину $a_2=5-7 \text{ см}$. Глубина хода ножа 7 и фрезы 4 регулируется колесом 10.

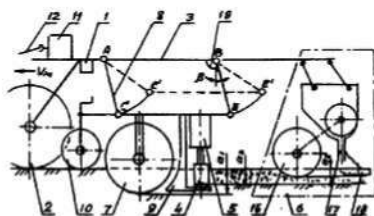


Рисунок 1 – Схема машины. Электрифицированная машина для полосного подсева семян трав в дернину

При встрече с препятствием, например, камнем, дисковый нож перекачивается через него, приподнимая нижнее основание CE параллелограммного механизма 8 в положение $C^1 - E^1$. При этом почвообрабатывающая фреза 4 также приподнимается. Чтобы фреза не встретилась с камнем после перекачивания через него дискового ножа и опускания ножа вниз, по поверхности камня начинает скользить горизонтальная часть L – образного щитка 9, защищая фрезу от поломок.

Сошник 16 делает бороздку на глубину $a_3=1-2$ см, в которую через семянаправитель 17 укладываются семена трав, которые заделываются загортачем 18.

При переводе машины из рабочего в транспортное положение нижнее основание CE параллелограммного механизма 8 вместе с опорным колесом 10, почвообрабатывающей фрезой 4 и щитком 9 опускается вниз до соприкосновения звена BE с упором 19, закрепленным на раме 3, причем угол β между этим звеном и вертикалью равен $10-15^\circ$.

Режущая часть 13 почвообрабатывающей фрезы 4 может быть изготовлена из стали 65Г толщиной 4-5 мм, ее державка 14 – из трубы с внутренним диаметром d по диаметру вала электродвигателя, а их взаимное крепление 15 может быть выполнено болтами М6. (Рисунок 2). Аппарат для высева мелких семян трав может быть взят по известным разработкам [5].

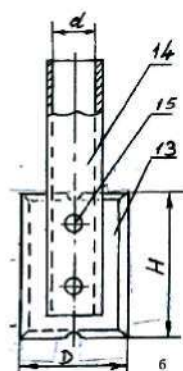


Рисунок 2 – Схема почвенной фрезы

Определение мощности электродвигателя для привода вертикальной почвенной фрезы. В предложенной нами электрифицированной машине для полосного подсева семян трав в дернину [1] разрушение дернины на глубину 5-7 см осуществляется вертикальной фрезой (рисунок 3) диаметром 6-8 см, приводимой от электродвигателя, соединенного с асинхронным электрогенератором, приводимым от ВОМ трактора.

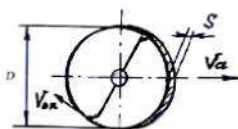


Рисунок 3 – Схема работы фрезы

Мощность для привода подобных механизмов может быть определены по формуле:

$$N = \frac{PV_{ок}}{1020} \text{ (кВт)}, \quad (1)$$

где P – окружное усилие, Н;

$V_{ок}$ – окружная скорость, м/с.

При диаметре фрезы D см и частоте ее вращения n , мин⁻¹, ее окружная скорость будет равна:

$$V_{ок} = \frac{\pi Dn}{60 \cdot 100} \text{ (м/с)}. \quad (2)$$

Работа любой фрезы характеризуется подачей на нож:

$$S = \frac{60 \cdot V_a}{n \cdot m} \cdot 100 \text{ (см)}, \quad (3)$$

где V_a – поступательная скорость агрегата, м/с;

m – число лезвий фрезы.

В нашем случае $m=2$, тогда площадь стружки, отделяемой лезвием фрезы, будет равна толщине стружки, равной подаче на нож, умноженной на длину полукольца, описываемого наружной кромкой фрезы:

$$F = S \frac{\pi d}{2} = \frac{60 \cdot 100 \cdot V_a}{2n} \cdot \frac{\pi D}{2} \text{ (см}^2\text{)}. \quad (4)$$

Тогда окружное усилие при работе такой фрезы составит:

$$P = K_o a F = \frac{K_o a \cdot 60 \cdot 100 V_a \pi D}{4n} \text{ (Н)}. \quad (5)$$

где K_o – объемный коэффициент смятия почвы, н/см³ [2];

a – глубина фрезерования, см.

Подставив значения 5 и 2 в формулу 1, получим:

$$N = \frac{K_o a \cdot 60 \cdot 100 \cdot V_a \pi D}{1020 \cdot 4n} \cdot \frac{\pi Dn}{60 \cdot 100} = \frac{K_o a V_a D^2 \pi^2}{4 \cdot 1020} \text{ (кВт)}.$$

Приняв $\pi = 3,14$, получим формулу для определения мощности, потребной для привода двухлезвийной вертикальной фрезы:

$$N = \frac{K_o a \cdot V_a D^2}{413,8} \text{ (кВт)}. \quad (6)$$

При $K_o=1\text{н/см}^3$, глубине фрезерования $a=5$ см, диаметре фрезы $D=8$ см, скорости агрегата $V_a=1$ м/с получим:

$$N = \frac{1.5 \cdot 1.8 \cdot 8}{413.8} = 0,77 \text{ (кВт)}.$$

В рассматриваемом случае фреза работает по следу дискового ножа, поэтому коэффициент K_o принят относительно небольшим.

Если диаметр фрезы уменьшить до 6 см, то потребная мощность при прочих равных условиях составит:

$$N = \frac{1.5 \cdot 1.6 \cdot 6}{413,8} = 0,43 \text{ (кВт)}.$$

Здесь может быть использован электродвигатель типа АО 31-2 с номинальной мощностью 0,6 кВт и частотой вращения 2860 мин⁻¹.

Промышленность выпускает вертикально-фрезерный навесной культиватор КВФ-2,8 [6], предназначенный для сплошной обработки почвы с диаметром двухлезвийных фрез 300 мм. Подобное устройство имеет почвообрабатывающая приставка комбинированного почвообрабатывающе-посевого агрегата АПП-3А Брестского электромеханического завода.

В названных машинах зубья роторов установлены так, что при вращении их траектории пересекаются без соударения зубьев. Поэтому площадь стружки здесь будет вдвое меньше, чем в одиночной двухлезвийной фрезе, и формула (6) тогда имеет вид:

$$N = \frac{K_o a V_a D^2}{413,8 \cdot 2}.$$

При $K_o=1\text{н/см}^3$, глубине фрезерование $a=10$ см, скорости агрегата $V_a=1$ м/с и диаметре фрезы 30 см получим:

$$N = \frac{1 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 30 \cdot 30}{413,8 \cdot 2} = 10,87 \text{ кВт},$$

что показывает на высокую энергоемкость такого процесса обработки почвы.

Разработка номограммы для определения мощности. Для лучшей наглядности влияния мощности привода фрезы с вертикальной осью вращения разработана номограмма (рисунок 4), в которой учтены проводимые нами ранее исследования [5]. Введены вспомогательные переменные:

$$1) X = \frac{D^2}{413,8}; \quad 2) y = xa; \quad 3) Z = YV_a; \quad 4) N = ZK_o.$$

Ключ пользования номограммой показан стрелками. Так, при диаметре фрезы $D=7$ см, глубине фрезерование $a=5$ см, поступательной скорости агрегата $V_o=1.5$ м/с и объемном коэффициенте смятия

почвы $K_0=0,5$ н/см³ мощность N , потребная для привода такой фрезы, составит 0,44 кВт.

Для уменьшения габаритов номограммы, она построена с использованием логарифмических координат x, y, Z, N . (Рисунок 4). При этом все кривые выпрямляются.

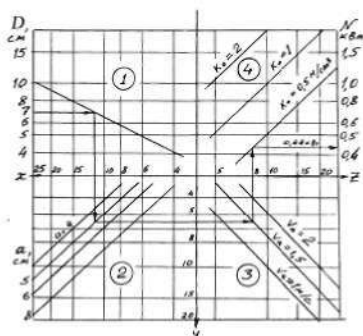


Рисунок 4 – Номограмма для определения мощности

Обоснование источника электроэнергии. В качестве автономного источника электроэнергии нами взят асинхронный генератор 1 (рисунок 5), состоящий из асинхронного трехфазного электродвигателя $P=5,5$ кВт при $n=1450$ мин⁻¹.



1 – асинхронный генератор; 2, 3 – электродвигатели; 4 – пускатель

Рисунок 5 – Лабораторная установка

Обмотки статора соединены в звезду, на выходе обмоток подсоединены неполярные конденсаторы 1 (рисунок 6), каждый из которых принят в виде металлизированного полипропиленового конденсатора типа СВВ60, $55 \mu F \times 450V$, и параллельно подключенного к нему бумажного конденсатора типа КБМ-МН, $4 \mu F \times 600 V$.

Асинхронный электродвигатель смонтирован на специальную рамку с подшипниковой опорой, соединенной с ВОМ трактора «Беларус». На валу электродвигателя установлена звездочка $Z_1=12$, а на подшипниковой опоре $Z_2=22$.

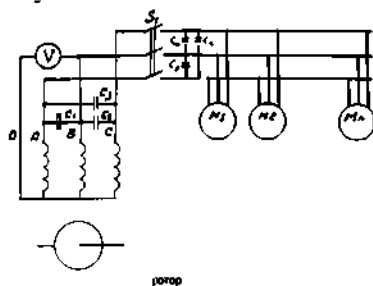


Рисунок 6 – Электрическая схема лабораторной установки

После включения ВОМ трактора и повышении частоты его вращения до 1000 мин^{-1} , напряжение достигло 260 В . Затем пускателем S_1 включают электродвигатели. Напряжение по вольтметру понизилось до 250 В , а между фазами А, В, С оно равно $380\text{--}400 \text{ В}$, что достаточно для работы электродвигателей $M_1...M_n$.

В качестве дополнительных конденсаторов $C_4\text{--}C_6$ задействованы неполярные конденсаторы с пробивным напряжением 500 В .

Электродвигатель 2 имеет мощность $0,25 \text{ кВт}$, взят с импортной лабораторной установки для разделения зерновой смеси, а электродвигатель 3 взят со списанного протравливателя ПС-10. Частота вращения у обоих – 2720 мин^{-1} . При испытаниях частота вращения этих электродвигателей была полной.

В изготовленной лабораторной установке (рисунок 5) закреплены трехфазные асинхронные электродвигатели 2 и 3, соединенные в звезду и подключенные к клеммам генератора 1 через пускатель 4.

На рисунке 6 также показана электрическая схема подключения электродвигателей $M_1...M_n$ к клеммам генератора А, В, С, а также вольтметра V между нулем и фазой В.

Заключение. До недавнего времени привод рабочих органов мобильных сельхозмашин производился или от их колес, или от ВОМ трактора через редукторы, карданные, цепные или ременные передачи. В семеочистителях и др. стационарных машинах привод был от приводного шкива трактора или от его ВОМ. С внедрением электрификации использовался только один электродвигатель, а далее следовала механика.

Примерно в 1985 г. был поставлен на производство протравливатель семян ПС-10, в котором использовалось 7 электродвигателей для

привода его отдельных рабочих органов. Протравливатель ПСШ-5 – 4 электродвигателя. Выпущенный в 2011 г. ПСС-20 – 6 электродвигателей, запитываемых от трехфазной электросети 380 В.

На современных сеялках типа АПП-6Д вал высевочных аппаратов имеет электрический привод от аккумуляторной батареи трактора, что, согласно рекламе, улучшает качество высева.

В этой связи наши разработки, направленные на внедрение в сельхозмашиностроение автономной электрифицированной системы, весьма актуальны.

Внедрение электрифицированной машины [7] для полосного подсева семян трав в дернину в производство позволит значительно улучшить качество выполняемой операции и поднять сельхозмашиностроение на более высокий уровень.

ЛИТЕРАТУРА

1. Златковский, А.П. Электрооборудование сельских электрических установок. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 73-75 с.
2. Азаренко, В.В. Почвообработка активными орудиями: Монография. – Минск.: РУ НИП ИМСХ НАН Беларуси, 2005. – 118-121 с.
3. Агрегат для полосного подсева трав в дернину. Патент на полезную модель №8706 от 30.10.2012, заявка №20120385 от 06.04.2012, кл. А01С 7/00, А01D 34/42. – Шупилов А.А., Лепешкин Н.Д., Агейчик В.А., Эберте А.А. – Заявитель УО «БГАУ».
4. Курдюков, Е.Г. Столярные и плотничные работы. – Минск: Вышэйшая школа, 1976. – 135 и 267 с.
5. Современные технологии с-х производства. Материалы XVI Международной научно-практической конференции. Агрономия, ветеринария, зоотехния. УО «ГТАУ», Гродно, 2013. – 172 с.
6. Халанский, В.М., Горбачев, И.В. Сельскохозяйственные машины. – М.: КолоС, 2003. – 83, 81, 201 с.
7. Электрифицированная машина для полосного подсева семян трав в дернину. Патент на полезную модель № 9636 от 30.10.2013, заявка №20130067 от 21.0.2013, кл. А01С 7/00, А01В 49/06 – Заявитель УО «ГТАУ» – Пестис В.К., Ладутько С.Н., Эберте А.А., Заяц Э.В., Филиппов А.И., Шупилов А.А.