

**Oleh Oryshaka, Assos. Prof., PhD tech. sci., Vasily Gutsul, Assos. Prof., PhD phys.&math. sci., Anatoly Artiuhov, Assos. Prof., PhD tech. sci.**

*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

### **Theoretical investigation of the conical outflow regulator of free-flowing material**

The dependences of the influence of the angle of slope of the cone-slope surface of the regulator of the outflow of loose material and the radius of rounding of the end part of the hollow cylinder of the flow-out material flow controller on the maximum value of the cone-shaped slope movement, at which the flow area of the loose material remains less than the area of the inlet of the material duct; Dependence of influence of value of cone displacement on the time of complete unloading of the hopper; Dependencies that allow to determine the flow rate of material and the volume of the discharged material for different values of the main parameters of the regulator.

Research findings.

1. In the convex (rounded) form the face of the hollow cylinder regulator leaks (see fig.1) leakage area, and therefore the main indicators of the regulator, depending on the radius of rounding.

2. The value  $h_l$ , that defines the limit value of displacement  $h$  in regulating leakage performance is largely dependent on the angle  $\alpha$  and smaller - the radius  $r$ .

3. A complete unloading hopper  $t_1$  increases and efficiency decreases with increasing angle  $\alpha$  and decreasing coefficient  $\lambda$ .

4. Growth factor  $\lambda$ ,  $h$  and decreasing displacement angle  $\alpha$  entail a more rapid decrease leakage rate  $v$ .

5. The results allow to determine the value of basic geometric parameters of the regulator to ensure the necessary benchmarks.

**conical outflow regulator, free-flowing material**

Одержано 22.05.17

**УДК 631.331**

**А. А. Панков, доц., канд. техн. наук, докторант**

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна*

*E-mail: app.post@rambler.ru*

## **Энергетические показатели рабочего процесса высевающих аппаратов и систем**

В статье рассмотрено сравнение энергетических показателей рабочего процесса существующих и перспективных высевающих аппаратов и систем посевных машин.

**высев, сеялка, система, аппарат, энергия, эффективность, привод, мощность**

**А. О. Панков, доц., канд. техн. наук, докторант**

*Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна*

### **Енергетичні показники робочого процесу висівних апаратів і систем**

У статті розглянуто порівняння енергетичних показників робочого процесу існуючих та перспективних висівних апаратів і систем посівних машин.

**сівба, сівалка, система, апарат, енергія, ефективність, привод, потужність**

**Постановка проблемы.** Несмотря на то, что имеется много типов высевающих систем, сравнительные показатели энергоемкости их рабочего процесса окончательно не выявлены. При создании посевных машин главное внимание уделяется обеспечению показателей качества технологического процесса и производительности. В то же время, современные требования по оптимизации энергопотребления указывают на необходимость анализа энергоемкости рабочего процесса высевающих систем.

© А. А. Панков, 2017

**Анализ последних исследований и публикаций.** Вопросы исследования и разработки энергоэффективных конструкций и рабочего процесса высевальных аппаратов и систем отражены в работах исследователей [2, 5, 8-10, 18, 24, 28]. Определение энергетических показателей работы некоторых высевальных аппаратов и систем рассматриваются в ряде работ [6, 13, 16, 19-22, 27]. Однако систематизированные исследования по данному вопросу недостаточны.

**Постановка задания.** Целью исследований является установление характера качественного и количественного влияния энергетических показателей работы высевальных систем на их развитие, а также на развитие и совершенствование посевных машин и агрегатов в целом.

**Изложение основного материала.** Рассмотрим определение мощности для привода высевальных аппаратов и систем. В настоящее время широкое применение для рядового посева нашли катушечный высевальной аппарат и пневматическая централизованная высевальная система (ПЦВС), а для однозернового посева пропашных культур – вакуумные пневмомеханические высевальные аппараты и системы для сеялок типа СУПН, УПС и других. Также используются вибродискретная высевальная система Сухина (ВСС) сеялок "Клен" и ее аналоги, распространяются высевальные аппараты и системы с электроприводом, исследуются высевальные аппараты и системы с элементами пневмоники.

Катушечный высевальной аппарат. Большинство зерновых и специальных посевных машин оснащены высевальными системами с катушечными высевальными аппаратами. Они универсальны и обеспечивают устойчивый высева семян. Аппараты просты по конструкции и достаточно надежны в работе.

Принимаем скорость движения посевной машины  $V_d = 3 \text{ м/с}$  (10,8 км/ч). Во многих инструкциях по наладке и настройке посевных машин представлены таблицы передаточных отношений на вал семявысевающих аппаратов сеялки СЗ-3,6 в зависимости от высеваемой культуры.

Исходя из таблиц настройки, определим угловую скорость вращения  $\omega$  опорно-приводного колеса сеялки с диаметром  $D_K = 1245 \text{ мм} = 1,245 \text{ м}$ , с учетом скольжения колес ( $\varepsilon = 0,05$ ):

$$\begin{aligned}\omega &= (1-\varepsilon)V_d / (0,5D_K), c^{-1}. \\ \omega &= (1-0,05) \cdot 3 / (0,5 \cdot 1,245) = 4,58 c^{-1}.\end{aligned}\tag{1}$$

С учетом передаточного отношения  $i = 0,616$  (для семян пшеницы) от колес на вал семявысевающих аппаратов, определим угловую скорость катушек  $\omega_K$ :

$$\begin{aligned}\omega_K &= \omega / i, c^{-1}. \\ \omega_K &= 4,58 / 0,616 = 7,43 c^{-1}.\end{aligned}\tag{2}$$

При известном крутящем моменте на катушке  $M_K = 1,8 \text{ Нм}$  [19], определим мощность на высевальной катушке  $N_K$ :

$$\begin{aligned}N_K &= M_K \cdot \omega_K, \text{ Вт}. \\ N_K &= 1,8 \cdot 7,43 = 13,4 \text{ Вт}.\end{aligned}\tag{3}$$

Потери мощности зависят от вида привода вала катушек. Согласно [23], серийный привод содержит три цепные передачи с КПД  $\eta_{ЦП} = 0,96$  и две зубчатые передачи ( $\eta_{ЗП} = 0,96$ ). С учетом общего КПД привода ( $\eta_{П} = 0,815$ ) получим мощность  $N_{ПК}$ , которую необходимо подать на катушку с учетом потерь, то есть подведенную мощность:

$$N_{ПК} = N_K / \eta_{П}, Вт. \quad (4)$$

$$N_{ПК} = 13,4 / 0,815 = 16,4 Вт.$$

Приняв число катушек  $n_K = 24$  шт, получим суммарную мощность для привода вала высевяющих аппаратов -  $N_{ПК} = 394$  Вт, с учетом потерь мощности. Аналогичные значения получены и в работе [21, 22]. Определим КПД высевяющей системы  $\eta_{КС}$ :

$$\eta_{КС} = N_K / N_{ПК}. \quad (5)$$

$$\eta_{КС} = 13,4 / 16,4 = 0,82.$$

Произведем аналогичные расчеты и для других культур, характеризующихся объемным весом  $\gamma$ . Результаты представим в табл.1.

При анализе табл.1 очевидно, что значение мощности  $N_{ПК}$  зависит от агротехнических особенностей и размерно-массовых характеристик семян.

Таблица 1 – Зависимость мощности  $N_{ПК}$ , Вт, от вида культуры при  $n_K = 24$

|                                                                                    |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Просо: $i = 0,198$ ,<br>$\omega_K = 23,1с^{-1}$ ,<br>$\gamma = 850 \text{ кг/м}^3$ | Гречиха: $i = 0,428$ ,<br>$\omega_K = 8,9с^{-1}$ ,<br>$\gamma = 720 \text{ кг/м}^3$ | Пшеница: $i = 0,616$ ,<br>$\omega_K = 7,43с^{-1}$ ,<br>$\gamma = 760 \text{ кг/м}^3$ | Ячмень: $i = 1,33$ ,<br>$\omega_K = 2,9с^{-1}$ ,<br>$\gamma = 450 \text{ кг/м}^3$ |
| 1226                                                                               | 567                                                                                 | 394                                                                                  | 182                                                                               |

Кроме того, значение мощности  $N_{ПК}$  зависит от величины угловой скорости опорно-приводного колеса, а, следовательно, от скорости движения посевной машины. Характеристика такой зависимости представлена в табл.2.

Таблица 2 – Зависимость мощности  $N_{ПК}$ , Вт, от значения скорости сеялки

| Передачное отношение «i» | $V_d$ , м/с (км/ч) |          |          |         |
|--------------------------|--------------------|----------|----------|---------|
|                          | 1,5(5,4)           | 2,0(7,2) | 2,5(9,0) | 3(10,8) |
| 0,198                    | 613                | 817      | 1020     | 1226    |
| 0,428                    | 284                | 378      | 472      | 567     |
| 0,616                    | 197                | 262      | 326      | 394     |
| 1,330                    | 91                 | 122      | 152      | 182     |

Немаловажным обстоятельством в отношении катушечных высевяющих аппаратов является то, что отбор подведенной мощности  $N_{ПК}$  в сеялке производится от опорно-приводных колес, то есть уже после всех потерь мощности на пути от двигателя к машине на почвенном фоне, обладающем слабой несущей способностью. При этом тяговый КПД посевного агрегата, согласно [17], составляет  $\eta_{ТЯГ} = 0,48...0,52$ , и, следовательно, величина  $N_{ПК}$  увеличивается примерно в 2 раза. В противоположность этому, в других высевяющих системах («Клен», ПЦВС) отбор мощности производится от двигателя или трансмиссии трактора, без таких значительных потерь.

Кроме того в расчетах не учтены значения мощности, необходимые для привода бункерных нагнетателей, ворошителей с сводоразрушающих устройств для высева плохосыпучих семян.

ПЦВС. Катушечные высевальные аппараты устаревают и заменяются более современными пневматическими посевными машинами, так как последние имеют целый ряд преимуществ. Вследствие незначительного механического воздействия на посевной материал, пневматические высевальные аппараты и системы обеспечивают минимальное повреждение посевного материала, а также, имея более высокую надежность и универсальность, лучше приспособлены к совершенствованию и адаптации к современным технологиям посева.

Пневматические централизованные высевальные системы получили широкое распространение. Их применение повышает производительность машинно-тракторного агрегата на посеве и существенно снижает материалоемкость посевных машин. Разработанные ПЦВС имеют различные схемы и конструкции распределительных устройств, и, соответственно, различные технико-экономические и агротехнические показатели работы, не всегда удовлетворяющие современным агротребованиям [1, 3].

Однако в отношении реализации рабочего процесса ПЦВС являются более энергоемкими системами, в связи с особенностями их принципа действия - "эффекта фонтана". Для осуществления посева в ПЦВС необходимо поднять семена, преодолевая гравитацию и турбулизовать их - то есть искусственно создать гидравлическое сопротивление и также преодолеть его. Только лишь преодоление гравитации повышает энергоемкость работы в 2...3 раза [30].

К вопросам исследования и снижения энергоемкости рабочего процесса ПЦВС относятся работы [1, 3, 4, 6, 12, 13].

Основным затруднением при проектировании ПЦВС является ввод материала в зону с избыточным давлением до 5 кПа. Для этого устанавливают специальные устройства - питатели, основное назначение которых - качественно и с наименьшими потерями энергии и повреждением материала подать семена в воздушный поток для дальнейшего транспортирования. Поэтому на энергетические показатели работы ПЦВС влияет вид питателя, или дозирующего устройства в системе. Шнековые дозаторы, согласно [25, 31], требуют значительного расхода энергии на привод.

Мощность, необходимая для привода, расходуется на преодоление сил трения транспортируемого материала о поверхность шнека и его корпус, на преодоление противодействия в аэрокамере дозатора, а также на потери энергии для привода шнека на холостом ходу. Кроме того, установлено, что утечка воздуха через питатель в размере 5% приводит к снижению производительности на 15% [12].

Поэтому за основу в расчетах принимаем шлюзовой питатель ПЦВС с катушечным дозатором ПЦВС.

В отношении ПЦВС энергетические показатели работы в литературе имеют значительный разброс значений в связи с широким спектром агротехнических особенностей и размерно-массовых характеристик посевного материала. Так, исходя из работы [11], ПЦВС для мелкосеменных культур имеет оптимальные параметры по давлению воздуха:  $p = 2524$  Па и его расходу  $Q = 490$  м<sup>3</sup>/ч на 36 рядков посева. С учетом среднего значения мощности на привод катушечного дозатора  $N_{\text{доз}} = 300...400$  Вт, получим удельную мощность  $N_C = 20$  Вт на один выход в сошник из распределителя.

Исходя из данных [6] и принимая ширину междурядья  $b = 0,15$  м, получим усредненное значение удельной мощности  $N_C = 178$  Вт на один выход в сошник из

распределителя. При этом имеют место значения удельной мощности в интервале  $N_C=113...238$  Вт.

Величина удельной мощности  $N_C$  является подведенной мощностью. Чтобы определить полезную мощность  $N_{СП}$ , необходимо учесть КПД вентилятора ( $\eta_B = 0,75$ ) и гидравлические потери напора в воздухопроводах. Однако для приближенных вычислений ограничимся учетом потерь в вентиляторе. Тогда КПД ПЦВС будет приближенно равняться КПД вентилятора в системе, или  $\eta_{ПЦВС} = 0,75$ .

В ПЦВС применяются центробежные вентиляторы, требующие достаточно высокого значения мощности для привода. В некоторых случаях вентиляторы вращаются гидромоторами, что еще более повышает энергоемкость рабочего процесса, так как КПД гидропривода в среднем на 10% меньше КПД механической передачи. Иногда посевные машины с ПЦВС даже оборудуются собственной гидросистемой [26].

Однако применение гидропривода позволяет компоновать широкозахватные пневматические сеялки из стандартных секций, улучшить равномерность распределения воздушного потока, а, следовательно, и точность высева, согласно [29].

Вибродискретная высевающая система "Клён". По данным производителей, высевающая система сеялки "Клён-6" с числом сошников  $n_C = 48$  шт. требует 250 Вт мощности на привод электромагнитных вибродискретных высевающих аппаратов и имеет 8 блоков высевающих аппаратов. Следовательно, мощность, подведенная к блоку аппаратов, равняется  $N_B = 31,2$  Вт. Так как в блоке 6 аппаратов, то соответственно мощность, потребляемая одним аппаратом -  $N_A = 5,2$  Вт.

КПД вибродискретной высевающей системы определяется работой тракторного генератора с КПД  $\eta_G = 0,9$  и работой шагового электродвигателя с КПД  $\eta_{ШД} = 0,7$ . Тогда КПД высевающей системы  $\eta_{ВВС}$ :

$$\begin{aligned}\eta_{ВВС} &= \eta_G \cdot \eta_{ШД} \\ \eta_{ВВС} &= 0,9 \cdot 0,7 = 0,63.\end{aligned}\tag{6}$$

Крутящий момент на валу шагового электродвигателя значительно меньше действующих значений момента в катушечном аппарате. Но примечательной тенденцией является то, что здесь для забора и перемещения семян достаточно значений энергии меньших, чем в ранее рассмотренных аппаратах. При этом работа вибродискретной высевающей системы соответствует агротребованиям [7, 14]. Однако посевные машины с вибродискретной высевающей системой с целью увеличения угла наклона семяпроводов выполняются по моноблочной компоновочной схеме, что затрудняет их заправку и повышает металлоемкость. Для компенсации этого недостатка необходим воздух под избыточным давлением для транспортирования семян в сошник, что повысит энергозатраты на рабочий процесс.

Высевающая система с элементами пневмоники. Конструктивное исполнение аппарата в высевающей системе с элементами пневмоники аналогично ВСС, то есть блочное. Высевающая система состоит из девяти аппаратов в блоке. Мощность, подведенная к блоку аппаратов –  $N_{ПБ} = 53$  Вт, к одному аппарату –  $N_{ПА} = 6$  Вт.

С учетом потерь мощности в вентиляторе ( $\eta_B = 0,75$ ) и КПД пневмоструйного элемента по давлению ( $\eta_{Э(Д)} = 0,5$ ), определим КПД высевающего аппарата группового высева с элементами пневмоники  $\eta_{ЭП}$ :

$$\begin{aligned}\eta_{ЭП} &= \eta_B \cdot \eta_{Э(Д)} \\ \eta_{ЭП} &= 0,75 \cdot 0,5 = 0,37.\end{aligned}\tag{7}$$

Высевающая система пневмомеханической пропашной сеялки. Энергозатраты при работе высевающей системы пропашной сеялки определяются для механической части высевающей системы, то есть для привода высевающих аппаратов, а также для пневматической части высевающей системы, для работы эксгаустера, создающего разрежение в высевающей системе [15].

Затраты мощности на привод высевающих аппаратов принимаем в размере 2,0...2,5% от мощности, необходимой на преодоление тягового сопротивления посевной машины [16], которая для сеялки типа СУПН-8 равняется примерно 19кВт. Следовательно, подведенная к высевающим аппаратам для их вращения мощность, составит примерно  $N_{МЧ} = 400\text{Вт}$ .

Мощность необходимая для привода эксгаустера, согласно замерам и расчетам, равняется 900Вт, согласно [24].

Тогда суммарная подведенная для работы высевающей системы мощность составит  $N_{П} = 1300\text{Вт}$ .

Рассмотрим энергетическую эффективность работы высевающих систем. Определим действительные затраты мощности при работе рассматриваемых видов высевающих аппаратов и их соответствие тепловому эквиваленту при сгорании дизельного топлива:

$$N_{Д} = \frac{N_{П(С)}}{\eta_{ТЯГ} \cdot \eta_{ПЕР} \cdot \eta_{ПР} \cdot \eta_{Е}}, \text{ кВт}, \quad (8)$$

где  $N_{П(С)}$  – мощность, подведенная к высевающему аппарату или системе, Вт;

$\eta_{ТЯГ}$  – тяговый КПД трактора, почвенный фон – поле, подготовленное под посев.

Принимаем  $\eta_{ТЯГ} = 0,5$ ;

$\eta_{ПЕР}$  – КПД клиноременных передач на привод вентилятора или генератора.

Принимаем  $\eta_{ПЕР} = 0,95$ ;

$\eta_{ПР}$  – приводной КПД трактора с независимым ВОМ через две зубчатые передачи. Принимаем  $\eta_{ПР} = 0,9$ ;

$\eta_{Е}$  – эффективный КПД дизельного ДВС. Принимаем  $\eta_{Е} = 0,4$ .

Эффективный КПД дизельного двигателя в расчетах учитываем для определения расхода топлива на рабочий процесс высевающей системы.

Принимая число сошников в рядковой сеялке  $n_{С} = 24$ шт, а количество секций пропашной сеялки  $n_{СП} = 8$ шт, определим действительные энергозатраты на рабочий процесс высевающих аппаратов и систем посевных машин. Результаты расчетов представлены в табл.3.

Таблица 3 – Действительные энергозатраты высевающих аппаратов и систем

| Вид ВА<br>или системы       | Составляющие<br>общего<br>КПД     | Подвед.<br>мощность<br>$N_{П(С)}$ , Вт | Действит.<br>мощность<br>$N_{Д}$ , Вт | Топливн. экв. |        | Эффективн.<br>сист. $\eta_{ВС}$ |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|---------------|--------|---------------------------------|
|                             |                                   |                                        |                                       | л/ч           | л/год* |                                 |
| Катушечный                  | $\eta_{ТЯГ}, \eta_{Е}$            | 440                                    | 2200                                  | 0,22          | 33,0   | 0,20                            |
| ПЦВС                        | $\eta_{ПЕР}, \eta_{ПР}, \eta_{Е}$ | 4272                                   | 12491                                 | 1,25          | 187,5  | 0,34                            |
| ВСС                         | $\eta_{ПЕР}, \eta_{Е}$            | 125                                    | 329                                   | 0,03          | 4,5    | 0,38                            |
| ВС с элем.<br>пневмоники    | $\eta_{ПЕР}, \eta_{ПР}, \eta_{Е}$ | 144                                    | 421                                   | 0,04          | 6,3    | 0,34                            |
| ВС<br>пропашной<br>сеялки** | $\eta_{ТЯГ}, \eta_{Е}$            | 400                                    | 2000                                  | 4632          | 0,46   | 69                              |
|                             | $\eta_{ПЕР}, \eta_{ПР}, \eta_{Е}$ | 900                                    | 2632                                  |               |        |                                 |

\* - при загрузке 150 часов в год.

\*\* - определяется отдельно для механической и пневматической части.



Эффективность рабочего процесса высевальной системы  $\eta_{BC}$  в агрегате посевной машины с энергетическим средством определяется как произведение составляющих общего КПД, или как соотношение подведенной к системе мощности к действительной мощности, то есть:

$$\eta_{BC} = \frac{N_{ПА(C)}}{N_D}. \quad (9)$$

### Выводы.

1. Катушечные высевальные аппараты, ПЦВС и высевальные системы пропашных сеялок требуют относительно больших приводных мощностей, хотя для гарантированного разрушения связей между семенами, их захвата и перемещения, действующие значения мощностей могут быть на порядок меньше, что доказывает применение ВСС и ВС с элементами пневмоники, то есть дискретных многоструйных высевальных систем, использующих дополнительные внешние поля.

2. В отношении энергозатрат ПЦВС являются наиболее энергоемкими системами, в связи с особенностями их принципа действия. Эффективность рабочего процесса высевальной системы в агрегате посевной машины с энергетическим средством, характеризуется относительным показателем  $\eta_{BC}$ , который минимален у катушечных высевальных аппаратов, из-за их привода от тягового усилия трактора на почвенном фоне с недостаточной несущей способностью.

3. Применение электропривода в высевальных системах оправдывается не только с технологической точки зрения, но и с энергетической. Эффективность работы высевальных систем и соответствующий КПД возрастут, однако при этом возрастают как сложность, так и стоимость таких решений. Поэтому увеличение стоимостных затрат с применением электропривода должно компенсироваться технологическими преимуществами и повышением энергоэффективности рабочего процесса посевных машин.

### Список литературы

1. Ададь, А.В. Повышение качества посева семян пневматическими зерновыми сеялками путем совершенствования шнекового питателя : автореф. дис... канд. техн. наук [Текст] / А.В. Ададь. – Горки, 1997. – 20с.
2. Альт, В.В. Концепция развития посевных машин [Текст] / В.В. Альт, С. Г. Щукин, В. А. Вальков // Достижения Науки и Техники АПК. – 2008. – №9. – С.44-48.
3. Астахов, В.С. Механико-технологические основы посева сельскохозяйственных культур сеялками с пневматическими системами группового дозирования: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.01 [Текст] / С.-Петерб. гос. аграр. ун-т.- Горки, 2007. – 377с.
4. Астахов, В.С. Пневматические системы централизованного посева [Текст] / В.С. Астахов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1997. – №9. – С.12-14.
5. Висівна система. Патент України №28119. Іллін О. М., Ковшарь В.М. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uapatents.com/4-28119-visivna-sistema.html>.
6. Внуков, И.Е. Направления совершенствования высевальных систем зерновых пневматических сеялок [Текст] / И.Е. Внуков, Н.И. Любушко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1988. – №1. – С.23-27.
7. Волошин, М. Перспективна техніка для посіву дрібнонасінних культур: сівалки СЗТ-5,4 та СЗ-5,4-06 «Клен» [Текст] / Волошин М. // Техніка АПК. – 2008. – №3-4. – С.36-38.
8. Высевальной аппарат сеялки. Патент РФ №2310311. Вишняков А.А., Вишняков А.С., Богумский И.О., Богумская Н.А., Каркавин Д.А., Козлов В.А. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2310311>.
9. Высевальной аппарат. Патент №791289. Бок Н.Б., Нуждов А.И. [Электронный ресурс] . – Режим доступа: <http://patents.su/2-791289-vysevalayushhijj-apparat.html>.
10. Козлов В.А. Обоснование параметров и режимов работы комбинированного высевального аппарата вибрационного типа: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.20.01 [Текст] /

- Козлов Владимир Александрович; [Место защиты: «Красноярский государственный аграрный университет»].- Красноярск, 2012. - 18с.
11. Кузнецов, Б.Ф. Выбор централизованной высевальной системы для мелкосемянных культур [Текст] / Б.Ф. Кузнецов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1989. – №10. – С.31-32.
  12. Лепешкин, Н.Д. Выбор типа питателя для пневмомеханической высевальной системы зерновой сеялки [Текст] / Н.Д. Лепешкин, А.Л. Медведев, Ю.Л. Салапура // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2009. – Т.1. – С.108–113.
  13. Любушко, Н.И. Высевальная система для пневматических зерновых сеялок и комбинированных машин [Текст] / Н.И. Любушко, И.Е. Внуков, В.И. Мишин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1991. – №7. – С.24 - 27.
  14. Овсянников, С.А. Эксплуатационно-технологические показатели посевного агрегата на базе сеялки СЗС-6 [Текст] / С.А. Овсянников, С.В. Цымбаленко, А.А. Овсянников // «Механизация и электрификация сельского хозяйства». – 1999. – №5. – С.31-32.
  15. Омаров, А.Н. Теоретический анализ и расчет пневматической системы сеялки [Текст] / А.Н. Омаров, Ж.К. Кубашева, М.К. Бралиев // Новости науки Казахстана. – 2014. – № 1. – С. 48-56.
  16. Петрусов, А.И. Машины для посева, посадки и внесения удобрений. (Теория, конструкции и расчет) [Текст] / А.И. Петрусов, В.Е. Комаристов – Харьков, изд-во ХГУ им. А.М. Горького, 1960. – 220с.
  17. Поляк, А.Я. Справочник по скоростной с.-х. технике [Текст] / А.Я. Поляк, А.Д. Щупак, Н.М. Антышев. – М.: Колос, 1982. – 284с.
  18. Стрыгин, С.П. Совершенствование посева капсулированных семян кукурузы с разработкой высевального аппарата: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.20.01 [Текст] / Стрыгин Сергей Петрович; [Место защиты: Мичуринский гос. аграр. ун-т]. - Мичуринск, 2016. – 19с.
  19. Сысолин, П.В. Почвообрабатывающие и посевные машины: история, машиностроение, конструирование [Текст] / П.В. Сысолин, Л.В. Погорелый. – К.: Феникс, 2004. – 266с.
  20. Трухачев, Е.Д. Совершенствование процесса посева насыпных семян кормовых растений травяными сеялками: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01 [Текст] / Трухачев Евгений Дмитриевич; [Место защиты: Ставропольский государственный аграрный университет]. - Ставрополь, 2015.- 154с.
  21. Трухачев, Е.Д. Энергетическая оценка привода устройства для посева насыпных и слабосыпучих семян кормовых растений [Текст] / Е.Д. Трухачев, В.Х. Малиев // Вестник АПК Ставрополя. – 2013. – №04(12). – С.96-98.
  22. Федотов, И.Д. Применение устройства привода вала высевальных аппаратов зерновых сеялок для оценки их технологической готовности по параметрам нормы равномерности посева [Текст] / И.Д. Федотов, В.В. Вдовин, С.В. Стрельцов, А.В. Павлушин, В.П. Зайцев // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – №3 (Часть 3) – С. 388-389.
  23. Хоменко, М.С. Механизация посева зерновых культур и трав. Справочник [Текст] / М.С. Хоменко, В.А. Зырянов, В.А. Насонов. – К.: Урожай, 1989. – 168с.
  24. Щеглов, А.В. Повышение эффективности технологического процесса пунктирного посева семян подсолнечника струйной пневмомеханической системой: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.11 [Текст] / Андрей Викторович Щеглов. – Луганск, ЛНАУ. - 2009. – 197с.
  25. Высевальной аппарат зерновой сеялки с централизованным дозированием семян. Патент РФ №2452165. Авторы: Калугин Д.С., Кулаев Е.В., Руденко Н.Е. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2452165>
  26. Sulky Maxidrill [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.sulky-burel.com/mgt/resources/fichiers/MAXIDRILL\\_RU\\_01.pdf](http://www.sulky-burel.com/mgt/resources/fichiers/MAXIDRILL_RU_01.pdf)
  27. Віброгравітаційна висівальна система. Номер патенту: 21339. Автори: Висоцька Наталія Дмитрівна, Вальянов Дмитро Герасимович [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://uapatents.com/2-21339-vibrogravitacijna-visivayucha-sistema.html>
  28. А.с. 1474881 СССР, А 01 С 7/00. Способ посева сыпучих материалов и устройство для его осуществления [Текст] / В.Я. Коваль, В.С. Кочетков, И.В. Буйлов и др. (СССР, ВГ). – №1026680.
  29. Крючин, Н.П. Посевные машины. Особенности конструкций и тенденции развития. Учебное пособие [Текст] / Н.П. Крючин. – Самара: РИЦ СГСХА, 2009. – 176с.
  30. Яковчик, С.Г. Анализ распределителей посевного материала пневматических зерновых сеялок [Текст] / С.Г. Яковчик, Ю.Л. Салапура // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Межведомственный тематический сборник. – 2014. – Вып.48, т.1. – С.3-10.



31. Артюшин, А.А. Исследование объемных дозаторов сыпучих кормов [Текст] / А.А. Артюшин, И.К. Пульчев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Республиканский межведомственный тематический научно-технический сборник. – 1975. – Вып.33. – С.84-90.

**Andrij Pankov, Assoc. Prof., PhD tech. sci.**

*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

**The energy characteristics of the working process of seeding machines and systems**

The purpose of the research was to establish the nature of the qualitative and quantitative influence of the energy performance of a seed system.

Currently, many types of metering systems and energy performance of their work is not completely defined. When creating planting machines main attention is paid to ensure quality of process and performance. At the same time, the current requirements for optimization of energy consumption indicate the need for analysis of the intensity of the working process of the sowing devices. Therefore, in this work the determination and comparison of power to drive the seeding apparatus and systems.

Sowing machines and systems require a relatively large amount of power to operate, although the destruction of the ties between the seeds and their movements, active power values can be much smaller.

**seeding, seeder, system, apparatus, energy, efficiency, drive, power**

Одержано 21.04.17

**УДК 539.621:621.82.09**

**М.М. Студент, д-р техн. наук, Я.Я. Сірак, асп.**

*Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України, м.Львів, Україна  
E-mail: algirdas.280378@gmail.com*

**С.І. Маркович, доц., канд. техн. наук**

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна*

## Трибологічна поведінка ПЕО шарів у парі зі сталями 45 та У 8

Досліджено трибологічну поведінку сталей 45 та У8 у парі із ПЕО шарами, синтезованими на легких сплавах АМг-6 та Д16Т у мінеральній оливі І-20, із додатком до неї дистильованої води та водного розчину гліцерину. Виявили різницю у фрикційній поведінці ПЕО шарів, синтезованих на алюмінієвих сплавах із підвищеним вмістом магнію (АМг-6) та з підвищеним вмістом міді (Д16Т) за контактування із сталевими контртілами.

**оксидокерамічні шари, тертя, зношування, коефіцієнт тертя, сталь**

**М.М. Студент, д-р техн. наук, Я.Я. Сірак, асп.**

*Физико-механический институт им.Г.В.Карпенко НАН Украины, г. Львов, Украина*

**С.И. Маркович, канд. техн. наук**

*Центральноукраинский национальный технический университет, г. Кропивницкий, Украина*

**Трибологические характеристики ПЭО слоев в паре со сталями 45 и У8**

Исследовано трибологическое поведение сталей 45 и У8 в паре с ПЭО слоями, синтезированными на легких сплавах АМг-6 и Д16Т в минеральном масле И-20, с приложением к ней дистиллированной воды и водного раствора глицерина. Обнаружили разницу во фрикционном поведении ПЭО слоев, синтезированных на алюминиевых сплавах с повышенным содержанием магния (АМг-6) и с повышенным содержанием меди (Д16Т) при контакте со стальными контртелами.

**оксидокерамические слои, трение, износ, коэффициент трения, сталь**

© М.М. Студент, Я.Я. Сірак, С.І. Маркович, 2017