

А. Н. Омаров, Ж. К. Кубашева к.т.н., М. К. Бралиев

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет
им. Жангир хана

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И РАСЧЕТ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СЕЯЛКИ

Повышения технического уровня и показателей качества работы сеялки для пропашных культур возможно достичь при модернизации и совершенствовании высевающей системы, в частности, введением элементов пневмомеханических систем с боковым заполнением ячеек вместо механических аппаратов. При этом обеспечивается повышение производительности агрегата.

Ключевые слова: механические показатели, пневматическая система, сеялки, высевающие системы.



Сепкіштің техникалық деңгейі мен жұмыс сапасының көрсеткішін арттыруға сепкіш жүйесін модернизациялау арқылы жетуге болады. Механикалық аппараттардың орнына ұяшытқарды жанынан толтыратын пневмомеханикалық жүйенің элементтерін енгізумен. Агрегаттардың жұмысының сапасы мен өнімділігін жоғарылату.

Түйінді сөздер: механикалық, пневмомеханикалық, сепкіш, сепкіш жүйесі.



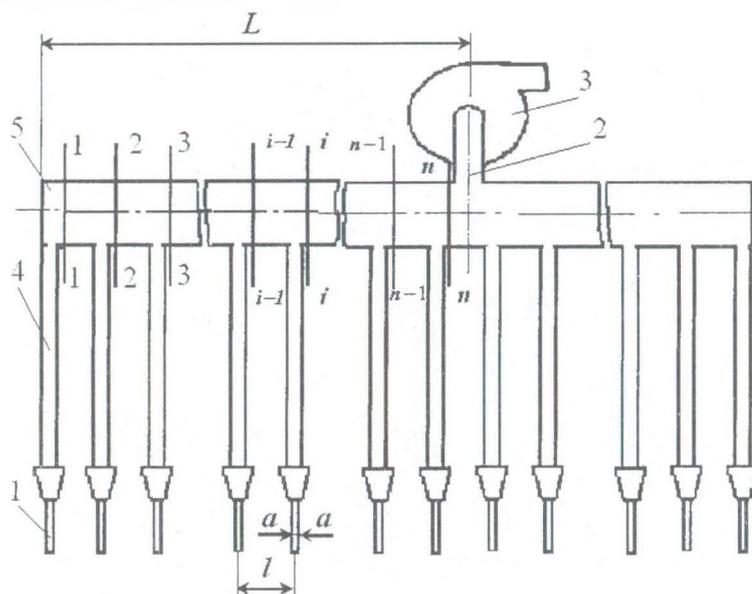
For the propashnykh of cultures it is possible to reach increase of a technological level and indicators of quality of work of a seeder at its modernization by means of improvement of sowing system Introduction of elements of pneumomechanical systems with lateral filling of cells instead of mechanical devices. Providing improvement of quality of work and unit productivity.

Key words: mechanical, pneumatic, the seeders, sowing.

Анализ мировых тенденций в развитии посевных машин свидетельствует о прогрессивности отдельных конструктивных решений, заложенных в сеялке ССТ-12, за исключением высеваю-

щего аппарата. Технологические возможности этих сеялок не исчерпаны, о чем свидетельствуют выполненные в последние годы научные исследования [1]. В результате создаются предпосылки для приближения к уровню европейских стандартов качества работы посевных машин при сравнительно небольших затратах труда, средств и материалов, развитию финишного технологического процесса. Разработка производства посевных машин с более высоким технологическим уровнем и показателями качества работы является основой решения проблемы повышения конкурентоспособности отрасли. Для посева семян пропашных культур в основном используется сеялка с пневматическими высевальными аппаратами вакуумного типа. Качественные показатели работы такой сеялки обусловлены способностью системы пневмопитания обеспечивать заданный уровень разрежения по всем аппаратам сеялки при минимуме энергозатрат на привод вентилятора. Однако до настоящего времени параметры пневматических высевальных систем пропашной сеялки определяются на основании исследований, требующих больших затрат времени и средств. Пневматическая высевальная система пропашной сеялки представляет собой группу параллельно работающих высевальных аппаратов 1, из которых поток воздуха через подводящий шланг 2 посредством вентилятора 3 отводится системой воздухопроводов 4 и общим трубопроводом-воздухораспределителем 5 (рисунок).

Равномерный отбор воздуха из высевальных аппаратов при минимальном общем гидравлическом сопротивлении системы пневмопитания сеялки зависит от правильного выбора формы и параметров воздухораспределителя. Установлено, что в воздухораспределителе постоянного сечения скорость потока воздуха в направлении от периферии к его центру увеличивается [2], так как в этом направлении происходит подача воздуха через его боковые входы из высевальных аппаратов. Следовательно, скоростное давление в том же направлении возрастает, а статическое давление согласно закону сохранения энергии убывает. При этом статическое давление расходуется на преодоление сопротивления воздухораспределителя. Таким образом, убыва-



Расчетная схема пневматической высевальной системы пропашной сеялки: 1 - группа параллельно работающих высевальных аппаратов; 2 - подводящий шланг; 3 - вентилятор; 4 - система воздухопроводов; 5 - общий трубопровод с воздухораспределителем

ние статического давления в направлении от периферии воздухораспределителя к вентилятору зависит от соотношения скорельных потерь.

Если по длине воздухораспределителя устанавливается переменное статическое давление, отбор воздуха от высевальных аппаратов получается неравномерным. Равномерный отбор воздуха можно осуществить двумя способами: изменением площади входных отверстий воздухораспределителя по его длине; сохранением разности статических давлений, постоянной по длине воздухораспределителя за счет изменения его поперечных сечений. Известно, что собирающий коллектор переменного сечения ухудшает распределение потока [3], поэтому рассмотрим только первый способ.

Установим закономерность изменений площади, поперечных сечений входных отверстий воздухораспределителя по его

длине при равномерном отборе воздуха из высевающих аппаратов. Рассмотрим пневматическую высевающую систему 2п-рядной сеялки с воздухораспределителем постоянного поперечного сечения F , состоящим из двух участков длиной L и периметром Π каждый. Расстояние между точками входа воздухопроводов в воздухораспределитель постоянно и равно l . Для объема воздуха, ограниченного сечениями i - i , $(i-1)$ - $(i-1)$ и стенками воздухораспределителя, напишем уравнение количества движения в проекции на продольную ось воздухораспределителя:

$$p_{i-1} \cdot F - p_i \cdot F - \tau_{i-1} \cdot \Pi \cdot l = \rho \cdot F \cdot V_i^2 - \rho \cdot F \cdot V_{i-1}^2, \quad (1)$$

где p_i, p_{i-1} – статическое давление воздуха соответственно в сечении i - i и $(i-1)$ - $(i-1)$, Па;

v_i, v_{i-1} – скорость воздуха соответственно в сечении i - i и $(i-1)$ - $(i-1)$, м/с;

$\tau_{i-1} = \frac{\lambda \rho \cdot V_{i-1}^2}{4 \cdot 2}$ – касательное напряжение в сечении $(i-1)$ - $(i-1)$,

Па (здесь λ – коэффициент трения);

ρ – плотность воздуха, кг/м³.

Подставляя τ_{i-1} в уравнение (1) и сокращая на F , получим:

$$p_{i-1} - p_i - \lambda \frac{l}{D_3} \frac{\rho \cdot v_{i-1}^2}{2} = \rho \cdot v_i^2 - \rho \cdot v_{i-1}^2, \quad (2)$$

где $D_3 = 4F\Pi^{-1}$ – эквивалентный диаметр.

Условие равномерного отбора воздуха из соседних высевающих аппаратов можно записать в следующем виде:

$$v_i = \frac{v_n}{n} i \quad \text{и} \quad v_{i-1} = \frac{v_n}{n} (i-1). \quad (3)$$

Подставляя значения выражения (3) в уравнение (2) и учитывая, что $l = \frac{L}{n}$, получим:

$$p_{i-1} - p_i = \rho \frac{v_n^2}{n^2} \left[i^2 - (i-1)^2 + \lambda \frac{L}{2n \cdot D_3} (i-1)^2 \right], \quad (4)$$

Из условия равномерного отбора воздуха определим площадь i -го входного отверстия воздухораспределителя:

$$f_i = \frac{Q_n}{v_{отв.i} \cdot n} = \frac{F \cdot v_n}{v_{отв.i} n}, \quad (5)$$

где Q_n – расход воздуха в сечении п-п м³/с;
 $v_{отв.i}$ – скорость воздуха в i -м входном отверстии, м/с;
 v_n – скорость воздуха в сечении п-п, м/с.

Используя известную формулу истечения, запишем:

$$v_{отв.i} = \mu_i \sqrt{\frac{2(p_a - p_i)}{\rho}}, \quad (6)$$

где p_a – атмосферное давление, Па;
 μ_i – коэффициент расхода.

С целью определения μ напишем уравнение Бернулли для участка а-б

$$p_a = p_i + \frac{\rho \cdot v_{отв.i}^2}{2} + \Delta p_{a-b}, \quad (7)$$

где Δp_{a-b} – гидравлическое сопротивление на участке а-б, Па.

Используя принцип наложения сопротивлений, получим:

$$\Delta p_{a-b} = \Delta p_{ба} + \Delta p_{тр} = (\zeta_{ва} + \zeta_{в}) \frac{\rho \cdot v_a^2}{2}, \quad (8)$$

где $\Delta p_{ба}$ – потери в высевающем аппарате, Па;
 $\Delta p_{тр}$ – потери на трение при движении воздуха в воздуховоде, Па;
 $\zeta_{ва}$ – коэффициент сопротивления движению воздуха в высевающем аппарате;
 $\zeta_{в}$ – коэффициент сопротивления движению в воздуховоде;
 v_a – скорость воздуха в воздуховоде, м/с.

Используя формулы (6)-(8), после соответствующих преобразований получим следующее выражение для коэффициента расхода:

$$\mu_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + (\zeta_{ва} + \zeta_в) \frac{f_i^2}{f_в^2}}}, \quad (9)$$

где $f_в$ - площадь поперечного сечения воздуховода, м².

Используя в зависимости (6) значение $v_{отв1}$ из формулы (5) и учитывая выражение (9), получим:

$$p_1 = p_a - \frac{F^2}{n^2 f_i^2} \left[1 + (\zeta_{ва} + \zeta_в) \frac{f_i^2}{f_в^2} \right] \rho \frac{v_n^2}{2}. \quad (10)$$

Аналогичное выражение можно записать и для каждого следующего сечения, например, сечения (i-1)-(i-1):

$$p_{i-1} = p_a - \frac{F^2}{n^2 f_{i-1}^2} \left[1 + (\zeta_{ва} + \zeta_в) \frac{f_{i-1}^2}{f_в^2} \right] \rho \frac{v_n^2}{2}. \quad (11)$$

Подставив значения выражений (10) и (11) в уравнение (4) и преобразовав, получим формулу для определения площади входных отверстий воздухораспределителя при условии равномерного отбора воздуха из высевающих аппаратов:

$$f_i = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{f_{i-1}^2} + \frac{32}{\pi^2 D_з^4} \left[i^2 - (i-1)^2 + \lambda \frac{L}{2nD_з} (i-1)^2 \right]}}. \quad (12)$$

Задавшись площадью поперечного сечения f_1 , по формуле (12) можно определить площадь каждого последующего входного отверстия при $i = 2, 3, 4, \dots, n$. Наибольшая площадь будет у первого входного отверстия, затем с увеличением i площадь отверстий уменьшается и достигает наименьшего значения у n -го отверстия. Поскольку воздухораспределитель состоит из двух симметричных участков, для площадей поперечных сечений отверстий его правого участка можно записать:

$$F_{n+1} = f_n; \quad F_{n+2} = f_{n-1}; \quad F_{n+3} = f_{n-2}; \quad \dots, \quad f_{2n} = f_1. \quad (13)$$

Энергозатраты привода вентилятора можно оценить по уравнению энергоемкости процесса высева

$$N = \Delta p Q, \quad (14)$$

где Δp – потери давления, Па;

Q – общий расход воздуха в системе, м³/с.

По расходу воздуха и потерям давления в сети производится выбор вентилятора.

Общий расход воздуха в сети можно представить как сумму расходов воздуха в высевающих аппаратах. Тогда

$$N = \Delta p \sum_{i=1}^{2n} Q_i, \quad (15)$$

Расход Q_i определяется необходимым разрежением в вакуумной камере высевающего аппарата для его качественной работы и может быть рассчитан по уравнению Бернулли:

$$Q_i = f_v \sqrt{\frac{2p_{\text{вак}}}{\rho(1 + \zeta_{\text{ва}})}}, \quad (16)$$

где $p_{\text{вак}}$ – вакуум-метрическое давление на выходе из высевающего аппарата, Па.

Следовательно, для конкретной пропашной сеялки расход Q , необходимый для питания высевающих аппаратов, заранее определен. Переменным фактором, влияющим на энергоемкость процесса работы сеялки, являются только потери давления в системе Δp , которые могут быть определены как разность между атмосферным и полным давлением в подводящем шланге на выходе из воздухораспределителя:

$$\Delta p = p_a - \left(p_{\text{вых}} + \frac{\rho \cdot v_{\text{вых}}^2}{2} \right), \quad (17)$$

где $p_{\text{вых}}$ – статическое давление в подводящем шланге на выходе из пневматической высевающей системы, Па;

$v_{\text{вых}}$ – средняя скорость потока воздуха в подводящем шланге на выходе из пневматической высевающей системы, м/с.

Поскольку статическое давление $p_{\text{вых}}$ практически равно статическому давлению p_n , в сечении $n-n$ воздухораспределителя согласно выражению (6) будем иметь:

$$p_a - p_{\text{вых}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{отв.п}}^2}{2\mu_n^2}. \quad (18)$$

Поэтому

$$\Delta p = \zeta \frac{\rho \cdot v_{\text{вых}}^2}{2}, \quad (19)$$

где ζ – коэффициент сопротивления пневматической высевающей системы, приведенный к скорости воздуха в подводящем шланге на выходе из воздухораспределителя:

$$\zeta = \left(\frac{v_{\text{отв.п}}}{\mu_n \cdot v_{\text{вых}}} \right)^2 - 1. \quad (20)$$

Формулы (19) и (20) могут быть использованы для оптимизации параметров системы пневмопитания сеялок с целью снижения энергоемкости процесса высева.

На основе выполненных теоретических исследований установлено, что повышение точности высева семян пневматическими аппаратами связано с обеспечением стабильности единичного их отбора под действием вакуума и транспортирования с фиксированными интервалами выброса семян. В целях минимизации снижения вакуума в процессе работы вакуумная камера должна быть вращающейся. Для согласованной подачи семян к отверстию диска скорость их подачи должна быть увеличена введением дозатора-ворошителя или дозатора-ускорителя, расположенного на диске, и одновременно создающего организованный поток семян около отверстия диска. Разработаны теоретические зависимости для оптимизации параметров системы пневмопитания сеялок выбора эжектора и вакуумного насоса. Заслуживают внимания и дальнейшего обоснования параметры высевающего диска с увеличенной фаской и числом отверстий, совпадающих с нормой высева.

Литература

- 1 Тырнов Ю. А., Диденко А. И., Бешнихин А. Ю. Модернизация высевающих аппаратов // Сельский механизатор. - 2006. - № 9. - 41 с.
- 2 Астрахов В. С. Анализ пневматических централизованных систем // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1997. - № 10. - С. 33-34.
- 3 Левенец В. Н. Теоретический анализ работы пневматического высевающего аппарата при отборе семян (пропашных культур) // Совершенствование технологических процессов, конструкций сельскохозяйственных машин и животноводческого оборудования. - Кишинев, 1979. - С. 31-37.