

Обоснование параметров разбрасывателя соломы зерноуборочного комбайна

*Д.Р. Садретдинов, аспирант,
ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ*

Выращивание сельскохозяйственных культур в растениеводстве приводит к выносу с урожаем из почвы питательных веществ и снижению плодородности почвы. На фоне всё большей популяризации идей биологизации земледелия и увеличения интереса к безотвальным системам обработки почвы назревает необходимость активного использования наиболее доступного органического удобрения – соломы [1–3]. Кроме того, применение безотвальных систем обработки почвы одновременно с сокращением числа технологических операций снижает производственные затраты и себестоимость продукции [4–6].

При использовании соломы в качестве удобрения зачастую подразумевается её измельчение зерноуборочным комбайном и равномерное распределение по ширине прокоса жатки при уборке целевой культуры. Однако практика показала недо-

статочную равномерность разбрасывания соломы зерноуборочными комбайнами, не соответствующую агротребованиям [7, 8].

Материал, методы и результаты исследования. Для обеспечения равномерности распределения измельчённой соломы по поверхности поля необходимо наличие достаточной скорости воздушного потока в разбрасывающем рабочем органе, которая необходима для выдувания измельчённой соломы на всю ширину прокоса жатки зерноуборочного комбайна.

Разбрасывающий рабочий орган [9] измельчителя-разбрасывателя соломы (ИРС) зерноуборочного комбайна представляет собой набор направляющих дефлекторов, образующих каналы (отсюда и далее – направляющие каналы), по которым измельчённая солома, перемещаясь из измельчающего рабочего органа, вылетает под действием воздушного потока на поверхность поля.

Солома после измельчения на измельчающем рабочем органе проталкивается к разбрасываю-

щему рабочему органу под действием ударов ножей ротора-измельчителя и образовавшегося воздушного потока. За поверхностью заметания, образованной ножами ротора-измельчителя [10], солома перемещается лишь под действием давления воздушного потока.

Будем считать, что скорость движения измельчённой соломы, которую она получает на выходе из разбрасывающего рабочего органа, равна скорости воздушного потока. Поле скоростей, образованным воздушным потоком ИРС, пренебрежём.

На измельчённую соломинку, вылетающую с некоторой начальной скоростью из направляющих каналов, действуют сила тяжести и сила аэродинамического сопротивления (рис. 1а). Силу аэродинамического сопротивления можно разложить на составляющие по осям x и y (рис. 1б).

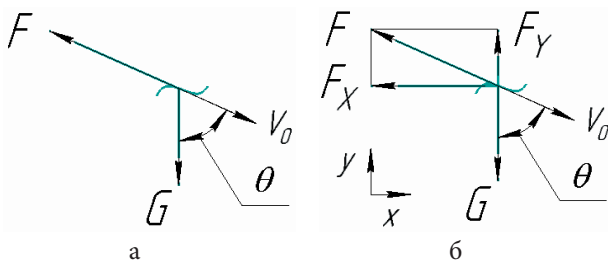


Рис. 1 – Силы, действующие на вылетающую из ИРС соломинку

Соломина во время полёта будет ориентирована своей осью под некоторым углом к нормали вектора силы аэродинамического сопротивления, т.е. почти перпендикулярно направлению перемещения, что связано с несовпадением векторов приложения силы тяжести и силы аэродинамического сопротивления, действующих на летящую соломинку, обусловленным несовершенством её геометрической формы. Изменение ускорения летящей соломинки выразится системой уравнений:

$$\begin{cases} a_x = F_x/m; \\ a_y = (F_y - G)/m \end{cases}, \quad (1)$$

где F_x, F_y – составляющие силы аэродинамического сопротивления, Н;
 G – сила тяжести, Н.

Расписав действующие силы, получим:

$$\begin{cases} a_x = (C_x \rho V_x^2 \cos \theta) / 2m; \\ a_y = g \left(\frac{C_x \rho V_y^2 \sin \theta}{2mg} - 1 \right) \end{cases}, \quad (2)$$

где C_x – коэффициент аэродинамического сопротивления;
 S – площадь миделева сечения соломины, m^2 ;
 ρ – плотность воздуха, kg/m^3 ;
 V_x, V_y – составляющие скорости воздушного потока, m/c ;

θ – угол установки основания разбрасывателя к уровню земли, град;

m – масса соломины, kg ;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

Скорость полёта соломины с учётом наличия начальной скорости будет определяться системой уравнений:

$$\begin{cases} V_x = V_{0x} + a_x t; \\ V_y = V_{0y} + a_y t, \end{cases} \quad (3)$$

где V_{0x}, V_{0y} – составляющие начальной скорости полета соломины, m/c .

Подставив выражение (2) в (3) получим:

$$\begin{cases} V_x = V_0 \cos \theta + \frac{C_x \rho V_x^2 \cos \theta}{2m} t; \\ V_y = V_0 \sin \theta + g t \left(\frac{C_x \rho V_y^2 \sin \theta}{2mg} - 1 \right). \end{cases} \quad (4)$$

Перемещение соломины будет определяться системой уравнений:

$$\begin{cases} X = V_x t = \left(V_0 \cos \theta + \frac{C_x \rho V_x^2 \cos \theta}{2m} t \right) t; \\ Y = V_y t = \left(V_0 \sin \theta + g t \left(\frac{C_x \rho V_y^2 \sin \theta}{2mg} - 1 \right) \right) t. \end{cases} \quad (5)$$

Из выражения (5) следует, что дальность разбрасывания соломы тем больше, чем выше начальная скорость полёта соломины и чем меньше угол наклона основания разбрасывателя к уровню земли, масса соломины и её аэродинамическое сопротивление, т.е. чем меньше её длина.

Для равномерного распределения измельчённой соломы по поверхности поля помимо достаточной скорости воздушного потока необходимо, чтобы солома передавалась равномерно по всей ширине ИРС – от измельчающего к разбрасывающему рабочему органу.

Кроме того, необходимо обеспечить пропорциональность величин зазоров во входных каналах разбрасывающего рабочего органа ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) относительно величин участков ширины прокоса жатки комбайна ($x'_1, x'_2, x'_3, \dots, x'_n$), нагляднее это показано на рисунке 2.

При этом каждый направляющий канал должен направлять поток выдуваемой соломы в середину участка прокоса жатка, для него предназначенного, для минимизации неравномерности, возникающей при выдувании соломы каждым каналом. Кроме того, поток воздуха, срывающийся с внутреннего направляющего дефлектора, будет стремиться отклониться в его сторону, что связано с наличием эффекта Коанда, который также необходимо учитывать.

Зная расстояние, на которое разбрасывающий рабочий орган ИРС способен переместить солому, можно определить углы установки направляющих дефлекторов:

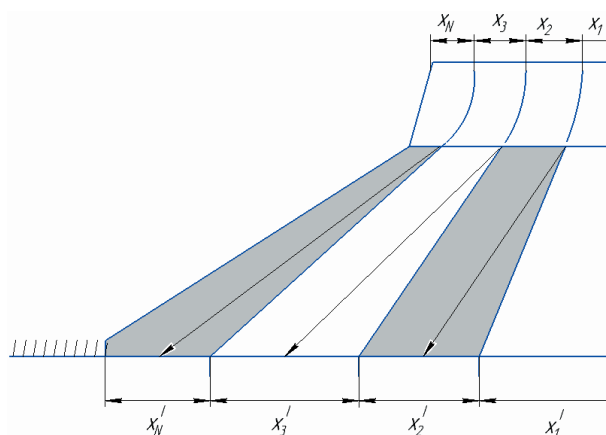


Рис. 2 – Соотношение входных зазоров в каналах и участков ширины прокоса жатки комбайна

$$a_i = \arctg\left(\frac{\sum b_i - \sum a_i + 0,5b}{L}\right) + a_k, \text{ (град)}, \quad (6)$$

где i – порядковый номер дефлектора от плоскости симметрии;

a, b – величины, зависящие от ширины разбрасывания соломы и ширины корпуса ИРС, количества направляющих дефлекторов и дальности разбрасывания, м;

L – минимальное расстояние разбрасывания, от точки срыва соломы с дефлекторов до момента касания с грунтом (проекция на ось, параллельную направлению движения комбайна), м;

α_k – угол изменения направления разбрасывания содомы, связанный с эффектом Коанда, град.

В простейшем случае значения выходных зазоров a_i (рис. 3) равны входным зазорам x_i (рис. 2), однако возможно изменение значений данных величин для придания направляющим дефлекторам эффекта конфузора или диффузора.

В связи с малой длиной направляющего дефлектора относительно длины разбрасывания соломы и для упрощения расчётного случая примем, что $a_i = x_i$.

Тогда величины a и b определяются из выражений (7) и (8):

$$a = \frac{A}{z}, \text{ (м)}, \quad (7)$$

где A – ширина корпуса измельчающего рабочего органа, м;

z – число направляющих дефлекторов.

$$b = \frac{B}{z}, \text{ (м)}, \quad (8)$$

где B – ширина разбрасывания, м.

Солома, вылетающая из боковых направляющих каналов, должна преодолеть большее расстояние, чем вылетающая из центральных. В связи с этим необходимо наличие разных скоростей воздушного потока в направляющих каналах: меньшая – в центральных каналах и большая – в боковых.

Определены силы, действующие на измельчённую соломинку, вылетающую из разбрасывающего рабочего органа ИРС. Описаны уравнения

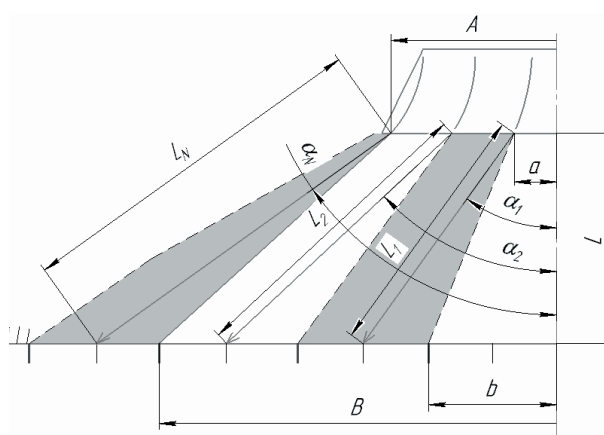


Рис. 3 – Определение расстояния перемещения соломины

перемещения измельчённой соломы. Определены углы установки направляющих дефлекторов в зависимости от ширины прокоса и корпуса ИРС, а также количества дефлекторов.

Выводы. Перемещение измельчённой соломы, вылетающей из разбрасывающего рабочего органа ИРС зерноуборочного комбайна, необходимо рассматривать с учётом её аэродинамического сопротивления.

В связи с различностью длины разбрасывания соломы скорость воздушных потоков в направляющих каналах должна также отличаться, т.е. в крайних направляющих каналах должна быть выше, чем в центральных.

Литература

1. Мингалев С.К. Солома и сидерат как удобрение и способы их заделки // Аграрный вестник Урала. 2015. № 6. С. 10–13.
2. Анисимова Т.Ю. Ресурсосберегающая роль люпина и солом в звене севооборота на основе баланса NPK // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2005. № 4 (8). С. 26–59.
3. Константинов М.М., Глушков И.Н. Оценка уровня потери зерна за порционной жаткой, оснащённой устройством для образования стерневых кулис // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (59). С. 86–89.
4. Лимарев А.С. Повышение эффективности производства на основе внедрения инновационной стратегии предприятия / А.С. Лимарев, А.Б. Моллер, М.М. Константинов, И.Н. Глушков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 4 (54). С. 69–72.
5. Есембекова А.У., Мухина Е.Г. Обновление материально-технических средств в сельском хозяйстве за счёт применения ресурсосберегающих технологий // Аграрный вестник Урала. 2010. № 6. С. 26–27.
6. Золотарева Е.Л., Архипов К.В. Экономическая эффективность применения ресурсосберегающих технологий в растениеводстве // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 3. С. 4–6.
7. Скорляков В.И., Юрина Т.А., Негреба О.Н. Показатели качества измельчения и разбрасывания соломы зерноуборочными комбайнами ведущих фирм // Техника и оборудование для села. 2013. № 3. С. 30–33.
8. Мартышов А.И. Показатели качества разбрасывания незерновой части урожая зерноуборочными комбайнами ДОН-1500Б и Палессе GS12 // Агротехника и энергообеспечение. 2014. № 1. С. 45–49.
9. Садретдинов Д.Р. Обзор технических устройств для измельчения и разбрасывания соломы зерноуборочных комбайнов // Достижения науки – агропромышленному производству: матер. междунар. науч.-технич. конф. Челябинск: ЧГАА, 2015. Ч. 3. С. 180–185.
10. Садретдинов Д.Р. Взаимосвязь длины измельчения соломы и конструктивного исполнения измельчителя-разбрасывателя соломы // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 5. С. 42–45.