

него левого колеса трактора и крайнего правого колеса сцепки составляет около 4,65 метра.

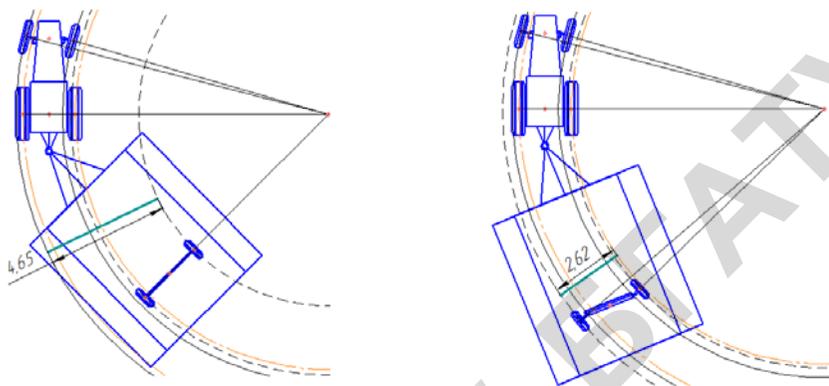


Рисунок 1 – Схема поворота полунавесных сельскохозяйственных агрегатов с неуправляемой и управляемой осью транспортных колёс

#### **Заключение**

Система 4-Wheel Steering, на прицепных и полунавесных сельскохозяйственных агрегатах, позволяет сократить ширину поворотной полосы, уменьшить расход топлива и повысить производительность машинно-тракторного агрегата.

#### **Литература**

1. «wiseGEEK» [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.wisegeek.com/what-is-four-wheel-steering.htm> – Дата доступа 10.02.2013.

**УДК 631.3.004**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ УБОРКЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

**Антонишин Ю.Т., к.т.н., доцент, Маркевич В.В.,  
Носко В.В., Сокол В.А.**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

#### **Введение**

Сократить непроизводительные проезды можно правильной разбивкой полей и выбором способа движения с использованием спутниковой навигации и системы параллельного вождения.

### **Основная часть**

В настоящее время обоснованы эффективные агроприемы возделывания и уборки сельскохозяйственных культур, обеспечивающие получение высоких урожаев. Но агротехническая наука запаздывает с реализацией высоких технологий. *Прямое комбайнирование* – наиболее распространенный способ уборки. Зерноуборочный комбайн жаткой срезает или очесывает растения, обмолачивает хлебную массу, выделяет из нее зерно, очищает и помещает его в бункер, а незерновую часть собирает в копнитель либо укладывает в валок, или измельчает и разбрасывает по полю. Процессы выполняются одновременно. Этим способом убирают равномерно созревающие, мало засоренные культуры, и культуры с подсевом трав. Уборку начинают при полной спелости зерна влажностью не более 25 %. На производительность зерноуборочных комбайнов влияет ширина захвата жатки, скорость и время основной работы. Целесообразно увеличивать время основной работы за счет уменьшения времени холостого хода. Решение этой задачи возможно при использовании систем точного позиционирования.

Производительность ( $W_{см}$ , га) с использованием системы спутниковой навигации

$$W_{см} = 0,1 B_p S_p \quad (1)$$

где  $B_p$  – ширина захвата жатки, м;  $S_p$  – рабочий ход, км,

Величина  $S_p$  определяется по формуле

$$S_p = S_{об} \varphi, \quad (2)$$

где  $\varphi$  – коэффициент рабочего хода,  $S_{об}$  – общий пробег, км.

Значение  $S_{об}$  – за определенный промежуток времени (за время смены) дает система позиционирования.  $S_{об}$  включает в себя  $S_p$  и  $S_{пп}$  производительные переезды

$$S_{об} = S_p + S_{пп} \quad \text{или} \quad S_{об} = S_p + S_x + S_{заг} + S_{отд} + S_{раз} \quad (3)$$

Из-за существования возможности сведения к минимуму производительных переездов, связанных с  $S_{заг}$ ,  $S_{отд}$ ,  $S_{раз}$  а спрогнозировать их закономерность достаточно сложно, рассмотрено влияние  $S_x$  на коэффициент рабочих ходов. Зерноуборочные комбайны в хозяйствах Республики работают бригадным способом. При этом в бригадах выделены звенья, для каждого из которых на поле выделяется отдельный загон. На одном загоне уборку ведут от 2 до 8 комбайнов. Основным способом движения является гоновый с расширением прокоса. При этом комбайны совершают движение от центрального прокоса, а затем к центру. Зерноуборочные комбайны в хозяйствах Республики работают бригадным способом. При этом в бригадах выделены звенья, для каждого из которых на поле выделяется отдельный загон. На одном загоне уборку ведут от 2 до 8 комбайнов. Основ-

ной способ движения — гоновый с расширением прокоса. При этом комбайны двигаются от центрального прокоса, а затем к центру.

Суммарный холостой ход от прохода  $N$  комбайнов на загоне составит

$$S_{xN} = 2Ck - \sum_1^N N \times B(k+2) = 2Ck - \frac{BN(N+1)}{2}(k+2),$$

$$S_{xN} = 2Ck - \sum_1^N N * B(k+2) = 2Ck - \frac{BN(N+1)}{2} (k+2) \quad (4)$$

где  $C$  – ширина загона, м;  $B$  – ширина захвата жатки, м;  $k$  – количество кругов на загоне.

Заменив  $k$  в выражении (4) на  $\frac{C}{2B}$  получим

$$S_{xN} = \frac{2C^2 - 0,5BN(N+1)(C+2B)}{2B}. \quad (5)$$

Таким образом, выражение (5) дает возможность вычислить сумму расстояния холостых ходов группы зерноуборочных комбайнов на всем загоне (поле) в зависимости от его ширины без учета поворота.

Траектория поворота составляет  $\pi/2$  рад и представляет собой кривую в соответствии с рисунком 1. При повороте комбайн проходит по кривой АВ. Все комбайны совершат общее количество поворотов  $4 \times 1,14r \times k$ . Зная, что количество кругов на загоне  $k = \frac{C}{2B}$ , получим

$$S_{xn} = \frac{2C^2 - 0,5BN(N+1)(C+2B)}{2B} + 4 \times 1,14r \frac{C}{2B}, \quad (6)$$

$$S_{xn} = \frac{2C(C+2,28r)^2 - 0,5BN(N+1)(C+2B)}{2B}. \quad (7)$$

Из полученных выражений видно, что при движении в загоне с правыми поворотами (к центру) первый комбайн выполняет больший холостой ход, по сравнению с другими комбайнами, а при движении с расширением прокоса (от центра) – наоборот. Этим объясняется смысл чередования загонов.

На участках прямоугольной формы при неизменной рабочей длине  $L$  и гоновых способах движения коэффициент  $\varphi$  определяют для одного цикла движения агрегата по формуле

$$\varphi = \frac{L}{L + S_x}, \quad (8)$$

где  $S_x$  – среднее значение холостого хода на загоне для группы комбайнов.

Анализ закономерности холостого хода позволил определить его среднее значение при условии, что все агрегаты выполняют одинаковое количество рабочих ходов на загоне.

$$S_x = z + l_{\text{пов}}, \quad (9)$$

где  $z$  – коэффициент холостого хода для загонного способа движения, м;  $z = 2NB$ ;  $l_{\text{пов}}$  – длина поворота равная  $2 \times 1,14r$ , м.

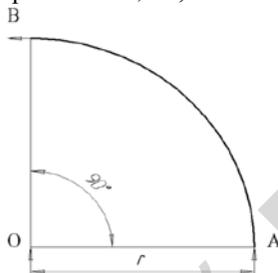


Рисунок 1 — Траектория поворота комбайна

Подставив полученные выражения в (9), получим

$$S_x = 2NB + 2,28r. \quad (10)$$

Коэффициент рабочих ходов на загоне с учетом непроизводительных проездов, зависящих от способа движения, после преобразований примет вид

$$\varphi_{\text{цн}} = \frac{L}{L + 2NB + 2,28r} \quad (11)$$

При работе группы агрегатов на подборе валков челночным способом, комбайн с установленным подборщиком при заходе на следующий валок отсчитывает число валков  $N - 1$  и продолжает уборку.

На прямом комбайнировании этот способ вызывает трудности, из-за того, что комбайн, движущийся первым, после поворота не имеет ориентира. При этом возникает необходимость использования систем точного позиционирования. Установка системы на ширину  $\sum_1^{N-1} B$  позволит успешно использовать этот способ движения, но только в случае, когда комбайны заходят в загон с интервалом времени.

Холостой ход будет постоянным на всем протяжении загона (поля) для каждого комбайна

$$S_{11} = S_{12} = \dots = S_{21} = \dots = S_{k1} = BN, \quad (12)$$

где  $B$  – ширина захвата жатки, м;  $N$  – количество зерноуборочных комбайнов, одновременно работающих на поле и движущихся друг за другом.

При выходе всех комбайнов в загон с небольшим интервалом времени преобразуем траектории движения группы комбайнов, обеспечивающие равный холостой ход рисунок 2. Выражение (12) справедливо и для рисунка 2. С учетом поворота холостой ход увеличится на  $2,28r$ . Формула для нахождения холостого хода всех  $N$  комбайнов с учетом поворота примет вид

$$S_{xN} = \frac{(BN + 2,28r) \cdot NC \cdot (C - B)}{B} \quad (13)$$

Тогда коэффициент рабочих ходов при движении группы зерноуборочных комбайнов челночным способом

$$\Phi_{чN} = \frac{CL}{CL + (BN + 2,28r) \cdot NC \cdot (C - B)'} \quad (14)$$

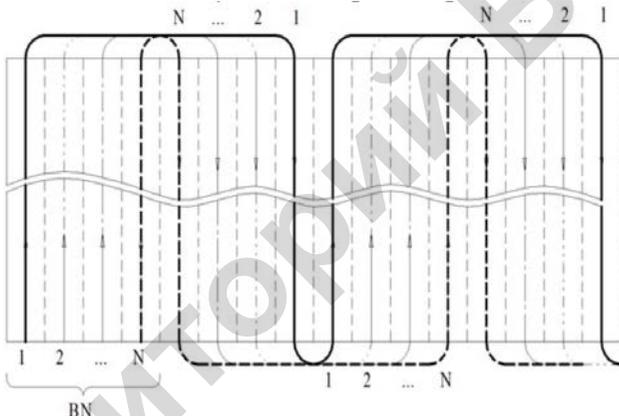


Рисунок 2 – Движение комбайнов преобразованным способом

Из выражения (14) видно, что при движении комбайнов челночным способом с увеличением количества уборочных агрегатов группы коэффициент рабочих ходов уменьшается. При правильной конфигурации поля формула (14) преобразуется следующим образом

$$S_x = \frac{z}{2} + l_{пов} = NB + l_{пов}, \quad (15)$$

$$\Phi_{чN} = \frac{L}{L + NB + 2,28r} \quad (16)$$

Круговой способ движения комбайнов применяют на полях неправильной конфигурации (или) с длиной гона менее 400 м. Недостаток спо-

соба в том, что первый комбайн выполнит больший по сравнению с другими рабочий ход. Например, на загоне площадью 15 га в группе из 6 комбайнов последний проходит на 2,2 км меньше первого.

Определена ширина загона в зависимости от количества комбайнов, обеспечивающая одинаковое количество кругов для всех агрегатов звена. Результаты обработки данных систем точного позиционирования показывают, что на уборке зерновых культур коэффициент рабочих ходов составляет в среднем 0,60.

Сократить непроизводительные проезды можно правильной разбивкой полей и выбором способа движения с использованием спутниковой навигации и системы параллельного вождения. На коэффициент рабочих ходов более всего влияет способ движения. При челночном способе он больше, чем при других способах движения. На уборке круговым способом увеличение количества комбайнов ведет к увеличению коэффициента рабочих ходов. Челночный способ движения целесообразен при количестве комбайнов в группе не более 5.

#### **Заключение**

Установлено, что до 40 % всего пройденного пути затрачивается комбайном на холостые проезды. Факторами, оказывающими влияние на эффективность уборки урожая, являются выбор способа движения и правильная разбивка поля на загоны, которая невозможна без системы точного позиционирования и параллельного вождения.

#### **Литература**

1. Шило, И.Н. Обобщенный показатель для комплексной оценки машин и технологий / И.Н. Шило, Е.Г. Родов // Интенсификация с.-х. производства и формирование системы машин. – Минск: НПО «Белсельхозтехника», 1989.