

*АЛЕКСЕИЧИК Н. А.,
кандидат технических наук;
МОИСЕЕНКО В. Д.,
аспирант*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ ТУКОВ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ РАЗБРАСЫВАТЕЛЕЙ ВЕНТИЛЯТОРНОГО ТИПА

Всемерное повышение урожайности с каждого гектара земли — основа ускоренного развития сельского хозяйства. В черноземной зоне, где почвы бедны питательными веществами и отличаются повышенной кислотностью, на первый план выдвигается известкование и систематическое внесение органических и минеральных удобрений.

Однако многие машины для внесения удобрений в почву еще не отвечают предъявленным требованиям. Особенно большие недостатки имеют машины для предпосевного внесения удобрений под вспашку, боронование и культивацию. Этим способом в почву вносят почти все органические и около 70% минеральных удобрений.

Низкая производительность машины по внесению удобрений сдерживает своевременное проведение сельскохозяйственных работ, что резко снижает урожайность.

В современных конструкциях машин для внесения минеральных удобрений широко применяют центробежные разбрасыватели различных типов.

Центробежный разбрасыватель — диск прост и надежен в работе при небольшой металлоемкости. Он обеспечивает высокую производительность. Однако наряду с положительными качествами дисковый рабочий орган имеет крупный недостаток — он не дает равномерного распределения удобрений по площади. Для устранения этого недостатка предлагают калоты различной формы, изменяют место подачи удобрений на диск, форму лопаток и их расположение на диске и другие приспособления. Но желаемого результата этими мерами не достигают. Совершенствование центробежных разбрасывателей возможно усилением исследовательской работы по улучшению их конструкций, а также разработкой машин, работающих по другим технологическим схемам и принципам.

В настоящее время в народном хозяйстве нашей страны и за рубежом на погрузочно-разгрузочных работах и при транспортировке сыпучих материалов широко применяются машины с ра-

бочими органами, работающими по принципу центробежного вентилятора.

В связи с этим, нами была исследована возможность применения вентилятора в качестве рабочего органа для равномерного рассева удобрений. Лучшие результаты показал вентилятор ЦП-7-40 № 5 (ПВ-5), отвечающий требованиям ГОСТа 5976—5.

Центробежными разбрасывателями невозможно внести механические тукосмеси из-за неоднородности гранулометрического состава, что приводит к расслоению на первоначальные компоненты и дает резкую неравномерность при распределении их по поверхности. При действии же на разбрасываемые туки только воздушного напора легкие фракции приобретают в воздушном потоке большую скорость движения и преодолевают большее расстояние, чем тяжелые фракции, в результате чего происходит также деление удобрений по фракциям.

Следует заметить, что в данном случае происходит обратное сортирование удобрений по фракциям, чем при дисковых центробежных разбрасывателях. При совместном действии центробежной силы и воздушного напора на разбрасываемые удобрения происходит выравнивание скоростей полета различных фракций, что положительно сказывается на общей равномерности разброса, особенно для тукосмесей.

В результате увеличения площади выходного канала испытываемого вентилятора за счет симметрического выреза по обеим сторонам боковин кожуха по всей его высоте получили: угол разбрасывания $170\text{--}180^\circ$; ширину захвата $25\text{--}30\text{ м}$ и неравномерность разбрасывания $11,3\text{--}19,4\%$.

Анализируя работу подающих механизмов центробежных разбрасывателей минеральных удобрений, мы пришли к выводу, что существующие подающие механизмы не в состоянии обеспечить равномерную бесперебойную подачу удобрений на разбрасывающие органы. Нами предложен и исследован новый подающий механизм — диск-днище (рис. 1) диаметром 1500 мм , вращающийся со скоростью $5\text{--}6\text{ об/мин}$. При вращении диск увлекает нижний слой туков из кузова за счет силы трения их о ее поверхность. Движущийся слой туков передает за счет трения свой импульс вышележащим слоям, не соприкасающимся непосредственно с днищем, и возбуждает движение этих слоев к дозирующему окну, величина которого изменяется регулирующей заслонкой.

Параметры кузова для туков выбираются так, чтобы при работе подающего механизма туки в кузове свободно оседали по мере выноса, т. е. без образования сводов.

В результате изучения физико-механических свойств туков было установлено, что коэффициент трения их по стали с повышением влажности уменьшается. Поэтому, если кузов для туков

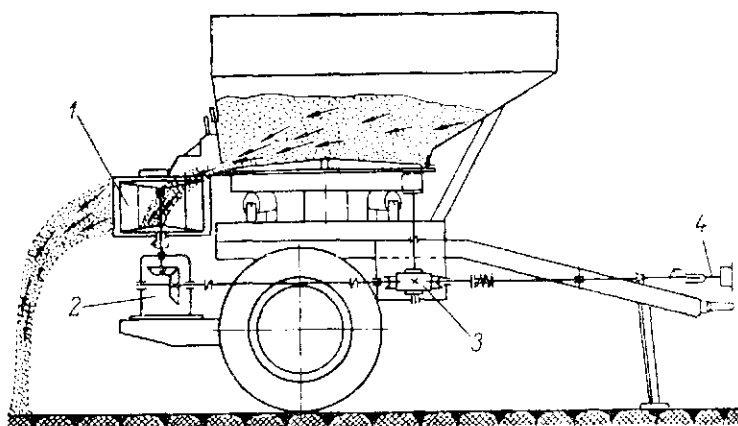


Рис. 1. Технологическая схема вентиляторного разбрасывателя РВ-30:

1 — вентилятор ЦП-7-40; 2 — ускоритель; 3 — редуктор; 4 — вал отбора мощности.

будет иметь по высоте активного слоя форму цилиндра или конуса, то туки, оседая при работе подающего механизма, будут совершать трение о стенки кузова, а не о тук, чем будут созданы условия оседания всей массы туков в кузове без образования сводов.

Работоспособность такого подающего механизма зависит от физико-механических свойств туков (коэффициент трения туков о днище f_1 , коэффициент внутреннего трения f и подвижность-сыпучесть туков m).

Если

$$f_1 \geq f \quad (1)$$

и туки имеют высокий коэффициент подвижности ($m > 15$), то вращающимся днищем будет выноситься из кузова активный слой туков.

Если

$$f_1 < f, \quad (2)$$

то свободного выноса не будет, так как днище будет проскальзывать относительно туков в кузове. Поэтому, чтобы производить вынос туков повышенной влажности дисковым днищем-транспортёром, нужно добавить к днищу элементы принудительного выноса, т. е. закрепить над ним отражатель под углом к направлению вращения днища. На удобрение у отражателя будет действовать в начальный момент сила трения p (рис. 2, а) этого материала о днище, направленная по ходу вращения. Эту силу разложим на силу p_1 , называемую началом движения:

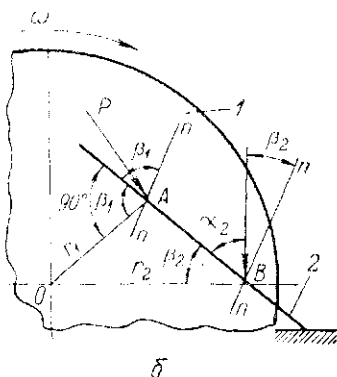
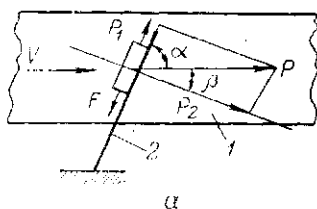


Рис. 2. а) Схема взаимодействия ленточного транспортера с плоским клином;

1 — транспортер; 2 — плоский клин;
б) схема взаимодействия днища транспортера с плоским клином;

1 — днище; 2 — плоский клин.

Чтобы сила p_1 вызвала начало движения частиц вдоль отражателя, нужно условие: $p_1 > F$
или

$$p \sin \beta > p f_2 \cos \beta, \quad (6)$$

откуда

$$\beta > \varphi_2. \quad (7)$$

Учитывая, что $\beta = 90^\circ - \alpha$, получим

$$\alpha < 90^\circ - \varphi_2, \quad (8)$$

где φ_2 — угол трения материала о поверхность отражателя. Очевидно, что чем больше φ_2 , тем меньше должен быть угол α . При вращении днища, над которым установлен неподвижный плоский скребок, приведенное выше условие (8) является необходимым, но недостаточным для обеспечения движения материала вдоль отражателя, так как угол α переменный.

Из рис. 2, б видно, что угол между профилем плоского отра-

$$p_1 = p \sin \beta, \quad (3)$$

где $P = mgf_1$;

m — масса материала;

g — ускорение силы тяжести;

f_1 — коэффициент трения материала о днище;

β — угол между нормалью к отражателю и направлением касательной к траекториям движения точек днища; и силу P_2 , вызывающую трение этого материала об отражатель

$$p_2 = p \cos \beta, \quad (4)$$

откуда сила трения F об отражатель будет равна

$$F = p_2 f_2 = p f_2 \cos \beta, \quad (5)$$

где f_2 — коэффициент трения материала об отражатель.

Сила F направлена в противоположную сторону силы p_1 . Поэтому, если $p_1 \leq F$, то движение материала вдоль отражателя не наступит и отражатель будет сгуживать его впереди себя.

жателя и радиусом-вектором в любой точке его β_1 и β_2 отвечает следующей зависимости:

$$\beta = \arcsin \frac{R}{r}, \quad (9)$$

где R — расстояние от центра диска до отражателя;
 r — радиус-вектор в любой точке отражателя.

Из формулы (8) следует, что угол β не является постоянной величиной, а уменьшается с уменьшением радиуса-вектора r . Максимальное значение угла β будет в начале отражателя (угол β_1 в точке A) и минимальное значение этого угла будет при сходе материала с отражателя (угол β_2 в точке B).

Угол по зависимости

$$\alpha = 90^\circ - \beta, \quad (10)$$

наоборот, будет увеличиваться при сходе с отражателя. Следовательно, и условия движения материала по отражателю будут ухудшаться с удалением от центра днища, т. е. при равномерном вращении днища плоский отражатель не может создать одинаковых условий движения материала по всей его поверхности. Это приводит к торможению материала при сходе его с отражателя и днища, к сгуживанию или к залипанию отражателя при высеке туков повышенной влажности.

Для создания одинаковых условий движения материала по всей поверхности отражателя, необходимо, чтобы угол α был постоянным, т. е. $\alpha = \text{const}$.

Достичь этого возможно только при криволинейном отражателе, у которого угол β , образуемый касательной к любой точке его поверхности с направлением радиуса-вектора, проведенного в эту точку от центра вращения, должен быть постоянным.

Логарифмическая спираль, определяемая в полярных координатах уравнением

$$\rho = \rho_0 e^{\text{ctg } \beta \Theta}, \quad (11)$$

удовлетворяет условию $\beta = \text{const}$,

где β — угол между касательной к кривой в любой точке и соответствующим радиусом-вектором;

Θ — полярный угол;

ρ — радиус-вектор, соответствующий данному Θ ;

ρ_0 — значение ρ при $\text{ctg } \beta \Theta = 0$ или $\Theta = \frac{\pi}{2\beta}$.

Поверхность логарифмической спирали создаст условия движения туков по поверхности отражателя во всех его точках и одинаковое давление, что устраняет залипание рабочей поверхности отражателя.

Но условия начала движения частиц вдоль отражателя недостаточны для того, чтобы частица совершила движение вдоль отражателя. Относительная скорость движущейся частицы и, следовательно, сила трения о днище будут отклонены от нормали к поверхности отражателя не на угол β , а на меньший угол ε (рис. 3).

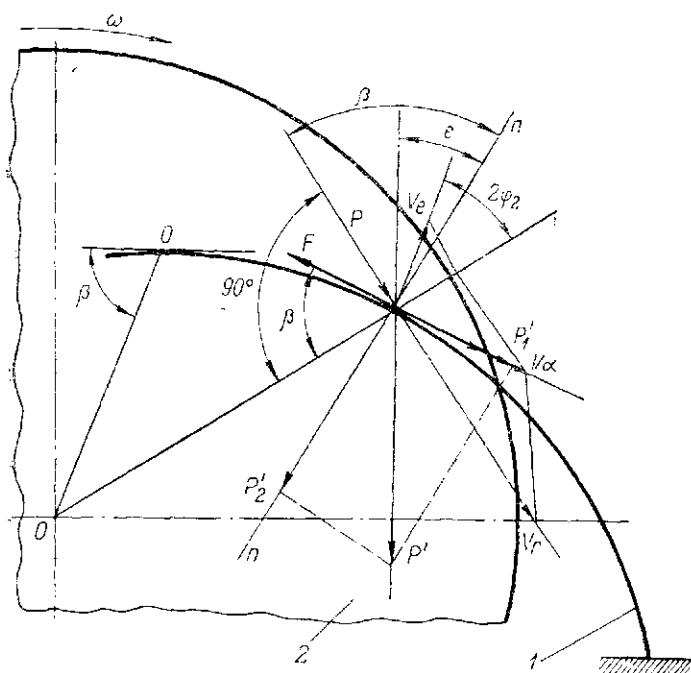


Рис. 3. К обоснованию угла профиля криволинейного отражателя:
1 — днище, 2 — криволинейный отражатель.

Разложим силу p' на касательную, являющуюся движущей силой

$$p'_1 = p' \sin \varepsilon = mg f_1 \sin \varepsilon \quad (12)$$

и на нормальную

$$p'_2 = p' \cos \varepsilon = mg f_1 \cos \varepsilon. \quad (13)$$

Сила трения туков об отражатель будет равна

$$F = mg f_1 f_2 \cos \varepsilon, \quad (14)$$

где ε — угол между нормалью к поверхности отражателя и вектором относительной скорости туков.

Согласно рис. 3 при условии движения туков угол ε будет находиться в пределах

$$\beta > \varepsilon > \varphi_2. \quad (23)$$

Для цепного туковысевающего аппарата М. Л. Кругляков (1947) установил, что угол наклона пальца (в нашем случае это угол α) следует принимать 25° .

В результате исследования физико-механических свойств туков мы пришли к выводу, что угол $\alpha = 25^\circ$ является рациональным для хорошей работы подающего механизма.

Исходя из вышесказанного, рабочую поверхность отражателя следует профилировать по логарифмической спирали с углом

$$\beta = 90^\circ - 25^\circ = 65^\circ.$$

Такой дисково-отражательный подающий механизм в состоянии обеспечить бесперебойную подачу удобрений на разбросной орган.

Кузов центробежного разбрасывателя должен вмещать не менее 3 т удобрений, чтобы обеспечить нормальную цикличность работы [1]. Цилиндрическая и коническая формы не в состоянии обеспечить такой емкости с минимальной высотой. Чтобы обеспечить заданный объем, необходимо после активного слоя туков над днищем расширить кузов, придать ему форму обычного прямоугольного кузова со скатым дном в сторону вращающегося подающего механизма.

Слежавшиеся комья туков вместе с общей массой оседают на днище и при вращении последнего защемляются между лопатками и отражателем и разрушаются. Крупные комья (глыбы) туков, кроме того, перемещаются по отражателю к выходному окну, где дополнительно измельчаются ножами-штырями, проходящими через вертикальные вырезы-пазы в отражателе по размеру ножей. Дальнейшее измельчение и перемешивание происходит за счет внутреннего трения туков при разности скоростей вращения по высоте активного слоя, т. е. данная конструкция механизма позволяет разбрасывать слежавшиеся туки без предварительного измельчения, просеивания и смешивания.

Опытные рабочие органы: вращающееся днище как подающий элемент и вентиляторный разбрасыватель конструктивно объединены в самостоятельную прицепную машину (рис. 1).

Низкие трудовые затраты и окупаемость капитальных вложений, затраченных на приобретение машины. — главный показатель, определяющий экономическую эффективность машины.

Произведенный расчет затрат труда и прямых издержек на внесение минеральных удобрений вентиляторным разбрасыва-

телем наглядно показал его экономическую выгодность, так как общие прямые издержки на 1 га составляют 0,87 руб., в то время как для центробежного разбрасывателя РУМ-3 (одного из лучших отечественных разбрасывателей) они составляют 1,2 руб. на 1 га.

Выводы

1. В сельскохозяйственном производстве для разбрасывания туков наиболее широкое применение находят центробежные разбрасыватели в силу простоты их конструкции.

2. Центробежные разбрасыватели имеют ряд существенных недостатков:

сортирование частиц по фракциям при разбрасывании приводит к неравномерности внесения туков;

относительно малая ширина захвата ввиду действия только центробежной силы (воздушный напор отсутствует).

3. Вентиляторные разбрасыватели в состоянии обеспечить лучшую равномерность внесения туков, так как при совместном действии центробежной силы и воздушного напора происходит выравнивание скоростей полета различных фракций, а также обеспечивают значительно большую ширину захвата (производительность), чем центробежные.

4. В силу существенных преимуществ вентиляторные разбрасыватели необходимо шире внедрять в сельскохозяйственное производство, изготавливая их в производственных мастерских на базе вентиляторов и других деталей сельскохозяйственных машин, а также усилить исследовательскую работу по разработке универсальных вентиляторных разбрасывателей.

5. Одновременно с внедрением вентиляторных разбрасывателей необходимо экспериментировать и осваивать такой вид подающего механизма, как вращающееся днище, имеющее явные преимущества перед цепными и шнековыми подачами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Завалишин Ф. С. Оптимальные параметры разбрасывателей. Труды Казанского СХИ, вып. 45-й, 1961.