

## Конструкционные предпосылки модернизации лопастных смесителей

*А.Ю. Титов, аспирант, ФГБОУ ВО Самарская ГСХА*

В сельскохозяйственном производстве широко применяются устройства для смешивания и транспортировки зерновой смеси. Данному вопросу посвящено множество работ, в которых обоснованы параметры лопастных смесителей, представлены исследования по качественным показателям процесса и энергоёмкости [1–8].

**Материал и методы исследования.** Гомогенизация смеси – процесс многофакторный, однако можно выделить ряд факторов, характеризующих как сам процесс, так и его результат [9–11]. Один из них – скорость вращения вала смесителя. Изменение его скорости неизбежно приводит к изменению относительной скорости частиц смеси. Отрицательным моментом повышения скорости является повышение турбулентности, которое помимо энергозатрат увеличивает неуправляемость процессом. Следующий фактор – площадь рабочего органа. Очевидно, что чем больше частиц смеси находится

в контакте с рабочим органом, тем больше возмущающее влияние этого органа на прилежащие слои формируемой смеси. Другой фактор – форма поверхности рабочего органа. Форма эта может быть такова и ориентирована относительно оси вала таким образом, что энергоёмкость может быть неоправданно высокой, а производительность и качество процесса не приведут к адекватному эффекту (рис. 1).

Остальные возможные факторы, в том числе физико-механические свойства материала, можно считать маловлияющими на основные технические показатели. Таким образом, техническое решение поставленной задачи ограничивается следующими условиями:

- рабочий орган должен обеспечивать достаточно высокую окружную скорость частиц при минимуме турбулентности;
- площадь рабочего органа должна возрастать по мере удаления от оси вращения и по мере повышения окружных скоростей;

– форма поверхности рабочего органа должна быть рациональной настолько, чтобы при минимальной турбулентности обеспечивать необходимое продвижение смеси в сторону выгрузного окна.

**Результаты исследования.** Конструктивным решением задачи может быть радиально ориентированная относительно вала смесителя прикреплённая к валу лопасть, расширяющаяся по мере удаления от вала и находящаяся под некоторым углом к плоскости ортогональной к оси вала. Иначе говоря, лопасть должна находиться под углом к поперечной плоскости контактируемого материала, который принято называть углом атаки (рис. 2).

Из конструктивных соображений форма лопасти принимается трапециевидальной, т.е. плоская развёртка представляет собой равнобедренную трапецию. Крепление её к валу узкой частью обеспечивает максимальную площадь контакта с материалом в зоне максимальных окружных скоростей. Однако ориентация точек поверхности лопасти относительно радиуса, проведённого в точку крепления, имеет два конструктивных решения. Первое заключается

в том, что поверхность лопасти наклонена к поперечному сечению смесителя под постоянным углом (углом атаки) (рис. 2). В отличие от первого, во втором варианте угол атаки будет переменным, находясь в диапазоне от 0 до 90 град. Это значит, что крайняя (наиболее удалённая от оси) кромка будет расположена параллельно оси вращения, а ближняя кромка закреплена на поверхности вала вдоль его оси. Динамическое значение такой формы заключается в том, что контактирующие частицы смеси будут захватываться широкой частью лопасти и с нарастающим усилием перемещаться в радиальном направлении к оси вала. При этом винтообразная форма лопасти будет создавать вращательный момент вокруг некоторого (переменного) центра вращения, что сделает траекторию каждой отдельной частицы спиралевидной (рис. 2). С точки зрения внешнего воздействия такой конструкции на контактирующую частицу можно отметить три основные внешние силы:

- окружная сила;
- центробежная сила;
- крутящий момент.

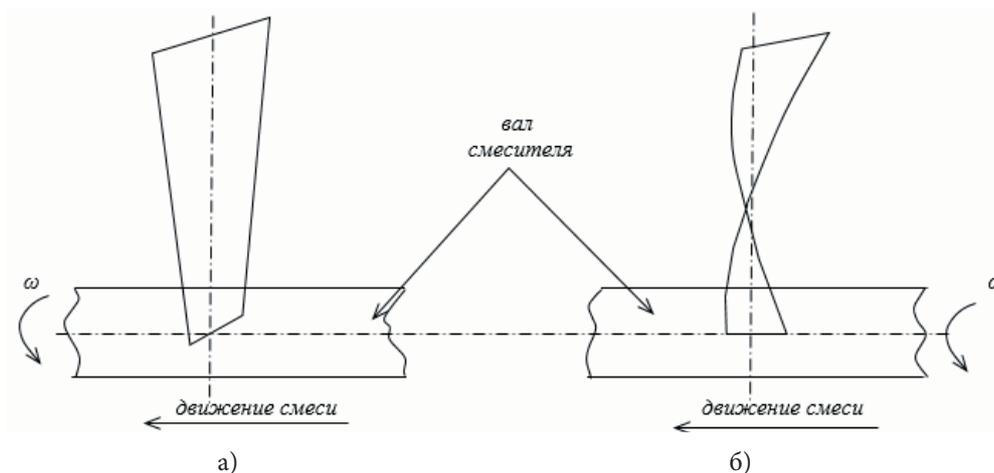


Рис. 1 – Форма лопасти:  
а – плоская лопасть; б – винтообразная лопасть

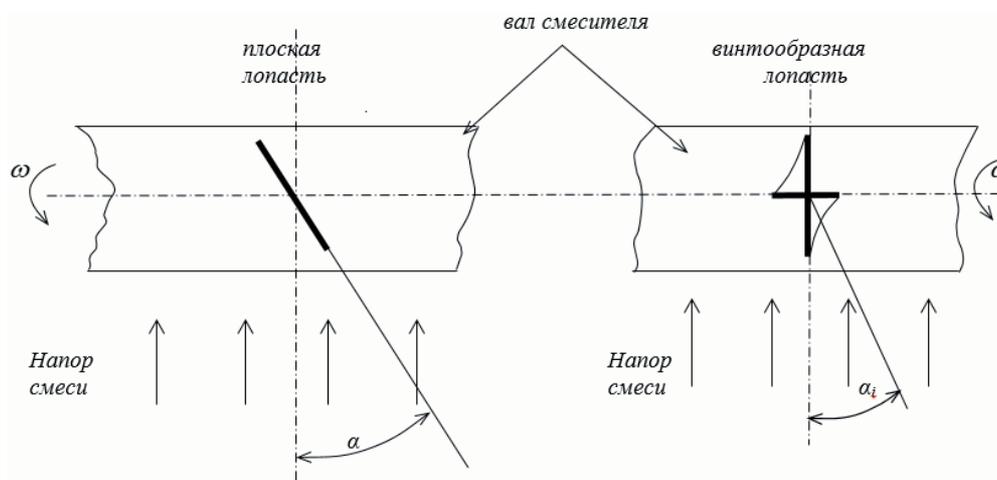


Рис. 2 – Принципиальная схема действия лопасти на смесь:  
 $\alpha$  – постоянный угол атаки;  $\alpha_i$  – переменный угол атаки

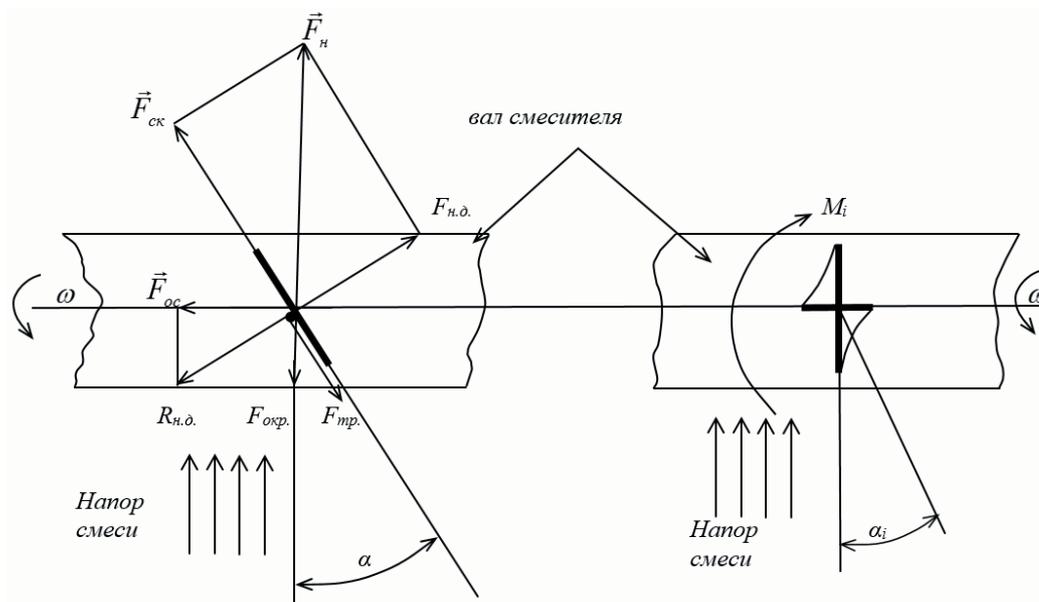


Рис. 3 – Напор смеси и возникающие силы:

$F_n$  – сила давления напора, Н;  $F_{ck}$  – скатывающая сила, Н;  $F_{окр}$  – окружная сила, Н;  $F_{н.д.}$  – сила нормального давления, Н;  $F_{тр.}$  – сила трения, Н;  $F_{ос.}$  – осевая сила, Н;  $R_{н.д.}$  – сила реакции нормального давления

Что касается влияния этого фактора на качество смешивания, то каждая упомянутая частица приобретает дополнительную степень свободы, тем самым усиливает случайный характер её движения (каждая частица будет двигаться по своей траектории). В этом случае качество смешивания значительно улучшается.

Обобщая изложенное, можно сказать, что второй вариант формы лопасти при прочих равных условиях имеет явное преимущество перед первым. Что касается совокупной оценки каждого варианта (по всем технологическим и энергетическим параметрам), то вопрос нуждается в экспериментальных исследованиях. Однако можно сказать со всей определённо, что сопротивление среды во втором варианте будет выше, а значит, повысится и энергоёмкость.

Кроме того, в связи с наличием угла атаки смешиваемая масса будет подвергаться осевому усилию, которое во втором варианте будет больше (рис. 3), а продвижение массы в осевом направлении прямым образом влияет на производительность.

В винтообразной лопасти (рис. 3) возникают те же силы (на рисунке не показаны), что на плоскую, но по мере удаления от оси и в связи с кривизной поверхности возникает дополнительный фактор – вращающий момент  $M_i$  (частицы смеси).

**Вывод.** Простота конструкции, невысокое сопротивление среды (пониженная энергоёмкость) и значительная осевая скорость делают первый вариант приемлемым. Второй вариант по этим параметрам несколько уступает первому, однако качество смешивания в этом случае возрастает, а качество продукта – понятие экономическое.

В экономическом эквиваленте преимущество второго варианта более вероятно.

### Литература

1. Калиганов А.С. Оптимизация параметров спирально-лопастного питателя концентрированных кормов / А.С. Калиганов, В.В. Коновалов, В.П. Терюшков, В.В. Коновалов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 3. С. 107–112.
2. Чупшев А.В. Аналитическое определение параметров лопастных смесителей для турбулентного перемешивания сухих смесей / А.В. Чупшев, В.В. Коновалов, В.П. Терюшков, Г.В. Шабурова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 3 (89). С. 88–91.
3. Чупшев А.В., Коновалов В.В. Влияние технологических параметров на показатели работы смесителя микродобавок // Нива Поволжья. 2009. № 2. С. 76–81.
4. Клычев К.М. Исследование процесса смешивания сыпучих кормов в псевдоожиженном слое: дисс. ... канд. техн. наук. М., 1969. 198 с.
5. Коновалов В.В. Моделирование процесса непрерывного приготовления смеси смесителем-дозатором экструдера / В.В. Коновалов, В.В. Новиков, Д.Н. Азиаткин, А.С. Грецов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 3. С. 72–78.
6. Фомина М.В. Обоснование параметров узких плоских лопастей быстрогоходного смесителя сухих компонентов // Инновационная техника и технология. 2015. № 4 (05). С. 30–33.
7. Фомина М.В. Моделирование мощности вертикального лопастного смесителя на основе статистических выражений / М.В. Фомина, В.В. Коновалов, А.В. Чупшев, В.П. Терюшков // Инновационная техника и технология. 2016. № 3 (08). С. 50.
8. Мальцев Г.С. Снижение энергетических затрат с обоснованием конструктивно-режимных параметров дозатора-смесителя кормов: дисс. ... канд. техн. наук. Самара, 2007. 170 с.
9. Коновалов В.В., Чупшев А.В. Результаты теоретических исследований процесса перемешивания в смесителе периодического действия // Нива Поволжья. 2012. № 2. С. 51–55.
10. Коновалов В.В. Моделирование изменения равномерности смеси при ступенчатом смешивании / В.В. Коновалов, А.В. Чупшев, М.В. Фомина, А.С. Калиганов // Нива Поволжья. 2013. № 3 (28). С. 77–83.
11. Коновалов В.В. Аналитическое обоснование длительности цикла работы смесителя периодического действия / В.В. Коновалов, М.В. Фомина, В.П. Терюшков, А.В. Чупшев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. С. 10–15.