

2. Способы мульчирования грунта [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <http://vladam-seeds.com.ua/ru/agronomiya/sposoby-mulchirovaniya-grunta>. – Дата доступа: 18.01.2020.

3. SAMCO 41HD [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.samco.ie/machinery/40-hd-2/>. – Дата доступа: 18.01.2021.

4. SMP pneumatic seed drill [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.spapperi.com/en/product/smp-en/>. – Дата доступа: 18.01.2021.

УДК 631.312.021.4

## СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЛУГА

**В. П. Чеботарев**, д-р техн. наук, профессор

**Д. А. Яновский**, ассистент

**А. А. Зенов**, ст. преподаватель

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

**Аннотация.** В статье проанализированы современные способы снижения тягового сопротивления плуга, такие как снижение сил трения почвы о поверхность корпуса, дополнительное воздействие на рабочие органы, оптимизация параметров рабочих органов.

Энергия, непосредственно затраченная на выполнение процесса вспашки, распределяется следующим образом: на деформацию почвы – 16 %, поднятие и ускорение почвенного пласта – 12 %, преодоление сил трения – 60 %, резание почвы – 12 % [1]. Исходя из распределения сопротивлений можно сделать заключение о том, что наибольшее количество энергии затрачивается на преодоление сил трения лемешно-отвальной поверхности о почву, поэтому решению этой проблемы уделяется очень большое внимание.

Основные пути снижения тягового сопротивления, используемые в плугах ведущих мировых производителей, приведены ниже.

1. Снижение сил трения почвы о поверхность корпуса.

Покрытием лемешно-отвальной поверхности плугов антифрикционными материалами, обладающими гидрофобными свойствами и имеющими более низкий коэффициент трения, чем сталь, занимался М. И. Бредун [2]. В качестве антифрикционных покрытий использовались: капрон, борированная сталь, фторопласт, которые давали хорошие результаты в борьбе с залипанием. В настоящее время за рубежом в качестве антифрикционного полимера широко используется компо-

зитный пластик «Текрон», отвалы из которого изготавливают фирмы «Lemken», «Kverneland», «Amazone» и др. (рис. 1, *a*, *b*, *в*). Также существуют варианты конструкций, в которых используется частичное покрытие отвала керамическими вставками (рис. 1, *г*) или наполнение композитом (рис. 1, *д*).

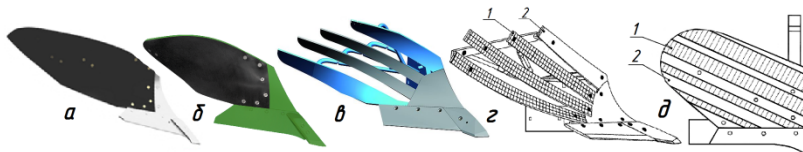


Рис. 1. Снижение коэффициента трения лемешно-отвальной поверхности использованием композитных материалов: *a* – Kverneland body No. 34; *б* – Amazone WX-400; *в* – Lemken DuraMaxx; *г* – изображение из патента EP 1481579A1 (Европа); *д* – изображение из патента RU 2012177 (Россия);  
 1 – материал с фрикционным покрытием;  
 2 – материал без фрикционного покрытия

Сдерживающим фактором в применении таких материалов в плугостроении является их низкая износостойкость и высокая стоимость.

## 2. Дополнительное воздействие на рабочие органы.

В качестве дополнительного воздействия на рабочий орган в первую очередь следует отнести вибрацию. При работе плуга корпуса совершают колебания с малой амплитудой, но с большой частотой. Движущийся по поверхности отвала пласт получает множество импульсов-воздействий непосредственно по поверхности контакта почвы с корпусом плуга. Пласт находится как бы во взвешенном состоянии, давление его на корпус снижается, следовательно, уменьшается и сила трения. Анализ литературных источников, теоретических и экспериментальных исследований по данной тематике показывает, что любое вибрационное воздействие на рабочий орган делится на активное и пассивное. Пассивно вибрирующие конструкции почвообрабатывающих рабочих органов представлены на рис. 2.

## 3. Оптимизация параметров рабочих органов.

Совершенствование геометрии рабочих органов должно происходить всегда, как отдельно, так и в комплексе с любыми другими мероприятиями по снижению энергозатрат. По данным И. М. Панова, замена культурного отвала плуга винтовым снижает энергозатраты на 18–25 %, а переход на упругие колебания рабочих органов снижает энергозатраты на 10 %, при этом обеспечиваются самоочистка рабочих органов и повышение качества работы. В связи с этим создание радио-

нальной формы рабочих органов, отвечающих различным типам почв и режимам работы почвообрабатывающих органов (в том числе работе на повышенных скоростях), представляет собой важную задачу для сельскохозяйственного машиностроения.

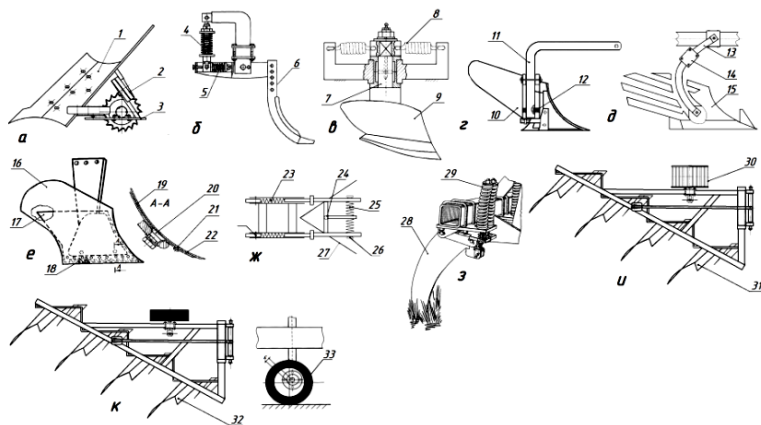


Рис. 2. Пассивно колеблющиеся рабочие органы:

*a* – изображение из патента RU 173221; *б* – CN 108353540; *в* – RU 2667768;  
*г* – RU 2380874; *д* – RU 144741; *е* – RU 2115278; *ж* – RU 2327324; *з* – US 3960220;  
*и* – RU 2478270; *к* – UA 108167; 1, 6, 9, 10, 15, 16, 27, 28, 31, 32 – рабочий орган; 2, 4, 5, 8, 12, 14, 17, 23, 25, 26, 29 – упругий элемент; 3 – полевая доска; 7, 11, 13, 24 – стойка; 18 – гребенка; 19 – отвал; 20 – гайка; 21 – заклепка; 22 – лемех; 30, 33 – опорное колеса

В последнее время в плугостроении стран Европы и дальнего зарубежья (США, Канада) одной из основных тенденций является использование корпусов плуга с пластинчатыми отвалами (неплошной лемешно-отвальной поверхностью) (рис. 3).

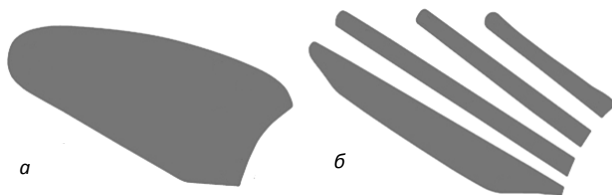


Рис. 3. Площадь контакта отвала с почвой: *a* – сплошного; *б* – пластинчатого

Основным достоинством пластинчатых отвалов является уменьшение площади контакта отвала с почвой, что уменьшает тяговое сопротивление, расход топлива и энергоемкость процесса. Также преимущество отвальной поверхности состоит в том, что отваливаемый пласт лучше крошится, чем на сплошном отвале, так как он подвержен растягивающему усилию со стороны веерно расположенных пластин, а контактные напряжения увеличиваются [3]. Улучшение качества крошения достигает 20 %.

**Заключение.** Из представленных способов снижения тягового сопротивления наиболее широко используется последний, а именно использование пластинчатых отвалов, так как в отличие от использования износостойких материалов и вибрации не требует использования дорогостоящих материалов и усложнения конструкции. В большинстве своем пластинчатые отвалы изготавливаются путем разделения сплошных на отдельные элементы, поэтому единственным минусом является изменение крепления полос к башмаку, что нивелируется положительным эффектом от их применения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Халанский, В. М. Экскурсия за плугом / В. М. Халанский. – Москва: Колос, 1974. – 207 с.
2. Бредун, М. И. Изыскание методов борьбы с залипанием рабочих органов почвообрабатывающих машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук / М. И. Бредун. – Киев, 1964. – 26 с.
3. Василенко, В. В. Пути улучшения технологического процесса вспашки и конструкции плугов / В. В. Василенко, С. В. Василенко, Н. Ф. Скурятин // Наука, образование и инновации в современном мире: материалы нац. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 9–16.

УДК 332.1:[378.095:63]

### **КОНЦЕПЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ В АГРАРНОМ ОБРАЗОВАНИИ**

**В. И. Буць**, д-р экон. наук, доцент

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Современные условия агропромышленного производства, которые характеризуются качественным изменением его технологической