

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ

М.И. Ананьев, А.В. Ишков

В статье представлены результаты анализа теоретических и экспериментальных исследований, направленные на определение факторов, влияющих на износ стрельчатой лапы в процессе почвообработки. На основе анализа сформированы требования к материалу лапы. Построены конечно-элементные модели стальной и стеклопластиковой лап и нагружены в соответствии с реальными условиями эксплуатации. Показано, что в стрельчатой лапе, изготовленной из стеклопластика толщиной 5 мм, возникают деформации, величина которых в 1,5 раза меньше, деформаций в стальной лапе, а долговечность стеклопластиковой лапы, очевидно, превышает долговечность стальной. На модельных образцах проанализирован возможный механизм разрушения стеклопластика при изгибе. Таким образом, моделирование напряженного состояния стеклопластиковой и стальной лап показало, что замена стальной стрельчатой лапы на стеклопластиковую целесообразно и эффективно.

Ключевые слова: почвообрабатывающее орудие, стрельчатая лапа, износ, состав почвы, твердость почвы, повышение износостойкости, стеклопластик, распределение напряжений.

Стрельчатые лапы почвообрабатывающих орудий, в процессе эксплуатации интенсивно изнашиваются в результате взаимодействия с частицами грунта. Это проявляется в затуплении режущей кромки, изменении профиля формы и размеров рабочих поверхностей лапы. Вследствие чего снижается качество обработки почвы, увеличиваются сроки проведения работ, простои техники, возрастают затраты на обработку почвы и горюче-смазочные материалы [1].

На интенсивность и механизм абразивного изнашивания материала стрельчатой лапы существенное влияние оказывают состав почвы, твердость почвы и материала рабочей поверхности лапы.

Основные дефекты лап – затупление лезвийной части, износы носка и крыльев по ширине на всей длине, наличие деформаций и трещин, изломы, погнутость плоскости. На различных почвах интенсивность износа носка лапы в 2,2...2,5 раза выше, чем крыльев лап. По мере удаления от носка интенсивность изнашивания режущей кромки лапы значительно снижается. Кроме того, следует учитывать тот факт, что интенсивность износа рабочих органов почвообрабатывающих орудий на песчаных почвах выше чем на других типах почв [2].

Следует учитывать и влияние конструктивных факторов. Сопротивление стрельчатых лап, установленных в первом ряду, превышает сопротивление второго ряда лап при одинаковой ширине захвата примерно в 2 раза, т.к. стрельчатые лапы первого ряда воздействуют на еще недеформированную почву, а перед стрельчатыми лапами второго ряда почва уже частично взрыхлена лапами первого ряда в зоне перекрытия. Соответственно, стрельчатые лапы, установленные на первом и последующих рядах, будут иметь различную интенсивность изнашивания.

Таким образом, повышение износостойкости и ресурса рабочих органов (в частности стрельчатых лап) почвообрабатывающих орудий является актуальной практической задачей.

Как правило, материалом для изготовления универсальных стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий отечественного производства чаще всего служат стали 65Г и 70Г ГОСТ 1343-82. Для увеличения ресурса рабочие поверхности лап их подвергают термической обработке или наплавке твердым сплавом [3-6]. Все существующие технологии упрочнения (повышения износостойкости) рабочих поверхностей лап позволяют увеличить твердость поверхности HV до 0,82 -1 ГПа. Однако, наиболее распространенным

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ

минералом в составе почвы является кварц, составляющий 75...85% почвы и твердость (HV) которого составляет от 7 до 10 ГПа. Таким образом, снизить интенсивность износа поверхности стрелчатых лап можно за счет изготовления их из материала, твердость которого соизмерима с твердостью обрабатываемого грунта и при этом материал обладает повышенной износостойкостью. Кроме всего прочего материал должен обладать высокой изгибной прочностью, чтобы эффективно сопротивляться действующим нагрузкам на поверхность стрелчатой лапы.

Исходя из этого, перспективным является вопрос применения для изготовления стрелчатых лап стеклопластика, твердость которого соизмерима с твердостью основного компонента почвы. Кроме того, по удельным характеристикам и по стойкости к щелочным и кислотным средам стеклопластик превосходит свойства стали (таблица 1) [7-11].

Применение стеклопластика приведет также к уменьшению веса орудия, что в совокупности с увеличением твердости поверхности будет способствовать снижению тягового сопротивления.

Таблица 1 – Сравнительные физико-химические характеристики материалов

Параметры	Плотность, кг/м ³	Сопротивление истиранию (вода-песок, 10 м/сек), час	Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	Устойчивость к коррозии	Устойчивость к биозаращению	Устойчивость к химически агрессивным средам
Стеклопластик	1800	80	700 - 1200	устойчив	высокая	повышенная
Сталь	7800	34	400	коррозирует	средняя	высокая

Для оценки целесообразности применения стеклопластика в качестве материала стрелчатой лапы было проведено имитационное моделирование напряженного состояния почвообрабатывающего орудия из стали и стеклопластика.

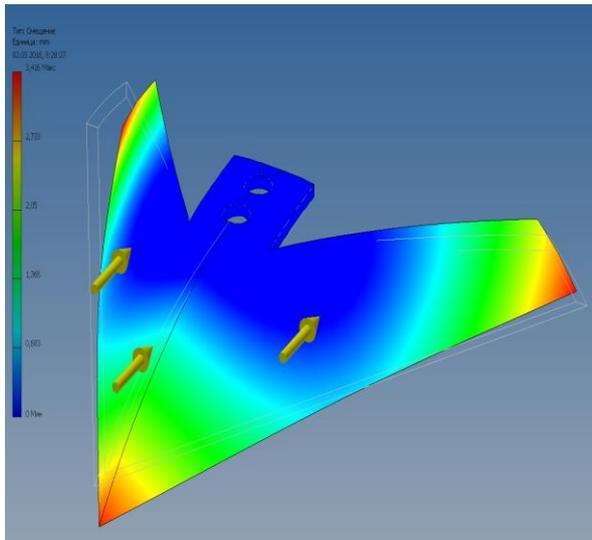
Анализ напряжений, возникающих в материале под действием эксплуатационной нагрузки осуществили с помощью системы трёхмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования (САПР) Autodesk Inventor предназначенной для создания цифровых прототипов промышленных изделий с применением метода конечных элементов. Метод конечных элементов позволяет оценить виртуальные

перемещения (деформации) возникающие на контактирующих с почвой плоскостях.

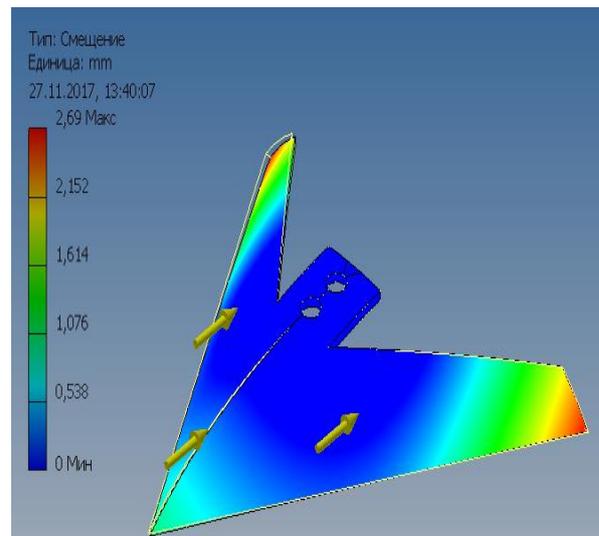
Поскольку предполагается замена стального изделия на стеклопластик, необходимо провести сравнительный анализ материалов, чтобы оценить эффективность замены. Основным условием является то, что свойства сравниваемых материалов должны быть как минимум соизмеримы.

Результаты моделирования представлены на рисунках 1 и 2.

В качестве модельной лапы в программе была построена лапа форма и размеры которой, соответствовали лапе, представленной на рисунке 3.

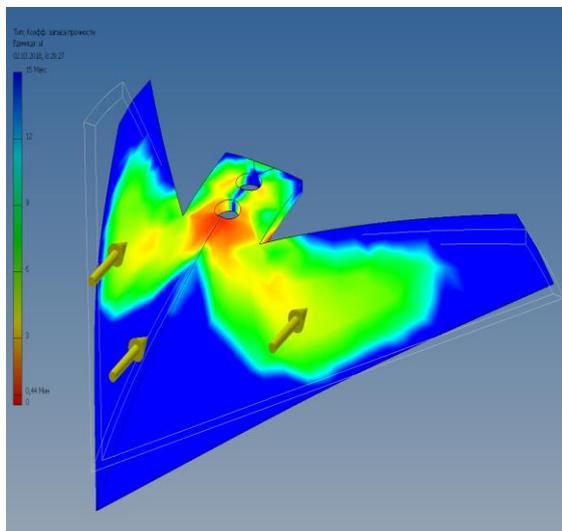


а - Распределение деформаций по площади стальной лапы, $\epsilon_{max} = 3,42$ мм (красная зона)

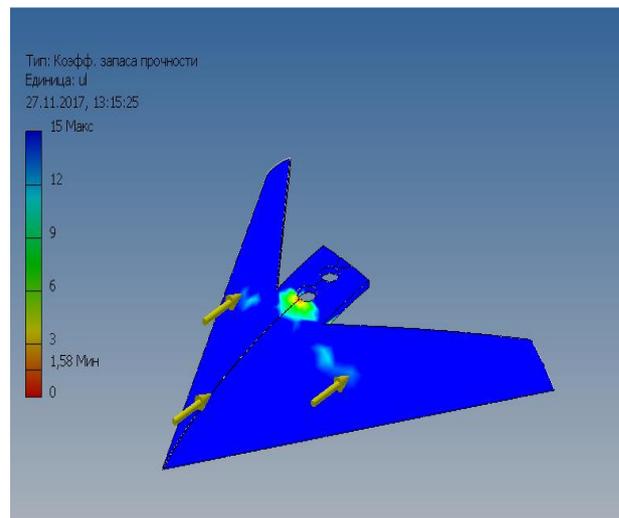


б - Распределение деформаций по площади стеклопластиковой лапы, $\epsilon_{max} = 2,69$ мм (красная зона)

Рисунок 1 - Распределение деформаций по площади лапы



а - Распределение коэффициента запаса по площади стальной лапы, $K_{max} = 15$ (красная зона)



б - Распределение коэффициента запаса по площади стеклопластиковой лапы, $K_{max} = 15$ (красная зона)

Рисунок 2 - Распределение коэффициента запаса прочности по площади лапы

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ

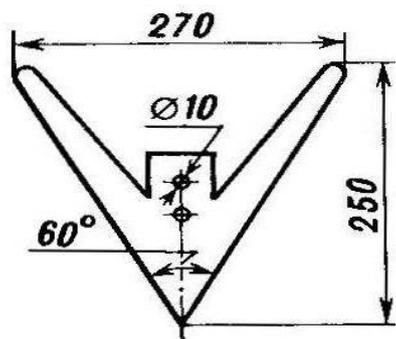


Рисунок 3 – Объект моделирования

По поверхности лапы была распределена нагрузка равная 650 Н, которая соответствовала тяговому сопротивлению универсальной стрелчатой лапы при глубине хода равной 10,7 см и скорости движения 2,23 м/с.

Результаты моделирования показали:

1. В стрелчатой лапе, изготовленной из стеклопластика толщиной 5 мм, возникают деформации, величина которых в 1,5 раза меньше, деформаций в стальной лапе. При этом максимальные деформации возникают лишь в носовой части и на крыльях стеклопластиковой лапы, в то время как в стальной захватывают половину носовой части.

2. Максимальный коэффициент запаса прочности составляет – 15. Однако, для стеклопластика, данный коэффициент запаса одинаков для 90 % поверхности изделия. В то время как для стальной лапы 2/3 несущей плоскости имеет запас прочности равный 6. Таким образом, долговечность стеклопластиковой лапы, очевидно, превысит долговечность стальной.

3. На модельных образцах проанализирован возможный механизм разрушения стеклопластика при изгибе. Это позволит заложить при моделировании точные данные по ограничениям проектирования. Полученные моды разрушения не похожи на те, что представлены в соответствующих стандартах в качестве допустимых, но трещина во всех случаях появляется вблизи срединной линии, что указывает на разрушение вследствие действия касательных напряжений. Таким образом, при проектировании материала необходимо обратить внимание на усиление межслоевого взаимодействия между слоями стеклопластика и объемное содержание связующего в композите.

Таким образом, моделирование напряженного состояния стеклопластиков показало, что замена стальной стрелчатой лапы на стеклопластиковую целесообразно и эффективно. Полученные результаты прогнозируют,

что по всем параметрам стеклопластиковая стрелчатая лапа может выдержать больший уровень деформаций при заданной толщине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов, П.И. Машины для обработки почвы / П.И. Аксенов. - М.: Россельхозиздат, 1985. - 268 с.
2. Аулов, В.Ф. Результаты полевых испытаний упрочненных рабочих органов почвообрабатывающих машин / В.Ф. Аулов, П.В. Лужных, А.В. Кирейнов и др. // Труды ГОСНИТИ. - 2013. - Т. 113. - С. 300-309.
3. Аулов, В.Ф. Износостойкие покрытия для лап культиватора / В.Ф. Аулов, П.В. Лужных, А.Н. Строев // Сельский механизатор. - 2013. - № 12 (58). - С. 40-41.
4. Аулов, В.Ф. Новая конструкция носовой части стрелчатых лап / В.Ф. Аулов, Н.Т. Кривочуров, В.В. Иванайский и др. // Сельский механизатор. - 2013. - № 10. - С. 34-35.
5. Аулов, В.Ф. Получение износостойких композиционных боридных покрытий на стали 65Г при ТВЧ-нагреве / В.Ф. Аулов, В.В. Иванайский, А.И. Ишков и др. // Труды ГОСНИТИ. - 2014. - Т. 115. - С. 139-145.
6. Бартнев, И.М. Изнашивающая способность почв и ее влияние на долговечность рабочих органов почвообрабатывающих машин / И.М. Бартнев, Е.В. Поздняков // Лесотехнический журнал. - 2013. - №3. - С. 114-123.
7. Берлин, А. А. Принципы создания композиционных материалов / А. А. Берлин, С. А. Вольфсон, В. Г. Ошмян. - М.: Химия, 1990. - 240 с.
8. Трофимов, Н. Н. Основные принципы создания высокопрочных композиционных материалов / Н.Н. Трофимов, М.З. Канович // Пластические массы. - 1992-№ 5. - С. 16-21.
9. Назаров, Г. И. Конструкционные пластмассы: Сидоренко, Ю. Н. Конструкционные и функциональные волокнистые композиционные материалы / Ю. Н. Сидоренко, О. И.Кашеева. - Томск: ГУ, 2006. - 107 с.
10. Бунаков, В. А. Армированные пластики / В. А. Бунаков, Г. С. Головкин, Г. П. В. И. Семенова. - М.: Изд-во МАИ, 1997. - 404 с.
11. Михайлин, Ю. А. Конструкционные полимерные композиционные материалы / Ю. А. Михайлин. - СПб.: Научные основы и технологии, 2010. - 822 с.

Ананьев Максим Игоревич – аспирант Алтайского государственного аграрного университета, e-mail: maxzaton@mail.ru.

Ишков Алексей Владимирович – д.т.н., профессор кафедры технологии конструкционных материалов и ремонта машин, Алтайского государственного аграрного университета, e-mail: olg168@rambler.ru