

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ КУЛЬТИВАТОРНЫХ СТОЕК С ПРИМЕНЕНИЕМ  
СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА****Андрющенко А.В., Михайлов Д.В.***(каф. Теор. Мех. ДГТУ г. Ростов-на-Дону, Россия)*

Использование достижений механики деформируемого твердого тела в инженерных расчетах неразрывно связано с возможностями применения современных ЭВМ. Поэтому, в последние годы, в разделе механики деформированного твердого тела большое развитие получили приближенные методы решения задач. Появление, совершенствование и доступность к ЭВМ все большего числа исследователей, а также появление автоматизированных средств проектирования и расчета, т.е. появление средств CAE и CAD, изменило в последние годы содержание работ в сельскохозяйственном машиностроении и оборудовании для агропромышленного комплекса. В работе я провожу численный сравнительный анализ, используемых культиваторных стоек с целью определения их прочностных характеристик и других свойств, оказывающих влияние на эксплуатационные качества. Нами рассмотрены: основная культиваторная стойка S-образная, зарубежная стойка «Kverneland», и модификации традиционной S-образной стойки. Несмотря на то, что стойки можно моделировать криволинейными стержнями, мы моделируем их как твердые тела и производим прочностные расчеты методом конечных элементов. Модификации S-образной стойки заключается в следующем: придание вида плоской пружины, а так же усиление верхней части ребром жесткости различной формы. Такая модификация напрашивается после расчетов традиционной стойки.

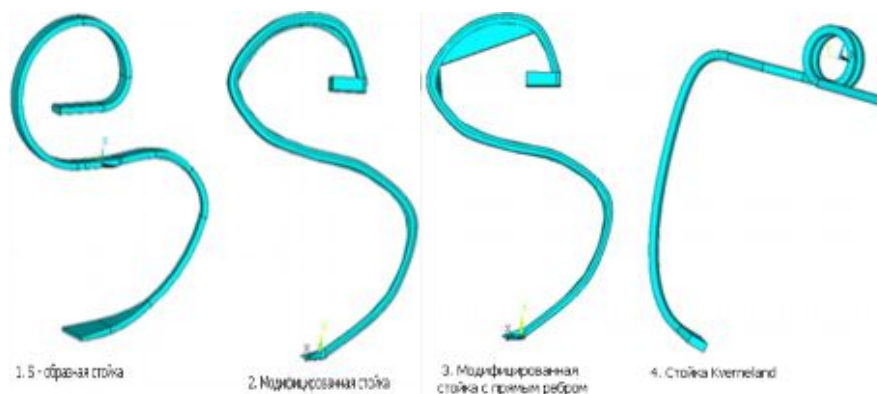


Рис. 1. Виды культиваторных стоек

Цель работы.

Из научно-технических источников было установлено, что S-образная стойка используется только в рыхлении почвы, т.к. не может нести поперечную нагрузку. Кроме того, она иногда преждевременно выходит из строя. Задача исследования заключалась в установлении причин преждевременного выхода из строя и невозможности нести поперечную нагрузку и выработке рекомендаций по их устранению. Стойка «Kverneland» используется для сравнения, т.к. лишена указанных выше недостатков.

# **ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Исследования проводились в комплексах конечных элементах, при равной нагрузке и условиях закрепления. Стойка типа «Kverneland» представляет собой однородный стержень эллипсоидной формы, скрученный сверху в цилиндрическую пружину с двумя витками переходящую в S-образный зуб, обрамленный несъемной полостью лапой. Традиционный S-образный зуб, как и его модификация, имеет переменное сечение и имеет съемную полостную лапу. Модификация S-образного зуба заключается в придании симметричности верхней части и добавлении ребер жесткости различной формы.

Проведя численные эксперименты со всеми указанными стойками в установившемся рабочем режиме при различных значениях силы, действующей на рабочий орган, получили основные характеристики, влияющие на работу культиваторных стоек. Основные характеристики приведены в таблице 1, при значениях нагрузки на рабочий орган равной 500Н /1/.

Таблица 1. Характеристики напряженно-деформированного состояния стоек

| Тип стойки   | Напряжение (Па) |        | Перемещения          | Собственные частоты |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--|-----------------|--------|----------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  | Растяжение      | сжатие |                      | 1                   | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
| Традиционная S-образная                                | 9136            | 11791  | $0,19 \cdot 10^{-2}$ | 1,1035              | 1,2388 | 1,5313 | 1,5643 | 1,9343 | 2,1577 | 2,2995 | 2,5973 | 2,7018 | 3,1445 |
| Модифицированная S-образная без ребра жесткости        | 1817            | 1741   | $0,61 \cdot 10^{-3}$ | 1,0486              | 1,0798 | 1,3204 | 1,3654 | 1,5969 | 1,6412 | 1,9540 | 1,9905 | 2,2357 | 2,3313 |
| Модифицированная S-образная с дуговым ребром жесткости | 1841            | 12,16  | $0,63 \cdot 10^{-3}$ | 1,0465              | 1,0905 | 1,3183 | 1,3765 | 1,5957 | 1,6508 | 1,9668 | 1,9880 | 2,2358 | 2,3526 |
| Модифицированная S-образная с прямым ребром жесткости  | 1820            | 778    | $0,46 \cdot 10^{-3}$ | 1,0379              | 1,2298 | 1,3029 | 1,4965 | 1,5449 | 1,6271 | 1,8460 | 1,9887 | 2,2074 | 2,2395 |
| Kverneland   | 4839            | 4510   | $0,19 \cdot 10^{-2}$ | 1,0361              | 1,1803 | 1,3576 | 1,5093 | 1,5493 | 1,8220 | 1,9074 | 2,0154 | 2,2272 | 2,2802 |

Как видно из таблицы 1, при указанной нагрузке, традиционная S-образная стойка при одинаковых перемещениях, имеет вдвое большее напряжение на растяжение и в 2,7 большее напряжение на сжатие, чем стойка Kverneland.

Из той же таблицы следует, что любая модификация традиционной S-образной стойки дает ощутимый эффект. Любая модификация традиционной стойки снижает напряжение при растяжении в пять раз, при сжатии - от 6,7 раза до 97 раз. Причем

**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ПРОБЛЕМЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

максимальные напряжения на растяжение-сжатие равномерно распределяются между верхней и средней частью, что не наблюдается у традиционной S-образной стойки.

Добавление к уже модифицированной стойке ребра жесткости дуговой формы распределяет максимальное напряжение растяжения практически по всей внешней стороне стойки.

Модификация с прямым ребром жесткости снимет максимальное напряжение на растяжение с верхней и переносит его на среднюю часть. Большая же часть стойки работает на растяжение в значении в 4 раза меньшем, чем максимальные напряжения. Ребро жесткости в данном случае работает на сжатие в значении 128,925.

Наименьшие деформации испытывает стойка с прямым ребром жесткости (на 37% меньше чем при других модификациях и в 4 раза меньше чем не модифицированная S-образная стойка, и стойка типа “ Kverneland ”). Максимальные перемещения во всех случаях наблюдаются в месте приложения распределенной нагрузки.

Так же стоит отметить тот факт, что все стойки низкочастотные и добавления ребер жесткости не сказывается на изменении собственных частот.

В работе приводились расчеты для нагрузок на заглубленную часть стойки до 20000 Н.

С увеличением нагрузки картина напряженно – деформированного состояния в основном не изменяется. При увеличении нагрузки в 40 раз мы получили такое же увеличение приведенных характеристик, кроме напряжения сжатия S –образной стойки с дугообразным ребром, которое увеличивается в 100 раз.

Из анализа рассматриваемых моделей культиваторных стоек, можно сделать следующие выводы:

- все рассматриваемые стойки низкочастотные, а это означает, что стойки не самоочищающиеся;
- все рассматриваемые стойки нельзя называть пружинными;
- каждая из трех модификаций обладает лучшими характеристиками по сравнению и с традиционной стойкой и со стойкой Kverneland;
- все модифицированные стойки могут нести полевую лапу.

Расчеты проводились не только для традиционного материала, но и для других материалов. Кроме того, проводились исследования условий крепления стоек на культиваторе. Небольшая модификация стойки в виде прямого ребра жесткости решает проблемы увеличения сроков работы рабочих органов.

**Список литературы:** 1. Игнатенко В.И. Экспериментальные исследования спектра пружинных зубьев культиватора. / Материалы международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения» /ВЦ «Вертолэкспо». – Ростов –на – Дону, 2009.

2. Игнатенко В.И. Жаров В.П. Еременко Л.Г. Численное моделирование работы пружинного зуба культиватора /Материалы международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения» /ВЦ «Вертолэкспо». – Ростов –на – Дону, 2009.