## ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ

### Лысыч М.Н.<sup>1</sup>, Шабанов М.Л.<sup>1</sup>, Захаров П.В.<sup>1</sup>

 $^{1}$  ФГБОУ ВПО «Воронежская Государственная лесотехническая академия», Воронеж, Россия (394087, Воронеж, ул. Тимирязева 8), e-mail: miklynea@yandex.ru

В статье рассмотрены конструкции различных тензометрических установок. Произведен их сравнительный анализ, установлены присущие им недостатки, определены области применимости при проектировании и испытании рабочих органов почвообрабатывающих орудий. На основе проведенных исследований предложена новая конструкция тензометрической установки, которая позволяет одновременно проводить исследования трех составляющих вектора тягового сопротивления. Приведены результаты исследований, осуществленных с использованием новой тензометрической установки. Они позволили изучить динамику изменения вектора тягового сопротивления культиваторного рабочего органа при варьировании углов его установки и выяснить коэффициент направленности рабочего органа, характеризующий устойчивость к смещению в перпендикулярном к движению направлении.

Ключевые слова: тензометрическая установка, объемное тензометрирование, культиваторные рабочие органы, сила сопротивления

# REVIEW OF DESIGNS STRAIN-GAUGE SETS FOR STUDYING OF POWER PARAMETRES OF ATTACHMENT OF SOIL-CULTIVATING TOOLS

## Lysych M.N.<sup>1</sup>, Shabanov M.L.<sup>1</sup>, Zakharov P.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> «Voronezh state forest technical academy», Voronezh, Russia (394087, Voronezh, st. Timirazeva 8) e-mail: miklynea@yandex.ru

In article designs various strain-gauge set are considered. Their comparative analysis is made, lacks inherent in them are established, applicability areas are defined at designing and test of attachment of soil-cultivating tools. On the basis of the spent researches the new design strain-gauge set which allows to carry out simultaneously researches of three making vectors of draught resistance is offered. The resulted researches, with use new strain-gauge set, have allowed to establish dynamics of change of a vector of draught resistance cultivator attachment at change of a corner of installation in a vertical plane and to find out factor of an orientation of the attachment, characterising stability to displacement in a perpendicular direction to movement.

Keywords: strain-gauge set, volume strain-gaging, cultivator tools, draught resistance

Большое значение при испытании сельско- и лесохозяйственных машин имеет динамометрирование, заключающееся в измерении сил, передаваемых от двигателя к машине или действующих в рабочих органах и деталях машин. Динамометрирование применяется как при выполнении исследовательских работ, так и при эксплуатации сельскохозяйственных машин в рабочих условиях, например, для комплектования тракторных агрегатов, установления норм выработки и расхода горючего, а также обеспечения контроля за техническим состоянием тракторов и сельскохозяйственных машин, правильности их регулирования.

Динамометрированием машин в полевых, лабораторных и заводских условиях определяют:

- энергетические показатели, необходимые для рационального подбора трактора или

двигателя к машине или, наоборот, для подбора необходимого количества машин и рабочих органов к тракторам и двигателям;

- усилия, действующие на детали и рабочие органы, необходимые для расчетов на прочность и износ;
- данные, необходимые для расчета технологических процессов сельскохозяйственных машин;
- характеристики, необходимые для оценки качества изготовления машин или отдельных узлов и качества ремонта;
- данные, необходимые для определения к.п.д. механизмов и машин.

Показатели, определяемые динамометрированием, являются исходными для решения основных задач машиностроения и использования машин, а именно: экономии материалов, улучшения качества продукции и технологического процесса, уменьшения износа деталей и расхода энергии при эксплуатации. Таким образом, конечной целью динамометрирования является создание наиболее рационально сконструированных и недорогих в производстве сельскохозяйственных машин, обеспечение их рационального использования и долговечности.

Рассмотрим подробнее некоторые конструкции тензометрических установок, используемые для динамометрирования почвообрабатывающих орудий. Тензометрирование является частным случаем динамометрирования, получившим широкое распространение и основанное на свойстве некоторых материалов изменять электропроводимость при воздействии внешних нагрузок.

Тензометрическое устройство завода им. Октябрьской революции (рис. 1, a) позволяет проводить замеры только горизонтальных составляющих усилий в трех точках, а также суммировать эти составляющие без учета влияния изгибающих и крутящих моментов.

Тензонавеска представляет собой переходную рамку между плугом и трактором.

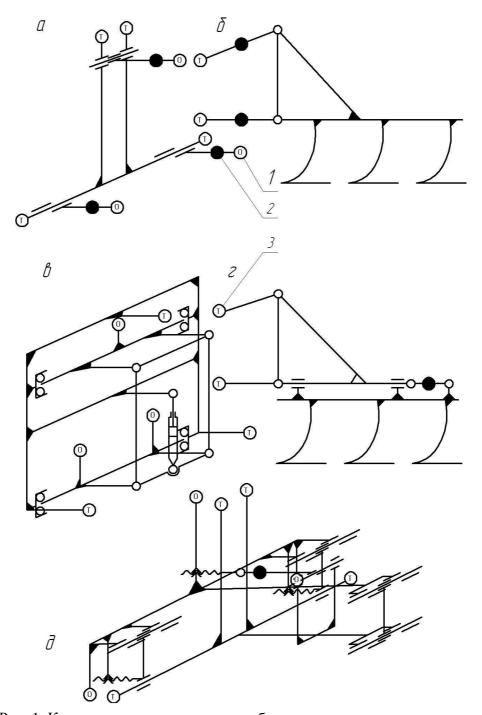


Рис. 1. Кинематические схемы тензооборудования, применяемого для определения тягового сопротивления почвообрабатывающих орудий a – завода им. Октябрьской революции; ВИСХОМа;  $\delta$  – Киевской сельхозяйственной академии;  $\epsilon$ ,  $\epsilon$  – Одесской НИС НАТИ;  $\epsilon$  – ВГЛТА;  $\epsilon$  – точка присоединения орудия;  $\epsilon$  – точка присоединения навески трактора;  $\epsilon$  – тензодатчик

Тензометрические тяги конструкции ВИСХОМа (рис. 1,  $\delta$ ) применяются для исследования тягового сопротивления почвообрабатывающих орудий и представляют собой три тяги тракторной навески с наклеенными на них тензометрическими датчиками. Такое

техническое решение обладает высокой конструктивной простотой, однако интерпретация получаемых данных представляет собой сложную задачу, требующую сложения показаний трех датчиков. При этом остается невыясненным вопрос о влиянии на достоверность данных изгибающих и крутящих моментов, возникающих в тягах, особенно при испытании несимметричных орудий.

Разработанная Одесской НИС НАТИ тензометрическая рама (рис. 1, в), в которой все тензопальцы связаны между собой в одном узле. Два нижних выполнены как одно целое с горизонтальной осью. В верхней части стойка заканчивается вилкой, имеющей с одной стороны тензопалец, а с другой соединительный шарнир. Подобный метод позволяет по сравнению с использованием динамометрических тяг, определять измерения более простыми способами и с более простыми вычислениями. Так же возможно определение не только горизонтальной, но и вертикальной составляющей тягового сопротивления. Однако значительным недостатком является высокая погрешность измерений – 8...10% и удаление орудия от трактора, из-за помещения между ними тензометрической рамы.

Другая тензометрическая навеска, разработанная Одесской НИС НАТИ (рис. 1 г), предназначена для исследования горизонтальной составляющей тягового сопротивления. В ней использовано одно тензометрическое звено, что значительно упрощает обработку данных и не вносит дополнительных погрешностей в измерения. Однако компоновка тензометрической навески требует снятия с испытуемой машины ее серийной навески, что не всегда удобно.

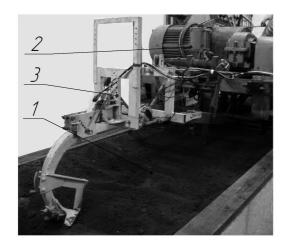
Тензометрическая навеска конструкции ВГЛТА (рис. 1,  $\partial$ ) предназначена для исследования тягового сопротивления почвообрабатывающих орудий и включает в себя две рамки, расположенные одна под другой, соединенные качающимися поводками. Рамки имеют возможность двигаться друг относительно друга только в продольном направлении. Эту степень свободы ограничивает тензозвено, связывающее рамки при движении вперед и упоры с винтовой регулировкой, воспринимающие нагрузки в транспортном положении орудия.

Результаты анализа конструкций тензометрических установок явно указывают на то, что они с достаточной точностью способны фиксировать только горизонтальную составляющую тягового сопротивления. Лишь некоторые конструкции позволяют измерять вертикальную составляющую, а величины боковых составляющих тягового сопротивления остаются полностью не изученными, что является существенным недостатком при исследовании несимметричных орудий.

С целью детального изучения силовых параметров различных рабочих органов и получения входных данных для математического моделирования на кафедре механизации

лесного хозяйства и проектирования машин (МЛХиПМ) ВГЛТА была разработана и изготовлена установка для пространственного тензометрирования (рис. 2).

Она включает следующие основные элементы: грунтовый канал 1, тяговую тележку 2 с 3-точечным навесным устройством, тензометрическое навесное оборудование 3 и устройства 4 для преобразования электрического сигнала и регистрации измеряемых величин. Непосредственно тензометрическое оборудование включает следующие основные элементы:



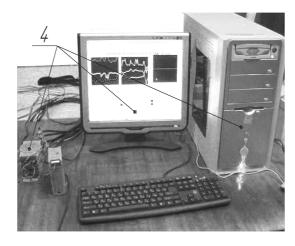


Рис. 2. Тензометрическая установка

две рамки 1 и 2, соединенные при помощи трех параллельных тяг 3 и трех тяг-раскосов 4, концы которых закреплены посредством шаровых шарниров 5, шести тензометрических звеньев 6, установленных на каждую тягу, механизма позволяющего варьировать угол установки рабочего органа в горизонтальной и вертикальной плоскостях 7 и кронштейнов

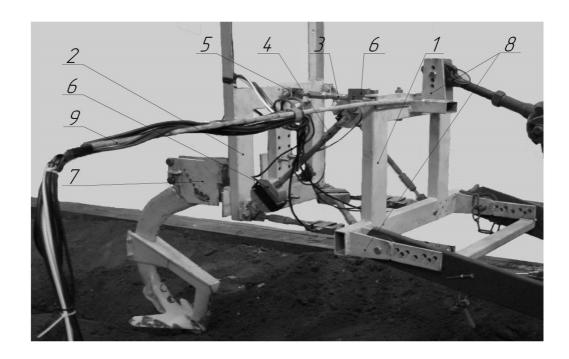


Рис. 3. Тензометрическое оборудование

крепления к навесной системе 8 (рис. 3). Одна рамка жестко закреплена в трех точках на навесном устройстве тяговой тележки, другая также установлена жестко, посредством такого расположения шести тяг, которое полностью блокирует все шесть степеней свободы. Использование шаровых шарниров позволяет избежать передачи тягами крутящих моментов и на датчики действуют лишь сжимающие и растягивающие силы, параллельные направлению тяг [5].

Полученные электрические сигналы подавались через модуль аналогового вывода (ADAM-4017-D2), на преобразователь интерфейса RS-232 в RS422/RS-485C32 (ADAM-4520-D2) и далее обрабатывались ЭВМ посредством приложения GeniDAQ.

Для измерения усилий в параллельных тягах использованы тензодатчики ZF 500 (производитель – компания Scaime, Франция), максимальная нагрузка – 500 кг, нормативная точность измерений – 0,01%; в тяга-раскосах – тензодатчики S 100 (производитель – K&K Group, Россия), максимальная нагрузка – 100 кг, нормативная точность – 0,01% (класс точности по ГОСТ 30129–С).

Тензометрическая установка использовалась для исследования силовых параметров различных рабочих органов, например, серийного рабочего органа сельскохозяйственного культиватора КРТ-3 и экспериментального рабочего органа разработанного для эксплуатации в условиях вырубок [7, 2, 3, 4, 6].

В результате исследований были получены как горизонтальная и вертикальная составляющие тягового сопротивления, так и боковые составляющие (рис. 4).

Модуль тягового сопротивления в рабочем положении составляет 402,396 Н для экспериментального и 373,137 Н для серийного рабочего органа. Это объясняется увеличением поверхностей взаимодействия с почвой экспериментального органа.

Другим важнейшим показателем, характеризующим рабочий орган, является

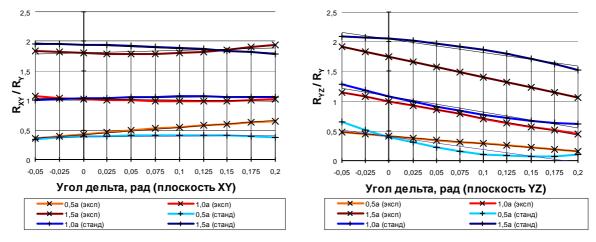


Рис. 4. Составляющие вектора силы тягового сопротивления a – горизонтальная;  $\delta$  – вертикальная

коэффициент направленности в вертикальной плоскости. Для экспериментального рабочего органа он равен 1,4054, а для стандартного – 1,078. Это свидетельствует о том, что установка направленного черенкового ножа на экспериментальном органе повышает его поперечную устойчивость.

Также на оба рабочих органа воздействует постоянная выталкивающая сила, которая характеризуется коэффициентом  $K_2$ . Для экспериментального рабочего органа она равна 0,2653, а для серийного – 0,386, это связано с тем, что черенковый нож с тупым углом вхождения дополнительно создает выталкивающую силу.

Проверка правильности показаний проводилась путем взвешивания эталонного груза перед применением навески. Расхождение в показаниях составили 1,7%.

Также проводилось сравнение горизонтальной составляющей тягового сопротивления полученной на другой установке конструкции ВГЛТА (рисунок 1,  $\partial$ ). Расхождение в показаниях составили 3,6%. Полученные данные также достаточно хорошо согласуются с теоретическими [8].

**Выводы.** Использование предложенной установки для пространственного тензометрирования позволяет проводить изучение силовых параметров различных почвообрабатывающих рабочих органов. Эти данные в дальнейшем могут использоваться при математическом моделировании для изучения динамики движения и устойчивости отдельных рабочих органов и орудий в целом.

#### Список литературы

- 1 Бартенев И.М. Математическая модель колебаний рабочего органа почвообрабатывающего орудия с пружинным предохранительным механизмом [Текст] / И.М. Бартенев, И.Е. Донцов, М.Н. Лысыч // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления: межвуз. сб. науч. тр. «ВГЛТА». Воронеж, 2008. Вып. 13. С 70-74
- 2 Бартенев И.М. Влияние геометрических параметров универсального почвообрабатывающего орудия на его эффективность [Текст] / И. М. Бартенев, И.В. Попов // Лесотехнический журнал -2014. Т. 4. № 2. С. 197-203.
- 3 Бартенев И.М. Аналитические исследования рыхлительно-подрезающих лап культиватора для питомников [Текст] / И.М. Бартенев, В.И. Казаков, И.В. Казаков // Лесотехнический журнал -2011. -№ 1. ℂ. 17-21.

- 4. Коротких В.Н. Имитационное моделирование технологического процесса лесной машины с гидроприводом дискового рабочего органа [Текст] / В. Н. Коротких, В. П. Попиков, М.В. Драпалюк // Вестник КрасГАУ. − 2009. − № 5. − С. 129-132.
- 5 Пат. 2498245 РФ, МПК G01L5/13 (2006.01). Установка для объемного тензометрирования [Текст] / И. М. Бартенев, М. Н. Лысыч, А. А. Донцов И.Е.; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. № 2012118290/28, заявл. 03.05.2012; опубл. 10.11.2013.
- 6. Попиков П.И. Математическая модель движения частицы почвы по сферическому диску лесного плуга с гидроприводом [Текст] / П.И. Попиков, П.Э. Гончаров, С.В. Дорохин, В.Н. Коротких // 70 лет кафедре механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежской государственной лесотехнической академии: сборник научных трудов / Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО "ВГЛТА". Воронеж, 2007. С. 66-70.
- 7 Шабанов М. Л. Комбинированный культиватор для проведения агротехнических уходов на вырубках [Текст] / М. Л. Шабанов, М. Н. Лысыч, В. В. Романов // Молодой ученый. -2014. №9. С. 225-227.
- 8 Шабанов М. Л. Изучение силовых параметров рабочих органов почвообрабатывающих орудий с использованием тензометрических установок [Текст] / М. Л. Шабанов, М. Н. Лысыч, А. А. Шкильный // Молодой ученый. 2014. №6. С. 271-274.

#### Рецензенты:

Афоничев Д.Н., д.т.н., заведующий кафедрой электротехники и автоматики, профессор Воронежского государственного аграрного университета императора Петра I, г. Воронеж; Попиков П.И., д.т.н., профессор кафедры механизации лесного хозяйства Воронежской государственной лесотехнической академии, г.Воронеж.