

А.Л. Яблонев, Ю.В. Крутов

## ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ СОВРЕМЕННОГО ЦИФРОВОГО ТЕНЗОМЕТРИРОВАНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ НАГРУЖЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТОРФЯНЫХ МАШИН

Рассмотрены особенности аналогового тензометрирования нагруженности элементов торфяных машин. Представлены достоинства и перспективы применения современного тензометрического оборудования. Описаны применяемые в современных исследованиях устройства и перспективы их применения в сфере задач тензометрирования.

Ключевые слова: торфяные машины, исследования, тензометрирование, деформации, анализатор, тензодатчик, физико-механические характеристики.

**Р**езультаты проведения тензометрических исследований всегда находились в сильной зависимости от множества факторов. Небольшое изменение температуры могло внести существенные коррективы в полученные результаты, недостаток точности тензометрических датчиков и вовсе может привести к неправильным результатам [1].

Применение современного тензометрического оборудования открывает широкие возможности для проведения высокоточных исследований. Измерения можно проводить одинаково эффективно, вне зависимости от времени года и погодных условий, без подготовки специального помещения с особыми климатическими характеристиками, т.к. современные тензометрические датчики рассчитаны на работу в температурном диапазоне от  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  и термокомпенсированы в диапазоне от  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Датчики, применяемые в лаборатории торфяных машин ТвГТУ, относятся к классу точности С3 и обладают ценой деления в  $10\text{ гс} = 1^{-2}\text{ кгс} = 9,80665 \cdot 10^{-2}\text{ Н}$  при комбинированной погрешности 0,02%. Эти показатели превосходят ранее

доступные образцы советских тензодатчиков на базе бумажных тензорезисторов [2] и с запасом покрывают возложенные на них требования.

Однако наличия термокомпенсированных тензодатчиков недостаточно для получения точных результатов при тензометрировании. Еще одно слабое место классических «аналоговых» тензорезисторных исследований – оборудование фиксации показаний. Традиционно применяются несколько способов снятия и фиксации показаний. При проведении статических исследований, когда между изменениями нагрузок проходит значительное время, производится запись текущих показаний с цифровых или стрелочных приборов. В случае текущих процессов с постоянным изменением нагрузки применяются бумажные регистраторы (самописцы) рис. 1 [1].

Оба эти метода обладают массой недостатков. В первом случае не будут зафиксированы минимальные колебания показаний, которые могут появляться ввиду погрешности тензодатчика или наводок на электрические провода. Во втором случае результаты будут сильно зависеть от ограничений в возможностях самописца: от значений точности и погрешности прибора и от скорости его реакции на изменения показаний.

Современные методы проведения тензометрических исследований предполагают цифровую обработку данных, поступающих непосредственно с тензометрического датчика. Это позволяет регистрировать быстропротекающие процессы опе-

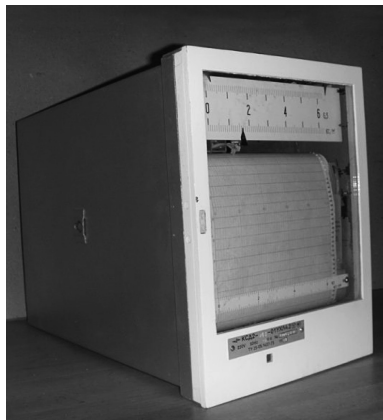


Рис. 1. Самописец

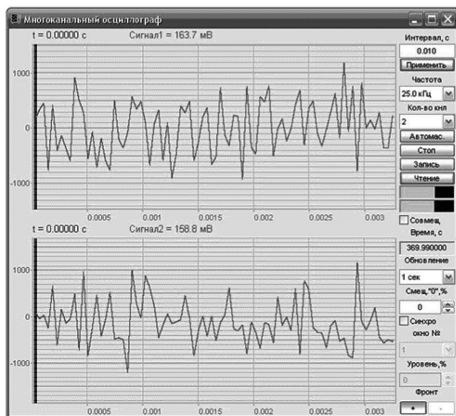


Рис. 2. Дисплей многоканального осциллографа

рируя временными интервалами в миллисекундах. Примером современного прибора фиксации показаний является компьютерный многоканальный осциллограф (рис. 2).

Самые сильные различия между «аналоговыми» и «цифровыми» методами проведения тензометрических испытаний проявляются на этапе, когда тензометрические измерения произведены, и, настало время обработки полученных результатов. Имея дело с «аналоговыми» методами, предстоит долгая и кропотливая работа по расшифровке показаний самописцев, выделению точек экстремумов и расчету кривых Безье. Этот этап наиболее подвержен человеческому фактору, влияющему на конечный результат. «Цифровые» методы уже позволили получить все данные измерений в цифровом виде и предлагают проводить обработку в специализированных компьютерных программах. Они дают возможность просматривать и редактировать данные в графическом и табличном виде, объединять графики с пересчетом масштабов по частоте и времени, проводить различные математические операции с данными (рис. 3).

В исследованиях нагруженности элементов механизмов на кафедре торфяных машин ТвГТУ с недавнего времени начал применяться анализатор спектра – тензостанция ZET 017-T8 (далее «анализатор»), который может применяться в широком диапазоне исследований и позволяет [3]: проводить узкополосный спектральный анализ в различных полосах для сигналов в реальном масштабе времени и сигналов, взятых из записей; измерять постоянную и переменную составляющие сигналов, записы-

вать их в файл с временной привязкой; регистрировать сигналы (вводить в память оцифрованные значения сигнала, с последующей записью на накопитель).

Анализатор может быть использован автономно или в составе автоматизированных систем в испытательных и контрольно-измерительных комплексах, в системах управления технологическими процессами, а также для научно-технических исследований.

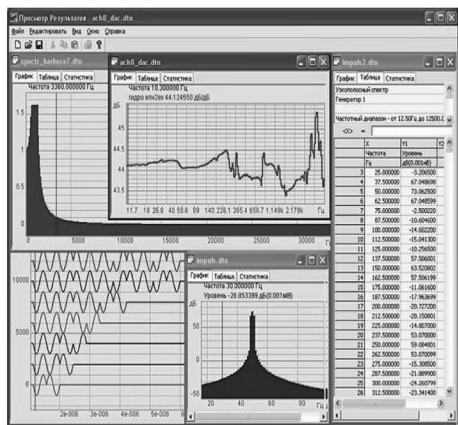


Рис. 3. Просмотр результатов цифрового тензометрирования

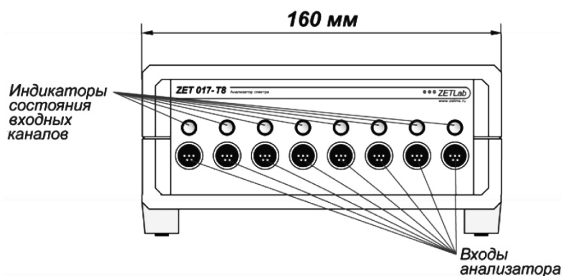


Рис. 4. Передняя панель анализатора

Анализатор содержит сразу восемь входов для подключения датчиков и может одновременно обрабатывать сигналы со всех входов (рис. 4). По интерфейсу USB подключается к компьютеру. Все данные в реальном времени анализатор передает в программный комплекс ZetLab.

На сегодняшнем этапе данное цифровое оборудование применяется в исследовании взаимодействия модели пневмоколесного хода с торфяной залежью, но в планах кафедры – подключение оборудования на все модели рабочих органов торфяных машин, изучающих и исследующих процессы резания, дробления, перемешивания, корчевания и т.д.

Анализатор применяется в комплекте с тензодатчиками Keli PST. Это S-образные датчики, рассчитанные на измерение силы

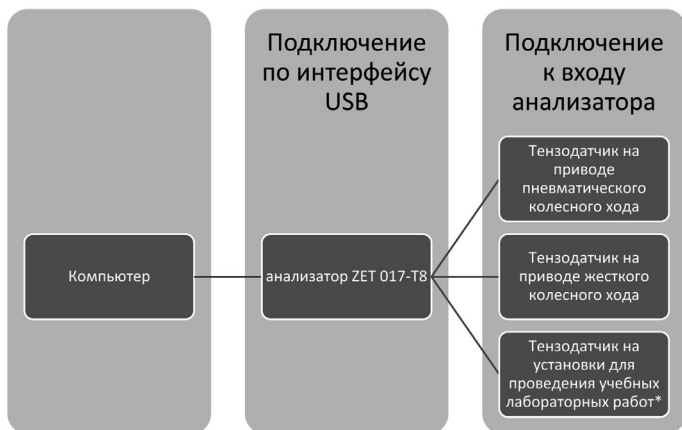


Рис. 5. Блок-схема коммутации тензометрического оборудования

\* в рамках учебного процесса со студентами проводится лабораторная работа по тарировке тензометрического звена

растяжения-сжатия. Блок-схема подключения оборудования представлена на рис. 5.

По ходу исследований поставлена следующая цель: определить эффективность разных типов колесного хода на торфяной поверхности и сформировать рекомендации по выбору типа колесного хода при заданных условиях.

Запланированы пути расширения использования анализатора: рассматривается возможность помещения цилиндрического датчика под слоем торфа (месдозы) для измерения удельного давления колес на грунт; рассматривается возможность подключения к анализатору двух датчиков влажности — для измерения влажности воздуха и грунта, а также датчика температуры.

Описанное оборудование ZetLab дает возможность одновременной обработки и вывода информации со всех датчиков на экран монитора, что позволяет с высокой точностью оценивать взаимное влияние различных факторов друг на друга.

Возможности использования анализатора не ограничиваются исследованиями кафедры и лабораторным практикумом студентов. При появлении соответствующих задач анализатор может участвовать в самых разных процессах машиностроения [4], например мониторинге технического состояния инженерных сооружений с помощью тензометрических систем, или определении предела текучести, предела прочности, модуля упругости и других физико-механических характеристик, необходимых для оценки прочности и деформируемости материалов.

Система может быть запитана от сети или аккумуляторной батареи 12 В, данные могут быть зарегистрированы на съемном носителе без участия компьютера, что позволяет производить исследования в полевых условиях. Это значит, что полевые испытания технических новшеств могут проходить в более короткий срок — нет необходимости дожидаться отказа детали, чтобы оценить степень ее пригодности, достаточно изучить графики деформаций и сравнить с полученными при стендовых испытаниях значениями допустимых пределов нагрузки.

Внедрение современных тензометрических комплексов может дать вторую жизнь старому механическому лабораторному оборудованию и по новому оценить взаимозависимости множества факторов, влияющих на параметры исследуемого процесса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров Р. А., Ренский Л. Б. и др. Тензометрия в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1975. — 288 с.

2. Васильев А. В., Ратнопорт Д. М. Тензометрирование и его применение в исследованиях тракторов. — М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1963. — 340 с.

3. <http://www.zetlab.ru/support/articles/analizatory-spektra/>

4. <http://file.zetlab.xn--ruzetlabrukovodstvochast2-y75ogal47c.pdf/> **ТИАБ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Яблонев Александр Львович<sup>1</sup> — доктор технических наук, профессор, доцент, e-mail: [alvovich@mail.ru](mailto:alvovich@mail.ru),

Крутов Юрий Вكتورович<sup>1</sup> — аспирант, e-mail — [wanderflanium@gmail.com](mailto:wanderflanium@gmail.com),

<sup>1</sup> Тверской государственный технический университет.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 8, pp. 200–205.

UDC 622.331.  
002.5

**A.L. Yablonev, Yu.V. Krutov**

### **THE USE OF MODERN DIGITAL SERVICE STRESS MEASUREMENTS IN THE STUDY LOAD OF PEAT MACHINES**

Features of the analog loading elements of the in-service stress measurements of peat machines are observed. The advantages and prospects of application of modern strain gauge equipment are presented. Using in modern studies and prospects of their application in the field of in-service stress measurements are described.

Key words: peat machines, research, service stress measurements, deformation, parser, load cell, physical and mechanical characteristics.

#### AUTHORS

Yablonev A.L.<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor, Assistant Professor, e-mail: [alvovich@mail.ru](mailto:alvovich@mail.ru),

Krutov Yu.V.<sup>1</sup>, Graduate Student,

e-mail: [wanderflanium@gmail.com](mailto:wanderflanium@gmail.com),

<sup>1</sup> Tver State Technical University, 170026, Tver, Russia.

#### REFERENCES

1. Makarov R. A., Renskiy L. B. *Tenzometriya v mashinostroenii* (Strain measurements in engineering), Moscow, Mashinostroenie, 1975, 288 p.

2. Vasil'ev A. V., Rappoport D. M. *Tenzometrirovaniye i ego primeniye v issledovaniyakh traktorov* (Stress measurements and its applications in the studies of tractors), Moscow, Gosudarstvennoe nauchno-tekhnicheskoe izdatel'stvo mashinostroitel'noy literatury, 1963, 340 p.

3. <http://www.zetlab.ru/support/articles/analizatory-spektra/>

4. <http://file.zetlab.xn--ruzetlabrukovodstvochast2-y75ogal47c.pdf/>

