

2. Жумажанова С. развитие STEM-образования в мире и Казахстане. "Білімді ел-Образованная страна" №20 (57) от 25 октября 2016 г.

3. Азизов р. образование нового поколения: 10 преимуществ образования Steam Электронный ресурс: URL: [https://ru.linkedin.com/pulse / - STEM-rufat-azizov](https://ru.linkedin.com/pulse/-STEM-rufat-azizov)

УДК 616.012

**В.Л. Алексеев, Д.И. Роленок, Д.А. Гринюк, И.Г. Сухорукова**  
Белорусский государственный технологический институт  
Минск, Беларусь

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СТЕНДА ЦИКЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ**

*Аннотация.* Представлены результаты исследования динамики деформации лыж на стенде циклических испытаний. Исследование проведено с помощью оптического датчика измерения расстояния на эффекте тригуляции. Сильно зашумленный сигнал был сглажен с помощью метода квадратичной аппроксимации.

**V.L. Alekseev, D.I. Rolenok, D.A. Hryniuk, I.G. Sukhorukova**  
Belarusian State Technological Institute  
Minsk, Belarus

## **INVESTIGATION OF THE OPERATING MODES OF THE CYCLIC TEST BENCH**

*Abstract.* The results of the study of the dynamics of ski deformation at the cyclic test bench are presented. The study was carried out with the help of an optical sensor for measuring the distance on the triggering effect. A highly noisy signal was smoothed using a quadratic approximation method.

При разработке и производстве сложных композиционных изделий встает вопрос о механических испытаниях, которые являются неотъемлемой частью разработки технологии производства многих деталей в различных отраслях промышленности. Необходимость тестирования в одних случаях обусловлена требованиями законодательства и сертификации, в других – элементами разработки и оптимизации. Испытания могут проводиться на универсальных стендах, которые широко выпускаются для научных и промышленных лабораторий производителями тензометрического оборудования.

Однако универсальность промышленных стендов редко обеспечивает нужную чувствительность, которая необходима для оптимизации и полного соответствия нормативным документам. Проверка механических характеристик лыж выполняется согласно ГОСТ 30045-93, ISO 7138:2017, ISO 7798:2017 и других подходов [1].

Одним из тестов для проверки композиционных спортивных лыж является испытание на циклические нагрузки. Первоначальным способом создания циклических нагрузок было применение двигателя с использованием механической передачи с эксцентриком. Данный вариант характеризуется определенными сложностями механики.

В качестве альтернативы был выбран подход, который предполагает использование пневмоцилиндра с переключением посредством управляемого золотника. Данный вариант характеризуется более низкой стоимостью оборудования, отсутствием тангенциальное взаимодействия между оборудованием и исследуемым объектом.

Динамическое взаимодействие между пневмоцилиндром и упругой исследуемой структурой представляет собой сложный процесс. Это обусловлено не только анизотропией сил сопротивления композиционной конструкции в зависимости от направления воздействия, но и нелинейностью самой силы сопротивления лыжи. Своей динамикой обладает и сам пневмоцилиндр..

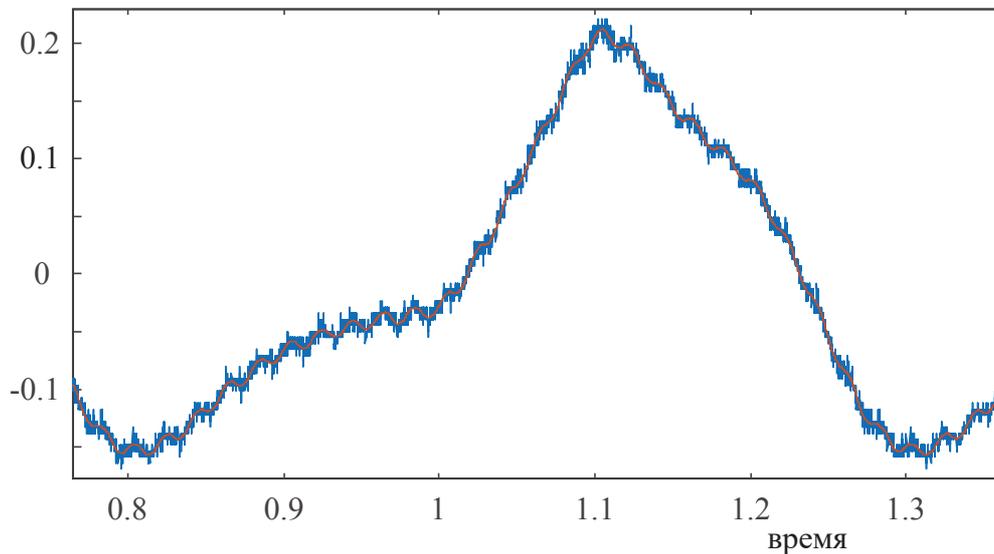
С целью оптимизации работы испытательного стенда, а также возможности получения дополнительной информации при проведении конструкторских разработок, была проведена серия испытаний с контролем геометрических перемещений одной из точек конструкции при периодическом воздействии.

Технические средства, которые были предусмотрены в комплекте испытательного стенда, не позволили получить требуемую динамику фиксации результатов измерения геометрических параметров.

При сложной динамике изменения геометрии движения данный подход показал высокую зашумленность (рис. 1). Несмотря на равный промежуток времени переключения золотника управления пневмоцилиндра, динамика изменения геометрии показывает асимметрию деформации лыжи вверх и вниз. Это является результатом обратных процессов, которые происходят в динамике лыжи.

При выборе метода сглаживания руководствовались желанием максимального сохранения формы сигнала с минимальными фазовыми искажениями. По этой причине был выбран метод, который показал себя с наилучшей стороны в работах [2-4] и основан на подходе, разработанном в [5-7].

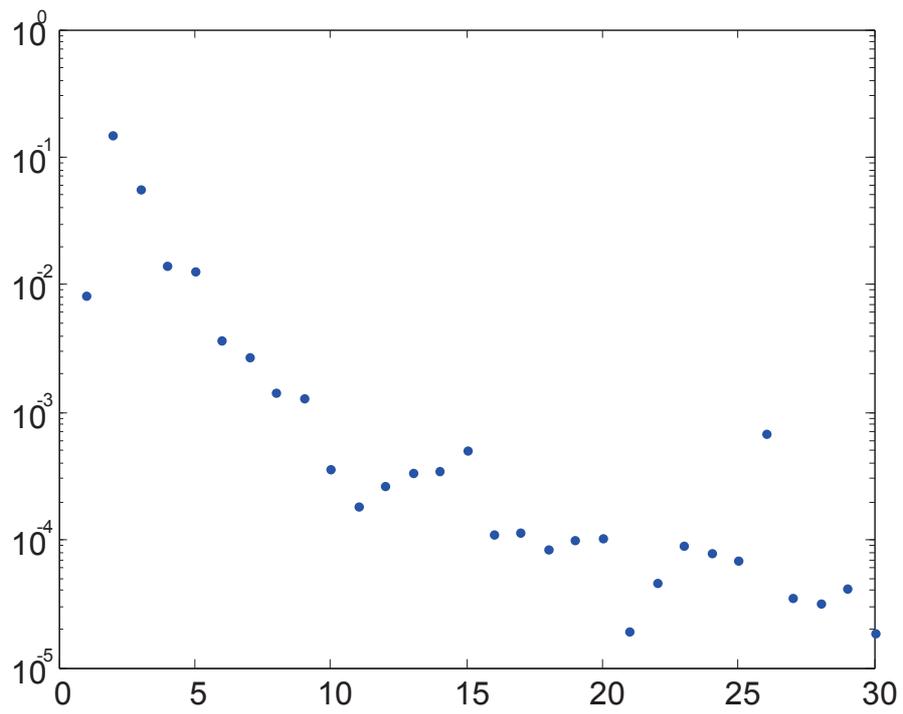
Наилучшим решением оказалось использование квадратичной аппроксимации [6]. Подход предполагает использование покадровой аппроксимации методом наименьших квадратов и спектральный анализ (рис. 2).



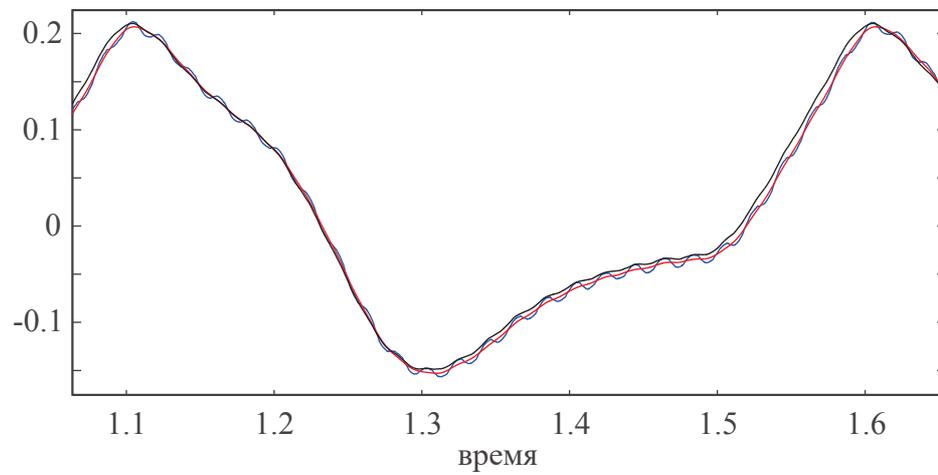
**Рисунок 1 – Исходный сигнал**

Поскольку основной целью было сохранить форму в точках максимального отклонения, то настройку сглаживания производили путем вариации параметра  $N$ , и анализа изменения амплитуд основных гармоник. По причине того, что спектральный анализ показал наличие выбросов в области 2-25 гармоник, было решено производить поэтапное сглаживание с помощью квадратичной аппроксимации (рис. 2). Сначала подбирались настройки для эффективного сглаживания боковых лепестков боковых выбросов помех. Затем проводился окончательный вариант сглаживания. Результат первичного и вторичного сглаживания можно видеть на рис. 3. Спектральный анализ также был использован для точного определения периода сигнала. Несмотря на задание частоты работы стенда с помощью контроллера, при широкой длительности работы наблюдалось некоторая флуктуация частоты.

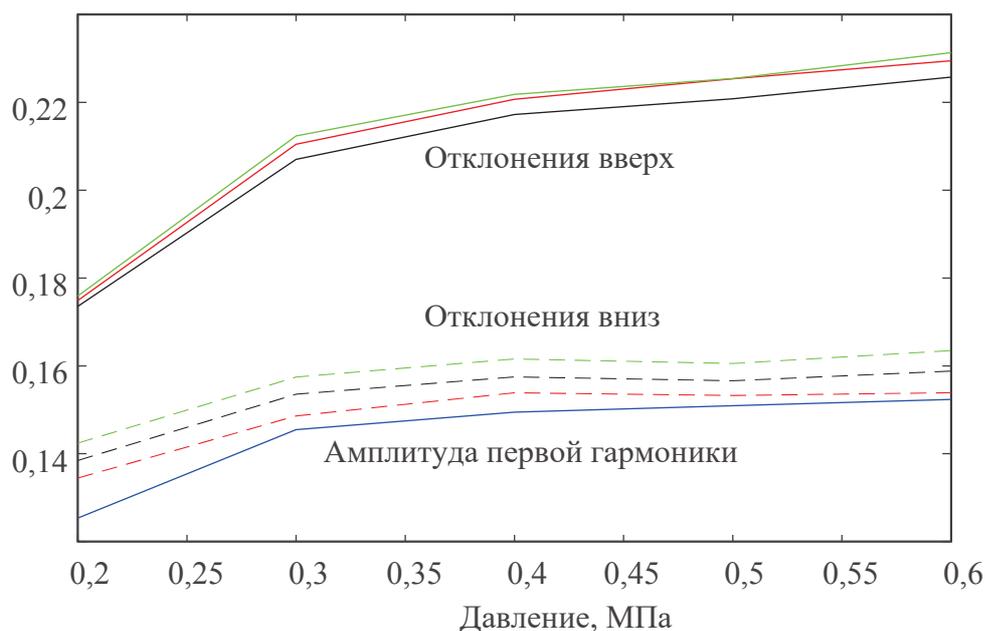
В воздушном тракте присутствует саморегулятор давления, который формирует давление питания для пневмоцилиндра. Одной из задач проведенных исследований выступала задача оптимизации потребления воздуха. Зависимости отклонения от давления (рис. 3) показывают, что рациональным давлением питания будет давление в 0,35-0,4 МПа.



**Рисунок 2 – Спектральное разложение измерительного сигнала**



**Рисунок 3– Результаты сглаживания исходных трендов сигнала**



**Рисунок 4 – Зависимость максимального отклонения давления в пневмоцилиндре вверх и вниз при разных вариантах сглаживания**

После этого значение давления питания пневмоцилиндра амплитуда увеличивается незначительно, однако расход воздуха продолжает увеличиваться. Следует отметить, что амплитуду можно увеличить, если увеличить период колебаний. Однако приведет к увеличению длительности испытаний.

Проведенные испытания следует проводить периодически в процессе эксплуатации для диагностики состояния пневмоцилиндра. По мере износа манжет будет снижаться эффективность преодоления упругих свойств лыж.

#### **Список использованных источников**

1. Faturdo Orellana, R. Experimental Methods to Measure Mechanical Properties of Cross Country Skis: Load-displacement and Contact Surface.
2. Олиферович Н.М., Кашкан М.А., Сухорукова И.Г., Гринюк Д.А. Адаптивное сглаживание трендов измерительных преобразователей // Интеллектуальные энергосистемы: труды V Международного молодежного форума, 9-13 октября 2017 г., г. Томск. Т. 1.—Томск, 2017.
3. Экспериментальное определение спектра поперечных колебаний ленты ленточного конвейера / С. Е. Жарский [и др.] // Техника и технология пищевых производств : материалы XII Международной научно-технической конференции, Могилев, 19-20 апреля 2018 г. : в 2 т. Могилев, 2018. Т. 2. С. 146.
4. Гринюк, Д. А. Использование алгоритмов аппроксимации для

сглаживания трендов измерительных преобразователей / Д. А. Гринюк, И. Г. Сухорукова, Н. М. Олиферович // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. Минск : БГТУ, 2017. № 2 (200). С. 82-87.

5. D. Hryniuk, I. Suhorukova and N. Oliferovich. Adaptive smoothing and filtering in transducers // 2016 Open Conference of Electrical, Electronic and Information Sciences (eStream), Vilnius, Lithuania, 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/eStream39242.2016.7485917.

УДК 628.9 : 681.5

**А.В. Ахремчик, П.В. Кардашов, Е.Н. Музыченко**

Белорусский государственный аграрный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ГОРОДСКОГО УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ**

*Аннотация.* В статье предложена интеллектуальная система управления городским уличным освещением, позволяющая существенно снизить расходы на потребление электроэнергии и обслуживание наружных осветительных установок.

**A.V. Akhremchyk, P.V. Kardashov, E.N. Muzychenko**

Belarusian State Agrarian Technical University  
Minsk, Republic of Belarus

## **INTELLIGENT CITY STREET LIGHTING SYSTEM**

*Abstract.* The article proposes an intelligent control system for urban street lighting, which can significantly reduce the cost of electricity consumption and maintenance of outdoor lighting installations.

В городе наружное освещение обладает большой протяженностью и разветвленностью, с большим количеством электрических щитов и светильников. В зависимости от того, какой объект необходимо освещать, используют соответствующий вид уличного освещения. Системы уличного освещения обладают высокой уязвимостью, так как их точки разбросаны по огромной территории. Их работоспособность необходимо постоянно контролировать и регулировать.