

мавання аператарскіх станцый. Для зручнага выкарыстоўвання гэтых моў былі створаны спецыяльныя праграмныя інструментальныя комплексы (*ISaGRAF*, *CoDeSys*, *MULTIPROG*, *SIMATIC STEP 7*, *OpenPCS*, *SOFTLOGIC*, *Concept* і іншыя).

Літаратура

1. Языки программирования промышленных контроллеров (ПРК). – Режим доступа: <https://учебный-центр-армо.рф/assets/files/presentation/jci/sfc.pdf>. – Дата доступа: 01.08.2022.
2. Елькин, И. В. Модель абстрактных функциональных блоков / И. В. Ельки, П. В. Кустарев // Науч.-техн. вестн. ун-та ИТМС. – 2003. – № 4. – С. 55–62.
3. Языки программирования контроллеров. Особенности применения языков FBD, LD. – Режим доступа: <https://na-journal.ru/3-2019-tehnika/1897-yazyki-programmirovaniya-kontrol-lerov-osobennosti-primeneniya-yazykov-fbd-ld>. – Дата доступа: 01.08.2022.

УДК 550.348.098.33

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ УГЛОВЫХ
КОЛЕБАНИЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
ДВИЖЕНИЯ КОЛАЙДЕРА NICA**

К. Д. Поляков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

М. В. Ляблин

Международная межправительственная организация «Объединенный институт ядерных исследований», г. Дубна, Российская Федерация

Проведена разработка системы регистрации угловых колебаний и приведены результаты соответствующих измерений.

Ключевые слова: малогабаритный прецизионный лазерный инклинометр, наклон, угловые колебания, мониторинг.

**DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR RECORDING ANGULAR
OSCILLATIONS OF THE EARTH'S SURFACE TO INVESTIGATE
THE MOTION OF THE NICA COLLIDER**

K. D. Polyakov

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

M. V. Lyablin

Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russian Federation

The system of angular oscillations registration is developed and the results of the corresponding measurements are given.

Keywords: small-sized precision laser inclinometer, tilt, angular oscillation, monitoring.

В современном мире наиболее важные и прорывные исследования в физике элементарных частиц проводятся на сложных технических установках класса мега-сайенс, к которым относятся разного рода реакторы, ускорители частиц, гравитационные антенны и др. Основным требованием к этим установкам для обеспечения чистоты экспериментов и исследований является обеспечение точного положения элементов установки и их стабилизация. Для этих целей идут непрерывные исследо-

вания и разработка новых методов и средств для выявления предельно точных и чувствительных средств измерения линейных размеров и суперпозиционных перемещений объектов в нанометровом диапазоне.

Одной из актуальных задач является мониторинг сейсмической активности в районе возведения нового ускорителя протонов и тяжелых ионов *NICA*.

Для этого в Лаборатории лазерной метрологии ЛЯП (ОИЯИ), была разработана система регистрации угловых колебаний на базе малогабаритного прецизионного лазерного инклинометра (рис. 1). Прибор уже используется для мониторинга деформации транспортного тоннеля на Большом адронном коллайдере (*CERN*), интерферометрической гравитационной антенне и в Международной геофизической обсерватории Гарни (Армения).

В состав системы, установленной в павильоне детектора *MPD* (*NICA*) входят:

- два малогабаритных прецизионных лазерных инклинометра (МПЛИ);
- 4 АЦП *DataTranslation DT9824 ISO-Chanel*;
- контроллеры *Agilis AG* для позиционеров *Newport AG-LS-25*;
- лазерные источники *Thorlabs S1FC635*;
- неттопы для записи сигналов с МПЛИ и связью с сервером;
- компьютер-сервер.

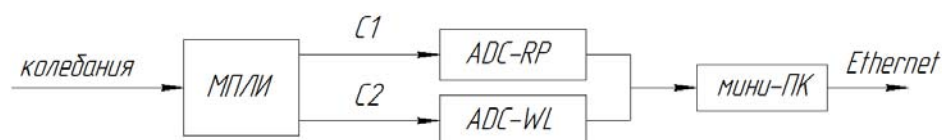


Рис. 1. Структурная схема основных элементов одного малогабаритного прецизионного лазерного инклинометра:
C1, C2 – сигналы реперного и сигнального плеча инклинометра соответственно; *ADC-RP, ADC-RP* – аналого-цифровой преобразователь для записи сигналов *C1* и *C2*; мини-ПК – неттоп для записи данных и передачи по сети *Ethernet* компьютеру-серверу

Схема расположения системы регистрации относительно детектора *MPD* изображена на рис. 2.

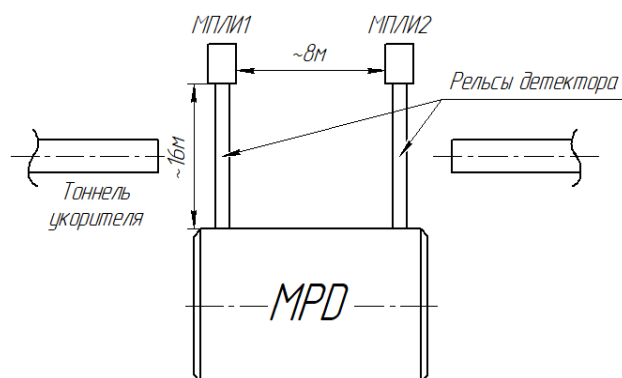


Рис. 2. Схема расположения системы регистрации малогабаритного прецизионного лазерного инклинометра в павильоне *NICA*

На рис. 3 представлен общий вид МПЛИ.

Запись данных осуществляется посуточно. Заккрытие файла и открытие нового синхронизировано по Гринвичскому времени и происходит в 00:00 ч. Компьютер-сервер опрашивает внутренние хранилища неттопов на наличие новых файлов и при обнаружении таковых копирует их на свой сетевой диск, к которому имеется удаленный доступ из лаборатории.

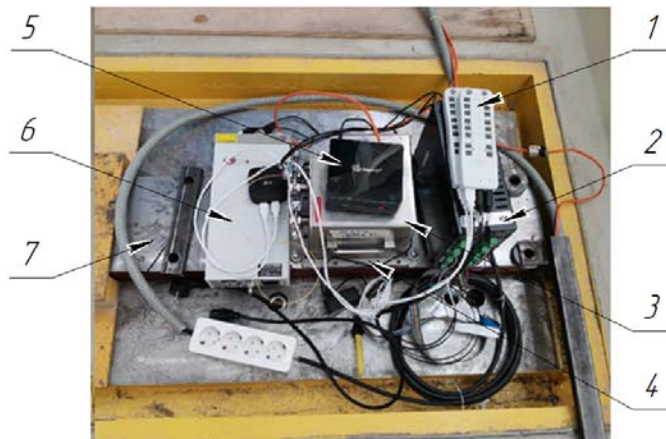


Рис. 3. Общий вид малогабаритного прецизионного лазерного инклинометра, установленного в павильоне детектора MPD:

- 1 – контроллеры позиционеров Newport Agilis;
- 2 – аналого-цифровой преобразователь DT9824 (2 шт);
- 3 – малогабаритный прецизионный лазерный инклинометр;
- 4 – переходная площадка; 5 – мини-компьютер; 6 – источник лазерного излучения Thorlabs S1FC635; 7 – рельса MPD

На графике (рис. 4) четко отслеживается разность амплитуд колебаний в ночное время (0,6 мкрад) и дневное, рабочее время (3,7 мкрад).

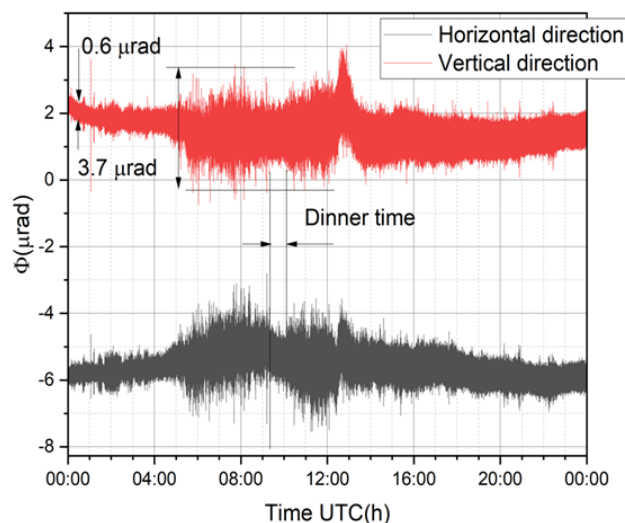


Рис. 4. Суточный мониторинг угловой сейсмической активности в павильоне MPD 23.06.2022 г.

Анализ Фурье суточного набора данных за 23.06.2022 представлен на рис. 5. Анализ Фурье необходим для определения компонентов полученного сигнала.

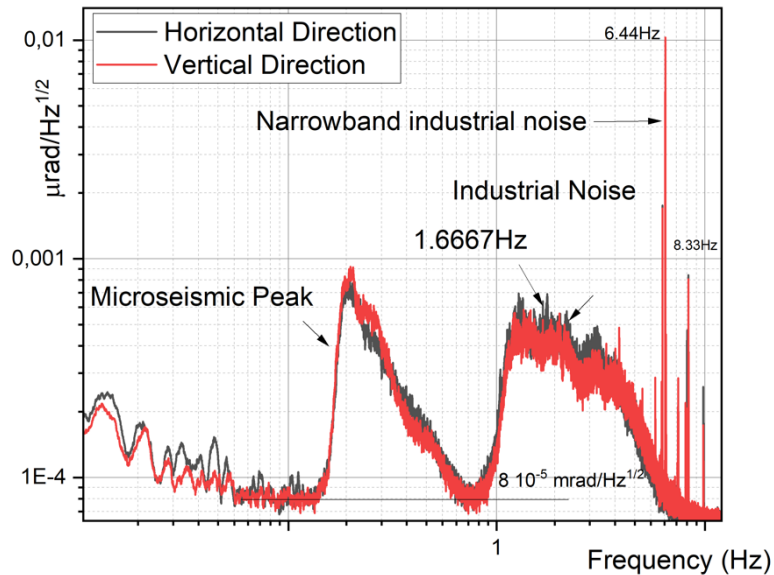


Рис. 5. Анализ Фурье

Несмотря на удаленность *NICA* от океана, МПЛИ регистрирует сигнал прохождения поверхностных волн типа Микросейсмический Пик, вызванный резонансными колебаниями толщи океана в результате волнений его поверхности. Нам также виден набор промышленных шумов различного содержания: узкополосные и широкополосные, с различной частотой, а также сигнал гидротурбин Ивановской ГЭС, частотой 1,6667 Гц, находящейся на расстоянии около 7 км от кольца колайдера.

Полученные данные планируется использовать для определения влияния зарегистрированных сигналов на колайдер *NICA*.