

**Отчет на дейностите по споразумение Д01-374/18.12.2020 г.  
за изграждане и експлоатация на обекта от  
Националната пътна карта за научна инфраструктура  
„Европейски център за ядрени изследвания – ЦЕРН“**

18.12.2020 г. – 18.12.2021 г.

**Съдържание**

1. Интензифициране на експлоатацията на научната инфраструктура на ЦЕРН чрез осигуряване на българското участие в експерименти в ЦЕРН. ....	1
1.1. Присъединяване към експерименти в ЦЕРН, българското участие в които не е финансирано от други национални инструменти .....	1
1.2. Участие в изпълнението на научните програми на експерименти по точка 1.1.....	1
1.3. Развитие на човешкия потенциал.....	5
2. Изграждане и експлоатация на научна инфраструктура, която ще бъде използвана за разработване и тестове на детектори и комплексни детекторни системи за регистрация на йонизиращо лъчение и компютърно моделиране на отклика на детекторни системи и обработка и анализ на данни получени в експерименти провеждани в ЦЕРН. ....	5
3. Организационни дейности.....	23
4. Финансов отчет.....	24
4.1 Финансов отчет на ИЯИЯЕ – БАН.....	24
1.2 Финансов отчет на Софийския Университет .....	24
5. Необходимо финансиране за 2023 г. ....	24
<b>Заклучение:</b> .....	24
<b>Приложения</b> .....	25

## 1. Интензифициране на експлоатацията на научната инфраструктура на ЦЕРН чрез осигуряване на българското участие в експерименти в ЦЕРН.

### 1.1. Присъединяване към експерименти в ЦЕРН, българското участие в които не е финансирано от други национални инструменти

През отчетния период бяха проведени преговори, в резултат на които България, чрез съответни научни колективи, се присъдени към следните експерименти:

- ИСОЛДЕ (ISOLDE) – меморандумът за разбирателство (виж **Приложение 1.1**) беше подписан на 26.03.2021 г. Меморандумът е подписан от проф. Анастас Герджиков, ректор на Софийския университет като представляващ координатора на консорциума. Представител на консорциума в съвета на колаборацията ISOLDE е проф. дфзн Георги Райновски. България е приета с редуцирана вноска от **30 000 CHF** за първите три години от участието си. Последната част от вноската към общия фонд на експеримента беше изплатена през октомври 2021 г. България участва с научен колектив в състав:
  - от Софийския университет – проф. дфзн Георги Райновски, доц. д-р Калин Гладнишки, гл. ас. д-р Мартин Джонголов, гл. ас. д-р Диана Кочева (постдокторант), д-р Милена Стоянова (постдокторант), Ралица Манчева (технически студент в ЦЕРН);
  - от ИЯИЯЕ-БАН – доц. д-р Елена Стефанова, гл. ас. д-р Орлин Йорданов, гл. ас. д-р Петко Кръстев;
- NA61/SHINE – меморандумът за разбирателство (виж **Приложение 1.2**) беше подписан на 28.04.2021 г. Меморандумът е подписан от проф. Анастас Герджиков, ректор на Софийския университет, като представляващ координатора на консорциума. Представител на консорциума в съвета на колаборацията NA61/SHINE до ноември 2022 г. е доц. д-р Димитър Колев, а след това - доц. д-р Мариян Богомилов. Вноската на България в общия фонд на експеримента е **15 000 CHF**. Вноската към общия фонд на експеримента беше изплатена през септември 2021 г. и септември 2022 г. за съответните години. България участва с научен колектив в състав:
  - от Софийския университет – доц. д-р Мариян Богомилов, доц. д-р Димитър Колев, проф. дфзн Румен Ценов, гл. ас. д-р Галина Ванкова-Кирилова, д-р Симона Илиева (постдокторант).
- ALICE (ALICE) – меморандумът за разбирателство (виж **Приложение 1.3**) беше подписан на 22.10.2021 г. Меморандумът е подписан от проф. Анастас Герджиков, ректор на Софийския университет, като представляващ координатора на консорциума. Представител на консорциума в съвета на колаборацията ALICE е доц. д-р Венелин Кожухаров. Встъпителната вноската на България в общия фонд на експеримента е **50 000 CHF**. Годишната вноската на България в общия фонд на експеримента е **8 000 CHF** на участник от българска група, или по **24 000 CHF** за 2021 г. и за 2022 г. Вноската към общия фонд на експеримента беше изплатена през октомври 2021 г. и октомври, 2022 г. България участва с научен колектив в състав:
  - от Софийския университет – доц. д-р Венелин Кожухаров, д-р Момчил Найденов (постдокторант), Радослав Симеонов (докторант);
  - от ИЯИЯЕ-БАН – гл. ас. д-р Мартин Макариев;
- SHiP и SND@LHC- въпреки че все още няма подписан меморандуми за разбирателство и преговорите се водят, членове на научния колектив на експериментите са:
  - от Софийския университет – доц. д-р Мариян Богомилов, гл. ас. д-р Галина Ванкова-Кирилова, доц. д-р Димитър Колев, проф. дфзн Румен Ценов, д-р Симона Илиева (постдокторант), д-р Георги Петков, физик Васил Вергилов (до началото на 2022 г. от ИЯИЯЕ-БАН);

### 1.2. Участие в изпълнението на научните програми на експерименти по точка 1.1

Епидемичната ситуация и произтичащият от нея затруднен достъп до ЦЕРН ограничиха значително участието в измервания на място в ЦЕРН. Това доведе до значителни спестявания на разходи по перо „Командировки“. Въпреки това беше взето участие в набиране на данни, провеждане на тестови измервания и изграждане на експериментални установки. Значителни по обем дейности бяха посветени на планирането и предлагането на нови измервания. Всички дейности са обобщени по експерименти, както следва:

- ИСОЛДЕ (ISOLDE) – основната част от дейности бяха свързани със изготвяне на предложения за нови измервания на установката MINIBALL на ускорителя HIE-ISOLDE и провеждане на вече одобрени експерименти:

- Българската група взе участие в подготовката на три експериментални предложения, представени на [67-мата сесия на научния комитет на ISOLDE](#) през юни 2021 г. ([INTC - ISOLDE and neutron Time-of-Flight Experiments Committee](#)). Предложенията INTC-P-608 и INTC-P-601 бяха одобрени ([виж приложените решения на комитета](#)). За предложението INTC-P-600 комитет изиска допълнително изясняване на физически случай. За тази през есента на 2021 г. бяха проведени експерименти със стабилни снопове за ядрата  $^{130,132}\text{Te}$ , които се анализират в момента във Физически факултет на Софийския университет. Освен допълнителни нови аргументи за физически случай на ядрото  $^{136}\text{Te}$ , цел на предложението INTC-P-600, тези експерименти дават и нова информация за структурата на ядрата  $^{130,132}\text{Te}$ , която ще бъде публикувана независимо. По време на провеждане на експериментите за  $^{130,132}\text{Te}$  в Университета на Кьолн, българската група се включи в кондиционирането и подготовката на HpGe детектори на системата MINIBALL за експерименталната кампания на ускорителя HIE-ISOLDE през 2022 г.
  - На 69-та сесия на научния комитет на ISOLDE през февруари 2022 г., беше разгледано предложение за подготовка на експеримент (Letter of Intent) [INTC-I-239](#), в което българската група има водеща роля. Предложението беше одобрено ([виж приложените решения на комитета](#)) и се очаква да бъде реализирано през зимата на 2023 г.
  - На [71-вата сесия на научния комитет на ISOLDE](#) през ноември 2022 г., беше представено предложение за подготовка на експеримент [INTC-P-638](#), в което българската група има водеща роля. Предложението беше одобрено (решенията на INTC очакват одобрение от изследователския борд на ЦЕРН) и се очаква да бъде реализирано през раната пролет или есента на 2023 г.
  - Д-р Петко Кръстев от ИЯИЯЕ – БАН се включи в научния колектив на две предложение за експерименти по Мьосбауерова спектроскопия (IS-681 и IS-683), които се очаква да се проведат през пролетта на 2023 г.
  - През ноември 2023 г., групата от Софийския университет взе участие в провеждането на експериментите [IS697](#) и [IS702](#), които бяха първите експерименти с ускорени радиоактивни снопове на установката MINIBALL след спирането на ускорителния комплекс на ЦЕРН през 2018 г. (LS2).
- **NA61/SHINE** – през отчетния период участието се свежда в три основни направления:
    - Анализ на данни, получени от експеримента в по-ранен период. Софтуерни продукти (модули) за калибровка и анализ на данни, получени при бомбардиране с частици на 90 сантиметрова мишена, бяха структурирани и подредени, описани и отворени за ползване от цялата колаборация. Процедура за Монте Карло симулации на такъв тип взаимодействия също беше отворена за ползване заедно с инструкции за употреба. Тези материали са качени в официалното Git хранилище на NA61/SHINE: <https://gitlab.cern.ch/na61-software>. В резултат са **публикувани 7 статии в списания с импакт фактор, две от които с благодарности**<sup>1</sup> към проекта. Защитена е една дисертация по тематиката на експеримента във Физическия факултет на Софийския университет. Задачата беше изпълнена основно през 2021 г.
    - Участие в подновяването и усъвършенстването на детекторната система на експеримента, в т.ч. монтирането на механични опорни конструкции, инсталирането на адаптери и електронни платки в детекторите, свързването на източниците на напрежение, монтирането на системата за охлаждане на електрониката, системата за набиране на данни, време-проеекционните камери, тестове на отделните компоненти и на детекторната система като цяло. Тези задачи бяха изпълнени през 2021 г. и началото на 2022 г.
    - Набиране на нови експериментални данни през 2022 г. в рамките на три сеанса: измерване на протон-въглеродна продукция с дълга мишена за целите на неутринния експеримент T2K, като набраните данни са повече от 160 млн. при импулс 30 GeV/c на протона; измерване на реакция “олово-олово” за целите на адронната програма на NA61/SHINE, като са набрани повече от 55 млн събития при импулс 150A GeV/c; калибриране на време-проеекционните камери с криптон, като са набрани повече от 1000 млн. събития за общо 180 000 канала. За двугодишния период членовете на

<sup>1</sup> A. Acharya *et al.* [NA61/SHINE Collaboration Collab.], K<sub>S0</sub> meson production in inelastic p+p interactions at 158 GeV/c beam momentum measured by NA61/SHINE at the CERN SPS, Eur. Phys. J. C 82 (2022) 96

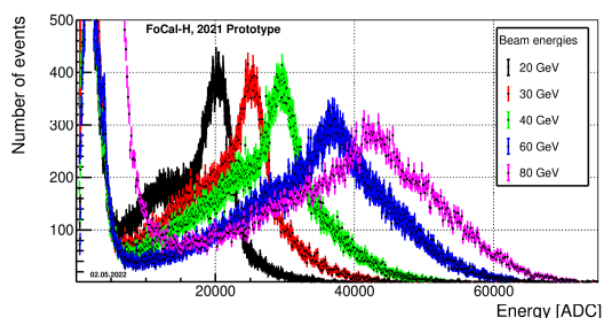
A. Acharya *et al.* [NA61/SHINE Collaboration Collab.], K\*(892) meson production in inelastic p+p interactions at 40 and 80 GeV/c beam momenta measured by NA61/SHINE at the CERN SPS, Eur. Phys. J. C 82 (2022) 322

екипа са командирани до ЦЕРН и са осъществени повече от 120 осемчасови смени на експеримента за хардуерна поддръжка, тестове и набиране на данни, като по този показател Софийският университет е сред лидерите в колаборацията.

- **АЛИС (ALICE)** – към настоящия момент като част от експеримента ALICE се финализира дизайнът и ще се пристъпи към конструирането на калориметър, регистриращ именно частици, летящи под малки ъгли спрямо сноповете на LHC. Точно този детектор ще допринесе за разширяването на физичната програма на ALICE и представлява съществен интерес за екипа от българската страна. Екипът по настоящия проект се присъедини към конструирането на част от новия калориметър FoCal (Forward Calorimeter).

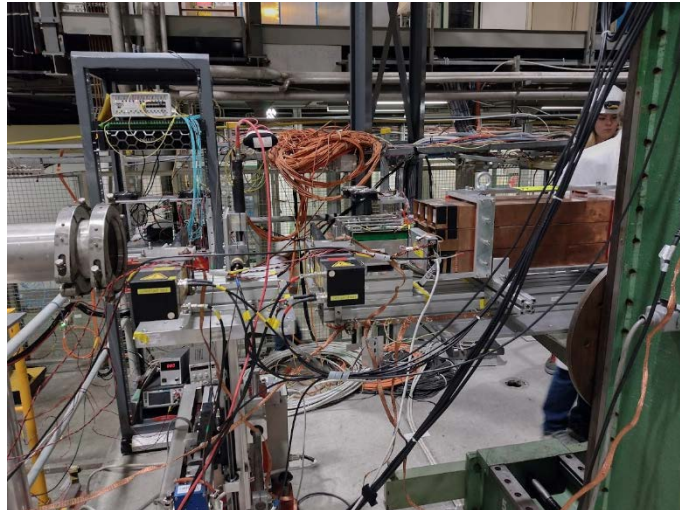
През 2021 г. беше измината дълга процедура по оценяване на потенциала на българската група за възможността за съществен принос към експеримента АЛИС. Тази процедура приключи успешно след включването на българския екип в разработката и съответно конструирането на детектора FoCal-H, който ще бъде предназначен да регистрира частици, летящи под малки ъгли спрямо посоката на взаимодействащите на експеримента ALICE снопове. Такъв детектор в момента липсва в АЛИС, а регистрирането на такива частици ще разшири съществено физичния потенциал на експеримента АЛИС, включително и чувствителността му към съществуването на нови частици. Области, в които ясно се откроява водещия принос на българската група, осъществен благодарение на НПКНИ:

- Пусната бе в експлоатация система за набор на данните от прототип на адронния детектор от FoCal;
- Осъществена синхронизация между различните модули, събиращи данните от прототипа;
- Разработен софтуер за реконструкция и анализ на данните, набрани по време на тестовия сеанс на ускорителя SPS в ЦЕРН. Софтуерът е свободно достъпен на <https://github.com/vkozuharov/FoCalHPrototype>, следвайки политиката за отворен код. Всички представени в отчета и всички публично представени пред колаборацията ALICE резултати са получени с помощта на този софтуерен пакет, който е в процес на разработка;
- Получени са предварителни резултати, показващи работоспособността на прототипа и отклика му към частици с различна енергия (от 20 GeV до 120 GeV).
- Резултатите са публично докладвани от членове на колектива на настоящия проект на множество вътрешни съвещания на експеримента АЛИС, като докторантът Радослав Симеонов беше избран от колаборацията АЛИС да представи проекта FoCal-H и последните резултати на най-престижната международна конференция за този тип детектори - CALOR-2022: [https://indico.cern.ch/event/847884/contributions/4833007/attachments/2444499/4188638/RS\\_Calor-2022-RS.pdf](https://indico.cern.ch/event/847884/contributions/4833007/attachments/2444499/4188638/RS_Calor-2022-RS.pdf)



*Разпределение по реконструиран заряд (в относителни единици на АЦП) за пет различни енергии на частиците от насочения към прототипа на FoCal-H сноп.*

- През юни, септември и ноември, 2022 г. бяха осъществени тестови набори на данните с различни прототипи на FoCal-H, които бяха конструирани от партньорите в експеримента АЛИС. Българският екип имаше ключова роля в тези тестове, като беше основна движеща сила за анализа на данните, получаването на предварителните резултати, дизайн на специфична система за набор на данни за конкретно избраните електронни модули и други. Това допринесе за видимостта на колектива и също така засили интереса на студенти към дейностите.



*Снимка на прототипа на детектора FoCal-H по време на тестовия набор на данни на ускорителя SPS в ЦЕРН през ноември, 2022 г. Българският колектив участва както с експертния си софтуерен и хардуерен опит, така и с апаратура за осъществяването на набора на данните.*

В рамките на колаборацията АЛИС е поет средносрочен ангажимент (2021 - 2027) за участие в дизайна и конструирането на калориметъра FoCal за регистриране на частици, летящи под малък ъгъл спрямо направлението на ускорените от LHC снопове. Поради късното включване на българския екип нямаме принос нито към дизайна на прототипа (базиран на сцинтилационни детектори), нито към избора на фотодетекторите за регистрирането на сцинтилационната светлина. Въпреки това дизайнът на FoCal-H се съгласува до голяма степен със задачите, обявени в рамките на НПКНИ.

Дългосрочни ангажименти от българския екип не са поемани, въпреки интереса на управлението на колаборацията АЛИС към включването на Софийски университет в разработката на бъдещата научна програма на АЛИС след 2030 година. Към настоящия момент колективът е включен активно в следните дейности:

FoCal design and construction - <https://indico.cern.ch/category/8404/>

FoCal test beam analysis - <https://indico.cern.ch/category/14373/>

FoCal coordination - <https://indico.cern.ch/event/1098667/>

Не на последно място следва да се добави утвърдения авторитет на Физически факултет, СУ “Св. Кл. Охридски” и на българската физична общност като цяло в международен план. В рамките на едва няколко седмици съвместна работа беше изградено тясно и до момента изключително ползотворно сътрудничество между ФзФ-СУ и университета в Копенхаген, Дания. Това сътрудничество ще продължи занапред в рамките на НПКНИ-ЦЕРН и ще осигури по-добро образование на българските студенти, докторанти и млади учени. По-конкретно, през 2022 г. се присъединиха двама студенти от магистърската програма “Физика на ядрото и елементарните частици” към ФзФ, СУ - Калина Димитрова и Валентин Бучакчиев.

- **SHiP и SND@LHC** – през 2021 г. SND@LHC беше във фаза на изграждане: произвеждане и монтиране на детекторите; софтуерно и хардуерно осигуряване на детекторите, а през 2002 г. експериментът успешно започва да набира първите си данни. Участието на българската страна включва разработване на софтуер за първичен анализ на данните от различни под-детектори (мюонен трекер, сцинтилационен детектор), както и в софтуера за набиране на данни в колаборация с други институти. По-подробно тук се включват:
  - Създаване на рецепта за инсталиране и конфигуриране на генератора на неутринни взаимодействия GENIE (v3.0.6). Сравнение на резултатите за продуктите на тези взаимодействия, получени с тази и предходна версия на генератора.
  - Успешно бе разработен мениджър за симулиране на протон-протонни взаимодействия в LHC и подбирането на частици неутрино, попадащи в обема на детектора. Беше направен анализ на



произхода на тау неутрината, които биха преминали през мишената на SND@LHC, както и оценка на броя и енергетичния им спектър.

- Първоначална версия на програмите за дигитализация и превръщане на суровите данни от детектора в структури, подходящи за следваща обработка, бяха разработени и тествани. Съответните софтуерни модули са съвместими с рамката FairRoot и са достъпни в официалното Git хранилище на експеримента: <https://github.com/SND-LHC/sndsw>.
- Разработване и поддържане на софтуер за преобразуване на първичните детекторни сигнали в калибрирани данни, подходящи за последваща обработка. Кодът на C++ е организиран в съответствие с пакета FairRoot, който е базов за софтуера на експеримента. Основните промени по този модул са следствие от промяната на формата на входния файл с първични данни, осигуряващ по-бърз достъп, както и обработката на допълнителна информация като етапа на ускоряване на сноповете в LHC. Работата по тази задача е обсъждана по време на ежеседмичните софтуерни срещи на колаборацията.
- Реконструкция на следите на мюоните в детектора. За реконструкцията на следите на мюоните в детектора се използва комбинация от Хъф трансформации и Калманов филтър. Работата по тази задача се състои в адаптиране на вече съществуваща процедура. За основа е използван софтуерен модул за реконструкция на следите на мюони, получени при взаимодействието на мюонно неутрино с мишената на детектора. В резултат на направените изменения, методът успешно реконструира следи, навлизащи в детектора под различни ъгли в целия чувствителен диапазон по ъгли на детектора.
- Членовете на екипа бяха командирани за даване на смени на експеримента по време на набирането на данни за осигуряване на безпроблемна работа на детекторите - 24 часови смени за 21 дни.

### 1.3. Развитие на човешкия потенциал

В дейности по проекта освен щатните изследователи от Физически факултет на Софийския университет и ИЯИЯЕ-БАН са привлечени на граждански или временни договори трима млади учени и постдокторанти. Трябва да се отбележи, че в кандидат-докторантската сесия 2021 г. са подадени 4 заявления на кандидат-докторанти в направление „Физика на елементарните частици“ (за сравнение за 2020 г. беше подадено само 1 заявление). Засиленият интерес към докторантурите може да се отдаде и на успешното стартиране на НПКНИ-ЦЕРН, което дава перспектива пред младите учени. Също така се засили интересът и сред студентите от бакалавърските програми във ФзФ, като предстои да се провери дали този интерес е траен.

## 2. Изграждане и експлоатация на научна инфраструктура, която ще бъде използвана за разработване и тестове на детектори и комплексни детекторни системи за регистрация на йонизиращо лъчение и компютърно моделиране на отклика на детекторни системи и обработка и анализ на данни получени в експерименти провеждани в ЦЕРН.

През отчетния период, дейностите по изграждане и експлоатация на инфраструктура в Софийския университет и ИЯИЯЕ-БАН се извършваха съгласно обновените „План за изграждане и експлоатация“ и „Финансов план“ (Приложение 2 и 3 от Договора за партньорство между Софийския университет и ИЯИЯЕ-БАН Договора за партньорство № 80-08-119 от 15.07.2019 г., виж **Приложение 2.2** и точка 3 от настоящия отчет) по работни пакети (РП) както следва:

### **РП1. Изграждане и експлоатация на лаборатория за газова многодетекторни системи на йонизиращи лъчения**

В този работен пакет са включени дейностите свързани с изграждането на лаборатория за газова многодетекторни системи на йонизиращи лъчения. Основната цел на тези дейности е да се доизгради съществуващата в ИЯИЯЕ лаборатория за газова детектори, като в значителна степен се разширят възможностите и за конструиране и изследване на характеристиките на различни типове системи от газова детектори.

Работен колектив:

1. физик д-р Пламен Яйджиев
2. инж. Владимир Башев
3. гл. ас. д-р Румяна Хаджийска
4. ас. д-р Мариана Шопова
5. инж. д-р Любомир Димитров
6. инж. Георги Митев

7. Людмил Рачев, техник

Предвиждат се следните основни дейности:

**Втора година:**

Д1.3 Дизайн и разработка на стенд за проверка на параметрите на охлаждащите модули за газовите детектори GEM.

Д1.4 Проектиране на дигитална система за регистрация на данните от газовите детектори и високоволтови електронни блокове.

Очаквани резултати:

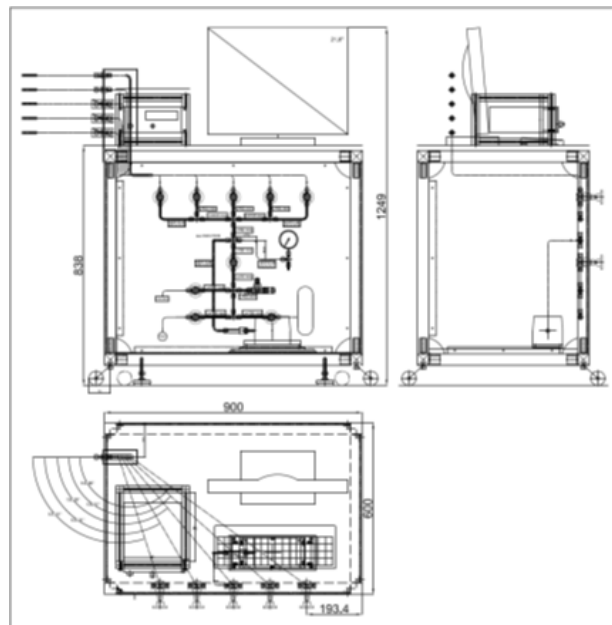
P1.3 Инсталиран и готов за експлоатация стенд за проверка на параметрите на охлаждащите модули за газовите детектори GEM.

P1.4 Разработен проект за на дигитална система за регистрация на данните от газовите детектори и високоволтови електронни блокове.

Задача Д1.3 Дизайн и разработка на стенд за проверка на параметрите на охлаждащите модули за газовите детектори GEM.

Дизайнът беше завършен и материалите от фирми MKS Instruments, Swagelok-Nordival и Pico Technology бяха поръчани и доставени до началото на Ноември 2021 г. Закъснението в доставките е свързано с пандемията и трудности с микрочиповете за сензорите на системата.

1. Проектът на газовият стенд бе изпълнен на базата на отчет на етап 1 от договора и на работният проект и разработеният дизайн на стенда – Фиг.1-3.



Фиг.1 Дизайн проект на финалната версия на газов стенд



Фиг.2 Газов стенд в лабораторията на ИЯИЯЕ



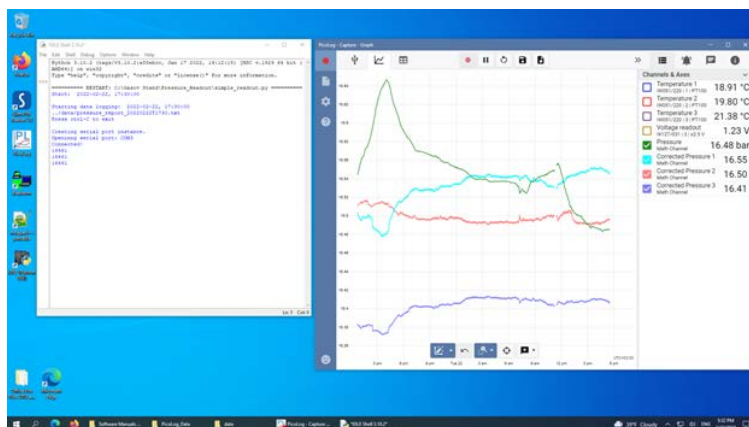
Фиг. 3 Електроника на сензорите на газовият стенд – 24 разряден АЦП и сензори за РТ100 на PICO technology и електронен модул на високочувствителен сензор “Baratron” MKS Instruments

2. Подготовка на компютъра за стенда за проверка на параметрите на охлаждащите модули за газовите детектори GEM:  
- Инсталацията и настройката на OS Windows 10 pro на компютър Lenovo е завършена. Компютъра е доставен в лаборатория 106 и е монтиран на газовия стенд заедно с модулите ADC-24 и PT-104.  
- Инсталацията и настройката на програма PicoLog за връзка и събиране на данни от модули ADC-24 и PT-104 на Pico Technology е завършена. Модулите са свързани съответно към аналоговия изход на измервателния модул за налягане и температурни сензори PT100.

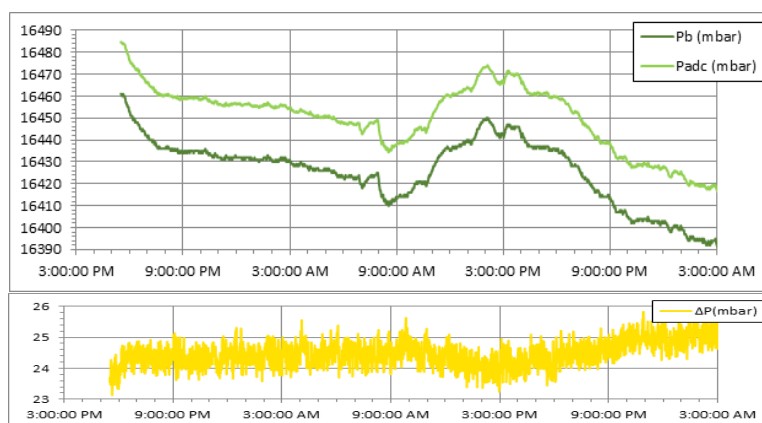


- Инсталацията на драйвер за конвертор СНІРІ-Х10 за връзка с измервателния модул за налягане е завършена. Връзката се осъществява на 9200 baud, 8bit, no parity, 1 stop bit. Модула отговаря на команди от специфичния за него протокол.

- Разработен е софтуер за събиране на данни за налягането по сериен интерфейс RS232, показан на фиг. 4 в паралелна работа с PicoLog. На фиг. 5 е показано сравнение от цифровите отчети на сензора за налягане и стойността отчитана от ADC-24. Резултатите от двата метода на отчитане са много близки, отличаващи се с адитивно отместване от около 24mbar или 0.15% от цялата стойност на налягането. Наблюдаваният шум в графиката на разликата от отчетите е около 1mbar и отговаря на стъпката на дискретизация на MKS 670b.



Фиг. 4

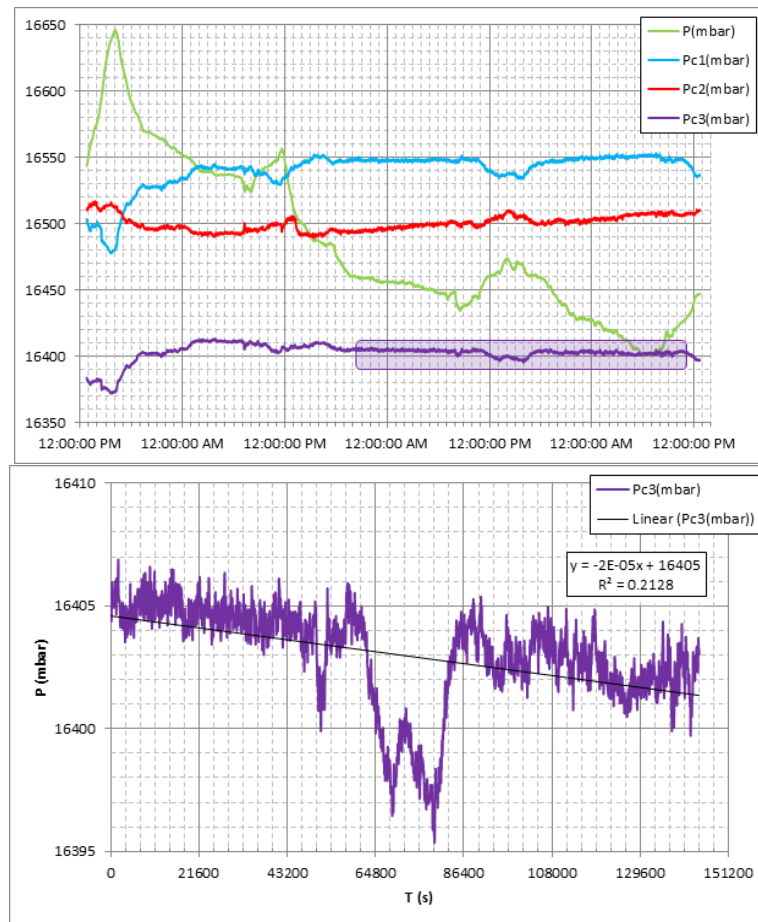


Фиг.5

3. След тест на вакуум до  $10^{-6}$  бара и инсталиране на стенда в лабораторията бе проведен тест с налягане 15 бара за проверка на налягането в стенда за период от няколко дни. Изискването е да няма изтичане на азот при налягане 15 бара. За провеждането на изпитанията е необходимо:

- a. Свързване към компютъра на сензорите – високочувствителният сензор “Varatron” и 3 сензора за температура PT100.
- b. Да се извърши настройка на всички сензори и електронни модули.
- c. Да се проведе измерване на налягането и температурата на газа в течение на продължителен период от време 30–40 часа.
- d. Да се коригира налягането в зависимост от изменението на температурата.
- e. Да се начертае графика на изменението на коригираното налягане и да се проведе фитиране с права линия.

2. Резултатите от теста на газовият стенд са отразени в протокол за приемането на стенда от БРВ-ИЯИЯЕ. Тест на стенда за утечки на газ в конфигурация с една твърда връзка (медна тръба Ф8мм) за присъединяване на охладителни модули бе проведен от 18.02.2022 до 25.02.2022 при налягане около 16.5 bar. Резултатите за периода 21.02 – 24.02 са показани на фиг. 6.



Фиг.6

Зелената линия (P) показва хода на абсолютното измерено налягане. В нея ясно се влиянието на денонощния ход на температурата. Трите линии Pc1 – Pc3 показват налягането с приложени корекции за температура, измерена от три сензора за температура PT100, разположени на различни места в стенда. За показания избран участък от кривата P3 е направена линейна апроксимация даваща уравнението:

$$P = 16405 \text{ mbar} - 20 \cdot 10^{-6} \text{ mbar/s}$$

За изчисления обем на стенда от 0.4l това дава утечка:

$$Q = V \cdot \Delta P / \Delta t = 8 \cdot 10^{-6} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$$

#### 5.Изводи от направените лабораторни измервания:

Газовият стенд изпълнява заложените при проектирането задачи.

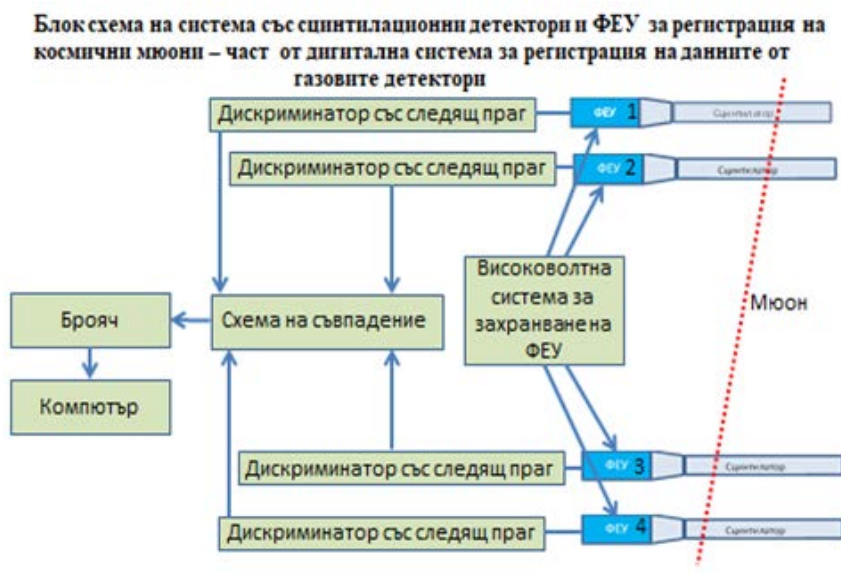
Необходимо е за продължение на работата да се заменят гъвкавите връзки с друг модел с по ниско изтичане на газа ( $< 10^{-5} \text{ mbar} \cdot \text{l/s}$ ) при 15000 mbar. След замяната на гъвкавите връзки се провеждат редовни тестове на произведените в ИЯИЯЕ охлаждащи модули - Фиг.7. Към 15.11.2022 г. са тествани 39 охлаждащи модула.



Фиг.7 Тест на 4 модула със заменени и изпитани при 15 атмосферни гъвкави връзки (50 см)

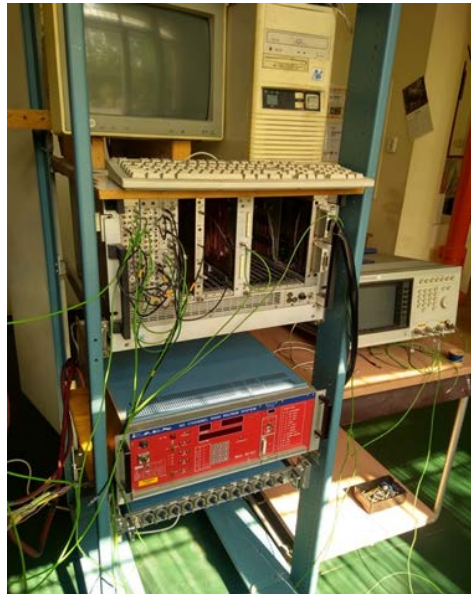
Задача Д1.4 Проектиране на дигитална система за регистрация на данните от газовите детектори и високоволтови електронни блокове.

1.Проверка и възстановяване на системата за регистрация на космични мюони /Космичен Стенд/ след тестовите на камери със съпротивителна плоскост през периода 2000 – 2008 г.



Фиг.1 Блок схема на група от 4 детектора за регистрация на космични мюони заедно с електронните модули

Лабораторията разполага с пластични сцинтилатори, свързани с фотоелектронни умножители (ФЕУ) 9138В на “ET Enterprises”, които формират броячи на преминали заредени частици през сцинтилаторите. В конкретната работна задача се изследва честотата на броене на космични мюони от естествения радиационен фон. Сцинтилаторите са разделени в две групи от по 4 и са разположени един под друг, като се използва конструкцията на космичния стенд, използван за тестване на камерите със съпротивителна плоскост (RPC) за експеримента CMS (Фиг. 1). Двете групи формално са наречени: „Към прозорец“ (ФЕУ 1, 2, 7 и 8) и „Към стена“ (ФЕУ 3, 4, 5 и 6). Тест на стенда бе извършен с наличната електроника /Фиг.2/ и с наличната механична конструкция Фиг.3 за разполагане на сцинтилаторите и ФЕУ по схемата на Фиг.1.



Фиг.2 Електронни блокове на системата за регистрация на космични мюони.



Фиг.3 Модули от сцинтилаторни плоскости и ФЕУ.

ФЕУ са захранвани с високо напрежение, като е използван наличния за момента модул на CAEN за управление на високо напрежение. В експерименталната апаратура са включени още компютър, КАМАК крейт с дискриминатори със следящ праг (CFD), схема на съвпадение и брояч на импулси. Използването на CFD се налага заради използването на импулси от сцинтилаторни броячи, където времето на нарастване на предния фронт на сигнала е по-бавно. Всеки CFD модул разполага с 4 входа, на който се подават сигналите от ФЕУ. Формираните импулси са подадени към брояч, свързан с компютър, на който е инсталирана програма за четене на данни. Паралелно с това импулсите са подадени за наблюдение към осцилоскоп HP54111D и втори контролен брояч.

Целта на задачата е да се определи оптималното работно напрежение за всеки един от наличните ФЕУ и като цяло да се провери функционалността на системата, както и да се определи кои от компоненти от апаратурата имат нужда от обновяване.

Изследвана е честотата на броеве, брой импулси за секунда [Hz], за всеки един ФЕУ като функция на подаденото високо напрежение. Измерванията са проведени в две различни схеми – индивидуално броеве за всеки един сцинтилатор, с цел грубо първоначално определяне на работното напрежение на съответното ФЕУ, а така също и броеве в схема на съвпадение, за да се ограничат случайни сигнали, които не се дължат на космични частици.

За някои от ФЕУ сканирането е проведено по два начина – покачване на напрежението през определена стъпка (Ramp Up) и понижаване на напрежението със същата стъпка (Ramp Down). Целта е да се изследва стабилността на получените резултати.

#### Експериментална част

Режим на индивидуално броеве: Във всяка една от двете групи сцинтилаторни броячи е избран по един, за който е проведено сканиране в режим на индивидуално броеве. Това са сцинтилаторите с ФЕУ 3 (към стена) и ФЕУ 8 (към прозорец). На фигура 4 са показани резултатите от проведеното измерване. Както се вижда от фигурите, след определена стойност на подаденото напрежение, честотата на сигналите нараства експоненциално. Затова за първоначална (грубо определяне) работна точка на двата ФЕУ са избрани стойностите в инфлексната точка на получените разпределения. За ФЕУ 3 като начална работна точка е избрана  $HV(WP) = 2050$  V, а за ФЕУ 8:  $HV(WP) = 2200$  V.



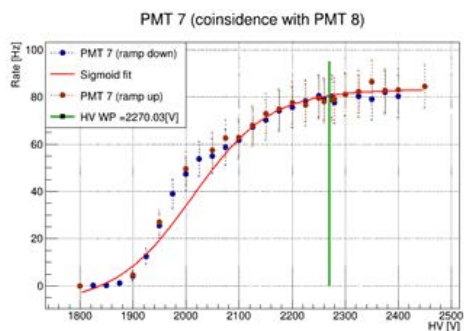
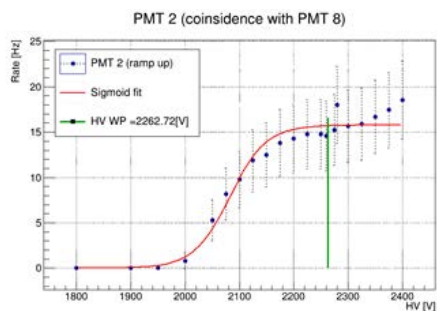
Фигура 4: Честота на броеве за ФЕУ3 (в ляво) и ФЕУ8 (в дясно) като функция на подаденото високо напрежение. Със зелена линия е показано първоначално определената работна точка.

Броеве в схема на съвпадение: Всеки един от сцинтилаторните броячи от двете групи е сканиран в схема на съвпадение с ФЕУ3 (за сцинтилаторите с ФЕУ 4, 5 и 6) и в схема на съвпадение с ФЕУ8 (за сцинтилаторите с ФЕУ 1, 2 и 7). След определяне на техните работни точки, ФЕУ3 и ФЕУ8 са сканирани още веднъж за окончателно определяне и на техните оптимални работни точки. На фигура 5 са показани резултатите от сканирането на ФЕУ2 и ФЕУ7 в схема на съвпадения. Резултатите са обработени с програмата за статистически анализ на големи обеми от данни ROOT. Получените разпределения за апроксимирани (фитирани) към сигмоид функция:

$$y = a / (1 + \exp(-b * (x-c))) + d$$

Където параметърът  $a$  отговаря на стойността на функцията във второто плато,  $b$  е наклонът на кривата между двете плато,  $c$  – отговаря на напрежението при достигната половината от максималната стойност,  $a$  и  $d$  е малък калибриращ параметър, който в частност може и да е нула.

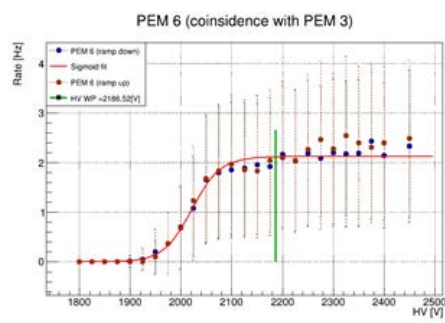
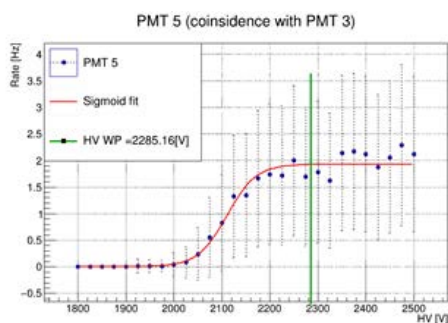




Фигура 5: Резултати от сканирането на сцинтилатори с ФЕУ2 и ФЕУ7 в схема на съвпадение с ФЕУ8. В червено е показана фитиращата функция, а със зелена линия е отбелязаната работна точка.

Коляното на кривата се определя като точката, при която се достига 95 % от максималната стойност. Тази точка може да бъде получена от параметрите на фита. След нейното определяне се определя и стойността на оптималната работна точка в средата на второто плато.

На фигури 6 и 7 са показани резултатите от сканирането на ФЕУ5 и ФЕУ6, определени в схема на съвпадение с ФЕУ3.



Фиг. 6: Резултати от сканирането на сцинтилатори с ФЕУ5 и ФЕУ6 в схема на съвпадение с ФЕУ3. В червено е показана фитиращата функция, а със зелена линия е отбелязаната работна точка.

За по-точно определяне на работните точки са използвани различни схеми на съвпадение, като получените резултати са представени в таблица 2 за ФЕУ „Към стена“ и таблица 3 за ФЕУ „Към прозорец“.

ФЕУ	Схема съвпадение	Време, [s]	Отчетени сигнали	Честота, [Hz]
3	1	188	2892	15.862
4	0			
5	0			
6	1	194	3723	19.191
3	0			
4	1			
5	1	99	1769	17.869
6	0			
3	0			
4	1			



5	0
6	1
3	1
4	1
5	0
6	1
3	0
4	1
5	1
6	1
3	1
4	1
5	1
6	1

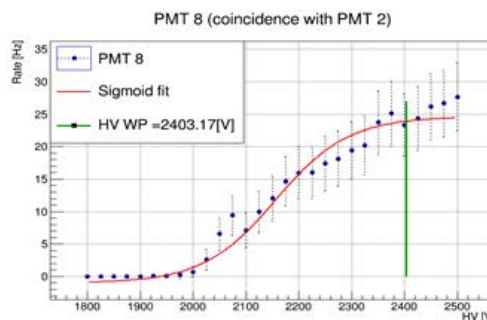
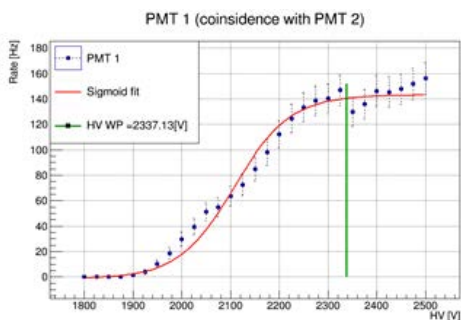
139	1950	14.029
146	2133	14.610
88	1074	12.205

Таблица 2: Различни схеми на съвпадение на ФЕУ “Към стена”.

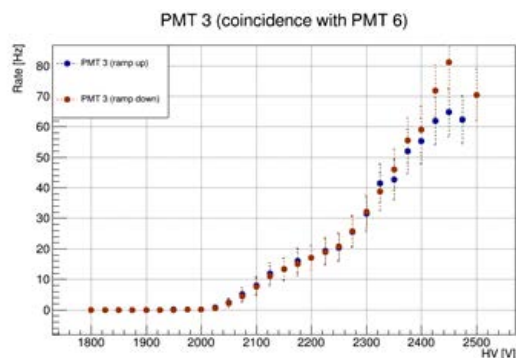
ФЕУ	Схема съвпадение	Време, [s]	Отчетени сигнали	Честота, [Hz]
1	1	67	867	12.94
2	1			
7	1			
8	1			

Таблица 3: Направени измервания при схема на съвпадение от всички ФЕУ “Към прозорец”.

На фигура 8 са показани резултатите от сканирането на ФЕУ1 и ФЕУ8, определени в схема на съвпадение с ФЕУ2, а на фигура 9 са представени получените резултати при сканирането на ФЕУ 3 в схема на съвпадение с ФЕУ 6.



Фиг. 8: Резултати от сканирането на сцинтилатори с ФЕУ1 и ФЕУ8 в схема на съвпадение с ФЕУ2. В червено е показана фитиращата функция, а със зелена линия е отбелязаната работна точка.



Фиг. 9: Резултати от сканирането на сцинтилатор с ФЕУ3 в схема на съвпадение с ФЕУ6.

**Изводи от направените лабораторни измервания:**

Като цяло, космическият стенд работи и може да бъде използван за експериментални измервания, със следните забележки:

1. При изследването на ФЕУ 3 не се формира плато, в което да се определи неговата работна точка - този ФЕУ не функционира правилно и трябва да бъде подменен.
2. Електронните модули, както и компютърът, свързан към тях са много стари (от 90-те години на миналия век). Остарелият интерфейс (драйвери, конектори и др.) налагат използването на много стар компютър, който използва много стара версия на операционната система Windows. По тази причина, той разполага с много малко памет, което при много високи измервани стойности, (прим. честоти от порядъка на kHz и повече) води до претъпяване на паметта и пречи на правилната работа на съществуващия софтуер, използван като система за събиране на данни. Необходимо е този компютър да бъде подменен с нов, както и подмяна на голяма част от електронните модули. На Фиг. 10 е показан общ изглед на космическия стенд със закупения нов компютър.
3. **В резултат на измерванията бе решено да се продължи с работата на космическия стенд със 7 детектора сцинтилатор – ФЕУ, преминали успешен тест заедно с високоволтовият крейт на “CAEN” - Фиг.3.**



Фиг.10

2. Проект за модернизиране на електронните блокове на Космическия Стенд.

За създаването на Космическия Стенд е необходимо да се заменят следните модули:

1. РС – много стар компютър с ISA шина
2. КАМАК крейт с дискриминатори със следящ праг, схема на съвпадение и брояч на импулси – много стар крейт /1987 г./ със специфичен крейт контролер адаптиран за старото РС. Дискриминаторите и схемата на съвпадение могат да се използват само временно.
3. Осцилоскоп HP54111D – производство 1987 г. Необходимо е да се смени.

Блок схема на Космически Стенд с нови електронни блокове:

Предложение за доставка на нови блокове :

1. VME крейт NV8020A с Optical Link -> VME, V2718 – VX2718(CAEN)
2. VME Блок 16 канала с дискриминатори със следящ праг (CAEN) N843
3. VME Блок 32 канала с време цифрови преобразуватели (CAEN) V1290A-2eSST
4. Осцилоскоп



- **РП 2** – Център за Grid и облачни технологии към ИЯИЯЕ

Задача Д1.1 Етап I на модернизация и разширение на електрическата инсталация на центъра за данни в ИЯИЯЕ;

Работен колектив:

1. Светослав Тодоров Христов, ръководител отдел ИТ
2. Венцислав Лилянов Стефанов, техн. сътрудник ИТ
3. Олга Николаевна Аврамова, мл. експерт ИТ

Извършени са електро-монтажни работи по подмяна на главното електрическо табло, окабеляване и подготовка за свързване на генератор , АВР табло, ново окабеляване до всеки шкаф и охладителното оборудване на Центъра за данни.



Д1.2 Изпълнена е модернизация на климатичната система на центъра за данни в ИЯИЯЕ;



Изградено е разширение на локалната компютърна мрежа на ИЯИЯЕ за свързване на управляващия компютър на газовия стенд към съществуващата мрежа.

## Проект

за участие на ИЯИЯЕ-БАН в национална пътна карта за научна инфраструктура и Консорциум „Европейски център за ядрени изследвания - ЦЕРН“

### Кратко описание на проекта

Участието на България в CERN е подкрепено по Националната пътна карта за научна инфраструктура (НПКНИ). Финасов координатор за участието на България в CERN е МОН. Изпълнението на проекта се осъществява от Консорциум „Европейски център за ядрени изследвания - ЦЕРН“ (СУ „Кл.Охридски“ и ИЯИЯЕ-БАН) в актуализираната Национална пътна карта за научна инфраструктура (НПКНИ) 2020-2027 г., приета с Решение на Министерския съвет на Република България № 881 от 03.12.2020 г.

#### 1. Изпълнението на Национална пътна карта за научна инфраструктура (НПКНИ) 2020-2027 г. се осъществява на следните документи:

- 1.1. Договор за партньорство между СУ „Кл.Охридски“ и ИЯИЯЕ-БАН № 80-08-119 от 15.07.2019 г. за изпълнение на Национална пътна карта за научна инфраструктура (НПКНИ) „Европейски център за ядрени изследвания - ЦЕРН“.
- 1.2. Споразумение Д01-374/18.12.2020 г. между СУ „Кл.Охридски“ (координатор на консорциума „Европейски център за ядрени изследвания - ЦЕРН“) и МОН.
- 1.3. АНЕКС №1 от 14.04.2021 г. към Договор за партньорство 80-08-119/15.07.2019 между СУ „Кл.Охридски“ и ИЯИЯЕ-БАН.

2. През октомври 2021 г. бе приет „Актуализиран план за изграждане и експлоатация на научната инфраструктура на консорциума „Европейски център за ядрени изследвания - ЦЕРН“ чрез промени в Приложение 2 на Договора за партньорство между СУ „Кл.Охридски“ и ИЯИЯЕ-БАН като следва:

На основната интернет страница на ИЯИЯЕ е публикувана информация за участието на института в Националната пътна карта за научна инфраструктура

- **РП 3** – Център за Grid и облачни технологии към Софийския университет

Изпълнение са следните задачи:

**Задача ДЗ.5:** Съхранение и обработка на данни от експериментите провеждани на ускорителя LHC

В този работен пакет са включени всички дейности свързани с изграждането развитието и експлоатацията на центъра за облачни и GRID технологии към СУ. През отчетния период не бяха предвидени средства за закупуване на техника и оборудване. Основните дейности бяха свързани с инсталирането на необходимите пакети, въвеждане в експлоатация и поддръжка на GRID кълъстера на СУ. Кълъстерът също така бе присъединен към глобалната GRID инфраструктура и е с обновен статус, като изчислителен ресурс на експеримента CMS.

През отчетния период бяха извършени следните конкретни дейности:

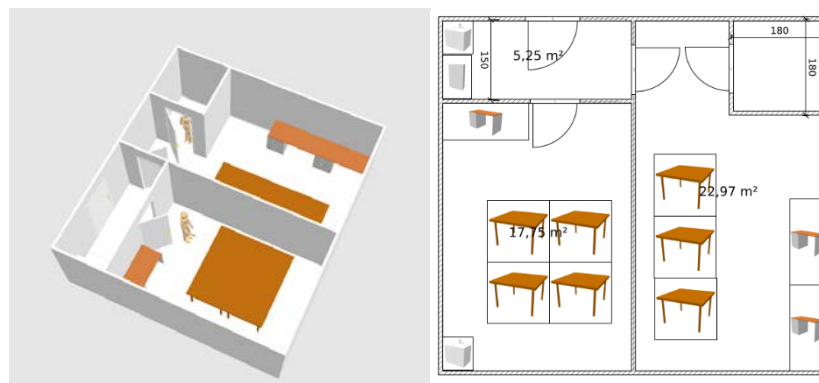
- На кластера бе инсталирана Lustre файлова система, като достъпното към момента дисково пространство е 42 TB.
- Преинсталиран бе софтуера на всичките изчислителни възли.
- Преконфигурирани бяха са всички услуги, използвани от софтуера на CMS.
- Добавени бяха нови услуги (squid i cvmfs), които задължително се изискват от CMS
- Кълъстерът бе включен в Rucio - новата система за трансфер на данни на CMS.
- Бяха стартирани пилотни задачи и бяха проведени тестове за мониториране на надеждността на кълъстера от страна на CMS. Резултатите от тестовете са достъпни на следната страница: <https://argo.egi.eu/egi/report-status/Critical/SITES/BG05-SUGrid>

В резултат на проведените дейности, кълъстерът бе сертифициран, като Tier-3 GRID инфраструктура на CMS ([https://cms-cric.cern.ch/cms/site/detail/T3\\_BG\\_UNI\\_SOFIA/](https://cms-cric.cern.ch/cms/site/detail/T3_BG_UNI_SOFIA/))

Научен колектив, изпълняващ работния пакет:

- от Физически факултет на Софийски университет: доц. д-р Борислав Павлов, доц. д-р Пейчо Петков, проф. д-р Леандър Литов, физик Антон Петров, г-н Тодор Трендафилов (докторант), г-н Елтон Шумка (докторант);

- от Факултет по математика и информатика на Софийски университет: проф. д-р Владимир Димитров, доц. д-р Радослава Христова;
- **РП 4** – Изграждане и експлоатация на лаборатория за изработване и изследване на сцинтилационни детектори към Софийския университет  
Изпълнение са напълно (или са в процес на довършване) следните задачи:  
Задача Д4.2.1: Ремонт на помещението и приспособяването му за лаборатория за работа със сцинтилатори



*План на разделянето на А004 на мръсно помещение, чисто помещение и тъмна стая като обособени части на лабораторията за конструиране на сцинтилационни детектори*

Лабораторията е разположена в две независими помещения във Физически факултет на Софийския университет – А004 и В26Б. Преди да се пристъпи към дейностите по ремонт на помещенията, които да се използват за нуждите на лабораторията за сцинтилационни детектори, бяха идентифицирани основните спецификации за тези помещения. Лабораторията се състои от четири специализирани помещения **мръсно помещение** (за механична обработка и спомагателните материали), **чисто помещение** с ниски нива на прах (за конструиране детекторите от вече готовите компоненти), **тъмна стая** (за тестване на сцинтилационните детектори) и **електронна лаборатория** (за конструиране и изследване на електронните модули на детекторите). Първите три помещения се разполагат в А004. Планът на разгръщането им е представен на Фигура 1.

Поради спецификата на работата, планирана за извършване в лабораторията по сцинтилационни детектори, бяха включени и беше обърнато специално внимание на следните дейности:

- Беше направена водонепропусклива изолация на пода и стените на помещението;
- За боядисването на стените беше изрично посочено да се използва боя, която не се разпрашава и не води до замърсяване на помещението;
- Беше изградена активна вентилационна система с два кръга, която позволява работа с както с термопластични полимери, така и с машини, при които вследствие на обработката на материали има високо запрашаване. Вентилационната система;
- Беше изцяло обновена силовата електроинсталация, като бяха осигурени необходимите монофазни и трифазни контакти за апаратурата в помещението;
- Беше изцяло обновена мрежова комуникационна инсталация, която бе предвидена да осигурява трансфер на данни със скорости до 1 Gbps;
- Беше осигурено допълнително водоподаване, което е необходимо за охлаждането на материалите при обработката на термопластични полимери (в частност при обработката на полистирен и поливинилтолуен базирани сцинтилатори);

Крайния вид на А004 след извършения ремонт е представен на **Фигура 2**.





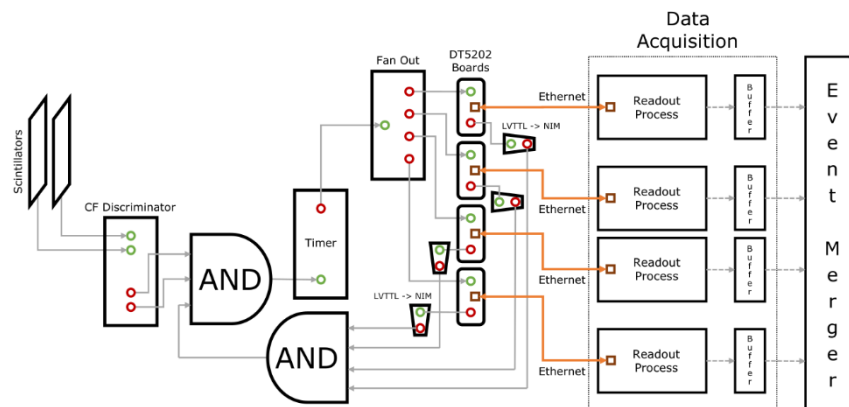
*Част от помещение А004 след извършения ремонт*

Предстои закупуването на мрежов комутатор, разполагащ с най-малко 48 порта за мрежова комуникация и неговото инсталирана в специална сервизна кутия в помещението. Паралелно с ремонтните дейности на чистото помещение, мръсното помещение и тъмната стая беше осъществен и ремонт на лабораторията по електроника (В26Б). При изпълнението на тази задача бяха срещнати определени трудности, породени от възрастта на сградата и водопроводната и канализационната системи. Въпреки това въвеждането в експлоатация и на лабораторията по електроника е също в напреднал етап и понастоящем тя е използвана именно за конструирането изследването на многоканални детекторни системи, както се вижда от фигурата.



*Обновената лаборатория по електроника заедно с част от инсталацията в нея апаратура.*

В лабораторията по електроника бяха инсталирани някои стандартизирани модули за работа с детектори на йонизиращи лъчения, както и налична измервателна апаратура (осцилоскопи, сигнал генератори и други). Благодарение на апаратурата в нея беше разработен дизайнът на системата за тригерирание и набор на данните от прототипа на детектора FoCal-H, както е показан на фигурата.



*Принципна схема на системата за тригерирание и набор на данните от прототипа на детектора FoCal-H, изискващ изчитането на >200 индивидуални детектиращи канали. Системата е разработена съвместно със студенти (цето дело е представената схема)*

През следващия период предстои използването на обновените помещения и инсталираната в тях апаратура за характеризирание на нови сцинтилационни детектори.

#### Задача Д4.2.2: Проучване на технологиите за производство на сцинтилатори

През изминалата година беше иницирано проучване за възможностите за закупуването на необходимото оборудване на лабораторията за сцинтилационни детектори. Дейностите бяха фокусирани в две направления:

- Системи за екструдирание – бяха потърсени различни доставчици на екструдери, позволяващи получаването на профили с квадратно и/или правоъгълно сечение, тъй като това са най-често използваните геометрии на активната област при детектиране на космични лъчи, например. Получени бяха няколко оферти, като за съжаление на този етап нито една не удовлетворява всички условия на научния колектив, свързани с параметри, доставка, инсталиране и поддръжка на оборудването. През следващия период от изпълнението на програмата ще бъдат потърсени алтернативни решения и ще бъде прибягнато към оценка на възможните компромисни варианти.
- Електронни модули – беше проучена възможността за закупуване на модули за захранващо напрежение и 64 канална система за захранване и събиране на данни от силициеви фотоумножители. Тези модули са базирани на ASIC решения, специално разработени за работа със силициеви фотоумножители. През следващия етап най-вероятно на тях ще се базира изграждането на тестова система за изследване на сцинтилационните детектори. В допълнение на тези системи ще бъдат разгледани и различни алтернативни преди да се вземе окончателно решение.

Възможността за дизайн и разработка на нови сцинтилационни детектори на територията на Физически факултет, СУ “Св. Кл. Охридски” ще допринесе за засилване на интереса на студентите към областта и за повишаване на знанията им чрез пряко участие в дейностите по изследването и конструирането на тези детектори. През 2022 г. към екипа се присъединиха още студенти, които ще участват в работата по развитието на лабораторията и изследването на нови сцинтилационни детектори, свързани с участието на български екипи на експерименти в CERN.

Научен колектив, изпълняващ работния пакет:

- от Физически факултет на Софийски университет: доц. д-р Венелин Кожухаров, доц. д-р Мариян Богомилов, д-р Симона Илиева (постдокторант), д-р Георги Георгиев (постдокторант), доц. д-р Людмил Цанков, физик Васил Вергилов, Радослав Симеонов (млад учен, докторант), Светослав Иванов (млад учен, докторант), Светослав Иванов (млад учен, докторант); Валентин Бучакчиев (студент), Калина Димитрова (студент).

Понастоящем заедно с членовете на екипа в лабораторията по сцинтилационни детектори специализират под формата на кръжочни занимания и 3-ма студенти от 2. курс на специалност “Nuclear and particle physics” към ФзФ, СУ, които ще бъдат отчетени към научния колектив при демонстриране на траен интерес в областта.

- **РП 5** – Изграждане и експлоатация на лаборатория за разработване и характеризирание на детектори използвани в експерименти с ускорени снопове от радиоактивни йони към Софийския университет  
Изпълнение са (или са в процес на изпълнение) следните задачи:

Задача Д2.1: Извършен е пълен ремонт на лабораторно помещение, позволяващо конструиране и работа с твърдотелни детектори.

Извършен е основен ремонт на помещения В25А, Б във Физически факултет на Софийския университет. При извършване на ремонта специално внимание е отделено на създаване на условия за ниска запрашеност до минималните стандарти за лаборатория за полупроводникови детектори, климатизация и вибрационна устойчивост на подовите покрития. Изградена е мрежова комуникационна инсталация, която бе предвидена да осигурява трансфер на данни със скорости до 1 Gbps. Изградена е 10 kW вътрешна електрическа мрежа с устойчиво заземяване. В едно от двете помещения се предвижда да се изгради лабораторията за конструиране и тестване детекторите, докато второто помещение ще се ползва като оперативен център за съхраняване и обработка на данни. Крайния вид на помещение В25 след извършения ремонт е представен на **Фигура 3**.



Фигура 1: Помещение В25 след извършения ремонт.

Задача Д2.2: Закупуване на NV8020A - VME/NIM 7U крейт.

След направени проучвания е изискана оферта за доставка на крейта, като се очаква той да бъде закупен и доставен до края 2021 г. или в началото на 2022 г.

Научен колектив, изпълняващ работния пакет:

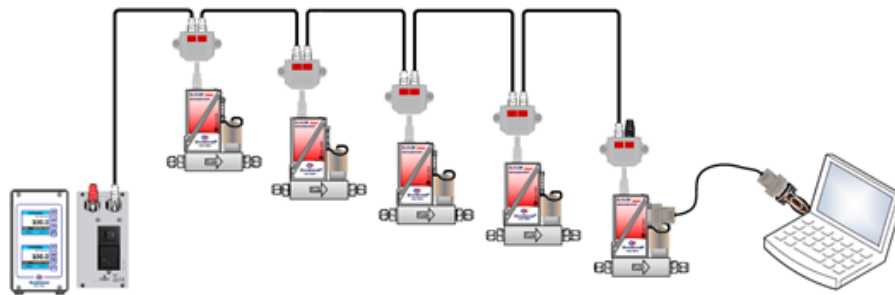
- от Физически факултет на Софийски университет: проф. дфзн Георги Райновски, доц. д-р Калин Гладнишки, гл. ас. д-р Мартин Джонголов, гл. ас. д-р Диана Кочева (постдокторант), д-р Милена Стоянова (постдокторант)

- **РП 6** – Изграждане и експлоатация на лаборатория за детектори на йонизиращи лъчения за високопрецизни измервания към Софийския университет

Изпълнение са (или са в процес на изпълнение) следните задачи:

Задача Д6.3: Доизграждане на газовата система

В този работен пакет са включени дейностите свързани с изграждането на лаборатория за детектори на йонизиращи лъчения за високопрецизни измервания. Дейностите предвидени за изпълнение през отчетния период включват надграждане на съществуващата газова система, като по този начин да стане възможно използването на нови газови смеси. Съществуващата в момента газова система позволява използването на двукомпонентна газова смес на базата на фреон (HFC-134) и серен хексафлуорид (SF<sub>6</sub>). Потокът на фреона и на серния хексафлуорид се контролират съответно с Bronkhorst F-201DV и Bronkhorst F-201CV контролери на масовия поток (MFC – Mass Flow Controller). За да се осигури съвместимост на наличното оборудване с предвидените за закупуване в рамките на работния пакет компоненти, бяха проведени ред консултации с инженерния отдел на фирмата Bronkhorst. Бяха взети под внимание ред параметри, като работните налягания, проектен поток на газовете, интерфейс за управление, електрическо захранване и т.н. В резултат бе успешно проектирана новата система (**Фигура 4**).



Фигура 4: Проект на газовата система. Управлението се извършва посредством компютър, който е свързан с едни от MFC контролерите посредством RS-232 интерфейс. Комуникацията между MFC контролерите се осъществява посредством FLOW-BUS. Електрическото захранване става по FLOW-BUS шината, като се използва захранващ модул E-8501-R-00.

Наградната система ще позволява в допълнение към HFC-134 и серен хексафлуорид да се ползват аргон (Ar) и въглероден диоксид (CO<sub>2</sub>). Аргонът ще се подава посредством Bronkhorst F-201CV MFC, а въглеродният диоксид посредством Bronkhorst F-201AV MFC.

За целта бяха закупени:

- Контролер на масовия поток Bronkhorst F-201CV – 1 бр.
- Контролер на масовия поток Bronkhorst F-201AV – 1 бр.
- Захранващ модул E-8501-R-00 – 1 бр.
- Допълнителни компоненти (RJ45 Y-адаптери, RJ45 кабели за FLOW-BUS, RS-232 кабел, сериен към USB адаптер и други).

Научен колектив, изпълняващ работния пакет:

- от Физически факултет на Софийски университет: доц. д-р Борислав Павлов, доц. д-р Пейчо Петков, проф. д-р Леандър Литов, физик Антон Петров, г-н Елтон Шумка (докторант);

### 3. Организационни дейности

Дейностите на консорциума през отчетния период се регулират от Договора за партньорство между Софийския университет и ИЯИЯЕ-БАН Договора за партньорство № 80-08-119 от 15.07.2019 г. и споразумение Д01-374/18.12.2020 г. между Министерството на образованието и науката и Софийския университет. В резултат на новите задачи поставени на Консорциума „Европейски център за ядрени изследвания – ЦЕРН“ в актуализираната Национална пътна карта за научна инфраструктура (НПКНИ) 2020-2027г., приета с решение на Министерски съвет на Република България от 02.12.2020 г., партньорите в консорциума подписаха Анекс № 1 (виж **Приложение 2.1**). Като изпълнение на поетите в него задължения бяха изработени обновени Приложения 2 („План за изграждане и експлоатация“) и 3 („Финансов план“) към Договора за партньорство между Софийския университет и ИЯИЯЕ-БАН Договора за партньорство № 80-08-119 от 15.07.2019 г. (виж **Приложение 2.2**), които отчитат новите задачи, поставени пред Консорциума и очакваното финансиране. С Анекс № 2 (виж **Приложение 2.3**) партньорите в консорциума приеха обновените приложения 2 („План за изграждане и експлоатация“) и 3 („Финансов план“).

Изграден е работеща интернет страница на проекта:

<https://cern.phys.uni-sofia.bg/>

#### 4. Финансов отчет

##### 4.1 Финансов отчет на ИЯИЯЕ – БАН

Виж **Приложение 4.**

##### 1.2 Финансов отчет на Софийския Университет

Виж **Приложение 3.**

#### 5. Необходимо финансиране за 2023 г.

По отношение на основната задача на консорциума, а именно интензифициране на експлоатацията на научната инфраструктура на ЦЕРН, е ясно, че през 2023 г. предстоят вноски към общите фондове на експериментите, към които България се е присъединила през 2021 г. (ALICE, ISOLDE, NA61), през 2022 г. (SND@LHC) и инициативата SCOPE3. Необходимо финансиране за тези вноски е сравнимо с това за 2022 г.

Средствата, необходими за четвъртата година (2023 г.) са детайлизирани в приложения предварителен „Финансов план“ (**Приложение 2.2**). Те най-общо се разпределят както следва:

- 1) Средства за Интензифициране на експлоатацията на научната инфраструктура на ЦЕРН чрез осигуряване на българското участие в експерименти в ЦЕРН – 500 000 лв.;
- 2) Средства за изграждане и експлоатация на лаборатории на територията на Физически факултет на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ и ИЯИЯЕ – 330 000 лв., по 165 000 лв. съответно за ФзФ и ИЯИЯЕ;

Общото необходимо финансиране за 2023 г. може да се оцени на 830 000 лв., от които 500 000 лв. за участие в експерименти в ЦЕРН и 330 000 лв. за изграждане и експлоатация на лаборатории във Физически факултет на Софийския Университет и ИЯИЯЕ-БАН. При прехвърляне на неизразходваните средства от настоящия отчетен период от 55 264 лв. за 2023 г., необходимото допълнително финансиране за 2023 г. възлиза на 774 736 лв.

**Заклучение:** за успешно осъществяване на дейностите по изграждане на експлоатация на обекта от Националната пътна карта за научна инфраструктура „Европейски център за ядрени изследвания – ЦЕРН“ **през 2023 г. е необходимо финансиране в размер на 774 736 лв.**

## Приложения

1. Меморандуми за разбирателство (MoU) за присъединяване към експерименти в ЦЕРН
  - 1.1. MoU ISOLDE
  - 1.2. MoU NA61/Shine
  - 1.3. MoU ALICE и Анекс за присъединяване на България към експеримента ALICE (Addendum №62)
2. Организационни документи
  - 2.1. Анекс №1 към Договора за партньорство между Софийския университет и ИЯИЯЕ-БАН Договора за партньорство № 80-08-119 от 15.07.2019 г.
  - 2.2. Обновени Приложения 2 („План за изграждане и експлоатация“) и 3 („Финансов план“) към Договора за партньорство между Софийския университет и ИЯИЯЕ-БАН Договора за партньорство № 80-08-119 от 15.07.2019 г.
  - 2.3. Анекс №2 към Договора за партньорство между Софийския университет и ИЯИЯЕ-БАН Договора за партньорство № 80-08-119 от 15.07.2019 г.
3. Финансов отчет и одит на Софийския университет
4. Финансов отчет и одит на ИЯИЯЕ

Координатор на Консорциума:



/проф. дфн Георги Райновски/

Ректор на Софийски Университет Св. Климент Охридски:



/проф. дфн Анастас Герджиков/

25/25

