

13. ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Программа 13.1. Физика элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий (Координатор академик А. Н. Скринский)

Учеными Института ядерной физики им. Г. И. Будкера собран в полном объеме и запущен самый большой и современный детектор в России КЕДР, имеющий параметры, сравнимые с параметрами детекторов, работающих в крупнейших зарубежных центрах. В 2004 г. на комплексе ВЭПП-4 — КЕДР набран значительный объем новых данных с прецизионно откалиброванной энергией сталкивающихся частиц. Это позволило провести измерение масс J/Ψ -, Ψ' - и Ψ'' -мезонов с рекордной точностью. За истекший год выполнен большой объем работ в рамках программы по изучению процессов электрон-позитронной аннигиляции в области энергий от 2 до 12 ГэВ в экспериментах с детектором КЕДР на коллайдере ВЭПП-4М. Результаты представлены на рис. 1, где по оси абсцисс отложены значения энергии электронов (такую же энергию имеют и позитроны), по оси ординат — сечение рождения частиц, на которые распадаются изучаемые мезоны.

В составе двух крупных международных коллабораций (BaBar и BELLE), в которых

участвует около 30 физиков Института ядерной физики им. Г. И. Будкера, получены фундаментальные экспериментальные результаты по несохранению комбинированной четности (СР-четности) в распадах В-мезонов. В частности, обнаружено прямое нарушение СР-четности в слабых распадах В-мезонов на заряженные каон и пион. Нарушение СР-симметрии в слабых распадах является интереснейшим и важным физическим явлением. Оно связано с возникновением наблюдаемой во Вселенной асимметрией между материей и антиматерией, проявляющейся в почти полном отсутствии последней.

На рис. 2 показано распределение числа событий распадов в зависимости от суммарной энергии сталкивающихся электрона и позитрона, рождающих при столкновении В-мезон (пик на графиках), распадающийся затем на К- и π -мезоны (на правом графике для $K^+\pi^-$ -распада В-мезона, на левом — для $K^-\pi^+$ -распада антиВ-мезона). Несохранение четности проявляется в заметном неравенстве амплитуд пиков.

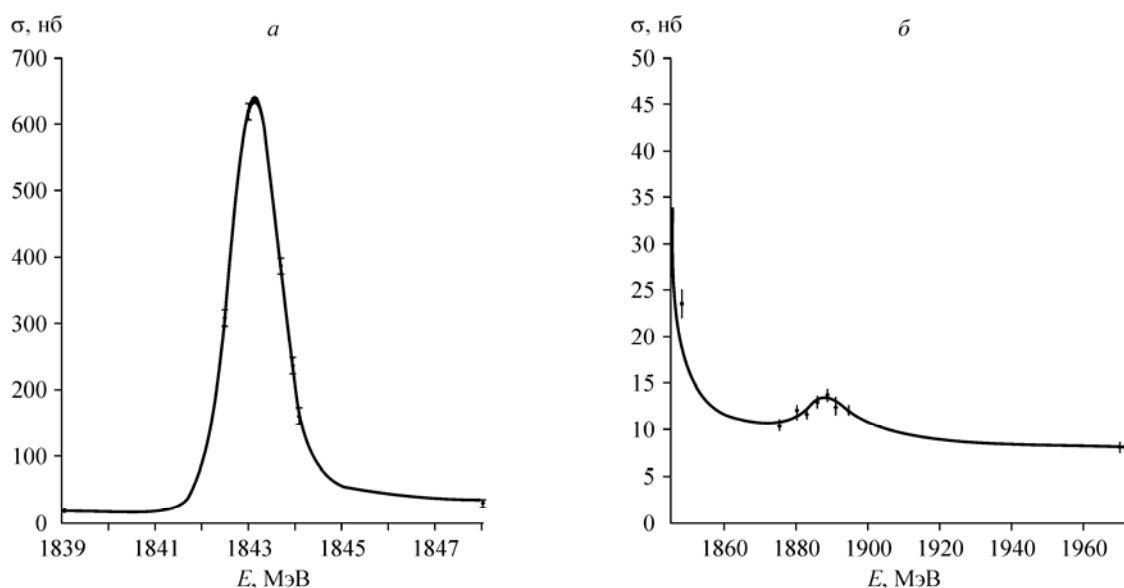


Рис. 1. Иллюстрация результатов измерения масс Ψ' - (а) и Ψ'' -мезонов (б).

Fig. 1. Illustration of mass measurements for Ψ' - (а) and Ψ'' -mesons (б).

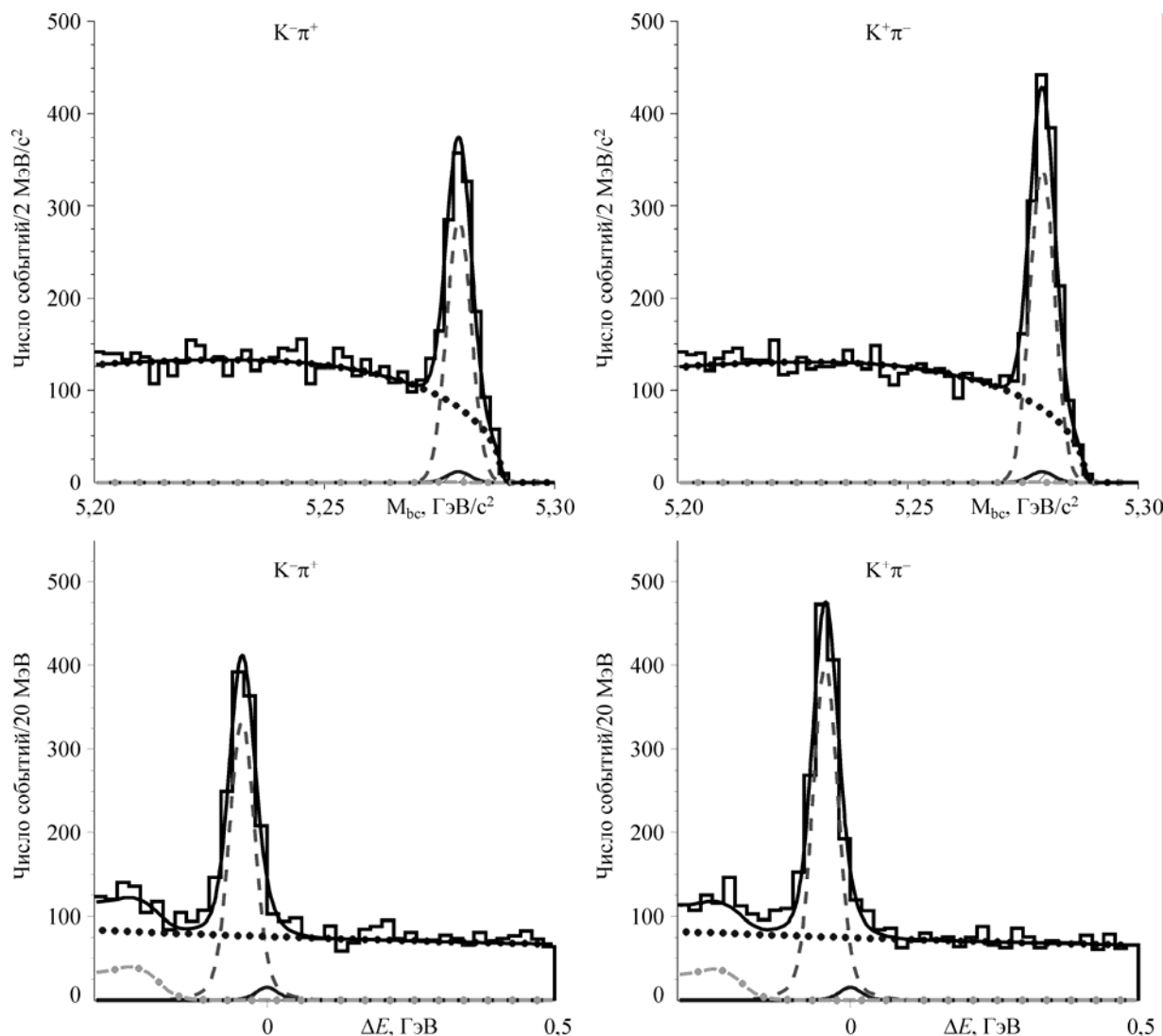


Рис. 2. Зависимость числа событий распадов от суммарной энергии сталкивающихся частиц.

Fig 2. Dependence of decay events number on total energy of colliding particles.

В том же Институте продолжались работы по использованию методов экспериментальной ядерной физики в медицине и системах безопасности и контроля. Разработан и создан пилотный образец системы антитеррористического рентгеновского контроля «Сибскан» для досмотра людей, со столь низкой дозой облучения, что она соответствует дозе, получаемой пассажиром самолета за 20 минут полета. В декабре 2004 г. международная экспертиза подтвердила соответствие СРК «Сибскан» требованиям, представленным к системам такого назначения (рис. 3).

Рис. 3. Системы антитеррористического рентгеновского контроля «Сибскан».

Fig. 3. Scanning X-ray check-up system SibScan.



Программа 13.2. Фундаментальные проблемы физики атомного ядра (Координатор академик Л. М. Барков)

Ученым Института ядерной физики им. Г. И. Будкера удалось кардинально улучшить точность и расширить кинематическую область измерений реакции $e + d \rightarrow p + n + e$. В новом эксперименте была использована недавно созданная поляризованная мишень, бази-

рующаяся на источнике поляризованных атомов дейтерия с рекордной интенсивностью $8,7 \cdot 10^{16}$ ат./с. Использованный источник совместно с охлаждаемой накопительной ячейкой позволил получить высокую плотность газовой мишени.

Программа 13.3. Физика и техника ускорителей заряженных частиц (Координатор член-корреспондент РАН В. В. Пархомчук)

В Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера достигнута проектная производительность позитронной системы ($2 \cdot 10^{10}$ позитронов в секунду) штатной позитронной системы инжекционного комплекса. Созданная система имеет рекордную эффективность сбора позитронов благодаря использованию нового технического решения для импульсного магнита с большим полем, который позволяет эффективно собирать выходящие из конверсионной мишени позитроны. Этот магнит имеет рекордное значение максимального магнитного поля (10 Тл) при требуемом высоком качестве последнего. Большой прогресс достигнут в разработке и сооружении инжекционного комплекса ВЭПП-5 для существующих электрон-

позитронных комплексов ИЯФ СО РАН и будущей чарм\tau\mu фабрики.

В том же Институте ведется работа по строительству электрон-позитронного накопителя ВЭПП-2000 с энергией в системе центра масс до 2 ГэВ (рис. 5). Накопитель сооружается вместо успешно проработавшего в течение 25 лет коллайдера ВЭПП-2М с максимально возможным использованием всей инфраструктуры комплекса. Для накопителя ВЭПП-2000 был найден вариант фокусировки с применением сверхпроводящих соленоидов с полем до 13 Тл, при котором выполняются основные требования концепции круглого пучка, разработанной ранее в ИЯФ СО РАН для достижения рекордных светимостей.

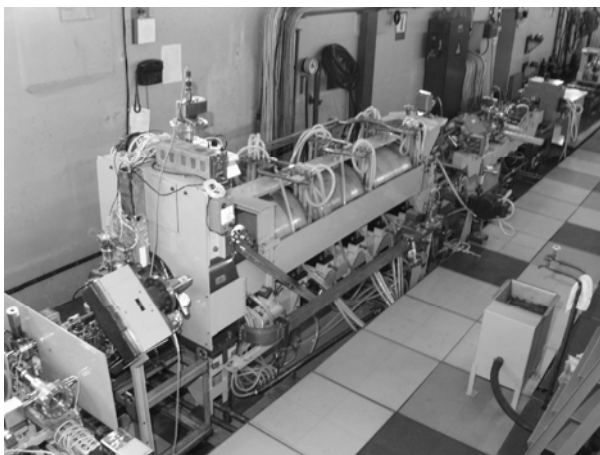


Рис. 4. Позитронная система инжекционного комплекса ВЭПП-5.

Fig. 4. Positron System of Injection Complex VEPP-5.

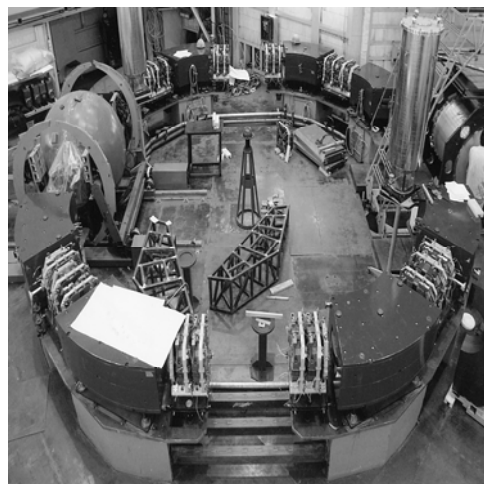


Рис. 5. Общий вид накопителя ВЭПП-2000.

Fig. 5. General View of VEPP-2000 Storage-ring.

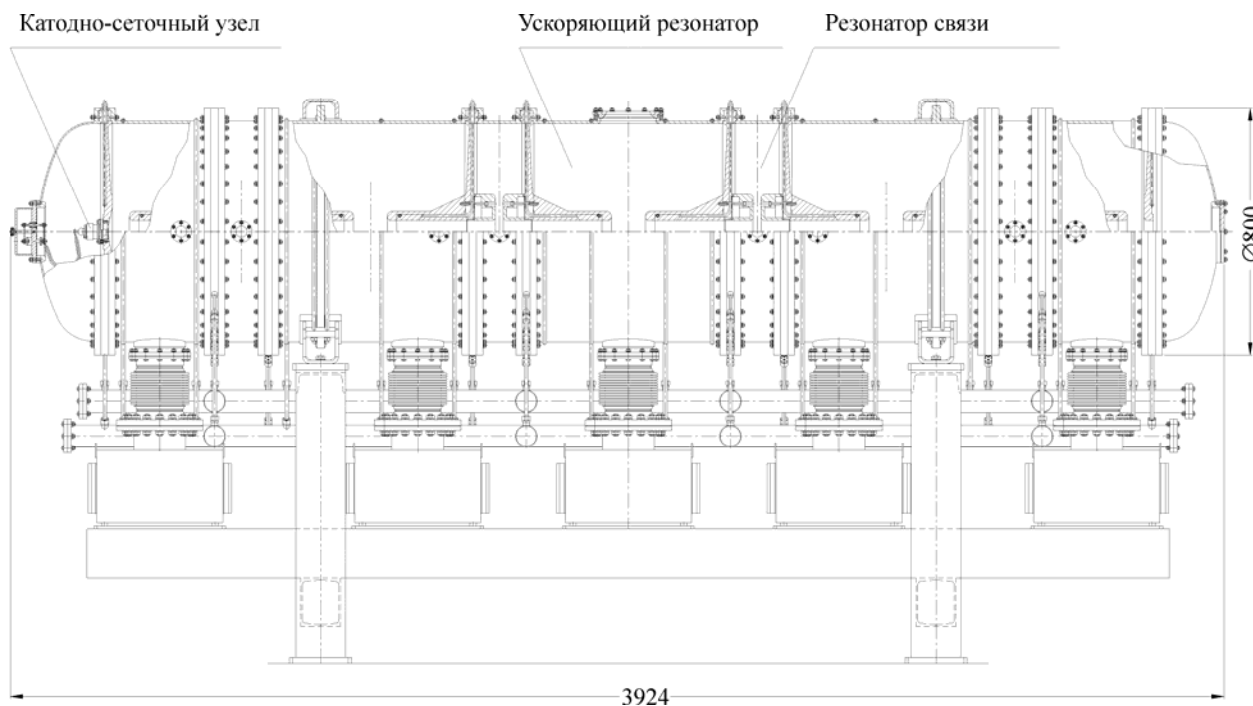


Рис. 6. Общая схема ускорителя ИЛУ-12.

Fig. 6. General View of ILU-12 industrial accelerator.

В 2004 г. в основном закончен монтаж магнитной и частично вакуумной систем накопителя ВЭПП-2000, изготовлена большая часть систем питания и управления.

В рамках деятельности по разработке и созданию мощных промышленных ускорителей электронов для электронно-лучевых технологий в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера активно ведутся работы по созданию ускорителей повышенной мощности

ИЛУ-12 (рис. 6) (энергия до 5 МэВ, мощность до 300 кВт) и ЭЛВ-12 (энергия до 1 МэВ, мощность до 500 кВт). Ускоритель ИЛУ-12 находится в стадии конструирования, и часть его элементов уже изготавливается. Ускоритель ЭЛВ-12 успешно прошел рабочие испытания на надежность и в настоящее время монтируется на площадке по очистке сточных вод лакокрасочного производства в Южной Корее.

Программа 13.4. Создание интенсивных источников синхротронного излучения и других ускорителей для исследований в различных областях науки, в технологиях, охране окружающей среды и медицине
(Координатор академик Г. Н. Кулипанов)

Для источников синхротронного излучения изготовлен и успешно прошел испытания сверхпроводящий вигглер с 63 полюсами и полем до 2,5 Тл. Устройство обеспечивает высокую яркость рентгеновского пучка СИ, имеет рекордно низкий расход жидкого гелия и поэтому очень экономично в эксплуатации.

В 2004 г. Институтом ядерной физики им. Г. И. Будкера при участии Института хи-

мической кинетики и горения продолжались работы на первой очереди лазера на свободных электронах (ЛСЭ) Сибирского центра фотохимических исследований. ЛСЭ первой очереди установлен на однооборотном ускорителе-рекуператоре на энергию 12 МэВ с полномасштабной высокочастотной системой и упрощенной магнитной системой. Сегодня Новосибирский ЛСЭ является самым мощным (по

средней мощности) в мире источником субмиллиметрового (терагерцового) монохроматического излучения. В течение 2004 г. работы велись в двух направлениях: 1) увеличение параметров и повышение надежности работы ускорителя-рекуператора с лазерной системой; 2) вывод лазерного излучения к пользовательским станциям и выполнение первых экспериментов с использованием терагерцового излучения. Создана первая рабочая станция на выходе канала вывода излучения. Силами сотрудников институтов Сибирского отделения СО РАН (Института ядерной физики, Института химической кинетики и горения, Института физики полупроводников, Института цитологии и генетики, Института горного дела) и Новосибирского государственного университета проведены первые эксперименты с использованием излучения ЛСЭ. При фокусировке излучения лазера со средней мощностью излучения 100 Вт впервые получен непрерывный оптический разряд в воздухе и аргоне при атмосферном давлении в субмиллиметровом диапазоне длин волн. Продемонстрирована эффективная абляция полиметилметакрилата при облучении несфокусированным лазерным пучком (рис. 7) и начаты исследования по получению наноматериалов.

В Центре синхротронного излучения в 2004 г. были начаты работы на новой станции «Взрыв» с увеличенной массой заряда до 50 г.

Специально для этой станции в ИЯФ был разработан быстродействующий рентгеновский однокоординатный детектор DIMEX (рис. 8).

На станции, использующей пучок СИ от накопителя ВЭПП-3, учеными Института гидродинамики им. М. А. Лаврентьева, Института химии твердого тела и Института ядерной физики им. Г. И. Будкера был проведен ряд уникальных *in situ* исследований: с временным разрешением 124 и 248 нс поведения структуры различных веществ при воздействии ударной и детонационной волн; исследование динамики образования и роста частиц алмаза за детонационным фронтом от исходного среднего размера порядка 30 \AA до 100 \AA в течение 6 мкс; динамики образования металлических наночастиц металлоорганических соединений под воздействием детонационных волн; исследование структуры газовых и металлических кумулятивных струй как в свободном полете, так и при прохождении через вещество; динамики возникновения и развития микротрещин при ударно-волновом воздействии; поведения наночастиц и наноматериалов при ударно-волновом воздействии; структуры и релаксационных процессов у «свежих» и «свободных» наночастиц, т. е. только что образованных и не имеющих контактов как с другими частицами, так и с подложкой.

В течение 2004 г. проведена детальная проработка общей схемы и принципиальных

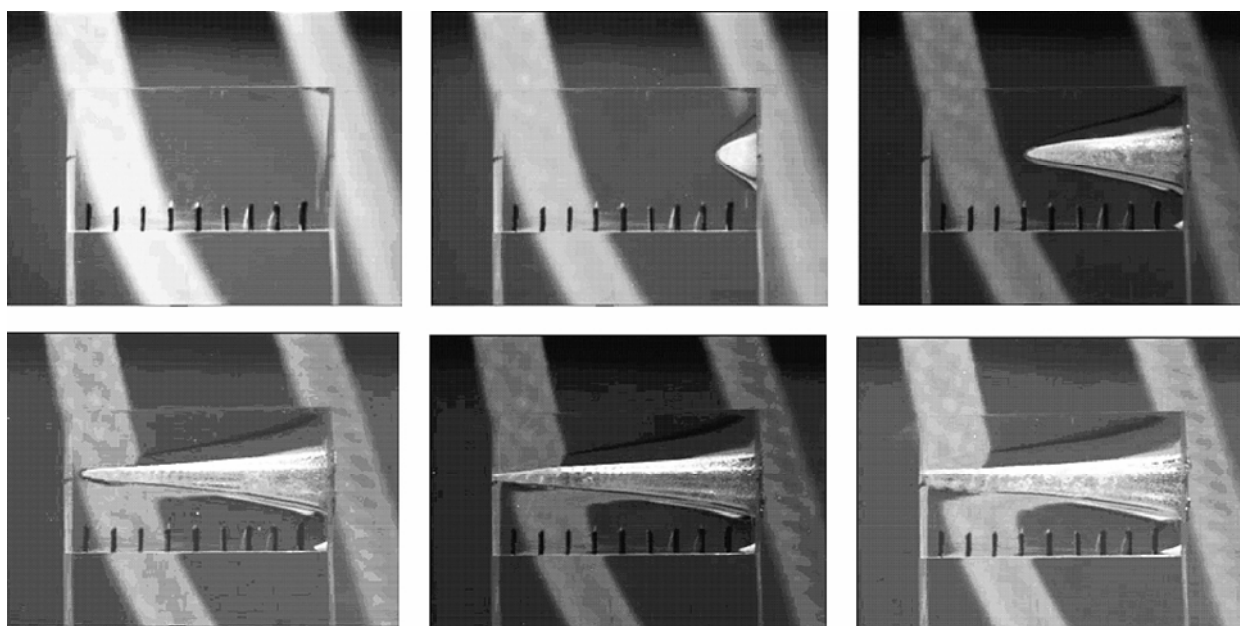


Рис. 7. Оргстекло под действием пучка терагерцового излучения. Толщина пластины 50 мм, 1 деление = 5 мм.

Fig. 7. Ablation of Plexiglas under Tera-Hertz Emission Impact. Plate thickness is 50 mm, scale division = 5 mm.

систем источника СИ четвертого поколения MARS с позиций ускорительной физики и минимизации стоимости реализации проекта.

Предложена каскадная схема инжекции, которая позволяет:

радикально уменьшить радиационную опасность (наведенную активность) за счет уменьшения энергии сброшенного электронного пучка ниже порога ядерных реакций (5—10 МэВ);

обеспечить эффективную фокусировку ускоряемых и замедляемых электронных пучков магнитными элементами, поскольку отношение максимальной и минимальной энергии в ускоряющих структурах не превышает 10;

снизить стоимость ВЧ-системы и здания.

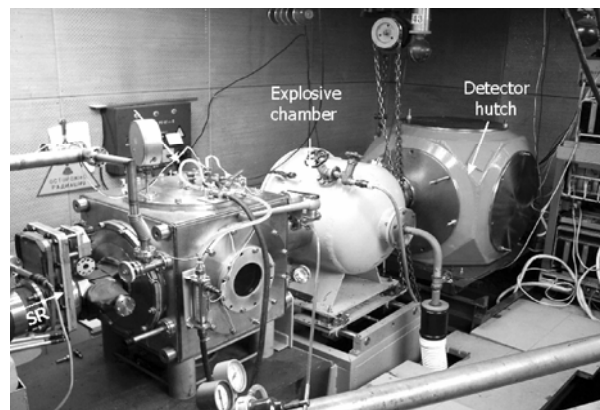


Рис. 8. Общий вид новой постоянно действующей экспериментальной станции «Взрыв».

Fig. 8. Experimental station «Explosion».