

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P10-86-611

**А.У.Абдурахимов, Н.Н.Говорун, В.С.Гоман,
В.Г.Иванов, Л.С.Охрименко, И.С.Сайтов**

**СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ
НА ГИБРИДНОМ СПЕКТРОМЕТРЕ**

1986

Широкое внедрение методов математического моделирования на ЭВМ является основным направлением быстрого и экономичного выяснения возможности данной экспериментальной установки.

Задавая параметры установки и начальные параметры изучаемых событий программе моделирования, получим возможность на основе математической модели прогнозировать развитие явлений и эффективно изучать процессы, происходящие в самой установке.

Характерной особенностью имеющихся в настоящее время систем программ, предназначенных для моделирования камерных экспериментов /1-5/, является разделение во времени этого процесса на два этапа.

На первом - производится моделирование "искусственных событий" и результаты записываются на магнитные ленты. На втором - они анализируются с помощью соответствующих программ.

• Внедрение в практику программирования модульных принципов создания программ, в которых обмен информацией между модулями осуществляется через динамически распределяемую память, позволяет решать задачу генерации системы и последующей обработки "искусственных событий" в рамках одного задания ЭВМ /8/.

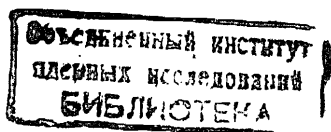
Данная работа посвящена описанию и тестированию системы программ модульной структуры для проведения вычислительного эксперимента на установке ГИЭС /6/.

Принципиальная схема процесса моделирования в рамках описываемой системы показана на рис. 1.

Имеются два варианта этой системы.

Первый - создан на основе программы SIMUL и имеющихся программных модулей GO, THIRA, KVALID, KBASIC, GENTUT пакетов /7, 8/ с учетом внутренней мишени установки.

Программа SIMUL является составной частью системы "Гидра". Она предназначена для генерации событий в камерных экспериментах в форме, пригодной для их дальнейшей кинематической идентификации. На базе этой программы и была создана система моделирования искусственных событий и их последующей обработки. Программа позволяет производить в рамках одного задания ЭВМ геометрическую реконструкцию и кинематическую идентификацию событий и тем самым непосредственно получать конечные результаты идентификации событий.



Процедура моделирования в нашем случае заключается в следующем.

На этапе генерации событий для заданной реакции методом Монте-Карло разыгрываются параметры частиц событий (импульсы и углы). После чего разыгрываются координаты главной вершины и вычисляются координаты траекторий частиц в рабочем объеме камеры с учетом многократного рассеяния, потерь энергии и неоднородности магнитного поля. Затем на стереоснимках вычисляются координаты изображений реперных точек, вершин и треков события с учетом параметров оптических сред и измерительных ошибок.

Дальнейшая обработка идет по обычной схеме: производится восстановление пространственной картины события и, если необходимо, то также кинематическая идентификация и, наконец, вычисление искомых величин и статистический анализ получаемых суммарных результатов.

Второй вариант создан на основе программы FOWL ¹⁹ и новых блоков подпрограмм, учитывающих кумулятивные частицы в событии, а также внутренней мишени установки.

Принцип моделирования по второму варианту несколько отличается от первого варианта тем, что здесь генерируются события с кумулятивными протонами. Для этого сначала генерируется событие в СЦД в соответствии с равномерным распределением по фазовому объему. Затем, после перехода в лабораторную систему, импульс протона проверяется на возможность попадания в кумулятивную область. В случае отрицательного результата проверки данное событие отбрасывается и генерируется новое. Для событий с кумулятивными протонами выбирается такое направление импульса в СЦД, которое обеспечивает в лабораторной системе равномерное угловое распределение в пределах заданного телесного угла. Последний определяется из геометрии установки как зона, пригодная для размещения детекторов, выделяющих кумулятивные протоны. После этого производится поворот треков события в импульсном пространстве для совмещения вектора импульса протона с новым направлением и переход в лабораторную систему. Затем вычисляются координаты точек треков всех заряженных частиц в пределах рабочего объема камеры. После чего отбрасываются точки, находящиеся внутри мишени, и расстояние между крайними точками трека делится на заданное число и вычисляются координаты точек, соответствующих концам интервалов. После этого для имитации работы лаборанта - измерителя для каждой точки методом Монте-Карло вычисляется новое положение, которое отличается от начального на величину, разыгранную по распределению Гаусса с полушириной, равной 0,1 расстояния между точками. Далее учитывается еще одна особенность стримерной камеры, обусловленная дрейфом

электронов под действием высоковольтного электрического поля. Для этого точки в верхней и нижней половине объема камеры смещаются по вертикали в противоположные стороны на заданную величину. Затем каждая точка проектируется на плоскость 4 фотоснимков. Имитация результатов измерения данного события производится так, чтобы даже на одном событии можно было бы качественно оценить зависимость результатов обработки от точности измерения координат отдельных точек. Для этого по нормальному закону с единичной полушириной для каждой проекции каждой точки разыгрываются по две ошибки измерения (по x и y). После чего каждая из ошибок для каждой точки умножается на три заданных числа и формируются три массива данных, каждый из которых имитирует результаты измерения данного события с одной из трех заданных среднеквадратичных ошибок. Таким образом, в пределах данной тройки имитированных результатов измерения событий исключены различия, обусловленные статистическими факторами, а имеющиеся различия обусловлены только различной величиной среднеквадратичной ошибки измерений.

Для количественных оценок влияния погрешностей измерения необходимо, как обычно, генерировать некоторое количество статистически независимых событий.

Результаты генерации формируются в формате системы "Гидра" и записываются на магнитную ленту (диск). Они являются входными для работы программы геометрической реконструкции и кинематической идентификации событий GKGIBS.

Испытания работы системы моделирования проводились на двух- и четырехлучевых pd -взаимодействиях.

На начальном этапе с помощью системы были исследованы упругие каналы pd -, ${}^3\text{He}p$ - и αp -взаимодействий.

Моделирование 1500 случаев упругого pd -, ${}^3\text{He}p$ - и αp -взаимодействий и их кинематической идентификации занимает около 6 мин. Затем программа была модернизирована созданием и включением в нее специального модуля в связи с исследованием не только упругих, но и неупругих pd -взаимодействий. После чего было обработано pd -взаимодействие со следующими типами конкурирующих гипотез (в программу гипотезы вводятся в указанной последовательности).

2-лучевые

1. $pd \rightarrow pd\pi^0$,
2. $pd \rightarrow dp\pi^0$,
3. $pd \rightarrow ppn$,
4. $pd \rightarrow pd$,
5. $pd \rightarrow dp$.

4-лучевые

1. $pd \rightarrow ppp\pi^-\pi^0$,
2. $pd \rightarrow pp\pi^-\pi^0$,
3. $pd \rightarrow p\pi^-\pi^0$,
4. $pd \rightarrow \pi^-\pi^0$.

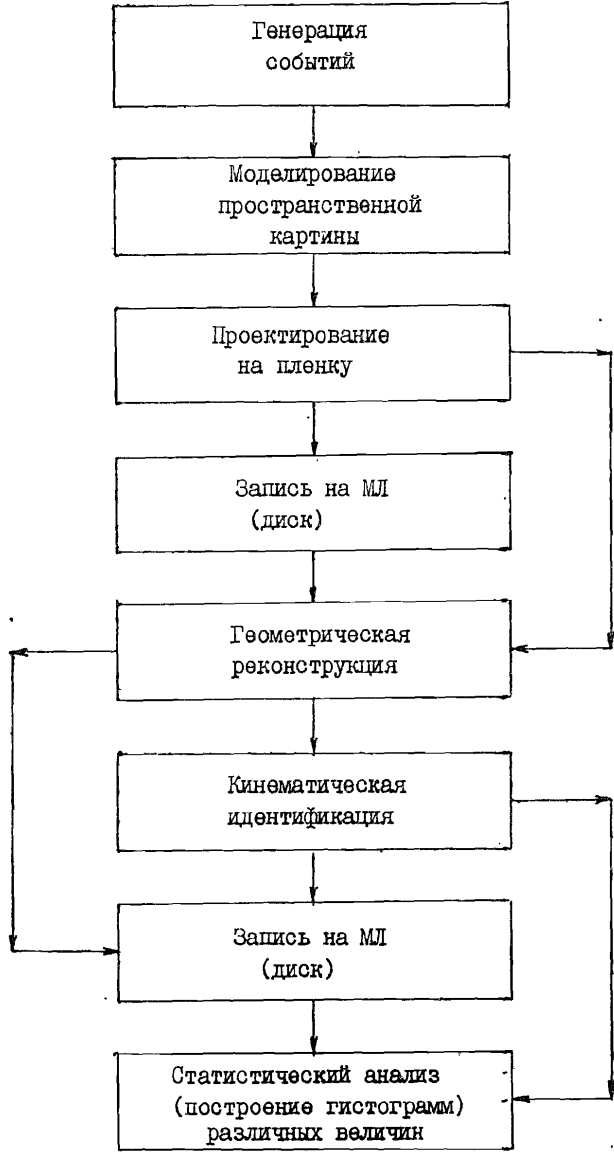


Рис. I

Таблица I

$P_{\text{лучок}} = 0,5\%$ (фиксирована)

Р вторичные треки	2%	2,5%	3%	4%	5%
Недостающая масса	$0,911 \pm 0,389$	$0,938 \pm 0,446$	$0,963 \pm 0,497$	$1,012 \pm 0,573$	$1,074 \pm 0,625$
Количество событий	1740	2243	2853	1045	1006

Таблица 2

Распределение событий по гипотезам

Номер однозначно и совместно идентифицированных гипотез	1	2	3	4	5	12	13	14	23	25	123	Итого
Количество однозначно и совместно идентифицированных гипотез	6	14	585	1	1	2	116	1	944	1	708	2379

Таблица 3

2-лучевые ($P_1 d \rightarrow P_2 P_3 N_4$)I. $\Delta_{\text{изм. ошибка}} = 0 \text{ мкм}$ *)

№ тре-ка	Измеренные параметры			Параметры после фита		
	$P \pm \Delta P$ (МэВ/с)	$\lambda \pm \Delta \lambda$ (МРАД)	$\varrho \pm \Delta \varrho$ (МРАД)	$P \pm \Delta P$ (МэВ/с)	$\lambda \pm \Delta \lambda$ (МРАД)	$\varrho \pm \Delta \varrho$ (МРАД)
P_1	10000 ± 288	0 ± 2	3142 ± 0	9993 ± 81	0 ± 2	3142 ± 0
P_2	8374 ± 58	100 ± 1	6226 ± 0	8374 ± 56	100 ± 1	6226 ± 0
P_3	374 ± 3	204 ± 3	3308 ± 1	374 ± 3	204 ± 3	3308 ± 1
N_4	2297 ± 0	-406 ± 0	255 ± 0	2290 ± 49	-408 ± 4	256 ± 6

2. $\Delta_{\text{изм. ошибка}} = 100 \text{ мкм}$

P_1	10000 ± 288	-1 ± 2	3142 ± 0	10007 ± 81	-1 ± 2	3142 ± 0
P_2	8409 ± 58	100 ± 1	6227 ± 0	8408 ± 57	100 ± 1	6227 ± 0
P_3	373 ± 3	205 ± 3	3307 ± 1	373 ± 3	205 ± 3	3307 ± 1
N_4	2263 ± 0	-409 ± 0	261 ± 0	2270 ± 49	-407 ± 4	260 ± 6

3. $\Delta_{\text{изм. ошибка}} = 200 \text{ мкм}$

P_1	10000 ± 289	-2 ± 2	3142 ± 0	10016 ± 81	-2 ± 2	3142 ± 0
P_2	8443 ± 59	99 ± 1	6227 ± 0	8443 ± 57	99 ± 1	6227 ± 0
P_3	372 ± 3	206 ± 3	3306 ± 1	372 ± 3	206 ± 3	3306 ± 1
N_4	2228 ± 0	-411 ± 0	266 ± 0	2243 ± 48	-408 ± 4	264 ± 6

4. $\Delta_{\text{изм. ошибка}} = 300 \text{ мкм}$

P_1	10000 ± 288	-3 ± 2	3142 ± 0	10028 ± 81	-3 ± 2	3142 ± 0
P_2	8479 ± 59	99 ± 1	6227 ± 0	8477 ± 57	99 ± 1	6227 ± 0
P_3	370 ± 3	207 ± 3	3306 ± 1	370 ± 3	207 ± 3	3306 ± 1
N_4	2193 ± 0	-414 ± 0	272 ± 0	2218 ± 48	-409 ± 4	268 ± 6

*) Ошибки приведены в объеме камеры.

Таблица 4

4-лучевые ($P_1 d \rightarrow P_2 P_3 P_4 \pi_5^-$)I. $\Delta_{\text{изм. ошибка}} = 0 \text{ мкм}$ *)

№ тре-ка	Измеренные параметры			Параметры после фита		
	$P \pm \Delta P$ (МэВ/с)	$\lambda \pm \Delta \lambda$ (МРАД)	$\varrho \pm \Delta \varrho$ (МРАД)	$P \pm \Delta P$ (МэВ/с)	$\lambda \pm \Delta \lambda$ (МРАД)	$\varrho \pm \Delta \varrho$ (МРАД)
P_1	10000 ± 288	0 ± 2	3142 ± 0	9992 ± 41	0 ± 1	3142 ± 0
P_2	3576 ± 26	-191 ± 1	79 ± 0	3578 ± 19	-191 ± 1	79 ± 0
P_3	3600 ± 25	107 ± 1	6259 ± 0	3600 ± 24	107 ± 1	6259 ± 0
P_4	501 ± 4	-43 ± 3	2887 ± 1	501 ± 1	-43 ± 3	2887 ± 0
π_5^-	3427 ± 24	93 ± 1	6191 ± 0	3426 ± 18	93 ± 1	6191 ± 0

2. $\Delta_{\text{изм. ошибка}} = 100 \text{ мкм}$

P_1	10000 ± 288	-1 ± 2	3142 ± 0	10015 ± 42	0 ± 1	3142 ± 0
P_2	3599 ± 27	-190 ± 1	79 ± 0	3594 ± 19	-190 ± 1	79 ± 0
P_3	3604 ± 25	106 ± 1	6259 ± 0	3605 ± 24	106 ± 1	6259 ± 0
P_4	500 ± 4	-44 ± 3	2887 ± 0	502 ± 1	-45 ± 3	2887 ± 0
π_5^-	3426 ± 24	93 ± 1	6191 ± 0	3428 ± 19	93 ± 1	6191 ± 0

3. $\Delta_{\text{изм. ошибка}} = 200 \text{ мкм}$

P_1	10000 ± 288	-3 ± 2	3142 ± 0	10038 ± 42	0 ± 1	3142 ± 0
P_2	3622 ± 27	-190 ± 1	80 ± 0	3610 ± 19	-189 ± 1	79 ± 0
P_3	3608 ± 25	106 ± 1	6259 ± 0	3611 ± 24	106 ± 1	6259 ± 0
P_4	498 ± 4	-47 ± 4	2886 ± 1	502 ± 1	-48 ± 4	2887 ± 0
π_5^-	3424 ± 24	93 ± 1	6191 ± 0	3430 ± 19	93 ± 1	6191 ± 0

4. $\Delta_{\text{изм. ошибка}} = 300 \text{ мкм}$

P_1	10000 ± 288	1 ± 2	3142 ± 0	9954 ± 43	0 ± 1	3142 ± 0
P_2	3283 ± 25	-250 ± 1	326 ± 0	3255 ± 10	-250 ± 1	326 ± 0
P_3	5332 ± 36	119 ± 1	6177 ± 0	5340 ± 35	119 ± 1	6177 ± 0
P_4	351 ± 2	342 ± 3	3290 ± 1	350 ± 1	342 ± 3	3290 ± 1
π_5^-	2054 ± 14	24 ± 1	6090 ± 0	2058 ± 13	23 ± 1	6090 ± 0

*) Ошибки приведены в объеме камеры.

При исследовании этих гипотез, так же, как и прежде, построены распределения: по χ^2 , функции вероятности, недостающей массе и получена полная статистика указанных гипотез. С помощью системы были исследованы влияния ошибок на точность параметров треков вторичных частиц (в частности, импульсов) при фиксированной ошибке импульса падающей частицы (табл. 1). Как видно из таблицы, изменения ошибок импульсов вторичных частиц заметно влияют на величину недостающей массы.

Моделирование 2500 двухлучевых взаимодействий и однозначной кинематической идентификации приведенных гипотез с соответствующими распределениями занимает 50 мин работы центрального процессора ЭВМ CDC-6500. Из 2500 однозначно идентифицировались 2405 событий, что составляет 96% от общего числа событий. По каналам гипотез однозначно идентифицировались 2379 взаимодействий, остальные 26 из-за большой χ^2 и малой величины вероятности идентификации отбракованы (табл. 2).

Моделирование 2- и 4-лучевых взаимодействий производилось для 4 значений измерительных ошибок ($\Delta = 0, 100, 200, 300$ мкм). Результаты моделирования записываются на диск. Геометрическая реконструкция и кинематическая идентификация этих событий проводилась с помощью программы SKGIBS.

Полученные результаты (при малых значениях измерительных ошибок) показывают, что для конкретной гипотезы фиксированные значения параметров треков совпадают с измеренными (табл. 3, 4).

По программам системы было обчислено более 3000 двух- и четырехлучевых событий и получены их общие характеристики.

Таким образом, созданы два варианта системы моделирования, позволяющие исследовать влияние различных факторов на точностные характеристики установки ГИЭС. Система проверена на генерации и обработке двух- и четырехлучевых протон-дейтонных взаимодействий.

Литература

1. James F. CERN, 68-15, Geneva, 1968.
2. Bettels J. Dodd P. CERN-DD/71/10, Geneva, 1971.
3. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, П10-11814, Дубна, 1978.
4. Yule A. CERN, 11, Geneva, 1968.
5. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, 10-81-359, Дубна, 1981.
6. Аксиненко В.Д. и др. ОИЯИ, 13-83-436, Дубна, 1983.
7. Pape L., Petrovykh Y. CERN, 78-1, Geneva, 1978.
8. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, Д10, 11-84-818, Дубна, 1984.
9. James F. CERN Program Library, W505.

Рукопись поступила в издательский отдел
11 сентября 1986 года.

Абдурахимов А.У. и др.

P10-86-611

Система моделирования экспериментов на гибридном спектрометре

Описывается система моделирования камерных экспериментов для установки ГИЭС, созданная на основе программных модулей системы "Гидра" и программы FOWL. Испытание системы проводилось на 2- и 4-лучевых рр-взаимодействиях. По программам системы обчислено более 3000 событий.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Abdurakhimov A.U. et al.

P10-86-611

A System for Modelling Experiments of Hybrid Spectrometer

A system for modelling chamber experiments for GIBS set-up is described. The system has been created on HYDRA and FOWL program system modules. It was tested on 2- and 4-prong pp-interactions. More than 300 events have been processed.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.