

Ц 840 В

Б-15

2460/2-78



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА

5/11-78

P10 - 11315

С.Г.Бадалян, Н.Н.Говоруш, В.Г.Иванов, И.И.Шелонцев

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ

ЧИСЛА ХОРОШО ИЗМЕРЕННЫХ СОБЫТИЙ

ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИДЕНТИФИКАЦИИ

ПРОЕКЦИЙ ТРЕКОВ

1978

Р10 - 11315

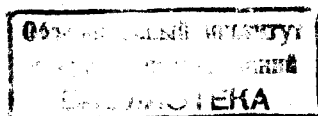
С.Г.Бадалян, Н.Н.Говорун, В.Г.Иванов, И.И.Шелонцев

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ

ЧИСЛА ХОРОШО ИЗМЕРЕННЫХ СОБЫТИЙ

ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИДЕНТИФИКАЦИИ

ПРОЕКЦИЙ ТРЕКОВ



Бадаля С.Г. и др.

РЮ - 11315

Методика оценки числа хорошо измеренных событий по результатам идентификации проекций треков

Для обеспечения оперативного контроля за работой измерительных систем обработки фильмовой информации разработана методика оценки числа хорошо измеренных событий по результатам идентификации проекций треков на соответствующих стереоснимках.

Данная работа посвящена изложению этой методики, описанию соответствующих критериев и достоверности получаемых с их помощью результатов. Показано, что для получения достоверной информации о качестве обмера массива событий достаточно идентифицировать проекции треков каждого события на его стереоснимках, затем подсчитать, сколько кандидатов в треки составлено из триплетов и сколько из дублетов, и сравнить число найденных кандидатов с числом треков события. При этом событие предлагается считать хорошо измеренным, если оно удовлетворяет следующим условиям: 1) число найденных кандидатов равно числу треков события, 2) все найденные кандидаты состоят из триплетов проекций треков либо из триплетов и только одного дублета. Найденная таким способом оценка числа хорошо измеренных событий совпадает с точностью до 4-5% с числом событий, полностью восстановленных геометрической программой.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Badalyan S.G. et al.

РЮ - 11315

A Method of Estimation of the Number of Well Measured Events Using Results of Track Projection Identification

To provide an operative control of a work of film measuring systems there has been developed a method of estimation of well measured events that uses results of track projection identification on corresponding stereoviews.

This paper gives an account of the method and describes corresponding criteria and a reliability of obtained results.

It is shown that for obtaining a reliable information on an event bulk measurement quality it is enough to identify track projections of each event on its stereoviews, to count then a number of track candidates made up of triples and of doublets, and to compare the number of found candidates with the number of event tracks. It is suggested to consider an event in this case to be well measured if it satisfies the following: 1) a number of found candidates is equal to a number of event tracks, 2) all found candidates are made up of triples of track projections, or of triples and only one doublet. An estimation of a number of well measured events obtained in this way coincides within a precision of 4-5% with an event number fully reconstructed by a geometry program.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

При восстановлении пространственной картины событий, снимки которых обмеряются на измерительных системах типа НРД с "полным управлением" (НРД Full or Road Guidance System), теряется от 15 до 30% всех измеренных событий ^{1/1}. Эти потери в основном обусловлены различного рода ошибками в исходных данных, возникающими из-за ошибок операторов, сбоев в работе измерительных приборов и несовершенства программ калибровки и фильтрации результатов сканирования.

Поскольку процесс геометрической реконструкции события в пузырьковых камерах требует достаточно большого времени ЭВМ, данные о числе хорошо измеряемых событий, характеризующие надежность работы измерительной системы, становятся известными, как правило, только тогда, когда измерения больших массивов данных в основном закончены или заканчиваются. Это не позволяет оперативно находить и исправлять ошибки, возникающие в процессе работы автоматических измерительных систем.

Для того чтобы обеспечить оперативный контроль за работой измерительных систем обработки фильмовой информации ценой небольших затрат машинного времени, авторами была разработана методика оценки числа хорошо измеренных событий по результатам идентификации проекций треков на соответствующих стереоснимках.

Проверка предлагаемой методики и поиск критериев отбора хорошо измеренных событий производились на событиях с числом лучей от 3 до 9-и, зарегистрированных в жидководородной камере Людмила ^{2/2}, которая экспонировалась в пучке антипротонов с импульсом около 23 ГэВ/с. События измерялись на трех стереоснимках на сканирующем автомате типа НРД ^{3/3}. Реконструкция событий произво-

дилась с помощью специальной версии геометрической программы THRESH /4/.

Данная работа посвящена изложению методики оценки числа хорошо измеренных событий по результатам идентификации проекций треков на трех стереоснимках, описанию соответствующих критериев и достоверности получаемых с их помощью результатов.

§ I. Методика идентификации проекций треков события на его стереоснимках

Исходными данными для восстановления пространственной картины событий в трековых камерах с фильмовым съемом информации являются измеренные на соответствующих стереоснимках координаты изображений реперных точек, вершин и треков, снабженные соответствующими метками /I,4/.

При обмере событий на сканирующих автоматах номера проекций треков на стереоснимках события могут не совпадать с номерами реальных треков. Это обстоятельство имеет место в тех случаях, когда порядок следования проекций треков события на снимке (по или против часовой стрелки) не совпадает с расположением соответствующих треков в пространстве. В связи с этим в геометрических программах имеются специальные блоки (TRACK-MATCH), предназначенные для поиска изображений одних и тех же треков события на его стереоснимках. Для успешной работы этого блока необходимо измерять каждое событие на трех стереоснимках.

Исходными данными для идентификации проекций треков на стереоснимках события являются следующие величины:

- углы, которые касательные к проекциям треков в начальных точках образуют с осью x (или y), и их ошибки;
- кривизны проекций, вычисляемые при подгонке измеренных на них точек под окружности;
- стрелы прогиба и длины проекций.

Эти величины вычисляются при обработке результатов измерений элементов события на каждом стереоснимке. Каждая измеренная на снимке проекция трека имеет номер, а значения ее параметров записываются в ячейки соответствующих массивов, определяемые двумя числами (номером снимка и номером проекции трека на снимке).

Идентификация проекций треков события в программе THRESH /4-6/ производится в следующей последовательности:

1. Для каждой из трех стереопар (1-2, 1-3 и 2-3) снимков события по очереди перебираются все возможные комбинации пар проекций, из которых отбираются только те пары (дублиеты), которые удовлетворяют определенным требованиям. Например, треки должны лежать по одну сторону относительно базы соответствующей стереопары, а кривизны проекций – иметь одинаковый знак. На этом этапе из всех возможных комбинаций пар проекций отбираются и включаются в списки дублиетов только такие пары, которые могут быть изображениями реальных треков события. Список дублиетов составляется для каждой рассмотренной стереопары.

2. Из списков дублиетов, относящихся к различным стереопарам, выбираются триплеты, каждый из которых подвергается проверкам, позволяющим исключить ложные комбинации проекций, т.е. комбинации, не принадлежащие реальным трекам события. Все триплеты, прошедшие эти испытания, включаются в предварительный список кандидатов в треки события. Для каждого триплета, включенного в предварительный список кандидатов, вычисляется величина, являющаяся функцией разности Z – координат одних и тех же точек трека, вычисляемых по снимкам двух разных стереопар, например 1-2 и 1-3. Эта величина характеризует принадлежность триплета реальному треку и в дальнейшем будет называться качеством триплета.

3. Из предварительного списка кандидатов выбирается такой набор триплетов, который удовлетворяет двум условиям:

- а) любая проекция трека должна встречаться в наборе только один раз;
- б) суммарное качество компонент набора должно быть минимальным.

4. Производится пространственная реконструкция треков, содержащихся в найденном наборе триплетов. Если в процессе реконструкции восстанавливаются все найденные кандидаты и их число равно числу треков события, то уточняются координаты вершины и результаты реконструкции записываются на выходной файл.

5. Если же в процессе реконструкции программа бракует один или несколько кандидатов, то они исключаются из списка триплетов и ищется новое решение. Этот процесс, включая реконструкцию новых кандидатов, продолжается до тех пор, пока не будут восстановлены все треки события, либо не будет исчерпан весь список кандидатов.

6. В тех случаях, когда реконструкция триплетов закончена и число восстановленных треков события меньше заданного, программа пытается восстановить недостающие треки события из дублетов, компоненты которых не вошли в уже восстановленные триплеты.

Эти дублиеты также подвергаются специальным испытаниям, включая вычисление их качеств. Качество дублета является функцией разности пространственных кривизн его компонент. Реконструкция дублетов производится по той же схеме, что и триплетов, то-есть сначала составляется предварительный список кандидатов, из которых выбирается решение по тем же критериям, что и для триплетов, а затем производится реконструкция кандидатов. Процесс реконструкции и анализа дублетов продолжается до тех пор, пока не будут восстановлены все треки события или исчерпаны все списки дублетов.

Таким образом, если в процессе идентификации проекций треков будет найдено недостаточное число кандидатов (триплеты + дублиеты), событие не будет полностью восстановлено и его можно считать плохо измеренным.

§ 2. Критерии для оценки числа хорошо измеренных событий

В связи с тем, что одним из возможных критериев для разделения событий на хорошо и плохо измеренные может быть число кандидатов в треки, найденное в процессе идентификации проекций, в первую очередь исследовалась возможность применения этого критерия. Для этого были проанализированы результаты идентификации проекций и реконструкции 2307 событий, измеренных на 18 фотопленках с камеры Людмила. Результаты анализа приведены в таблице I.

В первом столбце таблицы приведено число событий, измеренных на фотопленке, во-втором - число восстановленных программой THRESH (или хорошо измеренных) в процентах, в третьем - доля событий, в которых было найдено нужное число кандидатов (триплетов и дублетов), в четвертом - разности в процентах между количествами событий, прошедших процесс идентификации и реконструкции, в пятом - доля плохих событий, прошедших проверку по числу кандидатов.

Таблица I.

Измерено соб.	Восстановлено	Все кандидаты	Разность	Доля плохих
II7	86,3%	97,4%	II%	81%
55	78,2%	96,4%	I8%	83%
II3	74,3%	88,5%	I4%	55%
72	70,8%	88,9%	I8%	62%
98	44,9%*	62,2%	I7%	31%
I50	33,3%*	75,3%	43%	63%
I94	69,6%	82,0%	I2%	41%
I42	71,8%	88,7%	I7%	60%
I80	65,6%	84,4%	I9%	55%
69	71,0%	76,8%	6%	20%
2I2	66,0%	88,2%	22%	65%
I39	77,7%	89,2%	II%	52%
230	79,6%	90,9%	II%	55%
II2	74,1%	84,8%	II%	41%
II0	78,2%	88,2%	IO%	46%
I64	64,6%	84,8%	20%	57%
I00	73,0	86,0%	I3%	48%
50	90,0%	94,0%	4%	40%
среднее	69,4%	85,6%	I6%	54%

Из этой таблицы видно, что в процессе реконструкции бракуется шестнадцать процентов событий, в которых найдено нужное число кандидатов, что составляет около 50% всех плохо измеренных событий. Таким образом, в процессе идентификации проекций треков бракуется только около половины плохо измеренных событий и число найденных кандидатов в треки события не может служить надежным критерием для оценки качества измерений. Кроме того, этот критерий не позволяет выделять даже плохо измеренные пленки. Так, например, в таблице звездочкой (*) отмечены две плохо измеренные пленки, на которых было восстановлено 45 и 33% всех измеренных событий, а число событий, в которых были найдены все кандидаты, составляет 62 и 75%, соответственно. Такой результат в основном объясняется тем, что критерии отбора триплетов и особенно дублетов в списки кандидатов пропускают большое число ложных комбинаций и

Таблица 2.

потери триплетов в большинстве случаев компенсируются дублетами, которые затем бракуются в процессе реконструкции. Введение же более жестких критериев отбора кандидатов в треки событий может привести к потере в процессе идентификации кандидатов, принадлежавших к реальным трекам.

В связи с тем, что число кандидатов, найденных в процессе идентификации проекций треков, не является надежным критерием разделения плохо и хорошо измеренных событий, были рассмотрены другие возможности, в частности соотношения между числом восстановленных событий и числом событий, в которых найденное число триплетов равно числу треков события, а также событий, в которых были найдены все триплеты и, кроме того, при недостатке одного триплета из оставшихся дублетов был найден хотя бы один. Результаты этого анализа для той же группы событий приведены в таблице 2.

В первом столбце таблицы приведены проценты числа восстановленных на каждой из фотопленок событий, совпадающие с цифрами из 2-го столбца таблицы I; во-втором - проценты числа событий, в которых число кандидатов, составленных из одних триплетов, равно числу треков соответствующего события; в третьем - разности между цифрами первого и второго столбцов, характеризующие достоверность оценки качества измерений по числу найденных триплетов; в четвертом - проценты числа событий, в которых при потере не более чем одного триплета найден хотя бы один дублет; в пятом столбце - разности между цифрами первого и четвертого столбцов таблицы, характеризующие достоверность и эффективность предлагаемого критерия. Из таблицы 2 видно, что как число триплетов, найденных в процессе идентификации проекций, так и число таких триплетов плюс один дублет позволяют с точностью в несколько процентов от числа измеренных событий оценивать число хорошо измеренных событий.

Эти критерии позволяют оценивать число хорошо измеренных событий не только для больших групп событий (1-2 тыс.), но и выделять плохо измеренные пленки, на которых измерено несколько десятков событий. Причем, число плохо измеренных событий оценивается в большинстве случаев с точностью ~10-20%. Из таблицы 2 также следует, что предпочтительнее пользоваться вторым критерием, т.е. считать хорошо измеренным событием такое, в котором число кандидатов в треки, состоящее из одних триплетов или триплетов плюс один дублет, равно числу треков события. Оценка же хороших событий только по числу найденных триплетов, как правило, дает несколько заниженное значение.

Восстановлено	Найдены все трипл.	Разность (I-2)	Найдены трипл. + I дублет	Разность (I-4)
86,3%	72,6%	13,7%	81,2%	-5,1%
78,2%	76,4%	1,8%	81,8%	-3,6%
74,3%	76,1%	-1,8%	86,7%	-12,4%
70,8%	68,1%	2,8%	76,4%	-5,6%
44,9%	34,7%	10,2%	44,9%	0,0%
33,3%	16,7%	16,7%	26,7%	6,6%
69,6%	67,0%	2,6%	73,7%	-4,1%
71,8%	65,5%	6,3%	71,1%	0,7%
65,6%	57,8%	7,8%	69,4%	-3,8%
71,0%	59,4%	11,6%	66,7%	4,3%
66,0%	62,7%	3,3%	71,2%	-5,2%
77,7%	71,2%	6,5%	81,3%	-3,6%
79,6%	74,3%	5,2%	81,7%	-2,1%
74,1%	67,9%	6,3%	72,3%	1,8%
78,2%	69,1%	9,1%	75,5%	2,7%
64,6%	59,8%	4,9%	64,0%	0,6%
73,0%	72,0%	1,0%	76,0%	-3,0%
90,0%	82,0%	8,0%	88,0%	2,0%
среднее	69,4%	6,3%	70,7%	-1,3%

Для проверки правильности полученных критериев были дополнительно проанализированы результаты реконструкции событий, измеренных еще на 26 пленках. Этот массив данных содержал 3109 событий. Результаты этого анализа приведены в таблице 3. В первом столбце указано число измеренных событий на каждой пленке, а в остальных столбцах, со 2-го по 6-й, содержатся такие же данные, что и в таблице 2 (столбцы I-5).

Эти данные подтверждают правильность сделанного ранее вывода о возможности использования результатов идентификации проекций треков для оценки числа хорошо измеренных событий как на больших массивах данных, так и на массивах, состоящих из нескольких десятков событий.

Таблица 3.

Измерено соб.	Восстановл.	Найденны все трипл.	Разность (2-3)	Найденны тр.+дубл.	Разность (2-5)
94	58,5%	54,3%	4,2%	60,6%	-2,1%
II4	81,6%	75,4%	6,2%	86,8%	-5,2%
I35	72,6%	68,9%	3,7%	77,0%	-4,4%
90	76,7%	72,2%	4,5%	82,2%	-5,5%
II8	66,1%	63,6%	2,5%	70,3%	-4,2%
I4I	73,0%	68,8%	4,2%	74,5%	-1,5%
I3I	76,3%	74,0%	2,3%	82,4%	-6,1%
I76	68,8%	65,3%	3,5%	72,7%	-3,9%
I22	86,1%	77,9%	8,2%	86,1%	0,0%
II8	72,9%	71,2%	1,7%	80,5%	-7,6%
II9	66,4%	70,6%	-4,2%	79,8%	-13,4%
I37	74,5%	71,5%	3,0%	79,6%	-5,1%
II4	79,8%	68,4%	11,4%	79,8%	0,0%
94	73,4%	71,2%	2,2%	78,7%	-5,3%
I32	55,3%	54,5%	0,8%	62,1%	-6,8%
I33	75,9%	67,7%	8,2%	78,9%	-3,0%
89	83,1%	77,5%	5,6%	83,1%	0,0%
40	70,0%	75,0%	-5,0%	77,5%	-7,5%
I27	74,0%	66,9%	7,1%	75,6%	-1,6%
73	75,3%	71,2%	4,1%	80,8%	-5,5%
54	85,2%	77,8%	7,4%	85,2%	0,0%
I24	48,4%	46,0%	2,4%	51,6%	-3,2%
I58	72,8%	69,0%	3,8%	77,8%	-5,0%
2I6	81,5%	73,6%	7,9%	81,5%	0,0%
I44	79,9%	73,6%	6,3%	81,3%	-1,4%
II6	69,0%	63,8%	5,2%	73,3%	-4,3%
среднее	72,3%	68,9%	3,4%	76,3%	-4,0%

В заключение рассмотрим влияние множественности на оценку числа хорошо измеренных событий, а также процент потерь хороших событий и долю плохих, содержащихся в отобранных по критериям событий.

В таблице 4 приведены результаты анализа 4,5 тыс. событий, включая результаты реконструкции 26 пленок, приведенные в таблице 3. В таблице 4 приведены числа хорошо и плохо измеренных событий для разной множественности (от 3 до 9) л, соответственно, числа событий в процентах от общего числа с данной множественностью, в которых число найденных триплетов равно числу треков события (4-й столбец), меньше последнего на единицу, двойку, три и более (столбцы 5, 6 и 7, соответственно). В двух последних столбцах указаны соответственно доли событий в процентах (хороших и плохих), в которых в процессе идентификации были найдены все триплеты либо все триплеты и триплеты плюс один дублет.

Из этих данных видно, что в подавляющем большинстве случаев ($\approx 80\%$) треки хорошо измеренных событий состоят из одних триплетов. Для трехлучевых событий эта цифра более 90% а для событий с большей множественностью - около 80,70 и 60%, соответственно. Что касается потерь хороших событий, то есть событий, отбрасываемых принятыми критериями отбора, то их доля в среднем около 10%. Кроме того, в числе событий, прошедших проверку по результатам идентификации, содержится от 10 до 15% событий, отбрасываемых в процессе реконструкции. Таким образом, указанные критерии позволяют оценивать число хорошо (или плохо) измеренных событий, но их не рекомендуется использовать для отбора плохо измеренных событий, т.к. при этом будут выбрасываться около 10% событий, восстанавливаемых геометрической программой.

§ 3. Методика оценки числа хорошо измеренных событий

Из рассмотренных выше критериев отбора хороших событий следует, что для получения информации о качестве обмера массива событий достаточно идентифицировать проекции треков каждого события на его стереоснимках, затем подсчитать, сколько кандидатов в треки составлено из триплетов, а сколько из дублетов, и сравнить число найденных кандидатов с числами треков события. Событие можно считать хорошо измеренным, если оно удовлетворяет следующим условиям:

1. Число найденных кандидатов равно числу треков события.
2. Все найденные кандидаты состоят из триплетов проекций треков, либо из триплетов и только одного дублета.

Таблица 4.

	Число собы- тий	% от об- щего чис- ла	Найдено триплетов				Найдены все трипл.	Найд. тр.+ I дубл.
			NT	NT-1	NT-2	NT-3		
Трехлучевые события (I458)								
хорошие	1237	84,8%	78,2%	4,9%	1,7%	-	78,2%	83,1%
плохие	221	15,2%	3,9%	7,8%	3,4%	-	3,9%	5,5%
Пятилучевые события (I604)								
хорошие	1148	71,6%	60,6%	5,2%	4,2%	1,6%	60,6%	65,3%
плохие	456	28,4%	5,7%	9,7%	7,7%	5,3%	5,7%	8,4%
Семилучевые события (I011)								
хорошие	600	59,3%	42,3%	7,1%	7,2%	2,7%	42,3%	48,6%
плохие	411	40,7%	9,6%	10,8%	8,2%	12,1%	9,6%	12,5%
Девятилучевые события								
хорошие	189	49,2%	30,5%	8,3%	2,1%	7,0%	30,5%	37,5%
плохие	195	50,8%	10,9%	13,3%	8,6%	18,0%	10,9%	15,6%
Суммарное по всем событиям (4457)								
хорошие	3174	71,2%	59,6%	5,8%	4,4%	1,3%	59,6%	64,9%
плохие	1283	28,8%	6,4%	9,6%	6,5%	6,3%	6,4%	9,0%

Найденное таким способом число хорошо измеренных событий совпадает (с точностью до нескольких процентов от общего числа измеренных событий) с числом событий, полностью восстановленных геометрической программой, хотя не все события, прошедшие эту проверку, в действительности являются хорошими.

В связи с этим можно использовать следующую процедуру обчета каждого события для оценки числа хорошо измеренных событий.

I. Результаты обмера элементов события на каждом из трех его стереоснимков пересчитываются в плоскость, заданную координатами реперных точек, и проверяются по тем же критериям, что и при обычной реконструкции.

2. Находятся исходные данные для идентификации проекций (кривизны, углы и т.п.).

3. Составляются списки дублетов проекций треков, которые могут принадлежать реальным трекам события.

4. Составляется список всех возможных триплетов, из которого отбираются только такие, которые могут принадлежать реальным трекам события.

5. Из списка триплетов находится список кандидатов. Если число кандидатов равно числу треков события, то последнее заносится в число хороших и его обработка прекращается. Если число кандидатов меньше числа треков на два и более, событие заносится в разряд плохо измеренных. Если же число кандидатов меньше числа треков на единицу, то все компоненты найденных кандидатов исключаются из соответствующих списков дублетов и делается попытка найти хотя бы один дублет. Если в списках дублетов после соответствующих проверок остается хотя бы один дублет, событие также считается хорошим.

В соответствии с этой схемой из модулей Гидра-геометрии^{/7/} была создана специальная программа, по которой было обчислено около 800 событий с камеры Людмила, измеренных на НРД^{/3/}.

В таблице 5 приведены результаты реконструкции этой группы событий по программе THRESH, оценки числа хорошо измеренных событий по результатам идентификации проекций треков и оценки числа хорошо измеренных событий по специальной программе. Эти данные для шести пленок приведены в процентах в первом, втором и третьем столбцах таблицы, соответственно.

Таблица 5.

Доля событий, восстановленных THRESH	Доля хороших событий по результатам идентификации	Доля хороших событий по программе
50,7%	56,6%	54,7%
73,4%	78,6%	79,8%
65,7%	68,7%	85,5%
77,9%	81,4%	80,7%
72,0%	69,9%	74,5%
77,2%	77,3%	82,2%

Из этих данных видно, что оценки числа хорошо измеренных событий различными методами (реконструкция событий по программе THRESH, идентификация проекций треков и обсчет по специальной программе) дают близкие результаты, за исключением событий, относящихся к одной пленке.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Т.А.Стриж и А.Дирнеру за полезные обсуждения и И.М.Граменицкому за предоставление данных для проверки методики.

Литература

1. Blair W.M.R. CERN, DD/DA/68/9, GENEVA, 1968.
2. Богуславский И.В. и др. ОИЯИ, I3-4446, Дубна, 1969.
3. Алмазов В.Я. и др. ОИЯИ, IO-45I3, Дубна, 1969.
4. Буздавина Н.А., Иванов В.Г. ОИЯИ, IO-7I9I, Дубна, 1969.
5. Altaber J. et al., ANL-7515, Argonne, 1968.
6. Pless V. ANL 17346, Argonne, 1967.
7. HYDRA APPLICATION LIBRARY, VOLII, CERN, Geneva, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 февраля 1978 года.