



ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

С.И.БУРОВ, Ю.В.ГАЛАКТИОНОВ, А.М.ГОРДЕЕВ,  
А.А.КЛИМЕНТОВ, В.А.КУЦЕНКО, В.Е.ПОЖИДАЕВ,  
А.Ю.САВИН, Е.И.ТАРКОВСКИЙ, К.А.ШМАКОВ,  
Е.В.ШУМИЛОВ, В.Е.ШУТЬКО

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД  
ДЛЯ ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА  
ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР  
ПРИ МАССОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Препринт №191

ITEP - 191 (1987)

Москва - ЦНИИатоминформ - 1987

## 2. Конструкция пропорциональных камер

Пропорциональные камеры собираются из латунных трубок прямоугольного сечения. Внутренний размер ячейки - 5 мм x 10 мм. Толщина стенок 0,3 мм. Число составляющих камеру трубок меняется от 33 до 58. Длины трубок также изменяются для различных камер от 35 см до 60,5 см.

Набор из прикатых друг к другу боковыми сторонами трубок покрывается несколькими слоями изолирующих пленок и латунными защитными пластинами \*1, образуя жесткий корпус камеры. Отрицательное высокое напряжение подается на латунные трубки.

В качестве рабочих нитей используется позолоченная вольфрамовая проволока диаметром 50 мкм, которая натягивается по оси симметрии трубок и закрепляется в фиксаторах концевых планок. Эти планки вклеены в торцевые плоскости корпуса камеры. В верхние половины концевых планок вклеиваются газовые распределители, полностью герметизирующие объем камеры. Общий вид пропорциональной камеры представлен на рис. 1.

## 3. Проверки в процессе массового изготовления камер

Производство пропорциональных камер состоит из 3 основных этапов:

- изготовление корпусов камер:

-----

\*1-Эти пластины предназначены для поглощения мягкой компоненты естественной радиоактивности урана.

- натяжение нитей;
- герметизация камер.

Последовательно после каждого этапа проводятся тесты детекторов. После первого этапа - проверка высоковольтной изоляции корпусов камер; после второго этапа - измерение натяжения рабочих нитей и проверка качества каждой пропорциональной ячейки камеры. После третьего этапа - испытание камер на герметичность.

Испытанные таким образом камеры проходят завершающую проверку однородности коэффициента газового усиления путем регистрации сигналов от фона радиоактивности урана. При этом используется газовая смесь и подается высокое напряжение, полностью соответствующие рабочим условиям.

Проверка качества пропорциональных ячеек камер является одной из основных и наиболее ответственных при массовом производстве камер. Она осуществляется путем измерения вольт-амперной характеристики каждой ячейки в отсутствие ионизирующих излучений, определения напряжения зажигания (напряжения, при котором происходит скачкообразный рост тока). Вольт-амперные характеристики для ячеек пропорциональной камеры в азоте приведены на рис. 2. Легко видеть, что для большинства ячеек вольт-амперные характеристики идентичны и напряжения зажигания сгруппированы в ограниченной области  $U = 2610$  В. Видно, что имеются ячейки, у которых напряжение зажигания существенно ниже. Существование таких некондиционных ячеек может быть вызвано несколькими причинами: наличием частиц пыли и загрязнений на поверхности рабочей проволоки, механическими дефектами (царапины, перегибы,

неровности, стружка и т.п.) на поверхности трубок и нитей.

Хорошо известно, что число некондиционных ячеек можно сократить, путем пропускания через них большого тока при прямой и обратной полярности рабочего напряжения (режим тренировки) [2,3]. Если после тренировки напряжение загорания остается низким, то некондиционная ячейка подлежит ремонту - замене нити, удалению механических дефектов с поверхности трубки.

Важно отметить, что проверка качества пропорциональных ячеек проводится на том этапе производства камер, когда камера не герметизирована и имеется свободный доступ к каждой ячейке и поэтому замена проволок не вызывает трудностей.

Использование при проверке и тренировке газа с более высокими пробойными характеристиками (азот) по сравнению с рабочим газом (смесь  $Ar/CO_2$  - 80%/20%) позволяет поднять напряжение на камере на 800-1000 В выше рабочего, что существенно как для проверки электрической прочности изоляции камеры, так и для обнаружения нитей с ослабленным натяжением и нитей, смещенных от оси ячейки из-за ошибок в положении фиксаторов или из-за плохого качества фиксаторов.

#### 4. Производительность стенок

Скорость изготовления пропорциональных камер в ИТЭФ равна 30 камерам в день. С учетом повторных проверок число контролируемых камер достигает 40-45, что соответствует 2000 ячеек. Проверку такого количества ячеек невозможно осуществить вручную, поэтому необходимо автоматизировать

основные наиболее трудо- и времяемкие операции. В описываемом стенде все переключения, изменения напряжения и измерения токов выполняются с помощью ЭВМ, что позволяет одному оператору обеспечить необходимую производительность стенда. Надежная работа стенда в течение года дает возможность проверить более 4500 камер.

## 5. Описание стенда

### 5.1. Основные элементы стенда

Стена состоит из следующих основных частей:

- рабочего объема;
- низковольтного блока;
- высоковольтного блока;
- вычислительного комплекса.

#### 5.1.1. Подготовка камер к работе

14 проверяемых камер помещаются в герметичный объем, размерами 700 мм х 600 мм х 250 мм, изготовленный из дюралюминиевых пластин толщиной 25 мм. Рабочий объем снабжен съёмной уплотняемой крышкой. Он присоединен к газовой и вакуумной системам, с помощью которых камеры, находящиеся в нем, могут быть откачаны до давления 5 кПа и ватем наполнены азотом до атмосферного давления. Газообразный азот получается путем испарения жидкого азота, что гарантирует постоянство характеристик и высокую чистоту используемого газа.

Помимо 14 испытываемых камер в рабочем объеме постоянно находится мониторирующая камера, которая необходима для

контроля изменений величины напряжения зажигания в азоте, обусловленных вариациями атмосферных условий.

### 5.1.2. Низковольтный блок

В состав блока (рис. 3) входят 58 идентичных каналов, состоящих из низковольтного реле, усилителя постоянного тока (УПТ) и канала АЦП

Соединенные параллельно одноименные нити камер подсоединяются к контактам низковольтных реле, которые управляются ЭВМ и подключаются либо к земляному электроду, либо ко входам УПТ для положительной и отрицательной полярностей напряжения питания камер, соответственно.

Усилитель постоянного тока выполнен на базе операционного усилителя LF357N. На входе УПТ имеется интегрирующая цепочка с постоянной времени, равной 10 мкс. Выход УПТ связан со входом 8-разрядного АЦП Le Croy 224B. Коэффициент усиления тракта подбирался таким образом, чтобы чувствительность АЦП составляла 1 нА/канал.

Для измерения тока блоки АЦП открываются импульсом одновибратора, который управляется ЭВМ через выходной регистр КАМАК. При этом одновременно измеряются токи в 58 каналах.

При включении рабочего (отрицательного) напряжения все рабочие нити подключаются к соответствующим входам УПТ и производится одновременное измерение вольтамперных характеристик 58 пропорциональных ячеек (что соответствует максимальному числу ячеек в одной камере) либо одной, либо нескольких камер в диапазоне измеряемых токов от нескольких нА до 256 нА.

При использовании напряжения обратной полярности можно произвести подключение определенного числа пропорциональных ячеек одной или нескольких камер. При этом рабочие нити подключаются к земле и измерение потребляемого тока проводится только мониторирующей системой высоковольтного блока.

### 5.1.3. Высоковольтный блок

В состав блока включены высоковольтный источник и высоковольтное распределительное устройство. В нем используется 4-канальный источник высокого напряжения WENZEL ELECTRONIC N-1130, имеющий аналоговый вход для установления необходимого значения напряжения в диапазоне от 0 до 4 кВ и аналоговые выходы для мониторинга значений тока и напряжения каждого из каналов. В источнике используется только 2 канала: один для прямой, другой для обратной полярности высокого напряжения.

Управление источником напряжения осуществляется ЭВМ с помощью цифроаналогового преобразователя. Мониторинг потребляемого тока и величины высокого напряжения проводится с помощью двух УПТ и двух каналов 10-разрядного аналогоцифрового преобразователя Le Croy 2249A.

Высоковольтное распределительное устройство, состоящее из высоковольтных реле типа ARID-L-1A с током утечки менее 0,1 нА, управляемых через выходные регистры ЭВМ, может подавать на определенную камеру или группу камер необходимое напряжение той или иной полярности. Блок-схема высоковольтного блока приведена на рис. 4.

#### 5.1.4. Электронно-вычислительный комплекс

Управление работой стана, считывание информации с АЦП, первичная обработка данных, запись информации на диск и/или на магнитную ленту для последующей обработки производит вычислительный комплекс на базе микро-ЭВМ "Электроника-60М". Структура комплекса показана на рис. 5. При реализации комплекса был разработан и изготовлен ряд микропроцессорных контроллеров для подключения накопителей на магнитной ленте, жестком и гибком дисках, а также схема графического представления информации на экране дисплея "Электроника 15ИЭ". Работа комплекса поддерживается операционной системой RT11V5.1. Более подробное описание вычислительного комплекса дано в работе [4].

#### 6. Процедура проверки качества пропорциональных ячеек

В соответствии с программой, управляющей работой стана, после откачки и заполнения газом рабочего объема и камеры-монитору подключается напряжение питания. Программа шаг за шагом изменяет значение напряжения и производит одновременное измерение величины темнового тока для всех ячеек контролируемой камеры. С помощью полученного распределения напряжений зажигания ячеек (рис. 2) определяется среднее напряжение зажигания  $\langle U \rangle$  и среднеквадратичное отклонение  $\sigma$  и устанавливается минимально допустимое напряжение зажигания. Ячейки, у которых напряжение зажигания  $\left| U - \langle U \rangle \right| > 3 \sigma$ , считаются некондиционными.

Программа повторяет последовательно процедуру измерения



вольтамперных характеристик каждой исследуемой камеры. При напряжении на камере  $-50$  В определяются значения пьедесталов каждого канала и выявляются ячейки, имевшие короткое замыкание рабочей нити на стенки трубок. Экспериментально измеренные значения ширины пьедесталов не превышали 2 каналов АШЛ. После завершения измерения вольтамперных характеристик программа идентифицирует некондиционные ячейки (если они присутствуют в данной камере).

Когда такие измерения завершены для всех камер, на камеры, имевшие некондиционные ячейки, программа подает напряжение обратной полярности, а нити этих ячеек заземляются. Величина напряжения устанавливается такой, что в некондиционных ячейках происходит самопроизвольный разряд и там, где это возможно, очистка поверхности нитей.

По истечении заданного программой времени тренировки при обратной полярности высокого напряжения программа производит повторную проверку - измерение вольтамперных характеристик некондиционных ячеек при прямой полярности напряжения питания. Если в камере не обнаруживается некондиционных ячеек, то такая камера из цикла "проверка-тренировка" выпадает.

Такой цикл программа повторяет с камерами, в которых еще остались некондиционные нити, но не более 4 раз. В случае, если четырехкратное повторение цикла не дает результата, то оставшиеся камеры направляются на замену дефектных нитей.

## 7. Результаты работы стенда

За время работы стенда было проверено 4600 камер или 21000 пропорциональных ячеек.

На рис. 6 показано распределение значений напряжения зажигания ячеек до и после цикла тренировок. Отношение числа замененных анодных нитей к полному числу проверенных равнялось 1,9%. Полное число некондиционных ячеек, в которых произведена замена нитей, равно 4000.

Распределение камер по числу некондиционных ячеек, которые были идентифицированы во время проверки, и то же распределение после всех тренировок показано на рис. 7.

Результаты анализа причин, приводящих к замене нитей, представлены на рис. 8 и 9. Основная причина - наличие на поверхности нити неустраняемых дефектов.

Камеры, в которых были заменены нити, проверялись повторно. В 7,8% из них после проверок и тренировок опять были найдены неудовлетворительные ячейки. В этом случае причиной плохой работы явилось механическое повреждение внутренней поверхности трубок.

## 8. Заключение

В заключение авторы выражают благодарность д-ру П. Леконту (ВТШ, Цюрих) и д-ру Р. Веспе (ИФИ, Вюрцбург) за критические замечания и обсуждения, В. Солаатенко и Б. Гордееву за изготовление рабочего объема, монтаж и проверки газовой и вакуумной систем.

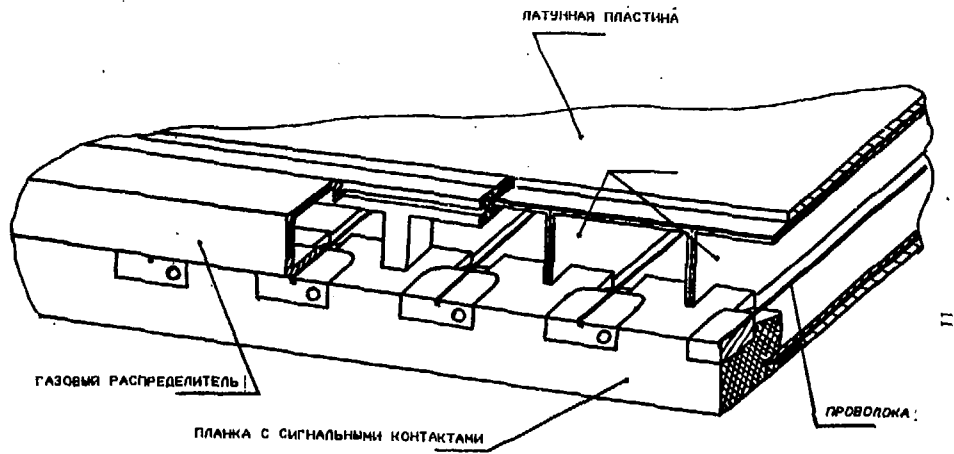


Рис. 2. Общий вид пропорциональной камеры.

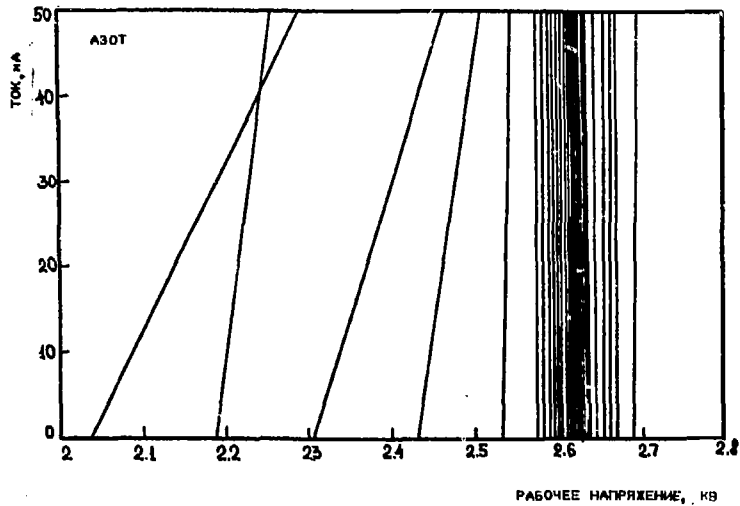


РИС 2. Зависимость тока пропорциональной ячейки  
от напряжения.

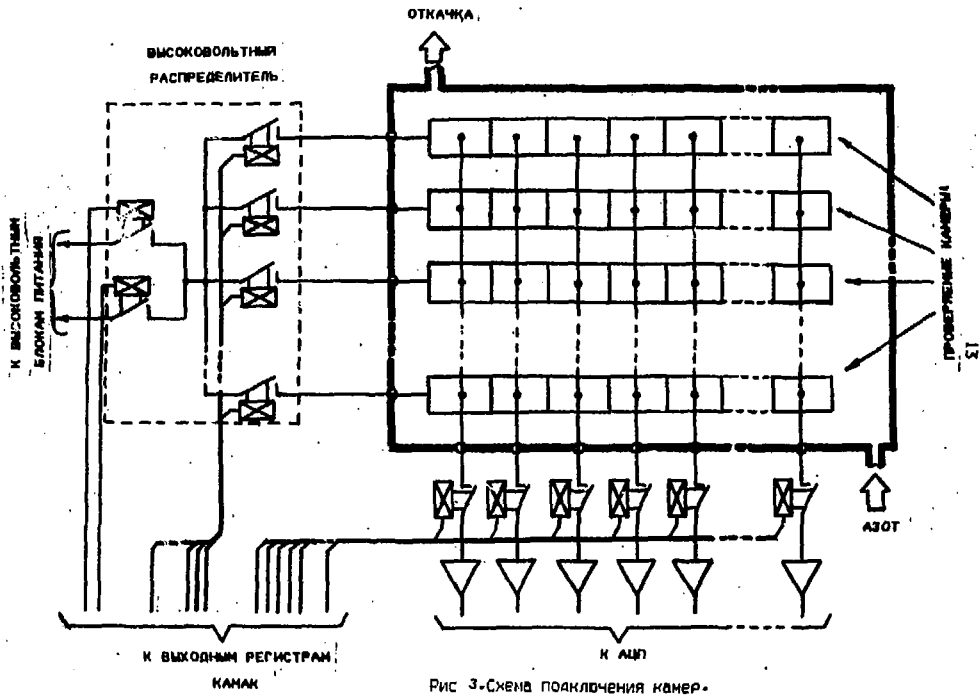


Рис 3-Схема подключения камер.

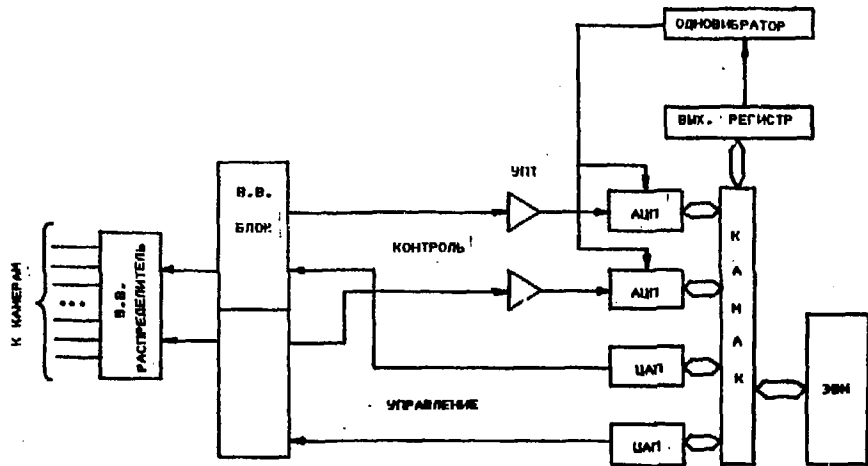


Рис 4. Схema высоковольтного блока.

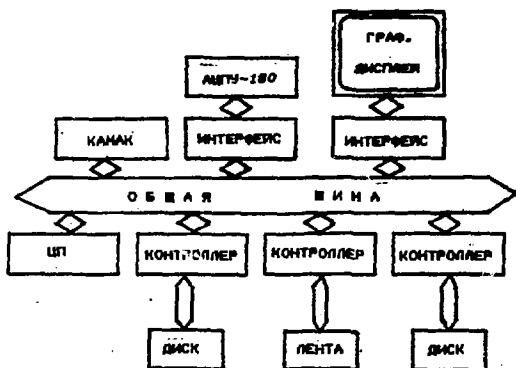


РИС 5. Структура вычислительного комплекса.

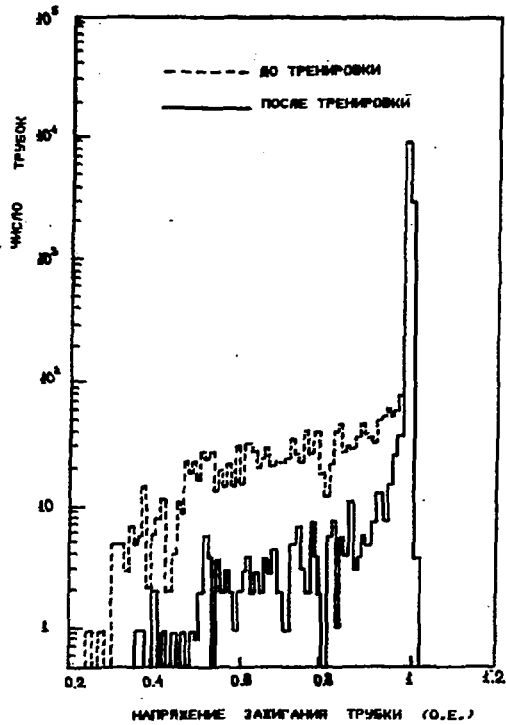


Рис 6. Зависимость числа ячеек от напряжения возбуждения.



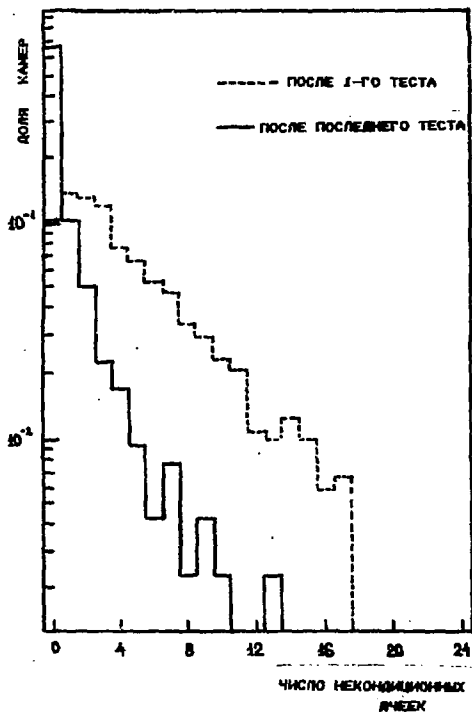


Рис 7. Распределение камер по числу некондиционных ячеек.

ХОРОШИЕ ЯЧЕРКИ



ПЛОХИЕ  
ЯЧЕРКИ  
- 1,9%

ВСЕ ЯЧЕРКИ - 210.000 -  
100%



ПЛОХОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ ПРОВОЛОКИ - 5,6%  
ИЗЛОМ ПРОВОЛОКИ - 12,8%

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОВОЛОКИ - 81,6%

ПЛОХИЕ ЯЧЕРКИ

Рис 8-Причины отказов ячеек камер-

ОБЩЕЕ ЧИСЛО ПРОВЕРЕННЫХ КАМЕР - 4.600 - 100%

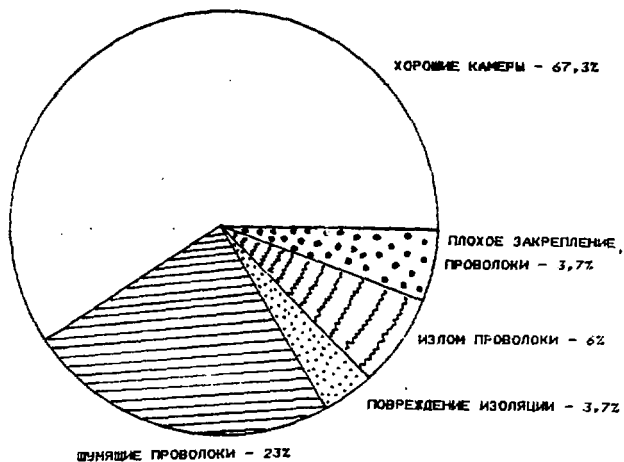


Рис 9-Причины отказов камер.

ЛИТЕРАТУРА

1. The L3 collaboration, The L3 Technical proposal, CERN Report CERN/LEPC/83-5 (May 1983).
2. Veress M. and Montvai A. // NIM, 1978, 156, 73.
3. Charpak G. et al. // NIM, 1971, 97, 377.
4. Burov S. et al. Preprint ITEP, 1985, N 104.

С.И.Буров и др.

Автоматизированный стенд для проверки качества пропорциональных камер при массовом производстве.

Редактор И.Н.Ломаякина

Корректор О.Д.Сильванникова

Работа поступила в ОНТИ 16.10.87

---

Подписано к печати 20.10.87      Т22222      Формат 60x90 1/16  
Объем печ. Усл.-печ.л.1,25. Уч.-изд.л.0,9. Тираж 150 экз.  
Заказ 191      Индекс 3624      Цена 13 коп.

---

Отпечатано в ИГЭФ, 117259, Москва, Б.Черемушкинская, 25

1. Введение

2. Основные понятия

3. Методика исследования

4. Результаты и их обсуждение

5. Заключение

6. Литература

7. Приложение

8. Справочные материалы

9. Заключение

10. Заключение

11. Заключение

12. Заключение

13. Заключение

14. Заключение

15. Заключение

16. Заключение

17. Заключение

18. Заключение

19. Заключение

20. Заключение

21. Заключение

22. Заключение

23. Заключение

24. Заключение

25. Заключение

26. Заключение

27. Заключение

28. Заключение

29. Заключение

30. Заключение

31. Заключение

32. Заключение

33. Заключение

34. Заключение

35. Заключение

36. Заключение

37. Заключение

38. Заключение

39. Заключение

40. Заключение

41. Заключение

42. Заключение

43. Заключение

44. Заключение

45. Заключение

46. Заключение

47. Заключение

48. Заключение

49. Заключение

50. Заключение

51. Заключение

52. Заключение

53. Заключение

54. Заключение

55. Заключение

56. Заключение

57. Заключение

58. Заключение

59. Заключение

60. Заключение

61. Заключение

62. Заключение

63. Заключение

64. Заключение

65. Заключение

66. Заключение

67. Заключение

68. Заключение

69. Заключение

70. Заключение

71. Заключение

72. Заключение

73. Заключение

74. Заключение

75. Заключение

76. Заключение

77. Заключение

78. Заключение

79. Заключение

80. Заключение

81. Заключение

82. Заключение

83. Заключение

84. Заключение

85. Заключение

86. Заключение

87. Заключение

88. Заключение

89. Заключение

90. Заключение

91. Заключение

92. Заключение

93. Заключение

94. Заключение

95. Заключение

96. Заключение

97. Заключение

98. Заключение

99. Заключение

100. Заключение