

# *Ядерная электроника*

## Лекция 12

### Модульные системы в ядерной радиоэлектронике.



## Модульные системы в ядерной радиоэлектронике

Современная радиоэлектронная система в ядерной физике обычно имеет модульную структуру, т.е. состоит из модулей, каждый из которых выполняет определенную задачу. Механические и электрические параметры модулей стандартизованы. Таким образом, собирая измерительную систему из модулей одного стандарта, можно быть уверенным, что они будут хорошо сочетаться друг с другом, а при изменении требований эксперимента установку можно легко перестроить, добавив и/или заменив модули.

В ядерной физике низких и средних энергий до сих пор в основном применяются модульные системы **CAMAC** (Computer-Aided Measurement And Control) и **NIM** (Nuclear Instrumentation Modules). Несмотря на то, что это старые стандарты (**NIM** появился в 1966 г.) они удовлетворяют требованиям большинства экспериментов в этой области ядерной физики. В физике высоких энергий применяется аппаратура в стандартах **FASTBUS** и **VMEbus - VERSA Module Europe**.

Модули **NIM** и **CAMAC** вставляются в корзины (**bin** в стандарте **NIM** и **crate** в стандарте **CAMAC**), которые обеспечивают питание модулей. В крейте **CAMAC** кроме шин питания есть и сигнальные шины. Модули **CAMAC** соединяются с компьютером с помощью специального модуля крейт-контроллера. Типоразмеры **NIM** и **CAMAC** разные и модуль **NIM** не вставить в крейт **CAMAC** без специального переходника. Некоторые модули не вставляются в **bin**, например, предусилители.

## Стандарты оборудования в области ядерной физики и физики элементарных частиц.

Тот факт, что в международных экспериментальных научных исследованиях, в частности в области ядерной физики и физики элементарных частиц, существует множество различных направлений исследований, потребовало создания унифицированных систем, которые позволили бы осуществлять эффективный обмен между лабораториями уникальными экспериментальными разработками.

Таким образом, появились и появляются стандарты разработок лабораторных узлов и оборудования.

**Эти стандарты предусматривают:**

**механические стандарты**, то есть стандарты по форм-факторам (форма и размеры) узлов и оборудования

**электрические стандарты**, то есть стандарты по номинальным параметрам токов и напряжений питания узлов и оборудования

**логические стандарты**, то есть стандарты на параметры

(уровни, длительность, частоту) аналоговых и логических сигналов,

программное обеспечение для управления экспериментом, и т.д.

Далее рассмотрим некоторые из наиболее распространённых стандартов, таких как “САМАС”, “NIM”, “FAST BUS”

# CAMAC

В 1968 г. Был предложен стандарт КАМАК (CAMAC – условное название, иногда расшифровывается как **Computer Application Measurements and Control**). Основные особенности этой системы состоят в том, что во-первых, она рассчитана на передачу данных в ЭВМ, а также на обработку внутри системы цифровой информации, поступающей от аналого-цифровых преобразователей в основном в виде параллельных кодов, во-вторых, система управляется по программе от ЭВМ или от внутренних управляющих устройств.

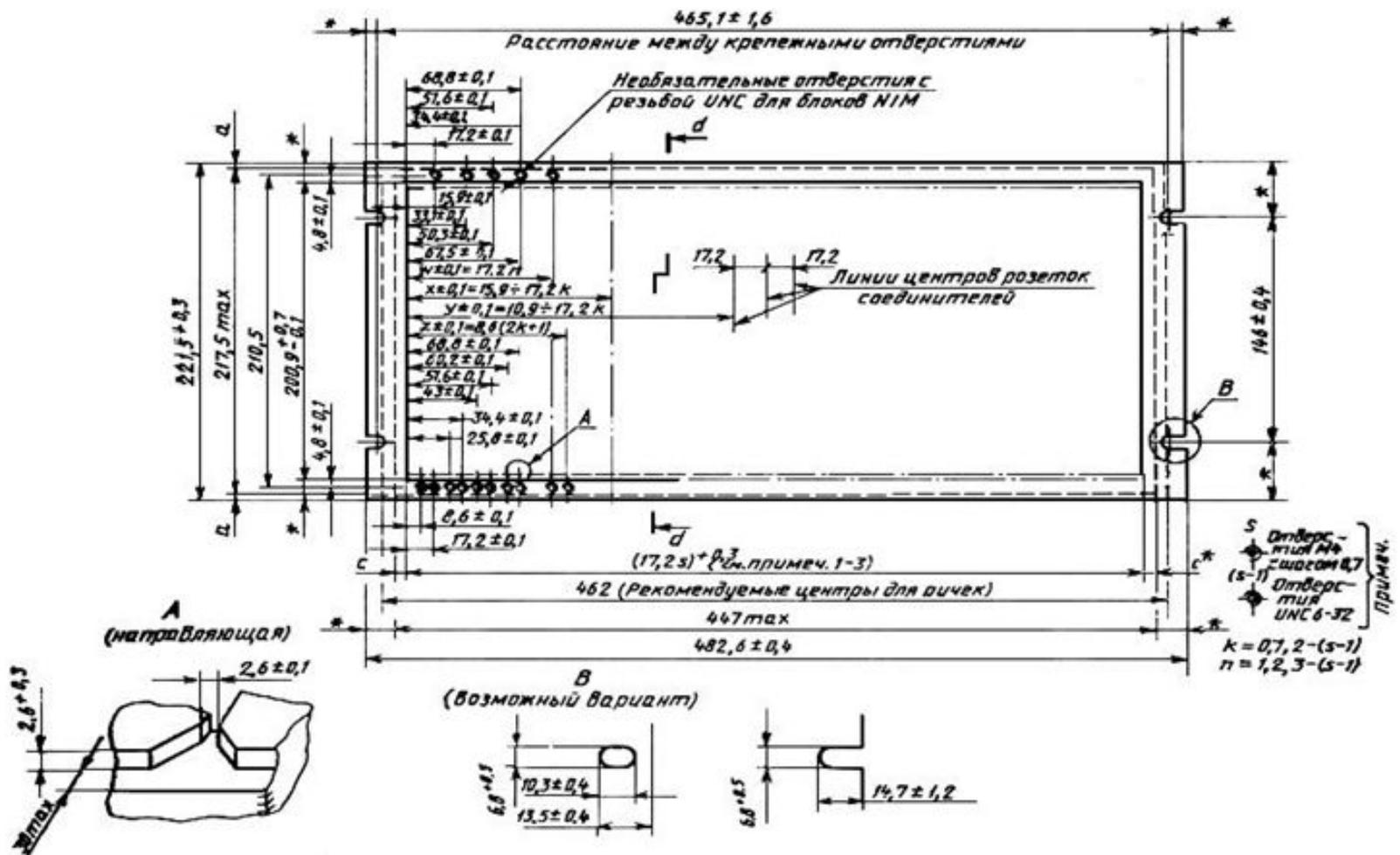
Стандарт CAMAC получил широкое распространение. На его основе выполняют не только цифровые и аналогово-цифровые устройства, но и аналоговую аппаратуру. Известны варианты системы КАМАК, например система **ВЕКТОР**. Большая гибкость системы КАМАК и возможность её дальнейшего развития заложены в самом стандарте.

## Механические стандарты

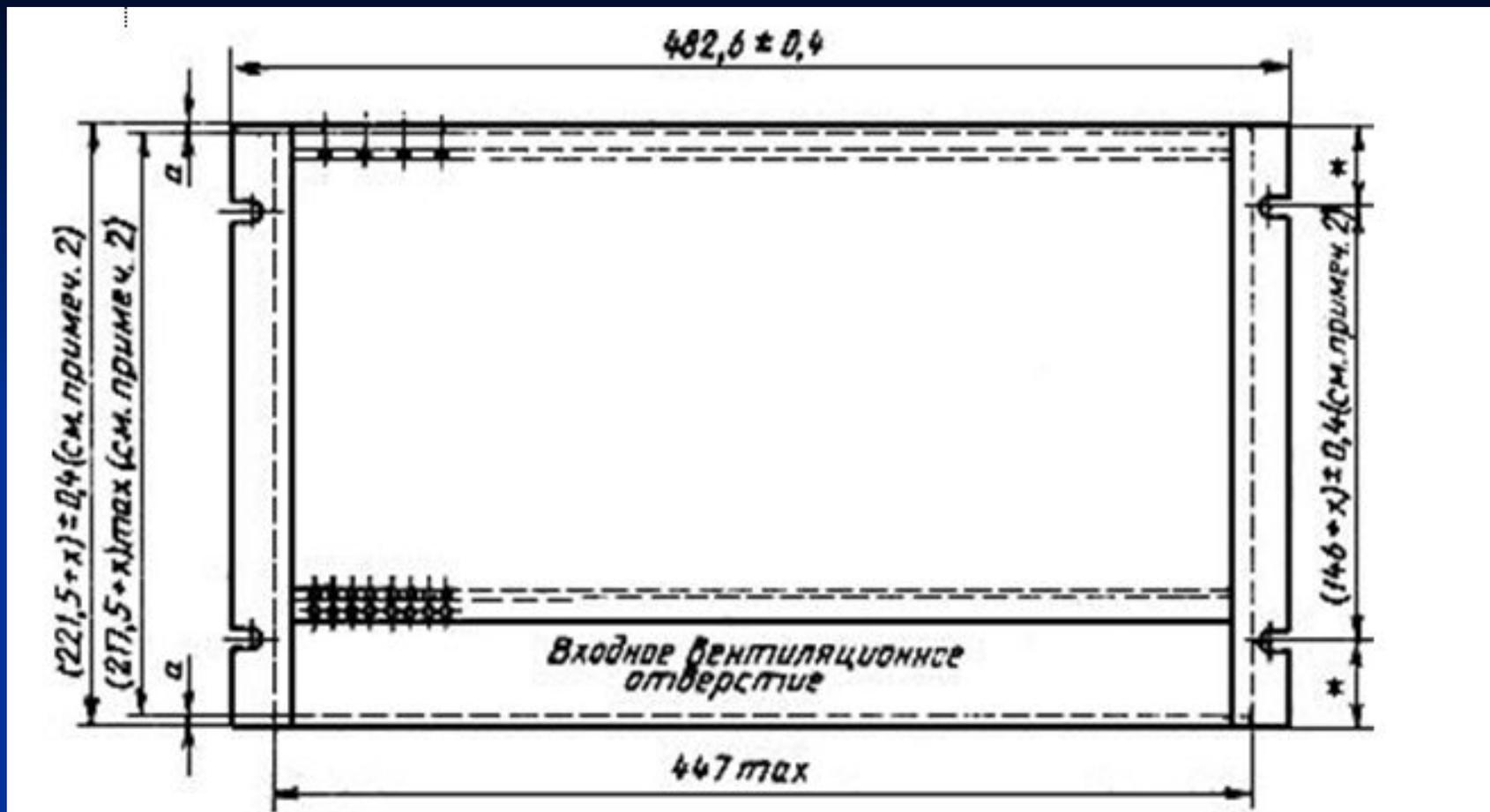
Аппаратура в системе КАМАК выполняется в виде модулей (плат) с печатным монтажом, устанавливаемых в каркас, называемом также крейтом или секцией. Комплектование аппаратных комплексов осуществляется путем установки соответствующих вставных блоков в крейт. Посадочные гнезда в крейте, в которые вставляют блоки, называют станциями.

Базовый каркас представляет собой 19-дюймовый крейт с внутренней шириной 413 мм., высотой 221,5 мм. (5-кратная высота в 19-дюймовой системе) и с глубиной вставляемых модулей 270 мм). Розетки соединителей магистрали крейта имеют два ряда по 43 контакта с шагом 2,54 мм (0,1 дюйма). Высота крейта может увеличиваться кратно величине , как показано, чтобы обеспечить приток холодного воздуха, который проходит затем между направляющими, и для отвода теплого воздуха от оборудования, расположенного снизу.

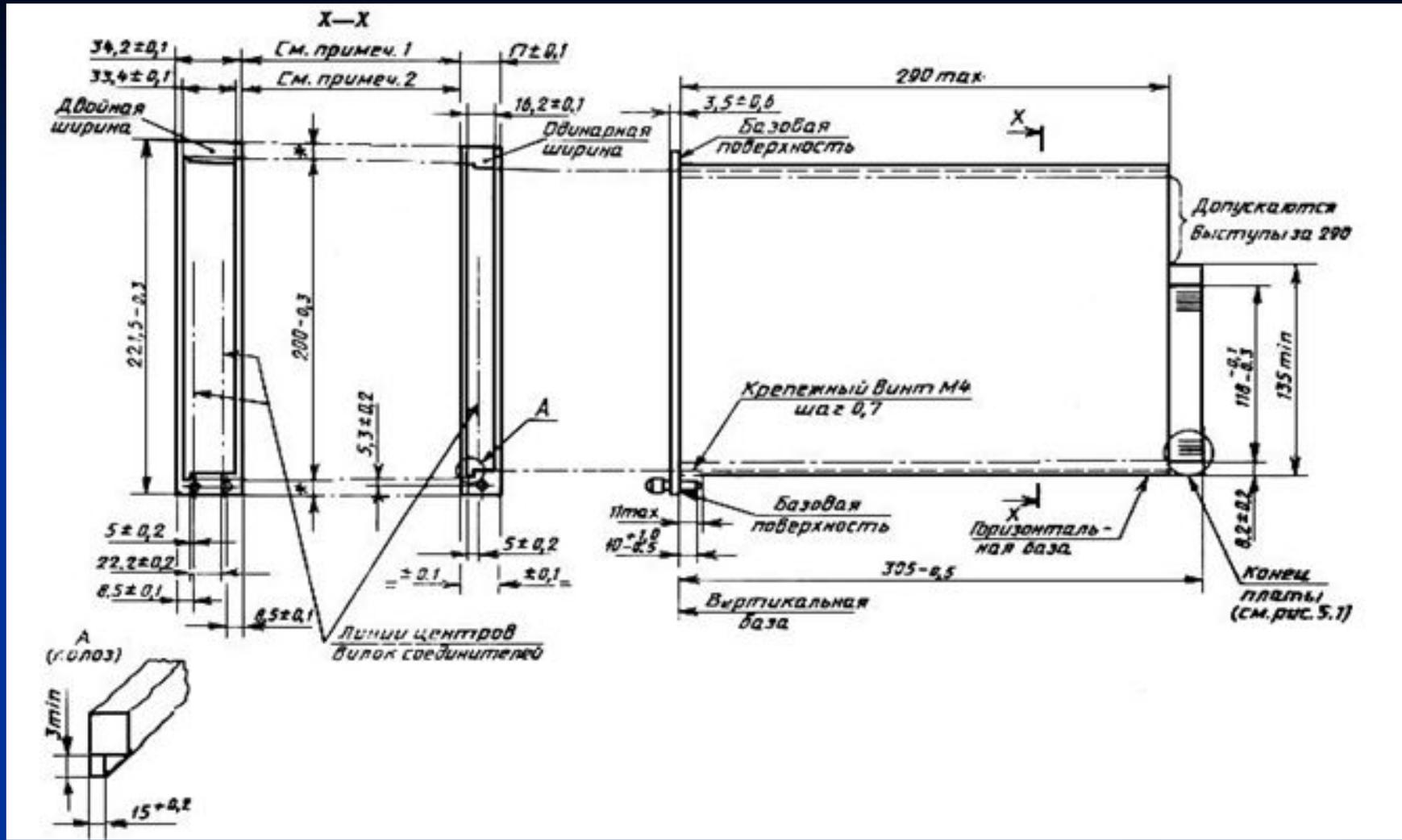
В КАМАК-системе имеющаяся в распоряжении ширина делится на 25 модулей минимальной ширины, однако крейт может иметь менее 25 станций



Невентилируемый кейс. Вид спереди



**Вентилируемый крейт. Вид спереди**



Модульный блок. Вид сбоку и сзади.

В зависимости от выполняемой работы модули делятся на **функциональные и управляющие управляющие.**

**Функциональные** предназначены для выполнения определённых операций, это усилители, дискриминаторы, ВАК, регистры, счетчики, кодировщики и т. д.

**Управляющие — контролеры** — служат для управления функциональными модулями и для связи с ЭВМ.

Управляющая станция всегда находится в крайнем правом положении на крейт спереди .

В крейте за контролерами закреплены станции 24-25.

Остальные станции равноценны, и в них можно вставлять любые функциональные блоки.

**Шина** — контакты разъёмов всех станций соединяют с шинами магистрали, расположенной в задней части крейта. Там же устанавливают выносной модуль питания. Часть шин магистрали предназначена для передачи питания.... на модули крейта. Основная масса шин служит для управления модулями и передачи информации.

## Электрические стандарты

Магистраль включает сквозные линии обязательного, дополнительного и резервного питания.

Дополнительные линии необходимы для специальных требований, например, совместимости с системой NIM. Имеются сильноточные линии +12 и -12 В постоянного тока и слаботочная линия независимой и изолированной "Чистой земли" (земля) обратного провода питания E. Наличие питания на линиях 12 В не является обязательным, если это специально не требуется.

Номинальное напряжение постоянного	Отклонение напряжения на соединителях	Максимальные токовые нагрузки, А	
Обязательное:			
+24	±1,0	1	6
+6	±2,5	2	25
-6	±2,5	2	25
-24	±1,0	1	6
0	-	-	-
Дополнительное (по требованию):			
+12	±1,0	-	-
-12	±1,0	-	-

дополнительный контакт					
Индивидуальный дополнительный контакт		P5	F2	Функция	Сквозная линия
Сквозная линия	Команда принята	X	F1	Функция	Сквозная линия
Сквозная линия	Запрет	I	A8	Субадрес	Сквозная линия
Сквозная линия	Сброс	C	A4	Субадрес	Сквозная линия
Индивидуальная линия	Номер станции	N	A2	Субадрес	Сквозная линия
Индивидуальная линия	Запрос	L	A1	Субадрес	Сквозная линия
Сквозная линия	Строб 1	S1	Z	Пуск	Сквозная линия
Сквозная линия	Строб 2	S2	Q	Отклик	Сквозная линия
24 сквозных линии записи W1 – младший значащий бит W24 – старший значащий бит		W24 W23 W22 W21 W20 W19 W18 W17 W16 W15 W14 W13 W12 W11 W10 W9 W8 W7 W6 W5 W4 W3 W2			

24 сквозных линии чтения R1 – младший значащий бит R24 – старший значащий бит	R24 R23 R22 R21 R20 R19 R18 R17 R16 R15 R14 R13 R12 R11 R10 R9 R8 R7 R6 R5 R4 R3 R2			
Сквозные линии питания	-12 В пост. тока Резервная (с) Резервная (а) Дополнительная -6 В +12 В пост. тока Дополнительная +6 В 0 В (Обратный повод питания)	-12 - - Y1 +12 Y2 0	-24 -6 - E +24 +6 0	-24 В пост. тока -6 В пост. тока Резервная (b) Чистая земля +24 В пост. тока +6 В пост. тока 0 В (Обратный повод питания)
				Сквозные линии питания

**Ввод напряжения производится в системах КАМАК через 96-контактный двухсторонний печатный разъём.**

Наименование линий	Обозначение	Число контактов	Использование в модуле
КОМАНДА			
Номер станции	N	1	Выбирает модуль (индивидуальная линия от управляющей станции)
Субадрес	A1, 2, 4, 8	4	Выбирает часть модуля
Функция	F1, 2, 4, 8, 16	5	Определяет функцию, подлежащую исполнению в модуле

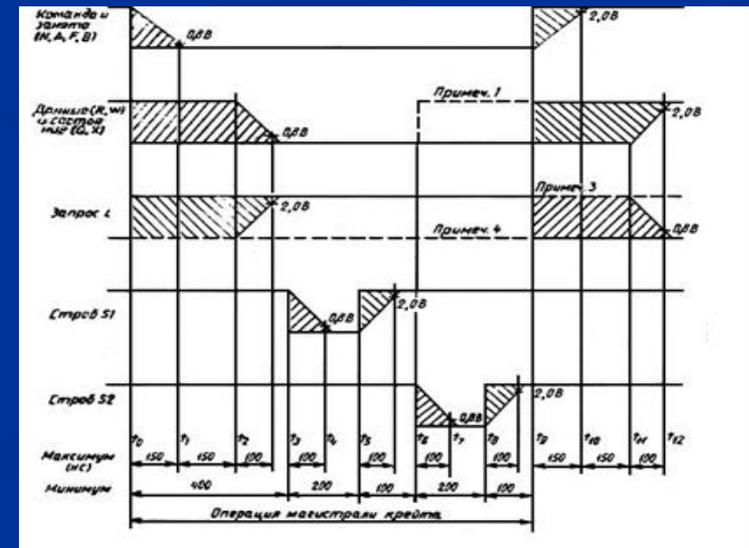
Наименование линий	Обозначение	Число контактов	Использование в модуле
ДАННЫЕ			
Запись	W1-W24	24	Передаёт информацию в модуль
Чтение	R1-R24	24	Получает информацию из модуля
СОСТОЯНИЕ			
Запрос	L	1	Указывает на требование обслуживания (индивидуальная линия к управляющей станции)

## Логические стандарты

Связь между вставными блоками осуществляется через магистраль крейта – шину КАМАК.

Эта пассивная многопроводная магистраль является частью крейта и соединяет розетки соединителей магистрали крейта на всех станциях.

Магистраль состоит из сигнальных линий и линий питания,



Цикл КАМАК

# NIM

Одним из первых стандартов для электронных средств ядерной физики стал стандарт NIM (Nuclear Instrument Module).

Он был предложен в 1966 г. одним из специализированных комитетов Комиссии по атомной энергии (АЕС) США в виде одного из докладов АЕС TID-20893 «STANDART NIM» на модульную систему аппаратуры для ядерно-физических исследований.

Стандарт NIM предназначен для обеспечения измерений и регистрации параметров излучений в ядерной физике средних и низких энергий, включая физику высоких энергий. Он рассчитан в основном на аналоговую и аналогово-цифровую аппаратуру, имеющую, как правило, автономное ручное управление.

## Механические стандарты

Аппаратура в системе NIM, как и в системе КАМАК, выполняется в виде модулей, который помещаются в специализированный 19-дюймовый каркас (bin) , где можно разместить до 12 модулей единичной ширины.

Для адекватного охлаждения системы необходимо обеспечить достаточный поток воздуха. Для данных целей в системе устанавливаются вентиляторы, дефлекторы и прочие аналогичные устройства.

Сами модули должны быть сконструированы так, чтобы пропускать вертикальный поток воздуха между находящимся на нем компонентов и для этой цели должны обеспечивать открытую площадь не менее 10% от общей горизонтальной проекции модуля.

Измерительный модуль NIM имеет номинальную высоту панели 222 мм. и базовую ширину 245 мм. В нем размещается печатная плата с различными электронными компонентами.

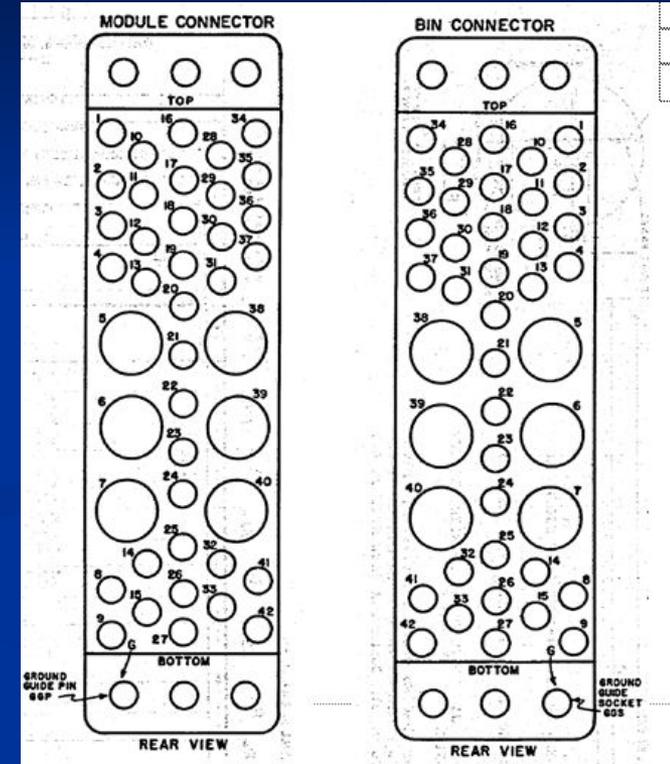
На задней панели модуля крепится навесной штекерный разъём на 42 контакта.



# Электрические стандарты

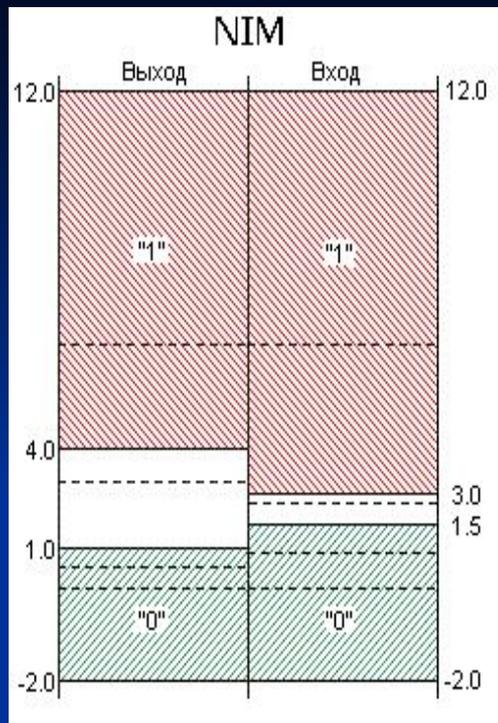
Источник питания системы NIM одновременно обеспечивает шесть выходов постоянным током характеристики, которого приведены в таблице

Номинальное напряжение постоянного тока на линии питания в bin, В	Отклонение напряжения, %	Максимальные токовые нагрузки, А	
		Во вставном блоке (одинарной ширины)	В bin
+24	±0,7	30 mA	1
+12	±1,0	90 mA	2
+6	±3,0	85 mA	5
-6	±3,0	85 mA	5
-12	±1,0	90 mA	2
-24	±0,7	30 mA	1
0	-	-	-

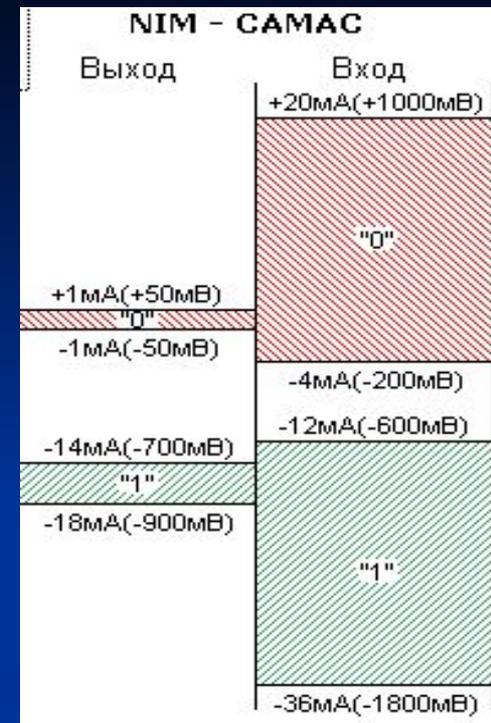


# Логические стандарты

Впервые среди сигналов, применяемых в ядерной физике, стандарт выделил две основные группы. Одну из них составили линейные и логические сигналы микросекундного диапазона. Они используются при изучении взаимодействий в физике ядра низких и средних энергий ( $< 30$  МэВ). Другую группу образовали линейные и логические сигналы наносекундного диапазона. Они, в свою очередь, получили название быстрые сигналы. Характерно, что такие сигналы используются при изучении процессов физики высоких энергий и физики элементарных частиц ( $> 30$  МэВ). Таким образом в стандарте NIM различают 4 типа сигналов - медленные линейные сигналы, быстрые линейные сигналы, медленные логические сигналы и быстрые логические сигналы. Амплитуда линейных сигналов варьируется в широком диапазоне. Логические сигналы имеют фиксированную амплитуду и форму.



Медленные логические сигналы в NIM. Уровни указаны в вольтах.



Уровни быстрых логических сигналов

# FASTBUS

Проект стандарта **FASTBUS** рассчитан на создание быстродействующих систем с распределенными вычислительными средствами, которые обеспечиваются устройствами на схемах большой степени интеграции и микропроцессорами.

Поэтому в нем предусматриваются высокое быстродействие и разрядность.

Максимальный стандартный объем системы не ограничивается. В этом стандарте также сохраняется модульный принцип построения аппаратуры. Основная структурная единица – сегмент, представляющий собой магистраль связи; в каркасе сегмент является внутренней магистралью и связывает между собой блоки, которые, согласно **FASTBUS** - протоколу, подразделяются на мастеров и слуг (**master - slave**).

В системе сегмент связывает каркасы через блоки связи. Последние определяют направление и путь передачи данных.

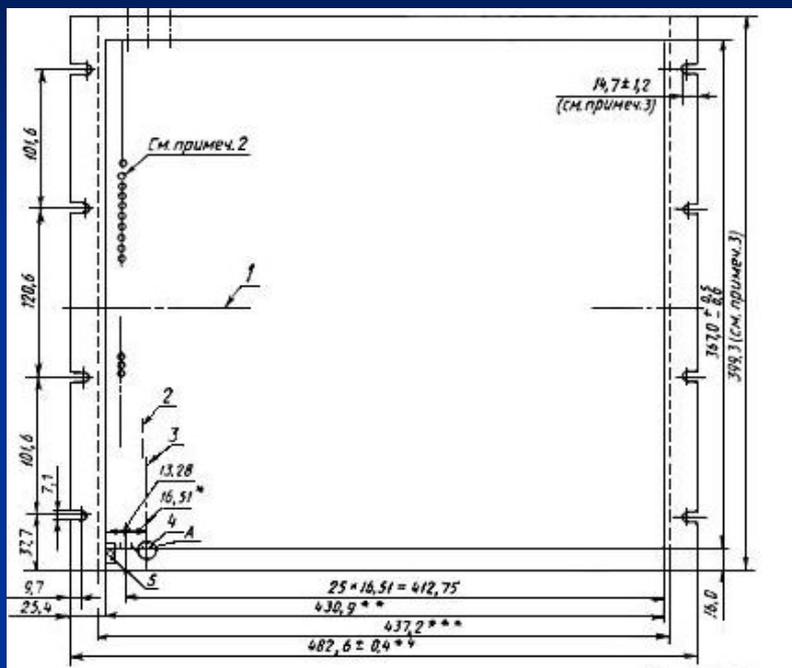
# Механические стандарты

Аппаратура в системе **FASTBUS** выполняется в виде модулей (плат) с печатным монтажом, устанавливаемых в каркас, называемом крейтом. Комплектование аппаратных комплексов осуществляется путем установки соответствующих модулей в крейт. Посадочные гнезда в крейте, в которые вставляют блоки, называют крейт-сегмент.

В зависимости от типа охлаждения крейты делятся на два типа: **FASTBUS** -крейт типа А (воздушное охлаждение) и **FASTBUS** - крейт типа W (водное охлаждение).

**FASTBUS** - крейт типа А представляет собой вариант крейта с принудительным воздушным охлаждением. В нем может размещаться 26 одноплатных модулей или меньшее число модулей, имеющих по несколько плат.

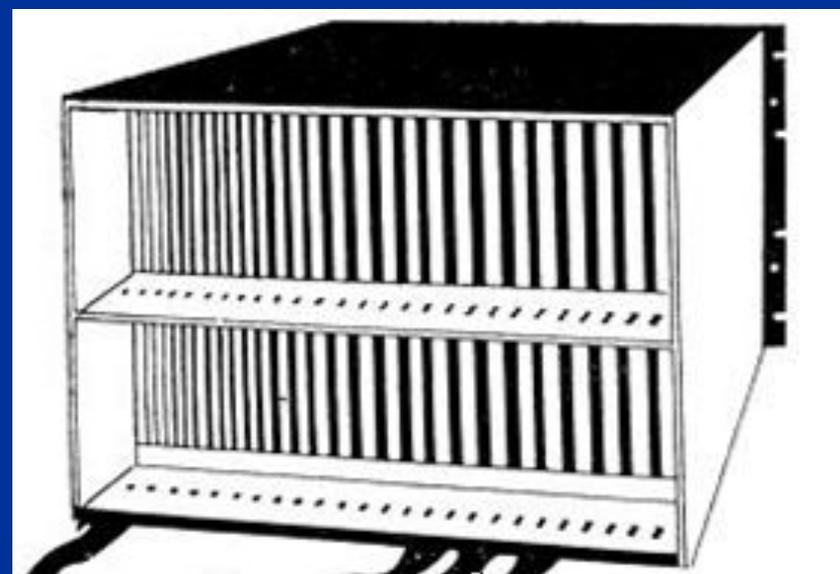
Модули **FASTBUS** могут устанавливаться и в целом ряде крейтов других типов, имеющих различные системы охлаждения



**FASTBUS** модуль  
( 65 контактов )



крейт типа А с воздушным охлаждением



крейт типа W с водяным охлаждением

## Электрические стандарты

В крейт-сегменте имеется набор шин для подвода к модулям заданных напряжений. Стандартными являются шины с номинальными напряжениями +5,0; -5,2; -2; +15 или -15. В. Кроме того, могут быть добавлены две шины +28 В для питания спецустройств. В частности, эти линии можно использовать в качестве источников первичного напряжения для встроенных стабилизаторов и преобразователей. Штырьки и линии 0 В предназначены для возврата всех токов питания модулей.

Рекомендуется, чтобы каждый сегмент оснащался питанием с номиналами +5,0; -5 2 и -2 В. При этом разработчики модулей должны быть уверены, что на стандартных штырьках заведомо имеются указанные напряжения. В системах со встроенными стабилизаторами необходимо также предусматривать источники напряжения 28 В постоянного тока. Желательно, чтобы пользователь располагал источниками всех перечисленных номиналов, допуски на которые определены ниже.

## Логические стандарты

Сигналы, используемые в системе **FASTBUS**, могут быть классифицированы следующим образом :

**Таймирование** – фронты этих сигналов используются для разграничения **FASTBUS** - циклов, содержащих информацию об адресе или о данных, либо об арбитраже

**Управление** – уровень этих сигналов определяется в моменты фронтов таймирующих сигналов для последующего установления типа операции. Действие управляющих линий зависит от момента появления фронтов импульсов.

**Информация** – уровень этих сигналов в момент фронта таймирующего сигнала выражает действие, определяемое управляющими линиями и запускающим фронтом.

**Асинхронные** – некоторые **FASTBUS** - сигналы могут быть инициированы событиями, которые не синхронизированы с **FASTBUS** - протоколом. Примерами являются запросы на обслуживание и арбитраж.

**Последовательные данные** – независимая последовательная магистраль, которая действует на основе протокола последовательной сети **FASTBUS**.

**Фиксированные** – информация, указывающая физическое положение модулей в крейт-сегменте или кабель-сегменте, фиксированная в том смысле, что она не может быть изменена **FASTBUS** - операциями.

В оригинале		В переводе (русские подчеркнуты)	
A	<u>Asynchronous</u>	<u>А</u>	Асинхронный
C	<u>Control</u>	<u>У</u>	Управление
CA	Control for Arbitration Bus	<u>УА</u>	Управление арбитражем
CT	Control and Timing	<u>УТ</u>	Управление и таймирование
F	Fixed Information	<u>Ф</u>	Фиксированная информация
I	<u>Information</u>	<u>И</u>	Информация
IA	Information for Arbitration	<u>ИА</u>	Информация о линиях

	Bus		арбитража
S	Serial Data, Timing Independent of Parallel Bus	<u>П</u>	Последовательные данные, таймирование которых не зависит от параллельной магистрالی
T	<u>Timing</u>	<u>Т</u>	Таймирование
TA	Timing for Arbitration Bus	<u>ТА</u>	Таймирование арбитража

Сигналы, используемые в системе FASTBUS

## Тема 1. Система “САМАС”

механические стандарты , то есть стандарты по форм-факторам (форма и размеры) узлов и оборудования

электрические стандарты , то есть стандарты по номинальным параметрам токов и напряжений питания узлов и оборудования

логические стандарты , то есть стандарты на параметры (уровни , длительность, частоту) аналоговых и логических сигналов , программное обеспечение для управления экспериментом , и т.д.

## Тема 2. Система “NIM”

механические стандарты , то есть стандарты по форм-факторам (форма и размеры) узлов и оборудования

электрические стандарты , то есть стандарты по номинальным параметрам токов и напряжений питания узлов и оборудования

логические стандарты , то есть стандарты на параметры (уровни , длительность, частоту) аналоговых и логических сигналов , программное обеспечение для управления экспериментом , и т.д.

## Тема 3. Система “FAST BUS”

механические стандарты , то есть стандарты по форм-факторам (форма и размеры) узлов и оборудования

электрические стандарты , то есть стандарты по номинальным параметрам токов и напряжений питания узлов и оборудования

логические стандарты , то есть стандарты на параметры (уровни , длительность, частоту) аналоговых и логических сигналов , программное обеспечение для управления экспериментом , и т.д.