

5217/2-79



Объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна

K-615

17/12-79

P10 - 12581

И.Ф.Колпаков

КРИТЕРИИ ВЫБОРА СТАНДАРТНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ

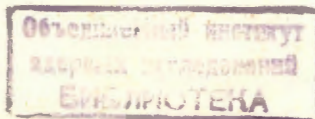
1979

P10 - 12581

И.Ф.Колпаков

КРИТЕРИИ ВЫБОРА СТАНДАРТНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ

Направлено в журнал "Автометрия"



Критерии выбора стандартных интерфейсов

Предлагаются следующие критерии для сравнения устройств обмена: пропускная способность в режиме блочной передачи, вместимость по числу источников и приемников информации и источников программ, относительная стоимость /стоимость места/, протяженность и время наработки на отказ. Определены случаи, когда необходимо использование стандартного интерфейса в качестве устройства обмена. Проведено сравнение по предложенным критериям стандартных интерфейсов компактных систем: крейта, ветви и многоконтроллерного крейта КАМАК, байтовой магистрали и протяженных систем: последовательной магистрали КАМАК и интерфейсов связи, а также разрабатываемой быстрой магистрали. Результаты сравнения представлены в виде гистограмм и графиков, определяющих границы применения стандартных интерфейсов. Показано, что использование стандартных интерфейсов для средних и больших систем дает существенный выигрыш по сравнению с непосредственным использованием каналов обмена ЭВМ.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Selection Criteria of Standard Interfaces

Interaction between information sources and sinks and program sources is accomplished by means of a data exchange system (D.E.S.). D.E.S. is considered as a self-sufficing element which determines the organization structure of a real-time system. The following criteria are introduced for comparison of D.E.S.: data exchange speed in the block-transfer mode C_0 , rooming capacity according to the number of information sources and sinks and program sources M , relative cost e_0 , extension l_0 , and M.T.B.F. T_f . The cases are determined when the use of a standard interface as a D.E.S. is preferable. A comparison has been made according to the proposed criteria of standard interfaces for compact systems: CAMAC crate, branch and system crate, G.P.I.B. and extended systems: communication interfaces and CAMAC serial highway as well as fast bus which is under development now. It is shown that the use of standard interfaces for medium-size and large systems provides an essential gain in cost as compared to direct interfacing through the data exchange channels of present-day computers.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Любая автоматизированная система представляет собой совокупность следующих трех составляющих элементов: источников программ, источников и приемников информации и устройств обмена /см. рис. 1/. Под источником программ понимается любое устройство, определяющее последовательность работы системы. Источником программ может быть универсальная ЭВМ, мини- или микро-ЭВМ или устройство управления с жесткой программой. Источником информации является любой вход в систему или измерительный канал. Приемник информации

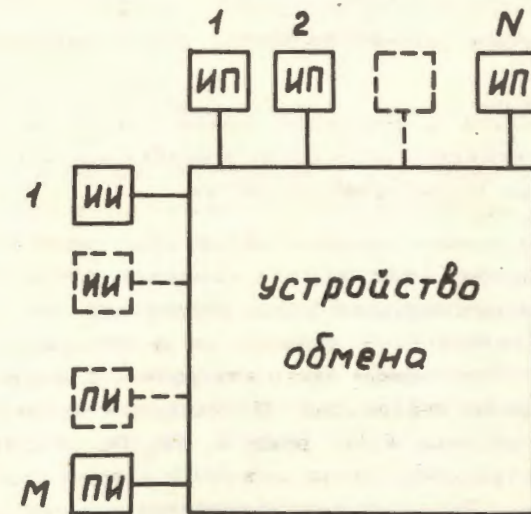


Рис.1. Структурная схема автоматизированной системы. ИП - источники программ, ИИ, ПИ - источники и приемники информации.

представляет собой выход из системы. Запоминающее устройство может быть как отдельным источником или приемником информации, так и входить в состав источников программ. Устройство обмена обеспечивает передачу между источниками программ и источниками и приемниками информации.

Для сравнения устройств обмена с целью их выбора вводятся следующие критерии: C_0 - пропускная способность, вместимость по числу источников программ и источников и приемников информации $M = N_{\Pi} + M_{И}$, относительная стоимость или стоимость места e_{01} , начальная стоимость $E_{0н}$, протяженность l_0 и время наработки на отказ $T_{н0}$.

Вместимость характеризуется числом возможных адресов в устройстве обмена, но не совпадает с ним в общем случае из-за конструктивных или электрических /питание, нагрузки/ параметров и, вообще говоря, зависит от уровня технологии /степень интеграции микросхем и габариты установочных изделий/.

Относительная стоимость сопряжения e_{01} характеризуется затратами на организацию устройства обмена E_0 в пересчете на источник или приемник информации.

Начальная стоимость устройства обмена характеризует затраты на него для системы с $N_{\Pi} = M_{И} = 1$ и необходима, в особенности при выборе устройства обмена, для малых систем автоматизации.

Протяженность l_0 определяет максимальную удаленность источников и приемников информации и необходима при организации распределенных территориально систем.

Минимизация числа сопряжений в устройстве обмена является первой задачей при его организации. Согласно теореме Холла^{1/} задача минимизации числа сопряжений сводится к введению числа интерфейсов, равного числу источников программ и стандартного сопряжения этого интерфейса с каждым источником и приемником информации. Необходимое число интерфейсов в устройстве обмена будет равно $N_{\Pi} + M_{И}$. По способу передачи информации устройство обмена может быть параллельным и последовательным. Параллельное устройство обмена может быть выполнено на основе каналов обмена ЭВМ, стандартов байтового^{2,3/} и КАМАК^{4-7/}. Последовательное устройство обмена организуется на основе стандарта КАМАК^{8,9/} и RS 232, RS 422 и

RS423^{10/}. Применение специального устройства обмена необходимо, если:

1/ число источников и приемников информации и источников программ превышает количество свободных адресов M_a в канале обмена ЭВМ, то есть $M_a < N_{\Pi} + M_{И}$;

2/ стоимость сопряжения внешних устройств с каналами обмена $e_0 \ll e_{01}$ - стоимости места в специальном устройстве обмена, что значительно удорожает систему;

3/ необходима организация распределенной по территории системы;

4/ необходимо конструктивное оформление автоматизированной системы как единого целого;

5/ набор модулей источников и приемников информации от ЭВМ не содержит всех требуемых для системы модулей.

На основе предложенных критериев выполнено сравнение устройств обмена компактных систем, основанных на байтовой магистрали^{2,3/}, крейтах^{4/}, ветви^{5/}, системном^{11/} и многоконтроллерном крейтах КАМАК^{7/} и протяженных систем, использующих стандарт связи^{10/}, последовательную магистраль^{8,9/} и ветвь КАМАК^{5/}.

Рассмотрены также характеристики разрабатываемой в качестве стандарта для регистрирующей электроники магистрали сегментов^{12/}.

Для спектрометров, применяемых в физике высоких энергий^{13/}, наиболее важными характеристиками устройств обмена являются их пропускная способность и вместимость. Произведение $C_0 M$ служит показателем качества устройства обмена. Соответствующие этому произведению площади показаны на рис.2. Величина M означает число адресов модулей без учета субадресов. Видно, что качество магистрали сегментов на два порядка выше, чем для любых из стандартов КАМАК. Она обеспечивает пропускную способность $40 \div 70$ Мбайт/с при вместимости до 1794 модулей. Стандарты КАМАК позволяют организовать системы с числом модулей до 1610 /системный крейт/ и 1426 /последовательная магистраль/ при пропускной способности от 0,8 Мбайт/с /последовательная магистраль, кривая 7А/ до 3 Мбайт/с /системный крейт/. Байтовая магистраль обладает значительно худшим качеством. Ее пропускная способность составляет не более 1 Мбайт/с, а вместимость - не более

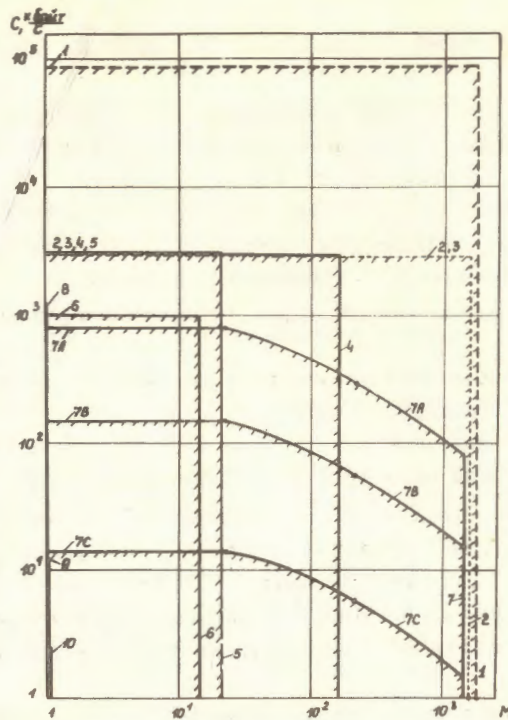


Рис.2. Границы применения стандартных устройств обмена по пропускной способности и вместимости. 1 - магистраль сегментов, 2 - системный крейт, 3 - многоконтроллерный крейт, 4 - ветвь, 5 - крейт, 6 - байтовая магистраль, 7 - последовательная магистраль /А- компактная система, В- протяженность 1 км, С- протяженности 10 км/, 8 - RS 422, 9 - RS 423 и RS 232.

14 модулей. При использовании субадресов вместимость систем КАМАК составляет $2,8 \cdot 10^4$ /системный крейт/ и $2,3 \cdot 10^4$ /последовательная магистраль/ адресов, что удовлетворяет современным требованиям к установкам физики высоких энергий.

Выражения для расчета вместимости различных типов устройств обмена, в общем случае, имеют вид:

$$M = \sum_{\ell=1}^{\beta} \sum_{i=1}^{23} \sum_{j=1}^{16} C_{\ell} N_{\ell i} A_{\ell i j} \quad /1/$$

где β - число ветвей, C - число крейтов, N - число адресов, A - число субадресов и ℓ, i, j - текущие индексы.

Стоимость места или относительная стоимость i -ой конфигурации устройства обмена e_{0i} равна

$$e_{0i} = \frac{E_{0i}}{N_{\Pi} + M_{\text{и}}} \quad /2/$$

Выполнены расчеты стоимости различных конфигураций систем, основанных на байтовой магистрали и стандартах КАМАК. Сравнение стоимости места для различных конфигураций стандартных интерфейсов^{14/} приведено на рис. 3. При сравнении считалось, что в модуле КАМАК используется только один

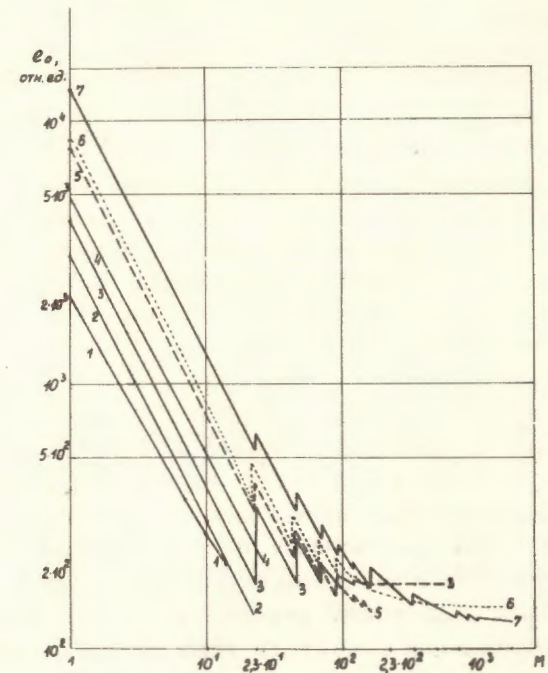


Рис.3. Зависимость относительной стоимости сопряжения e_0 от вместимости по числу модулей M для различных способов организации устройства обмена, 1 - байтовая магистраль, 2 - крейт, 3 - с автономным контроллером ЭВМ и радиальным способом подключения, 4 - с автономным контроллером и модулем-интерфейсом ЭВМ, 5 - ветвь /штриховая линия/, 6 - последовательная магистраль и 7 - системный крейт с двумя источниками программ и многими ветвями.

субадрес. На оси ординат отложена начальная стоимость устройства обмена. Видно, что она минимальна для байтовой магистрали - /кривая 1/ и кривая 2/ и имеет наибольшую величину для системного крестового /кривая 7/ и последовательной магистрали /кривая 6, пунктир/. Стоимость места в кресте становится равной стоимости места в байтовой магистрали при числе модулей около 10. Если использовать субадреса, то стоимость места для крестового уменьшается в соответствующее число субадресов раз. Предельная /при $M > 100$ / стоимость места в различных конфигурациях КАМАК составляет $15 \div 20\%$ от стоимости модуля, что значительно меньше, чем стоимость подключения к каналам обмена любых типов ЭВМ. Поэтому применение программно-модульных устройств обмена дает существенный выигрыш в стоимости автоматизированных систем /до $30 \div 40\%$ / от стоимости системы по сравнению с непосредственным сопряжением с каналами ЭВМ традиционных измерительных приборов. Величина экономии в стоимости E_B при программно-модульной организации для разных типов ЭВМ в зависимости от числа источников и приемников информации M показана на рис. 4. Видно, что для универсальных и малых ЭВМ с внешней магистралью обмена она существенна уже для малых систем. Для всех типов ЭВМ средние и большие по вместимости системы целесообразно выполнять программно-модульным способом.

Протяженность систем на основе стандартных интерфейсов может быть, в принципе, любой, но пропускная способность меняется в пределах от $0,7 \div 1,25$ Мбайт/с для компактных систем /последовательная магистраль и стандарт RS 422/ и до 2,5 Кбайт/с - для протяженных. На рис. 5 показана зависимость скорости передачи в последовательной магистрали от протяженности системы /см. также кривые 7А, В, С на рис. 2/. Начальная и относительная стоимости /см. рис. 3/ последовательной магистрали выше, чем для других стандартных интерфейсов /кроме системного крестового/, поэтому ее применение целесообразно лишь в протяженных системах, работающих в условиях больших наведенных помех, поскольку в ней предусмотрены способы аппаратного контроля ошибок.

Ветвь КАМАК может использоваться в протяженных системах, если применять дифференциальные приемники-передатчики. На рис. 6 дано сравнение отношения стоимости последовательной

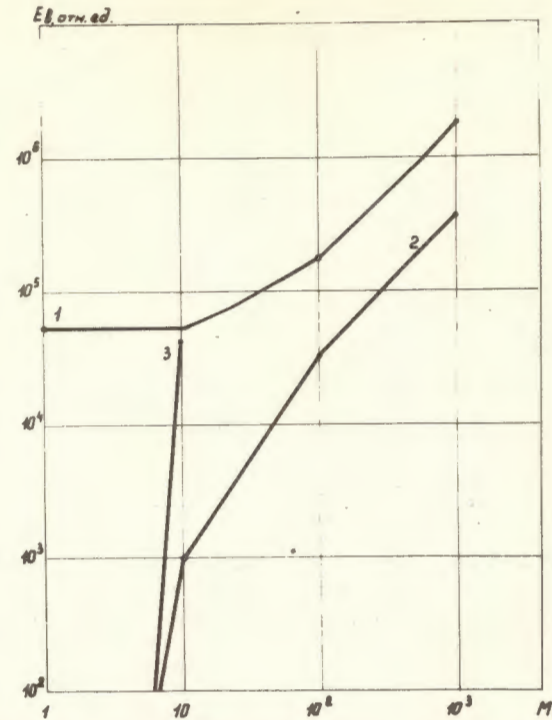


Рис.4. Величина экономии в стоимости E_B при использовании программно-модульной организации сопряжения с ЭВМ систем в зависимости от числа модулей M . 1 - ЕС-1040, 2 - PDP-11, 3 - Нр 2100.

магистрали и ветви в зависимости от протяженности и числа крестов в системе. Протяженность L_0 , начиная с которой, выгодна последовательная магистраль, равна

$$L_0 \geq C_k \frac{\Delta E_{kk}}{e_{кв} - 2e_{кп}}, \quad /12/$$

где ΔE_{kk} - разность в стоимости последовательного драйвера и драйвера ветви, $e_{кв}$ и $e_{кп}$ - цена метра кабелей ветви и последовательной магистрали, соответственно, и C_k - число крестов. Из рис. 6 видно, в частности, что применение последовательной магистрали выгодно, начиная с протяженности 1 км, при числе крестов в ней более 7 /кривая 3/. На больших расстояниях

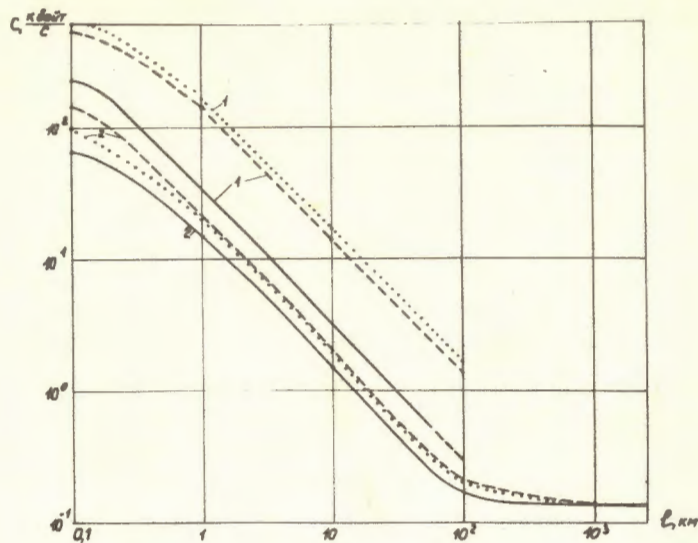


Рис.5. Зависимость скорости передачи в последовательной магистрали от протяженности /длины петли/. 1 - побайтный и 2 - поразрядный способы передачи. Пунктирные линии - 1 крейт, штрихи - 7 крейтов и сплошные - 62 крейта в системе.

относительная стоимость последовательной магистрали и ветви определяется ценами соответствующих кабелей и равна $2e_{\text{кв}}/e_{\text{кв}}$.

Выполнены расчеты времени наработки на отказ для различных конфигураций систем КАМАК. Использовалась последовательная модель и среднее время наработки по постепенным отказам для всех элементов систем, что дает крайние нижние границы надежности^{15/}. По времени, наработанном на отказ, системы классифицируются как малые $M = 1 \div 20$, $T_{\text{HO}} = 8 \cdot 10^3 \div 10^3$ ч, средние $M = 50 \div 200$, $T_{\text{HO}} = 5 \cdot 10^2 \div 10^2$ ч и большие $M = 200 \div 1500$, $T_{\text{HO}} = 80 \div 10$ ч.

На рис. 7 приведены зависимости времени наработки на отказ T_{HO} от вместимости M по числу модулей для различных способов организации системы КАМАК. В целом устройства обмена, обеспечивающие большую вместимость, имеют меньшее время T_{HO} , но при числе модулей в системе более 100 это различие в надежности разных конфигураций практически исчезает, что означает независимость надежности средних и больших систем от типа устройства обмена. Эти результаты могут рассматри-

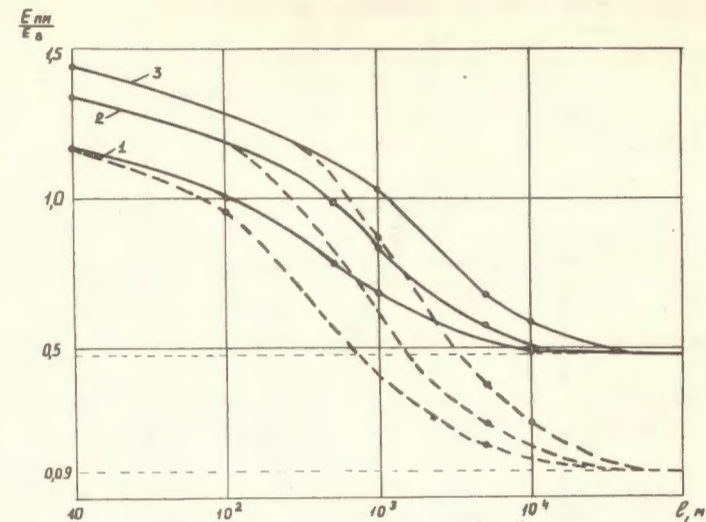


Рис.6. Относительная стоимость параллельной системы /ветви и последовательной магистрали/ при различных протяженности и числе крейтов в установке. Сплошные линии - байтовая передача в последовательной магистрали, прерывистые - поразрядная, 1 - однокрейтная, двух-, трехкрейтные и трех-, семикрейтные системы.

ваться только как сравнительные, так как экспериментальная проверка элементов системы КАМАК показывает, что их надежность на один-полтора порядка выше^{16/}.

Таким образом, показано, что из существующих стандартных устройств обмена интерфейсы КАМАК обладают наилучшими характеристиками для средних и больших по вместимости систем. Для малых систем целесообразно применение байтовой магистрали, а для одиночных удаленных устройств - интерфейсов связи.

Поэтому для организации устройства обмена автоматизированной системы целесообразно, в общем случае, использовать все три типа упомянутых стандартов^{17/}. Во всех случаях для средних и больших систем применение стандартных интерфейсов дает существенный выигрыш в стоимости по сравнению с непосредственным использованием канала обмена ЭВМ.

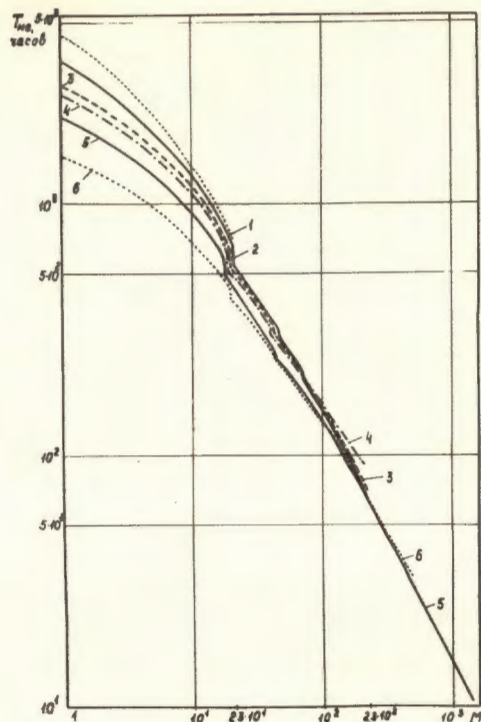


Рис. 7. Зависимость времени наработки на отказ $T_{НО}$ от емкости по числу модулей M для различных способов организации систем КАМАК. Крейт: 1 - с автономным контроллером; 2 - со специализированным контроллером ЭВМ и радиальным сопряжением крейтов; 3 - специализированные контроллеры ЭВМ с коммутатором; 4 - ветвь; 5 - последовательная магистраль и 6 - системный или многоконтроллерный крейт с двумя источниками программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уилсон Р. Введение в теорию графов. Пер. с англ., "Мир", М., 1977.
2. Green A. Interfacing to Minicomputers, *Electronics Weekly*, April 27, 1977, pp. 14, 16.
3. Donald C. Loughry. A New Instrument Interface. Needs and Progress toward a Standard, *ISA AC*, 1974, p. 548, 1-6.

4. A Modular Instrumentation System for Data-Handling, *EUR 4100e*, Luxemburg, CEC, 1972.
5. Organization of Multi-Crate Systems (Parallel Branch Highway), *EUR 4600e,f,i*, Luxemburg, CEC, 1975.
6. Block Transfers in CAMAC Systems, *EUR 4100 supp.*, Luxemburg, CEC, 1975; *IEC Standard 201*, *IEEE Std. 684*, 1976.
7. Multiple Controls in a CAMAC Crate, *Estone Committee*, *EUR 6500e*, Luxemburg, CEC, 1978, *DOE Report*, *DOE/E-0007*, USA, 1977, *US ERDA-NIM Committee Report*, *TID-26617*, USA, 1977 & *IEC Secretariat Document TC 45*, 1977, p. 204.
8. CAMAC Serial Highway System and Serial Crate Controller Type L-2, *EUR 6100e*, Luxemburg, CEC, 1975.
9. Recommendations for CAMAC Serial Highway Drives and Lam Graders for SCC-L2. *Estone/RTB/02*, Luxemburg, CEC, November, 1977.
10. Morris D. Revised Data-Interface Standards Permit Faster Data Rates and Longer Cables. New Chips, and RS 232 Adapters, Simplify Their Use. *Electronic Design*, 18, September 1, 1977, pp. 138-141.
11. Нгуен Фук. Универсальные устройства сопряжения с ЭВМ и пересчетные модули в стандарте КАМАК. Автореферат диссертации. ОИЯИ, 10-8990, Дубна, 1975.
12. Larsen R.S. "Fastbus" Status of Development of a Standard High Speed Data Acquisition Bus for High Energy Physics. *CERN CAMAC News*, No. 13, Appendix A, February, 1978.
13. Zacharov V. Data Transfer in On-Line Systems. In "Proceedings of the 1978 CERN School of Computing", Geneva, CERN, 1978, 78-13, p. 88.
14. CAMAC 1977, *Kinetic Systems Catalogue*, Lockport, Ill, USA, 1977.
15. Беккер П., Йенсен Ф. Проектирование надежных электронных схем. Пер. с англ., "Сов. радио", М., 1977.
16. Crowley-Milling M.C. Experience with Control System for the SPS. Geneva, CERN 78-09, 1978.
17. Horelick D. The Confusing Digital Standards - are they Related. *IEEE Trans.*, NS-22, February 1975, pp. 488-493.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 июня 1979 года.