

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
ИМ. АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УЧЕБНОЙ САПР ПРОСК

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ ПРОФ. В. А. КОМАРОВА,
ДОЦ. А. В. СОЛОВОВА

Утверждено
редакционно-издательским
советом института
в качестве
методических указаний
для студентов

КУЙБЫШЕВ 1985

В работе рассмотрена подсистема БАЛКА учебной САПР ПРОСК (Программы Обучения Силовому Конструированию): описаны учебные задачи, решаемые с помощью подсистемы, сценарии учебных диалогов, вычислительные алгоритмы, структуры программного и информационного обеспечения; даны рекомендации по использованию подсистемы в различных видах учебного процесса; приведены инструкции по поддержанию и эксплуатации программного и информационного обеспечения.

Методические указания разработаны на кафедре конструкций и проектирования летательных аппаратов и предназначены для студентов машиностроительных специальностей, изучающих курсы, связанные с механикой твердого деформируемого тела, численными методами и программированием, а также могут быть использованы на ФПК инженеров и преподавателей.

Авторы-составители: А.В.Соловов, С.В.Мрыкин

Рецензенты: доц. А.А.Калентьев, В.Я.Щеголев

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ

Подсистема БАЛКА предназначена для изучения силовой работы балочных конструкций. Исследуются балки с прямолинейной осью и постоянным поперечным сечением по оси. Возможные виды нагрузок: сосредоточенные силы и изгибающие моменты, линейно распределенные нагрузки. Условия опирания: шарнирно-подвижные и шарнирно-неподвижные опоры; закрепления типа заделки. Предельное число опор - 5.

С помощью подсистемы можно решать учебные задачи трех типов.

1. Определение правильных эпюр. Заданными считаются геометрические размеры балки, нагрузки, условия опирания (рис.1,а). Необходимо определить правильный вариант эпюр прогибов, перерезывающих сил и изгибающих моментов среди нескольких изображений эпюр, последовательно сменяющих друг друга на экране дисплея (рис.1,б и в).

2. Определение правильных нагрузок. Заданными считаются геометрические размеры балки, условия опирания и эпюры прогибов, перерезывающих сил и изгибающих моментов (рис.2,а). Необходимо определить нагрузки, соответствующие заданным эпюрам (рис.2,б и в).

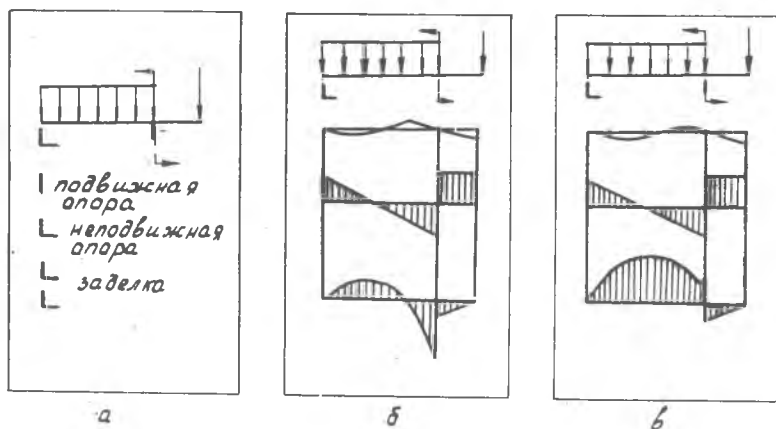
3. Расчет эпюр. Заданными считаются геометрические размеры балки, условия опирания. Необходимо определить реакции опор, величины прогибов, перерезывающих сил и изгибающих моментов по всей длине балки.

Программное обеспечение подсистемы написано на Фортране для операционной среды ДОС АСПО ЭВМ СМ-2. Объем оперативной памяти - не менее 64 кбайт. Используемое периферийное оборудование: алфавитно-цифровые дисплеи (АЦД) типа ДМ-2000; цветные графические дисплеи (ГД) типа А543-11; внешняя память на магнитных дисках (МД) типа ИЗОТ-1370; алфавитно-цифровые печатающие устройства (АЦПУ) с длиной строки не менее 80 знаков.

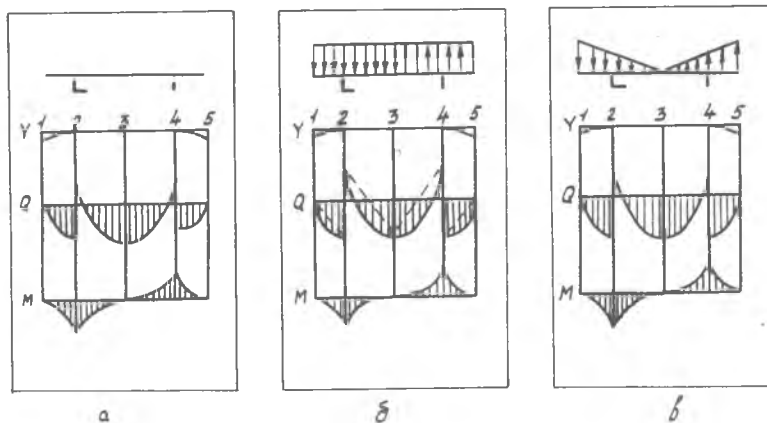
Взаимодействие пользователя с подсистемой осуществляется в режиме диалога, который ведется с использованием АЦД и ГД. Время реакции подсистемы на запрос составляет 1-5 с. Техника ведения диалога не требует от пользователя специальной предварительной подготовки к работе с подсистемой (а первые две задачи - и специальной подготовки к работе с ЭВМ) и не отвлекает существенно его внимание от содержания решаемой задачи.

Программное обеспечение (ПО) подсистемы состоит из 6 пакетов программы, связанных общим информационным обеспечением (рис.3).

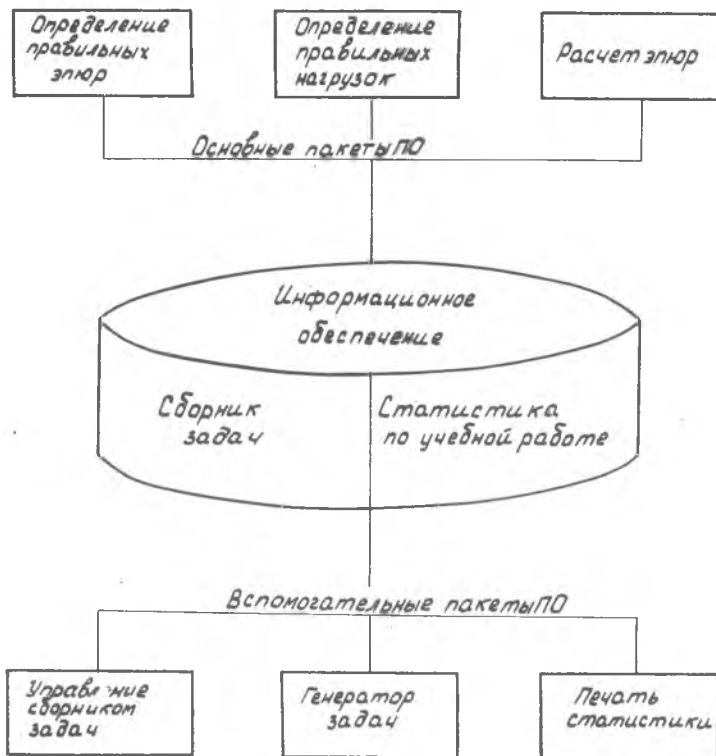
Три основных пакета ПО предназначены для решения трех описанных выше типовых учебных задач. Исходные условия по решаемым задачам мо-



Р и с. 1. Примеры изображений на графическом дисплее при определении правильных опор: а - условие задачи; б - ложные опоры; в - правильные опоры



Р и с. 2. Примеры изображений на графическом дисплее при определении правильных нагрузок: а - условие задачи; б - ошибочное решение; в - правильное решение



Р и с. 3. Функциональная схема подсистемы

гут вводиться с клавиатуры АЦД или считываться с МД из сборника задач.

Статистика о ходе решения задач по определению эпор и нагрузок – фамилии и номера групп обучаемых, номера решаемых задач, число попыток на решение каждой задачи, интегрированные оценки и другие подобные данные – накапливаются в специальном разделе информационного обеспечения (ИО) на МД.

Три вспомогательных пакета ПО выполняют функции по управлению ИО. Пакет управления сборником задач предназначен для записи исходных условий на МД, удаления задачи с МД, распечатки исходных условий на АЦПУ. Пакет генерации задач предназначен для автоматизированного формирования исходных данных по задачам с использованием элементов слу-

чайности. Пакет печати статистики используют для вывода на АЦД или АЦПУ информации о ходе работы обучаемых.

СЦЕНАРИИ УЧЕБНЫХ ДИАЛОГОВ

Методика использования подсистемы в учебном процессе представляет собой определенную последовательность диалогов в порядке возрастания сложности решаемых задач.

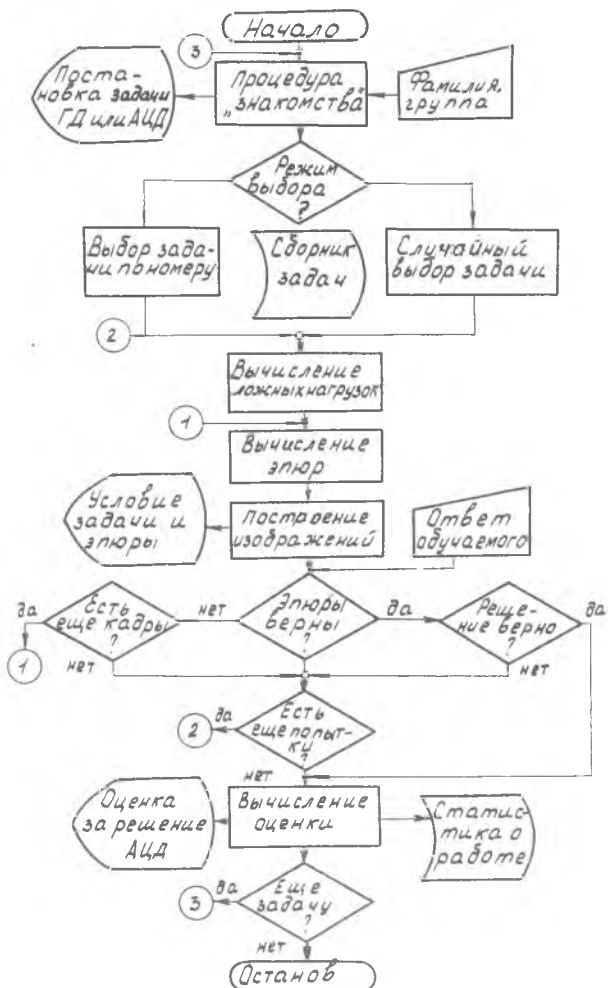
Определение правильных эпюр. Инициатива в диалоге при решении этих задач принадлежит ЭВМ (рис.4). Сначала обучаемый в ответ на запросы ЭВМ вводит свою фамилию и номер группы, затем устанавливает режим выбора задачи из сборника на МД: по номеру, если номер задачи был указан преподавателем, или случайно. * Номер задачи вводится обучаемым с клавиатуры АЦД или выбирается ЭВМ с помощью датчика случайных чисел, условия задачи считываются с МД в оперативную память ЭВМ и отображаются на экране ГД (см.рис.1,а). Для улучшения наглядности отдельные фрагменты графического изображения на ГД выделяются разными цветами. Если в составе периферийного оборудования отсутствует ГД, то графические изображения можно выводить, хотя и с меньшей наглядностью, на экран АЦД.

Далее, по сигналам обучаемого, вводимым с клавиатуры АЦД, на экране ГД появляются, поочередно сменяя друг друга, 5 кадров с изображениями различных вариантов эпюр. Среди них один кадр содержит правильные эпюры (см.рис.1,в), а остальные 4 варианта эпюр ЭВМ вычисляет для ложных нагрузок, которые, хотя и генерируются с использованием элементов случайности, но таким образом, чтобы соответствующие эпюры были близки к правильным результатам (см.рис.1,б).

Обучаемый анализирует изображения эпюр и указывает с помощью клавиатуры АЦД правильный, по его мнению, кадр с эпюрами. ЭВМ оценивает ответ и выдает соответствующее сообщение на экран АЦД. Если ответ неверен, то решение можно повторить. На решение одной задачи дается три попытки, причем в каждой попытке порядок следования графических кадров так же, как и характер ложных эпюр, ЭВМ устанавливает с помощью датчика случайных чисел.

Фамилия и номер группы обучаемого, номер задачи, режим ее выбора,

* По состоянию на 1985 г. сборник насчитывает более сотни задач, описание которых дано в работе /1/.



Р и с. 4. Схема диалога при определении правильных эпюр

результат решения, время и число попыток автоматически записываются в специальный раздел ИО на МД, который используется преподавателем для анализа самостоятельной работы студентов на ЭВМ.

Определение правильных нагрузок. Сначала так же, как и в предыдущем диалоге с ЭВМ, происходит процедура "знакомства" и выбирается задача (рис.5). В качестве исходных условий на экране ГД высвечивается балка с опорами и эпюры, а нагрузки не показываются (см.рис.2,а).

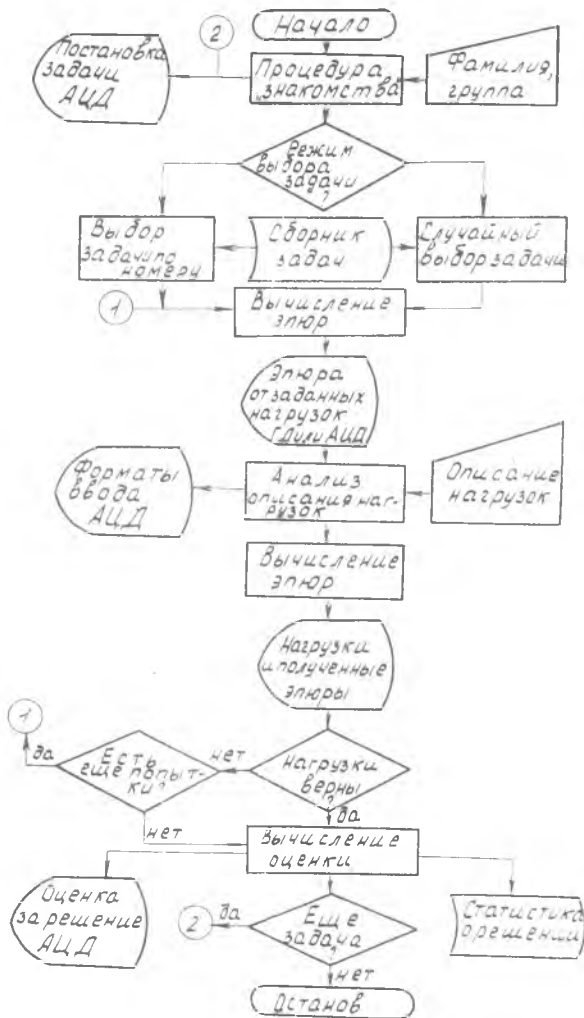
В ответ на запросы ЭВМ обучаемый вводит с клавиатуры качественное описание нагрузок: виды нагрузок, точки их приложения, направление действия, характер распределения. Объем вводимой информации зависит от условий задачи и составляет 5-15 цифр. ЭВМ расшифровывает вводимую цифровую информацию и высвечивает на ГД нагрузки и соответствующие им эпюры, накладывая их на условия задачи. Если решение неверно, то контуры наложенных эпюр не совпадают с исходными эпюрами (см. рис.2,б), и изображение на ГД мерцает. Если нагрузки определены верно, то контуры наложенных эпюр совпадают с условиями задачи (см. рис.2,в), и изображение на ГД остается неподвижным, т.е. не мерцает.

При необходимости обучаемый может повторить решение задачи. Как и в предыдущем диалоге на одну задачу дается три попытки, причем вся необходимая для преподавателей информация о ходе самостоятельной работы на ЭВМ автоматически записывается на МД.

Расчет эпюр. Диалог с ЭВМ при решении задач расчета эпюр начинают с ввода исходных данных (рис.6), в состав которых входят: длина балки, информация о закреплениях и нагрузках, сдвиговая и изгибная жесткость балки. Данные набирают на клавиатуре АЦД в свободном формате и отображают для контроля в графическом виде на экранах ГД или АЦД. Твердая копия исходных данных может быть получена на АЦПУ (прил. I).

После ввода и контроля исходных данных ЭВМ производит расчет реакций опор и вычисляет значения прогибов, перерезывающих сил и изгибающих моментов в 100 точках по длине балки. Эти результаты пользователь выводит либо в табличном виде на АЦД или АЦПУ (см.прил. I), либо в наглядном графическом виде на экраны ГД или АЦД (см., например, рис. I в). Далее пользователь может изменить исходные условия для расчета: ввести новые нагрузки или жесткости, поменять количество, тип или расположение опор. Меняя условия опирания, пользователь может, например, с целью минимизации пика изгибающего момента, провести оптимизацию напряженно-деформированного состояния балки.

По окончании диалога результаты расчетов могут быть использованы для назначения изгибной и сдвиговой жесткостей балки, подбора подшипников или расчета болтов в опорах.



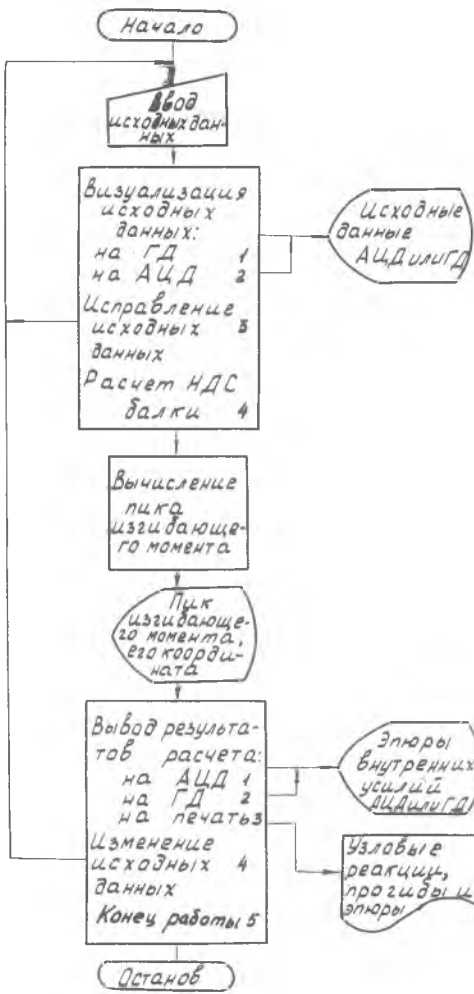
Р и с. 5. Схема диалога при определении правильных нагрузок

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ
АЛГОРИТМЫ

Генерация
ложных
нагрузок

При решении задач по определению правильных эпюр специальный программный модуль подсистемы генерирует такие ложные нагрузки, для которых получают эпюры, достаточно близкие к правильным, но, тем не менее, отличающиеся от них. Чтобы разнообразить варианты эпюр и исключить повторения, модуль генерации ложных нагрузок использует программный датчик случайных чисел, равномерно распределенных в интервале $[0, I]$. Текст датчика на Фортране имеет вид:

```
FUNCTION RANDU (IX)
  IY=101*IX+213
  IF (IY.L.T. Ф) IY=IY+32767
  RN=IY
  RANDU=RN*3.Ф518Ф9E-5
  IX=IY
  RETURN
END
```



Р и с. 6. Схема диалога при расчете эпюр

В программе датчика IX - переменная целого типа, начальное значение которой устанавливают в

вызывающем модуле в интервале $[0, 32767]$. Правая граница этого интервала является максимальным целым числом для 16-разрядных ЭВМ ($2^{15} - 1 = 32767$), причем $1/32767 \approx 3,0518509 \times 10^{-5}$. Условный оператор IF выполняет действие при переполнении по целым числам. На ЭВМ СМ-2 такое переполнение приводит к изменению знака разряда, поэтому приближение числа 32767 гарантирует работу датчика с положительными числами.

Расчет напряженно-деформированного состояния балки

Определение напряженно-деформированного состояния (НДС) балки производится во всех 3-х основных пакетах ПО подсистемы. В основу расчета НДС положен метод конечных элементов.

Конечно-элементная модель (КЭМ) балки состоит из одномерных балочных конечных элементов (КЭ), соединяющихся между собой по нейтральной оси балки. Программный модуль генерации КЭМ вводит узлы сначала в точках опирания и приложения сосредоточенных нагрузок. Далее число узлов КЭМ увеличивается в 1,5 раза. Дополнительные узлы добавляются за счет деления пополам элементов с наибольшей длиной.

Балочный (КЭ) представляет собой прямолинейный стержень, способный воспринимать изгиб в плоскости Oxy . Вектор узловых перемещений КЭ (рис. 7, а) $\delta = (u_1, \varphi_1, u_2, \varphi_2)$, где u_1, u_2 - поперечные перемещения узла; φ_1, φ_2 - углы поворота концевых сечений. Соответствующий узловым перемещениям вектор узловых обобщенных сил $S = (Q_1, M_1, Q_2, M_2)$, где Q_1, Q_2 - перерезывающие силы; M_1, M_2 - изгибающие моменты (рис. 7, б).

В основу алгоритма формирования матрицы жесткости КЭ положены



рис. 7. Конечный элемент: а - узловые перемещения; б - узловые силы

формулы, приведенные в работе / 2 /, для коэффициентов матрицы жесткости пространственного бруса. При выводе этих формул поперечные перемещения точек нейтральной оси КЭ разделяют на две компоненты

$$v = v_B + v_S,$$

где v_B - прогиб от действия изгибающего момента; v_S - прогиб от сдвига, и определяют эти компоненты из соотношений инженерной теории изгиба:

$$\frac{d v_S}{d x} = -\frac{Q}{GA}; \quad EJ \frac{d^2 v_B}{d x^2} = Qx - M, \quad (I)$$

где E и G - модуль упругости и модуль сдвига балки;
 J и A - момент инерции и площадь поперечного сечения.

Коэффициенты матрицы жесткости получают, интегрируя дифференциальные уравнения (I). Приведем эти коэффициенты в конечном виде / 2 /:

$$\begin{aligned} K_{11} &= \frac{12EJ}{l^2(1+\Phi)}; & K_{12} &= \frac{6EJ}{l^2(1+\Phi)}; & K_{13} &= -K_{11}; & K_{14} &= K_{12}, \\ K_{21} &= K_{12}; & K_{22} &= \frac{EJ(4+\Phi)}{l(1+\Phi)}; & K_{23} &= -K_{21}; & K_{24} &= \frac{EJ(2-\Phi)}{l(1+\Phi)}; \\ K_{31} &= K_{13}; & K_{32} &= K_{23}; & K_{33} &= K_{11}; & K_{34} &= -K_{21}, \\ K_{41} &= K_{14}; & K_{42} &= K_{24}; & K_{43} &= K_{34}; & K_{44} &= K_{22}, \\ \Phi &= \frac{12EJ}{GA l^2}. \end{aligned}$$

После получения матрицы жесткости КЭ ее коэффициенты засылаются с подсуммированием в матрицу жесткости всей КЭМ.

Суммарная матрица жесткости КЭМ имеет симметричную ленточную структуру, поэтому в памяти ЭВМ хранятся лишь ненулевые коэффициенты нижней полуденты матрицы.

Для учета закреплений на место соответствующих диагональных коэффициентов матрицы жесткости КЭМ засылаются большие числа (10^8), а в матрице узловых нагрузок соответствующие коэффициенты приравниваются нулю.

Для решения итоговой системы линейных алгебраических уравнений $KU=P$, где K - матрица жесткости, U - вектор узловых перемещений КЭМ, P - вектор узловых нагрузок, используется алгоритм метода Холецкого / 3, с.56 /, учитывающий ленточную структуру матрицы жесткости и состоящий из 3-х этапов вычислений.

На первом этапе из равенства $L^T L = K$ определяется треугольная матрица L , на втором решается первая вспомогательная система уравнений (прямой ход) $L^T X = P$, а на третьем решается вторая вспомо-

гательная система (обратный ход) $LU = X$, из которой определяется искомым вектор U .

После решения системы для каждого КЭ вычисляется вектор узловых сил (реакций) элемента $S = \bar{K}U$, где \bar{K} – матрица жесткости элемента. Узловые силы суммируются в одноименных узлах и, таким образом, определяются реакции опор.

В ы ч и с л е н и е п р о г и б о в и э п ю р

Для получения на экране ГД плавных линий при изображении прогибов и эпюр Q и M величины эпюр вычисляются в 100 точках по длине балки. За базовые точки принимаются узлы КЭМ, дополнительные точки получаются делением пополам отрезков максимальной длины.

Прогобы точек внутри КЭ аппроксимируются кубическим сплайном вида

$$\varphi^3(x) = \frac{(x_2 - x)^2 [2(x - x_1) + l]}{l^3} \varphi_1^3 + \frac{(x - x_1)^2 [2(x_2 - x) + l]}{l^3} \varphi_2^3 + \\ + \frac{(x_2 - x)^2 (x - x_1)}{l^2} \varphi_1 + \frac{(x - x_1)^2 (x - x_2)}{l^2} \varphi_2.$$

Перерезывающая сила вычисляется как сумма всех сил, включая реакции в опорах, справа от рассматриваемой точки. Если полученная равнодействующая вращает часть балки справа от рассматриваемой точки по часовой стрелке, то перерезывающая сила считается положительной, и ее величина откладывается на эпюре вверх от горизонтальной оси.

Изгибающий момент вычисляется как сумма моментов всех сил справа от рассматриваемой точки. Эпюры M всегда строятся на сжатых волокнах.

Г е н е р а ц и я и с х о д н ы х у с л о в и й

Заполнение сборника задач подсистемы производят с помощью автоматизированного генератора задач, в работе которого используются элементы случайности. * В основу работы пакета программ генератора положены две схемы генерации: первая схема позволяет выбрать условия опирания и нагружения, вторая реализует выбор каких-либо величин. Для генерации условий опирания используется матрица размером 38×6 , строки которой представляют различные варианты условий опирания.

* Генератор задач разработан авторами совместно со студентом
А.Г.К о л п а щ и к о в ы м

Например, строка 3,2,2,1,0 соответствует балке с 4 опорами. Числа в строке обозначают типы опор: 3 - заделка, 2 - шарнирно-неподвижная опора, 1 - шарнирно-подвижная опора, 0 - отсутствие опоры. Номер строки матрицы выбирается с помощью датчика случайных чисел, описанного выше.

Для выбора условий нагружения используется матрица размером 26x3, в строках которой закодированы различные комбинации нагрузок. Первый элемент строки соответствует сосредоточенным силам, второй - сосредоточенным моментам, третий - распределенным силам. Например, строка - 1,0,1 указывает на наличие сосредоточенных и распределенных сил. Знак указывает направление действия нагрузки. Строки этой матрицы выбираются с использованием датчика случайных чисел.

Выбор геометрических размеров балки, физико-механических свойств материала, координат опор и точек приложения нагрузок производится с помощью датчика случайных чисел из определенных интервалов изменения выбираемых величин. Типовая формула для выбора какой-либо величины A имеет вид $A = \beta (A_{max} - A_{min}) + A_{min}$, где β - случайное число из интервала $[0,1]$; A_{max}, A_{min} - верхняя и нижняя границы интервала выбираемой величины. Границы интервалов заданы в генераторе на основе анализа учебных задач курса сопротивления материалов (табл. I).

Т а б л и ц а I

Границы интервалов характеристик балки, используемые в генераторе задач

Наименование характеристики	Г р а н и ц ы	
	нижняя	верхняя
Длина балки, мм	500	1500
Площадь поперечного сечения, мм ²	1·10 ⁴	2·10 ⁴
Момент инерции сечения, мм ⁴	1·10 ⁵	2·10 ⁵
Модуль упругости, МПа	1,5·10 ⁵	2,5·10 ⁵
Сосредоточенные силы, Н	4·10 ⁴	4·10 ⁵
Сосредоточенные моменты, Нмм	4·10 ⁶	1·10 ⁷
Распределенные силы, Н/мм	400	1000

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Общая структура и состав

Программное обеспечение подсистемы написано на алгоритмическом языке Фортран-4 для операционной среды ДОС АСПЮ ЭВМ типа СМ-2. Общий объем ПО составляет около 5 тыс. операторов исходного текста.

Все программы подсистемы объединены в 6 пакетов: три основных и три вспомогательных (см. рис.3). Каждый пакет представляет собой набор функциональных модулей (рис.8), связанных в виде иерархической структуры с перекрытием. Корневой фазой такой структуры является управляющая программа (монитор) пакета, которая во время его работы постоянно находится в оперативной памяти ЭВМ. С помощью монитора пользователь управляет работой пакета (см. например, рис.6): выбирает какую-либо альтернативу из меню, а управляющая программа вызывает в оперативную память соответствующий функциональный модуль. Обмен данными между модулями осуществляется через общую область памяти (табл.2) или через МД.

Т а б л и ц а 2

Описание общей области памяти

Идентификаторы данных	! Описание данных
Д а н н ы е о м о д е л и (M O D)	
<i>COR(26)</i>	Координаты узлов
<i>T(25)</i>	Толщины стенок элементов
<i>H(25)</i>	Высоты стенок элементов
<i>AU(25)</i>	Площади верхнего пояса
<i>AL(25)</i>	Площади нижнего пояса
<i>EM</i>	Модуль упругости
<i>MU</i>	Коэффициент Пуассона
<i>ITOP(25,2)</i>	Топология
<i>NELMOD</i>	Число элементов модели
<i>NPMOD</i>	Число узлов модели
<i>NDFMOD</i>	Число степеней свободы в узле
<i>NODELM</i>	Число узлов на элементе
Д а н н ы е о с и с т е м е у р а в н е н и й (S Y S)	
<i>SM(52,4)</i>	Матрица жесткости модели
<i>F(52)</i>	Узловые силы

Идентификаторы данных	Описание данных
<i>U(5,2)</i>	Узловые неизвестные
<i>R(5,2)</i>	Реакции в узлах
<i>NEQ</i>	Число уравнений
<i>MB</i>	Полуширина ленты, включая главную диагональ
Д а н н ы е о з а д а ч е (<i>IDAT</i>)	
<i>EI</i>	Жесткость на изгиб
<i>GF</i>	Жесткость на сдвиг
<i>BL</i>	Длина балки
<i>UO(5,2)</i>	Условия опирания
<i>G(23,2)</i>	Нагрузки
<i>LOATBL(6,2)</i>	Таблица нагрузок
<i>NEL</i>	Число элементов
<i>NOFT(8)</i>	Номер задачи и указатели на связанные с задачей данные
Д а н н ы е о б э п ю р а х (<i>DIAGR</i>)	
<i>XCR(4ФФ)</i>	Абсциссы эпюр
<i>SF(4ФФ)</i>	Перерезывающие силы
<i>BM(4ФФ)</i>	Изгибающие моменты

Функциональные модули, входящие в состав ПО подсистемы можно классифицировать на три группы: программы ввода-вывода данных, вычислительные модули и программы управления данными. Программы ввода-вывода обеспечивают диалог пользователя и ЭВМ с помощью АЦД и ГД, выводят твердые копии исходных данных и результатов расчетов на АЦДУ. Вычислительные модули реализуют функции генерации ложных нагрузок, расчета НДС балки, вычисления прогибов и эпюр, генерации исходных условий для сборника задач. Программы управления данными выполняют функции создания, пополнения и обновления ИО подсистемы.

В к л ю ч е н и е н о в ы х м о д у л е й

Новые модули, предназначенные для модификации или развития ПО, подключают к соответствующему пакету в следующем порядке.

1. Разрабатывают алгоритм, функциональную и логическую схемы программы.
2. Составляют описание данных, при этом общую область памяти включают полностью (см.табл.2).
3. Кодируют программу на языке Фортран-4.
4. Производят автономную отладку программы на ЭВМ.
5. Присваивают разработанному модулю имя модифицируемого старого модуля (или программного имитатора), либо добавляют (при реализации новой функции) операторы вызова нового модуля в текст управляющей программы.
6. Генерируют пакет программ согласно инструкции / 4 /.
7. Тестируют сгенерированный пакет программ.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

С о с т а в и с т р у к т у р а д а н н ы х

Информационное обеспечение подсистемы состоит из сборника задач и статистики по учебной работе (рис.9).

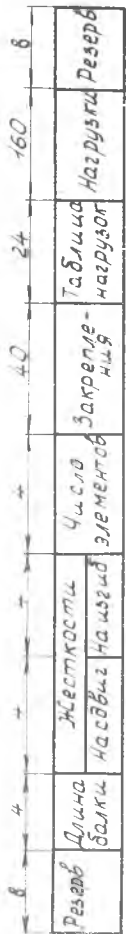
Сборник учебных задач включает два раздела: исходные условия и ответы. В раздел исходных условий входят геометрические и жесткостные характеристики балки, условия опирания и нагрузки. Раздел ответов содержит данные об оптимальном положении опор балки, полученные при минимизации пика изгибающего момента. Эту информацию получают и используют при работе с тренажером по методам оптимизации / 5 /.

Статистика по учебной работе содержит информацию, необходимую преподавателям для контроля и оперативного управления самостоятельной работой обучаемых на ЭВМ.

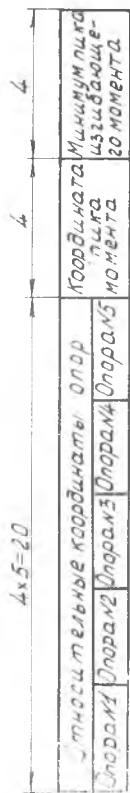
Ф и з и ч е с к а я о р г а н и з а ц и я д а н н ы х

Основные данные сборника задач размещают в двух файлах прямого доступа: файле исходных условий и файле ответов. Оба файла состоят из записей постоянной длины (рис.10, а и б).* Поиск необходимых данных осуществляют с помощью справочника указателей - дополнительного файла

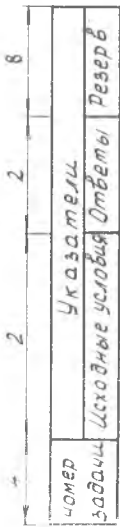
* Размеры элементов записей на рис.10 даны в байтах.



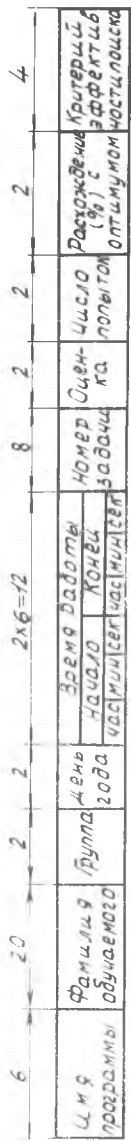
а



б



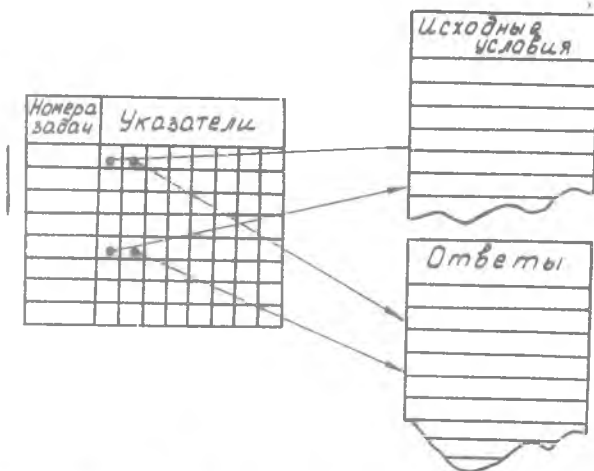
в



2

Р и с. 10. Структура и длина записей информационного обеспечения:
 а - исходные условия; б - ответы; в - справочник указателей; г - статистика по учебной работе

в сборнике задач (рис.10, в). Каждый указатель справочника представляет собой порядковый номер соответствующей записи в файлах основных данных. При поиске информации сначала последовательно просматривают номера задач в справочнике, затем считывают указатель и по нему отыскивают необходимую запись (рис.11). Для увеличения быстродействия записи справочника объединяются в блоки по 16 записей, которые считываются за одно обращение к МД.



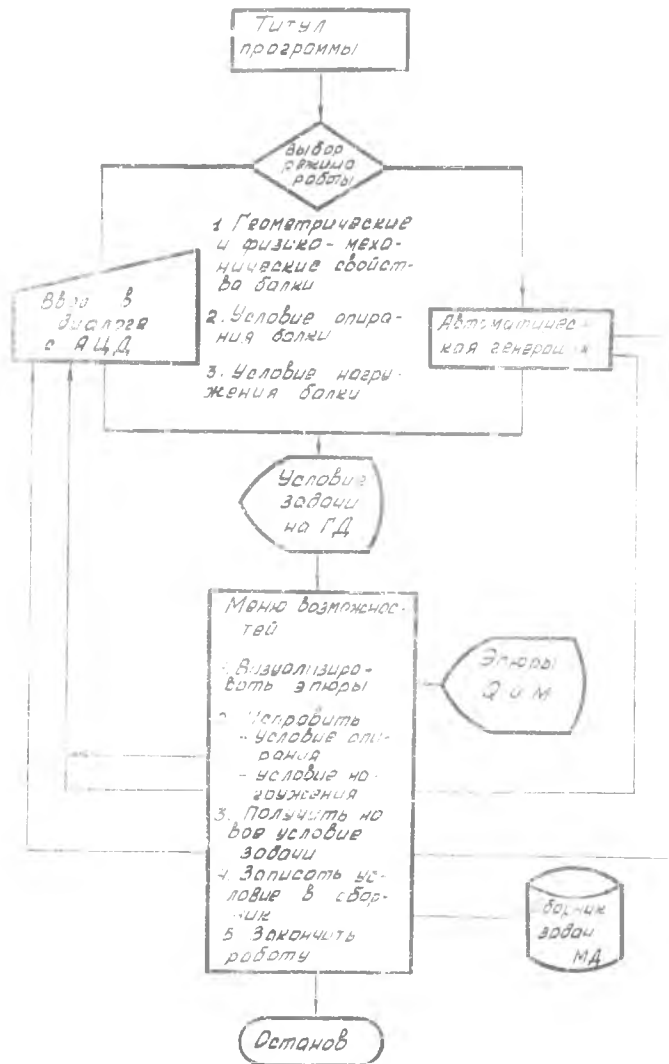
Р и с. 11. Поиск данных с помощью справочника указателей

Статистику по учебной работе хранят в файле с записями постоянной длины (рис.10, г). Файл заполняется последовательно по мере поступления записей. При поиске информации в зависимости от типа запроса, ключами могут служить фамилия, номер группы, имя программы.

У п р а в л е н и е д а н н ы м и

Управление данными производят с помощью трех вспомогательных пакетов программ (см.рис.8). Рассмотрим основные функции этих пакетов и сценарии диалогов для работы с ними.

Генератор задач.Предназначен для автоматизации подготовки исходных условий при заполнении сборника задач. При работе с генератором пользователь сначала либо вводит исходные данные с клавиатуры АЦД (прил.2), либо получает их в автоматическом режиме с использованием элементов случайности (рис.12). Далее пользователь анализирует на



Р и с. 12. Схема диалога при работе с генератором задач

экране ГД или АЦД графические изображения исходных условий, определяет пригодность введенных или сгенерированных данных, корректирует их, документирует на АЦПУ и записывает в промежуточный файл на МД.

Пакет для управления сборником задач. Предназначен для чистки, сортировки, загрузки и распечатки сборника задач. Это единственный пакет подсистемы, в котором инициатива в диалоге принадлежит не ЭВМ, а пользователю, управляющему пакетом с помощью специальных директив. Описание всех директив выводится на экран АЦД при передаче команды ПОМОГИ.

При чистке сборника (директива ЧИСТКА) пользователь указывает номер задачи, которую необходимо удалить, ЭВМ отыскивает этот номер в справочнике указателей и записывает на его место специальный признак. Заметим, что соответствующая запись в файле исходных условий не удаляется, она затирается при загрузке новых задач.

Сортировка сборника предусматривает упорядочивание справочника указателей в порядке возрастания номеров задач, при этом записи, из которых были удалены номера и занесены специальные признаки, размещаются в конце справочника.

Загрузку сборника (директива ЗАГРУЗКА) производят из промежуточных файлов на МД, которые были получены в результате работы с генератором задач. Номер загружаемой задачи заносится в первую по порядку запись справочника, имеющую специальный признак. Исходные условия записываются в файл исходных условий в соответствии с указателем, сохранившимся в записи справочника, при этом затираются данные по удаленной ранее задаче. Если в справочнике отсутствуют записи со специальным признаком, то новые записи загружаются в конец файла справочника и файла исходных условий. * Распечатку сборника задач производят по директиве ПЕЧАТЬ. Пользователь может вывести на экран АЦД или на АЦПУ справочник указателей, исходные условия и ответы по любой задаче (см. прил. I).

Печать статистики. Данные по учебной работе распечатывают на АЦД или на АЦПУ. По желанию пользователя-преподавателя на печать могут быть выведены все записи файла статистики, либо данные по одной учебной группе, отсортированные пофамильно в алфавитном порядке (см. прил. I).

* Заполнение файла ответов производят при работе с тренажером по методам оптимизации /5/.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПОДСИСТЕМЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Подсистема БАЛКА может быть использована при изучении дисциплин, связанных с механикой твердого деформируемого тела, численными методами и программированием. Первые два основных пакета программ подсистемы (см. рис. 3) целесообразно применять в курсе сопротивления материалов в качестве вспомогательного средства для развития умений и навыков в построении эпюр. Для внесения элементов исследовательского характера в учебный процесс курса сопротивления материалов можно рекомендовать работу по заполнению сборника исходных условий с помощью генератора задач.

Кроме того, первые два пакета могут быть использованы и для первоначального ознакомления обучаемых с методами и средствами диалогового взаимодействия с ЭВМ /6/. Дело в том, что простая техника ведения диалога в этих пакетах, не отвлекая внимание обучаемого от содержания решаемой задачи, позволяет снять психологическое напряжение с человека, впервые приступающего к работе с ЭВМ, поощряет его и способствует появлению вкуса к решению инженерных задач на ЭВМ. Пакет программ, предназначенный для расчета эпюр, целесообразно использовать в курсовом и дипломном проектировании для автоматизации трудоемких и рутинных расчетов статически неопределимых балок. Перед решением этих задач можно также предложить пользователям поработать сначала с первыми двумя основными пакетами, чтобы освежить в памяти знания по курсу сопротивления материалов.

При изучении численных методов и программирования студенты могут разрабатывать или модифицировать алгоритмы и соответствующие им программы и включать их (или имитировать включение) в состав подсистемы.

Примечание. Поддержание программного обеспечения на машинных носителях, загрузку его в память машины перед работой пользователей осуществляет учебно-вспомогательный персонал вычислительного центра согласно инструкциям (прил. 5).

Библиографический список

1. Сборник задач для подсистемы БАЛКА учебной САПР ПРОСК. альбом численных материалов. - Кушнышев: Кулай, 1985. - 50 с.
2. Przemieniecki J.S. *Theory of Matrix Structural Analysis*. McGraw-Hill, 1968.

3. Уилкинсон, Райнш. Справочник алгоритмов на языке АЛГОЛ. Линейная алгебра. Перевод с англ.-М.:Машиностроение, 1976. - 307 с.

4. Подсистема БАЛКА учебной САПР ПРОСК: Техническое описание для сопровождения программного обеспечения. -Куйбышев:КуАИ, 1985. - 210 с.

5. Соловов А.В., Мрыкин С.В., Колпадилов А.Г. Тренажер по методам оптимизации - подсистема учебной САПР ПРОСК: Методические указания. -Куйбышев:КуАИ, 1985. - 32 с.

6. Соловов А.В., Мрыкин С.В. Человеко-машинный диалог: Методические указания. - Куйбышев:КуАИ, 1984. - 13 с.

ФОРМЫ ЛИСТИНГОВ ПОДСИСТЕМЫ

Исходные условия опирания

Номера опор	Тип опор	Координаты опор
-------------	----------	-----------------

Исходные нагрузки

Номера нагрузок	Координаты нагрузок	Величины нагрузок
-----------------	---------------------	-------------------

Справочник указателей

Номера задач	Указатели условий	Указатели ответов
--------------	-------------------	-------------------

Результаты расчета реакций в опорах

Номера опор	Реакции		Смещения	Углы поворота
	Q	M		

Результаты расчета эпюр

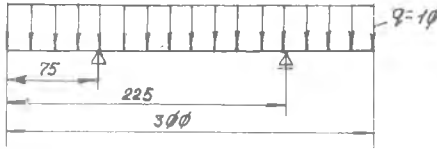
Номера точек	Координаты точек	Перерезывающие силы	Изгибающие моменты
--------------	------------------	---------------------	--------------------

Статистика по учебной работе

Имена программ	Фамилии студентов	Номера групп	Номера задач	Оценки	Число попыток	Расхождение с оптимальным	Критерий эффективности
----------------	-------------------	--------------	--------------	--------	---------------	---------------------------	------------------------

ПРИМЕР КОДИРОВКИ И ВВОДА ИСХОДНЫХ УСЛОВИЙ

Исходные условия



Диалог с ЭВМ при вводе исходных данных с клавиатуры АЦД

ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

ДЛИНА БАЛКИ

◀ 300 ▶

ЗАКРЕПЛЕНИЯ?

НЕ БОЛЕЕ 5 ОПОР

ТИП ОПОРЫ: ШАРНИРНО-ПОДВИЖНАЯ - 1

ШАРНИРНО - НЕПОДВИЖНАЯ - 2

ЗАДЕЛКА - 3

ПРИЗНАК КОНЦА ДАННЫХ - Ø

НОМЕРА	ТИПЫ	КООРДИНАТЫ
ОПОР	ОПОР	ОПОР

ОПОР	ОПОР	ОПОР
------	------	------

◀ 1,2,75 ▶

◀ 2,1,225 ▶

◀ Ø ▶

1	2	75
---	---	----

2	1	225
---	---	-----

ЗАКРЕПЛЕНИЯ ВЕРНЫ - 1

НЕОБХОДИМЫ ИСПРАВЛЕНИЯ - Ø

◀ 1 ▶

СОСРЕДОТОЧЕННЫЕ СИЛЫ?

ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ - ВВЕРХ

ПРИЗНАК КОНЦА ИЛИ ОТСУТСТВИЕ

ДАННЫХ - Ø

НОМЕРА	КООРДИНАТЫ	ВЕЛИЧИНЫ
СИЛ	СИЛ	СИЛ

СИЛ	СИЛ	СИЛ
-----	-----	-----

СОСРЕДОТОЧЕННЫЕ СИЛЫ ВЕРНЫ - I
 НЕОБХОДИМЫ ИСПРАВЛЕНИЯ - 0

◀ I ▶

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ?

ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ
 ПРОТИВ ЧАСОВОЙ СТРЕЛКИ
 ПРИЗНАК КОНЦА ИЛИ ОТСУТСТВИЕ
 ДАННЫХ - 0

НОМЕРА	КООРДИНАТЫ	ВЕЛИЧИНЫ
МОМЕНТОВ	МОМЕНТОВ	МОМЕНТОВ

◀ 0 ▶

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ ВЕРНЫ - I
 НЕОБХОДИМЫЕ ИСПРАВЛЕНИЯ - 0

◀ I ▶

ЛИНЕЙНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ НАГРУЗКИ ?
 ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ВВЕРХ
 ПРИЗНАК КОНЦА ИЛИ ОТСУТСТВИЕ
 ДАННЫХ - 0

НОМЕРА	КООРДИНАТЫ	ВЕЛИЧИНЫ	КООРДИНАТЫ	ВЕЛИЧИНЫ
НАГРУЗОК	МЕНЬШИЕ	ИНТЕНСИВНОС-	БОЛЬШИЕ	ИНТЕНСИВНОСТЕЙ
		ТЕЙ		

◀ I, 0, -I, 300, -I ▶

◀ 0 ▶

I	0	-I	300	-I
---	---	----	-----	----

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ НАГРУЗКИ ВЕРНЫ - I
 НЕОБХОДИМЫ ИСПРАВЛЕНИЯ - 0

Примечание. Исходные данные вводят либо в килограммах
 и сантиметрах, либо в ньютонах и миллиметрах.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПОДДЕРЖАНИЮ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПРОГРАММНОГО И ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПОДСИСТЕМЫ

Т а б л и ц а П I I

Характеристики загрузочных модулей

Внешнее имя	Назначение	Внутреннее имя	Объем памяти МД, сектора	Объем оперативной памяти, кбайты
ЭПЮРА	Определение правильных эпюр	<i>EPURA</i>	382	29
НАГРУЗКА	Определение правильных нагрузок	<i>LOAD</i>	333	27
РЕАКЦИЯ	Расчет эпюр	<i>REAC</i>	289	28
БАВА	Управление данными	<i>BASE</i>	168	29
АВТОГЕН	Ввод и генерация исходных условий	<i>SERVS</i>	184	45
ПЕЧАЯНУС	Печать статистики	<i>PJAN</i>	60	29

П р и м е ч а н и е. I сектор МД = 256 байт.

Т а б л и ц а П I 2

Характеристики информационных файлов

Имя файла	Назначение	Объем памяти сектора	МД, сектора	Метод доступа	Длина записи, байты
КАТАЛОГ *	Справочник указателей	32		прямой	256
СБОРНИК *	Исходные условия	160		"	256
С312XXXX, где XXXX-номер задачи	Промежуточный файл, формируемый программой АВТОГЕН	2		"	512
АРХИВ*	Ответы	32		"	28
<i>JANUS</i>	Статистика по учебной работе	32		"	80

Примечание. Файлы, отмеченные знаком ж могут автоматически расширяться, занимая сводимые участки МД по 32 сектора.

Т а б л и ц а ПЗ

Логические и физические номера периферийных устройств

Устройство	! Логический номер	! Физический номер
АЦД	I	10,12,14
ДАРО-1156	6	4
УПП А522-5/1	6	3
ГД А543.11	14	23,24

Загрузка рабочих модулей

1. Проверить работоспособность периферийного оборудования: АЦД, ГД, АЦПУ.

2. Установить МД с программным и информационным обеспечением.

3. Закрепить за каждым рабочим местом раздел оперативной памяти в соответствии с табл. ПЗ.

4. Закрепить АЦПУ за рабочими местами:

◀:ЛН,6, N ▶

где N - физический номер АЦПУ.

5. Загрузить управляющую программу:

◀: СТ, внешнее имя программы ▶

При нормальной загрузке на экране АЦД появляется титул подсистемы с приглашением к диалогу.

Закрепление и освобождение ГД производится в графических программах таким образом, чтобы обеспечить последовательную работу пользователей с одним ГД.

Аварийные ситуации

1. При сбое в работе периферийных устройств программы переводятся в состояние паузы. После устранения неисправности для продолжения работы необходимо передать команду:

◀:ПУ, внутреннее имя программы ▶ ,

о нормальном выполнении которой свидетельствует знак ж на нижней строке АЦД.

2. Если предыдущая команда не сработала, необходимо очистить раздел памяти, передав команду

◀:ОР▶ и вновь загрузить нужную программу.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	стр.
Общее описание.	1
Сценарии учебных диалогов.	4
Вычислительные алгоритмы.	8
Программное обеспечение.	13
Информационное обеспечение.	16
Рекомендации по использованию подсистемы в учебном процессе.	22
Библиографический список.	22
П р и л о ж е н и я.	24

Авторы-составители: Александр Васильевич Соловьев,
Сергей Викторович Мрыкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАЛОТНОЙ ИНСТРУКЦИИ
в учебной САПР ПРОСБ

Редактор Л.Д.Антилова
Техн. редактор Н.М.Валенюк
Корректор Т.И.Пакинине

Подписано в печать 30.01.88. Формат 60x84 1/16.
Бумага оберточная белая, оперативная печать.
Усл.п.л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,6. Цена 100% от
заказ Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королёва,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип. им. В.И.Мая, г. Куйбышев, ул. Венцека, 60.