

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

ВЫБОР МЕТОДА СБОРКИ И СПОСОБА БАЗИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

Утверждено редакционным
советом института
в качестве методических
указаний для студентов

КУЙБЫШЕВ 1985

УДК 629.7.002.2(075)

В методических указаниях изложена постановка задачи выбора метода сборки (способа базирования) элементов конструкции планера самолетов с применением ЭВМ. Формально описаны объекты и технологические процессы их сборки. Определены объемы входной и выходной информации. Составлен алгоритм решения задачи.

Методические указания предназначены для студентов и специалистов, разрабатывающих САПР и АСУ.

Составители: К.А.Федосеев, А.С.Горичев

Рецензенты: В.Г.Моссоулин, П.А.Архипов

- : - знак присвоения;
 \in - знак принадлежности;
 \mathcal{N} - натуральный ряд чисел;
 | - знак разделитель;

n_{x_i} - количество x_i элементов конструкции самолета.

На основании конструктивно-технологического анализа самолетов средних и тяжелых классов, а также опыта разработки классификаторов в отрасли, все множество (I.I) можно разбить нетривиально по функциональному назначению X_i на следующие подмножества: сборочные единицы планера X_1 и систем X_2 , детали специальные X_3 и нормализованные X_4

$$X_i \subset X = \bigcup_{i=1}^4 X_i \quad \text{или} \quad X_i \in \mathcal{B}(X) \Leftrightarrow X_i \subset \mathcal{N},$$

где X_i - подмножества множества X , такие, которые представляют собой классификационные группы элементов конструкции изделия;
 $i = 1, 2, 3$ и 4 ;

\subset - строгое включение;

\mathcal{B} - система всех подмножеств X_i множества X ;

\Leftrightarrow - эквиваленция высказывания.

В свою очередь элементы x_i множества X в указанных перечисленных множествах имеют различные функциональные назначения. Так, подмножество сборочных единиц планера X_1 может состоять из следующих элементов x_{1j} :

- изделия x_{11} ;
- агрегатов типа фюзеляжа x_{12} , обтекателей двигателя и шасси x_{13} , крыла и оперения x_{14} , рулей и элементов механизации крыла x_{15} ;
- носовых, хвостовых и средних отсеков агрегатов типа фюзеляжа x_{16} и x_{17} , обтекателей двигателя и шасси x_{18} и x_{19} соответственно из материала $\sigma_{\delta p} \leq 600$ МПа и 600 МПа $< \sigma_{\delta p} \leq 900$ МПа; отсеков агрегатов типа крыла, оперения и элементов механизации крыла x_{110} ;
- верхних, нижних или боковых секций отсеков (агрегатов) типа фюзеляжа соответственно из материала $\sigma_{\delta p} \leq 600$ МПа, x_{111} и 600 МПа $< \sigma_{\delta p} \leq 900$ МПа, x_{112} .
- носовых, хвостовых x_{113} и x_{114} , средних x_{115} и x_{116} секций отсеков (агрегатов) типа крыла и оперения соответственно из материала $\sigma_{\delta p} \leq 600$ МПа и 600 МПа $< \sigma_{\delta p} \leq 900$ МПа.

I. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАДАЧИ

I.1. Назначение и область применения

Одной из основных задач технологической подготовки производства (ТПП) сборочных работ в самолетостроении на этапе разработки директивных технологических материалов является выбор метода сборки (способа базирования).

Задача выбора метода сборки (способа базирования) /1/ является составной частью системы автоматизации проектирования технологической подготовки производства (САПР ТПП) самолетов. Данная задача предназначена для определения метода сборки (способа базирования) каждой сборочной единицы планера самолетов с применением ЭВМ. Областью применения задачи является этап освоения средних и тяжелых классов самолетов - разработка директивных технологических материалов сборочного производства. Организационно-техническая сущность задачи представлена в табл. I.1.

Т а б л и ц а I.1

Организационно-техническая сущность задачи

Наименование	Характеристика
Метод решения	Функция "Отношение отображения"
Периодичность решения	На этап освоения
Режим работы	Комплекс задач
Результат решения	Массив "DES"
Объем обрабатываемой информации	

I.2. Объекты сборки

Конструкция современных самолетов представляет собой комплекс сборочных единиц, деталей и нормалей [2]. Примем указанный комплекс конструктивных элементов за конечное множество $X/3/$.

$$X = \{x_i : x_i - \text{ЭКИ}\}, i \in N / i < n_{x_i}, \quad (I.I)$$

где x_i - элементы множества X , такие, которые представляют собой элементы конструкции (ЭКИ) самолета;

- панелей одинарной x_{117}, x_{118} и двойной x_{119}, x_{120} кривизны секций (отсеков или агрегатов) типа фюзеляжа, обтекателей двигателя и шасси соответственно из материала $\sigma_{\beta p} \leq 600 \text{ МПа}$ и $600 \text{ МПа} < \sigma_{\beta p} \leq 900 \text{ МПа}$;

- панелей средних секций (отсеков или агрегатов) типа крыла и оперения соответственно из материала

$\sigma_{\beta p} \leq 600 \text{ МПа}$, x_{121} и $600 \text{ МПа} < \sigma_{\beta p} \leq 900 \text{ МПа}$, x_{122} ;

- узлов типа лонжеронов и балок x_{123}, x_{124} ; бимсов и балок x_{125}, x_{126} ; дверей, люков и створок x_{127}, x_{128} ; обтекателей, стекателей и зализсов x_{129}, x_{130} ; крышей и лючков x_{131}, x_{132} ; шпангоутов, стенок и рам-силовых плоских x_{133}, x_{134} и сферических x_{135} и x_{136} ; несиловых x_{137} и x_{138} , сегментов x_{139} и x_{140} ; неружор, мембран и диафрагм-силовых x_{141}, x_{142} и несиловых x_{143}, x_{144} соответственно из материала

$$\sigma_{\beta p} \leq 600 \text{ МПа} \text{ и } 600 \text{ МПа} < \sigma_{\beta p} \leq 900 \text{ МПа}, \quad (I.2)$$

$$X_1 = \{x_{11}, \dots, x_{1j}\}, \quad j = 1, 2, \dots, 44,$$

где x_{1j} - элементы подмножества X_1 множества X , такие, которые представляют собой классы сборочных единиц планера изделия

$x_{1j} \in X_1 \subset X$.

В выражении (I.2) утверждение, что

x_{11}, \dots, x_{1j}
классы сборочных единиц планера X истинны в том и только в том случае, когда истинно высказывание о каждом элементе подмножества X_1

$$x_{11} \wedge \dots \wedge x_{1j}, \quad (I.3)$$

есть операция конъюнкция $|3|$.

Утверждение, что подмножество X_1 истинно тогда и только тогда, когда истинно высказывание (I.3)

$$X_1 \Rightarrow x_{11} \wedge \dots \wedge x_{1j}, \quad (I.4)$$

есть операция эквиваленция $|3|$.

Элементы x_{1j} подмножества X_1 могут принимать $j = 44$ значения. В связи с этим x_{1j} является высказывательной переменной, а выражение (I.4) будет высказывательной формой $U|3|$. Поэтому выражение (I.4), состоящее из всех тех элементов x_{1j} , для которых $U(x_{1j})$ истинно, можно преобразовать следующим образом

$$\mathcal{E}\{x_{1j} \in X_1 | U(x_{1j})\}, \quad (I.5)$$

где \mathcal{E} - оператор, применение которого в высказывательной форме есть множество;

$U(x_{1j})$ - 44-местная высказывательная форма.

Таким образом,

$$x_{1j} \in \mathcal{E}\{x_{1j} \in X_1 | U(x_{1j})\} \Rightarrow x_{1j} \in X_1 \wedge U(x_{1j}).$$

Для перехода от высказывательной формы $U(x_{1j})$ к высказыванию, например x_{12} , воспользуемся операцией навешивания квантора \forall . Тогда для любой переменной x_{1j} высказывание x_{12} , получающееся подстановкой этого значения в форму U вместо x_{1j} , истинно и выражение (1.5) примет следующий вид

$$(\forall x_{1j} \in X_1) U(x_{12}) \Rightarrow (\forall x_{1j}) U(x_{12}), \quad (1.6)$$

где \forall - квантор общности, результат навешивания которого на высказывательную форму есть высказывание.

Квантор общности является обобщением (аналогом) операции конъюнкции

$$(\forall x_{1j}) U(x_{1j}) \Rightarrow U(x_{11}) \wedge \dots \wedge U(x_{144}). \quad (1.7)$$

На основании выражений (1.6) и (1.7) конструкцию планера самолета (1.2) можно представить следующим образом

$$(\forall x_{1j}) U(x_{11} \wedge \dots \wedge x_{144}). \quad (1.8)$$

т.е. для любого значения переменной x_{1j} высказывание, например x_{12} , получающееся подстановкой этого значения в форму U вместо x_{1j} , истинно.

1.3. Методы сборки и способы базирования

Примем методы сборки и способы базирования, применяемые в самолетостроении, за конечное множество Y

$$Y = \{y_i : y_i - \text{МСБ}\}, \quad i \in N | i \leq n_{y_i}, \quad (1.9)$$

где y_i - элементы множества Y , такие, которые представляют собой методы сборки и способы базирования (МСБ) сборочных единиц планера x_{1j} изделия, $y_i \in Y$;

n_{y_i} - количество y_i -х методов сборки и способов базирования.

Анализ технологических процессов узловой, агрегатной и общей сборки рассматриваемых классов самолетов показывает, что все мно-

жество (I.9) можно разбить нетривиально на следующие подмножества: по сборочным отверстиям (СО) Y_1 ; в приспособлении с базой от внутренней Y_2 , внешней Y_3 поверхностями обшивок, от каркаса Y_4 и по координатно-фиксирующим отверстиям (КФО) Y_5 ; по базовой детали Y_6 .

$$Y_i \subset Y = \bigcup_{i=1}^6 Y_i \quad \text{или} \quad Y_i \in \mathcal{B}(Y) \Rightarrow Y_i \subset Y,$$

где Y_i - подмножества множества Y , такие, которые представляют собой классификационные группы методов сборки и способов базирования: сборочных единиц планера X_{ij} изделия;

$$i = 1, 2, 3, 4, 5 \text{ и } 6.$$

В свою очередь, указанные подмножества в зависимости от класса сборочных единиц планера X_{ij} изделия X и точности их контура Δ могут включать в себя следующие элементы: Y_1 - по СО при сборке панелей фюзеляжа $X_{117,18}, Y_{11}$; крышек и лочков $X_{131,32}$, силовых нервюр, мембран и диафрагм $X_{143,44}, Y_{12}$; соответственно с $\Delta \leq \pm 2,4 \text{ мм}$ $u = 0$ или $\leq \pm 2,4 \text{ мм}$; в приспособлении:

Y_2 - от внутренней поверхности обшивки при сборке секций X_{111-16} , панелей X_{119-22} и узлов $X_{123-28,33-36,41,42}, Y_{21}$; $X_{137-40,43,44}, Y_{22}$ соответственно с $\Delta \leq \pm 1,6 \text{ мм}$ $u = 0$ или $u \leq \pm 1,6 \text{ мм}$;

Y_3 - от внешней поверхности обшивки при сборке отсеков обтекателей двигателя и шасси $X_{16,9}$ секций крыла и оперения $X_{113,14}$,

$$Y_{31} \text{ с } \Delta \leq \pm 0,7 \text{ мм};$$

Y_4 - от каркаса при сборке агрегатов X_{15} , отсеков X_{16-9} , секций X_{113-16} и узлов $X_{121-28,33-36,41,42}, Y_{41}$; обтекателей, стекателей, зализов $X_{129,30}, Y_{42}$ соответственно с $\Delta \leq \pm 1,0 \text{ мм}$ $u = 0$ или $\leq \pm 1,0 \text{ мм}$;

Y_5 - по КФО при сборке отсеков X_{16-9} , секций $X_{111,12,15,16}$, панелей $X_{119,20}$ и узлов $X_{125,26}, Y_{51}$ с $\Delta \leq \pm 2,2 \text{ мм}$;

Y_6 - по базовой детали при сборке изделия X_{11} , агрегатов X_{124} и отсеков крыла X_{110}, Y_{61} с $\Delta = 0 \text{ мм}$ или $\leq \pm 1,0 \text{ мм}$, или $\leq \pm 1,6 \text{ мм}$.

Следовательно, рассмотренные подмножества Y_1, \dots, Y_6 имеют соответственно 2, 2, 1, 2, 1 и 1 элементов

$$\left. \begin{aligned} Y_1 &= \{Y_{11}, Y_{12}\} \\ Y_6 &= \{Y_{61}\} \end{aligned} \right\}.$$

Тогда выражение (I.9) можно преобразовать следующим образом

$$Y = Y_{ij} \in Y_i = \{(Y_{11}, Y_{12}), \dots, (Y_{61})\}, \quad (\text{I.10})$$

где y_{ij} - элементы подмножества Y_i , такие, которые представляют собой классы методов сборки и способов базирования сборочных единиц планера x_{ij} изделия, $y_{ij} \in Y_i \subset Y$.

По аналогии с выражениями (I.3) - (I.8) методы сборки и способы базирования (I.9) сборочных единиц планера x_{ij} самолета можно представить следующим образом

$$(\forall y_{ij}) U[(y_{11} \wedge y_{21}) \wedge \dots \wedge (y_{s1})], \quad (I.11)$$

т.е. для любого значения переменной y_{ij} высказывание, например, y_{21} , получающееся подстановкой этого значения в форму U вместо y_{ij} , истинно.

Анализ технологических процессов узловой, агрегатной и общей сборки рассматриваемых классов самолетов также показывает, что применение того или иного метода сборки и способа базирования достаточно полно характеризуется классом сборочных единиц планера x_{ij} изделия X и точностью их контура Δ . Примем указанные признаки элементов y_{ij} соответственно подмножеств Y_i за конечное множество R

$$R = \{z_i : z_i - \text{КТП}\}, i \in N / i \leq n_{z_i}, \quad (I.12)$$

где z_i - элементы множества R , такие, которые представляют собой конструктивно-технологические признаки (КТП), характеризующие свойства элементов y_{ij} подмножеств Y_i множества $Y, z_i \in R$.

Для описания свойств рассматриваемых элементов y_{ij} все множество (I.12) можно разбить нетривиально на подмножества технологических R_1 и конструктивных R_2 признаков

$$R_i \subset R = \bigcup_{i=1}^2 R_i,$$

где R_i - подмножества множества R , такие, которые представляют собой классификационные группы конструктивно-технологических признаков, характеризующих свойства элементов y_{ij} подмножеств Y_i множества Y , $i = 1$ и 2 .

В общем случае подмножества R_i технологических R_1 и конструктивных R_2 признаков могут принимать соответственно ряд значений:

$$R_1 - x_{ij} = x_{11}, z_{11}; x_{1,2,3}, z_{12}; x_{14}, z_{13}; x_{15}, z_{14}; x_{16,7}, z_{15}; \\ x_{18,9}, z_{16}; x_{110}, z_{17}; x_{111,12}, z_{18}; x_{113,14}, z_{19}; x_{115,16}, z_{110}; x_{117,18}, z_{111}; \\ x_{119,20}, z_{112}; x_{121,22}, z_{113}; x_{123,24}, z_{114}; x_{125,26}, z_{115}; x_{127,28}, z_{116};$$

$$\begin{aligned}
 & x_{129,30}, z_{117}; x_{136,32}, z_{118}; x_{133,34}, z_{119}; x_{135,36}, z_{120}; x_{137,38}, z_{121}; \\
 & x_{139,40}, z_{122}; x_{144,42}, z_{123}; x_{143,44}, z_{124}; \\
 & R_2 - \Delta = 0 \text{ мм}, z_{21}; \leq \pm 0,7 \text{ мм}, z_{22}; \leq \pm 1,0 \text{ мм}, z_{23}; \leq \pm 1,6 \text{ мм}, z_{24}; \\
 & \leq \pm 2,2 \text{ мм}, z_{25} \text{ и } \leq \pm 2,4 \text{ мм}, z_{26}.
 \end{aligned}$$

Следовательно, рассмотренные подмножества R_1 и R_2 конструктивно-технологических признаков z_{ij} имеют соответственно 24 и 6 значений

$$\left. \begin{aligned}
 R_1 &= \{z_{11}, \dots, z_{124}\} \\
 R_2 &= \{z_{21}, \dots, z_{26}\}
 \end{aligned} \right\}$$

или в общем виде

$$R = z_{ij} \in R_i = \{(z_{11}, \dots, z_{124})(z_{21}, \dots, z_{26})\}, \quad (\text{I.13})$$

где z_{ij} - элементы подмножества R_i , такие, которые представляют собой значения конструктивно-технологических признаков, характеризующие область применения методов сборки и способов базирования, $z_{ij} \in R_i \subset R$.

Утверждение, например, что в выражении (I.13)

$$z_{11}, \dots, z_{124}$$

значения классов сборочных единиц планера x_{ij} изделия X истинны в том и только в том случае, когда истинно высказывание хотя об одном значении подмножества R_1

$$z_{11} \vee \dots \vee z_{124}, \quad (\text{I.14})$$

есть операция дизъюнкция $|\vee|$. Кроме того, высказывание - если подмножество R_1 истинно, то истинно и выражение

$$R_1 \rightarrow z_{11} \vee \dots \vee z_{124},$$

есть операция импликация $|\rightarrow|$. Технологический признак R_1 выбора метода сборки и способа базирования может принимать значения z_{11}, \dots, z_{124} . Тогда подмножество R_1 можно преобразовать по аналогии с выражением (I.5) и (I.6) следующим образом:

$$\begin{aligned}
 & \text{применением оператора } \mathcal{E} \\
 & \mathcal{E}\{z_{ij} \in R_1 | U(z_{ij})\}; \\
 & \text{навешиванием квантора } \exists
 \end{aligned}$$

$$(\exists z_{ij})U(z_{ij}), \quad (\text{I.15})$$

где \exists - квантор существования, навешивание которого на высказывательную форму есть высказывание $|\exists|$.

Квантор существования является обобщением (аналогом) операции дизъюнкции

$$(\exists z_{ij})U(z_{ij}) \equiv U(z_{11})V \dots V U(z_{144}). \quad (I.16)$$

На основании выражений (I.15) и (I.16) значения технологического признака z_{ij} , характеризующие область применения методов сборки и способов базирования, можно представить следующим образом

$$(\exists z_{ij})U[(z_{11}V \dots V z_{144}) \wedge \dots \wedge (z_{21}V \dots V z_{26})], \quad (I.17)$$

т.е. существуют такие значения переменной z_{ij} , что высказывание, например, z_{11} , получаемое подстановкой этого значения в форму U вместо z_{ij} , истинно.

С учетом выражений (I.11) и (I.17) свойства любого элемента y_{ij} множества Y можно формально выразить высказывательной формой, например, в приспособлении от внешней поверхности обшивки y_{31}

$$y_{31} \rightarrow (z_{11}V \dots V z_{124}) \wedge (z_{21}V \dots V z_{26})$$

или высказыванием

$$(y_{31})(\exists z_{ij})[z_{18,9} \wedge z_{113,14} \wedge z_{22}], \quad (I.18)$$

т.е. для любого метода сборки и способа базирования типа y_{31} существуют такие значения конструктивно-технологических признаков z_{ij} сборочных единиц планера x_{ij} изделия, что $U(y_{31}, z_{ij})$ истинно.

I.4. Математическое моделирование задачи

Анализ методов решения задач ТПП сборочных работ показывает, что задача выбора метода сборки и способа базирования y_{ij} сборочных единиц планера x_{ij} изделия относится к классу задач, связанных с принятием проектных решений, которые формально описываются логической функцией отношения отображения [3]. В общем случае задачи принятия тех или иных проектных решений сводятся к анализу соответствий между конечными множествами возможных решений и условий, влияющих на выбор решений.

Примем подмножество конструктивно-технологических признаков R выбора метода сборки и способа базирования Y (множество условий существования решения) за область отправления соответствия Γ_{YR} . Область отправления R рассматриваемого соответствия представляет собой прямое произведение подмножеством соответствия существования решения (I.17), причем, условия $R_1 \wedge R_2$ между собой не пересекаются

$$(\forall R_1 \in R)(\forall R_2 \in R)[R_1 \cap R_2 \neq \emptyset]$$

и ни одно из условий R_i не связано между собой каким-либо соответствием

$$\neg (\exists R_1 \in R)(\exists R_2 \in R)[\Gamma_{Y \overline{\emptyset}} \langle \mathcal{Y}, R_1, R_2 \rangle],$$

где \neq - знак неравенства;

\emptyset - знак пустое множество;

\neg - знак отрицания;

$\overline{\emptyset}$ - знак принято по условию;

\mathcal{Y} - график соответствия Γ_Y .

Примем также множество \mathcal{Y} методов сборки и способов базирования Y_{ij} (множество возможных решений) за область прибытия того же соответствия

$$Y = \{(y_{11}, y_{12}), \dots, (y_{61})\}. \quad (I.19)$$

Тогда соответствие Γ_{YR} между областями отправления R и прибытия Y можно представить как тройку множеств

$$\Gamma_{YR \overline{\emptyset}} \langle \mathcal{Y}_{YR}, R, Y \rangle, \quad (I.20)$$

где \mathcal{Y}_{YR} - первая компонента соответствия Γ_{YR} , которая является подмножеством прямого произведения второй R и третьей Y компонент, $\mathcal{Y}_{YR} \subset R \times Y$ (график с областями определения $pr_1 \mathcal{Y}_{YR}$ и значения $pr_2 \mathcal{Y}_{YR}$).

Относительно данного соответствия образ множества R представляет собой множества тех элементов Y_{ij} области прибытия Y , каждый из которых соответствует какому-нибудь элементу Z_{ij} множества R

$$\Gamma_{YR}(R) \overline{\emptyset} \in \{y_{ij} \in Y \mid (\exists z_{ij} \in R)[\langle y_{ij}, z_{ij} \rangle \in \mathcal{Y}_{YR}]\},$$

а прообраз наоборот

$$\Gamma_{YR}^{-1}(R) \overline{\emptyset} \in \{z_{ij} \in R \mid (\exists y_{ij} \in Y)[\langle z_{ij}, y_{ij} \rangle \in \mathcal{Y}_{YR}]\}.$$

В рассматриваемой задаче соответствие (I.20) равно

$$\Gamma_{YR} = \{\Gamma_{R1}, \Gamma_{R2}\},$$

первая компонента которых имеет соответственно следующий вид

$$\mathcal{Y}_{YR1} = \{\langle z_{11}, z_{12}, z_{13}, z_{14}, z_{15}, z_{16}, z_{17}, z_{18}, y_{11} \rangle, \dots, \langle z_{21}, z_{22}, z_{23}, z_{24}, z_{25}, z_{26}, z_{27}, z_{28}, y_{21} \rangle\}$$

$$\mathcal{Y}_{YR2} = \{\langle z_{26}, y_{11} \rangle, \dots, \langle z_{21}, z_{22}, z_{23}, z_{24}, y_{61} \rangle\}. \quad (I.21)$$

Следовательно, на основании выражений (I.19) и (I.21) соответствие (I.20) можно выразить следующим образом

$$\left. \begin{aligned} \Gamma_{y_{R_1}, \overline{\mathcal{Y}}} &< \mathcal{Y}_{y_{R_1}}, R_1, \mathcal{Y} > \\ \Gamma_{y_{R_2}, \overline{\mathcal{Y}}} &< \mathcal{Y}_{y_{R_2}}, R_2, \mathcal{Y} > \end{aligned} \right\} \quad (1.22)$$

Полученные соответствия (1.22) являются независимыми

$\Gamma_{y_{R_1}} \neq \Gamma_{y_{R_2}}$, имеют общую область прибытия \mathcal{Y} и обладают определенными свойствами. Так, например, соответствия

$$\Gamma_{y_{R_1}, \overline{\mathcal{Y}}} < \mathcal{Y}_{y_{R_1}}, R_1, \mathcal{Y} >$$

всюду определено

$$(\forall z_{ij})(\exists y_{ij}) [< z_{ij}, y_{ij} > \in \mathcal{Y}_{y_{R_1}}],$$

т.е. любой элемент z_{ij} области отправления R_1 имеет образ y_{ij} и сюръективно

$$(\forall y_{ij})(\exists z_{ij}) [< z_{ij}, y_{ij} > \in \mathcal{Y}_{y_{R_1}}],$$

т.е. любой элемент y_{ij} области прибытия \mathcal{Y} имеет прообраз z_{ij} .

Пусть значения конструктивно-технологических признаков z_{ij} методов сборки и способов базирования \mathcal{Y} сборочных единиц планера изделия, принятые за область отправления соответствия Γ_{y_R} , есть упорядоченное множество-кортеж

$$\alpha = \langle \{z_{1j}\}, \{z_{2j}\} \rangle.$$

Пусть также $y_{ij}^R \approx y_{ij}$; такой образ $\Gamma_{y_R}(\alpha)$ кортежа, который является подмножеством образов всех компонент кортежа α при соответствиях $\Gamma_{y_{R_1}}$ и $\Gamma_{y_{R_2}}$

$$(\exists y_{ij}^R \subset \mathcal{Y}) [y_{ij}^R \subset \Gamma_{y_{R_1}}(z_{1j}) \wedge \Gamma_{y_{R_2}}(z_{2j})]. \quad (1.23)$$

Если известно соответствие (1.20), то образ $\Gamma_{y_R}(R)$ множества R можно выразить через график \mathcal{G}_{y_R} данного соответствия

$$\Gamma_{y_R}(R) = \text{пр}_2 [(R \times \mathcal{Y}) \cap \mathcal{G}_{y_R}].$$

Тогда образы $\Gamma_{y_R}(z_{ij})$ компонент z_{1j} и z_{2j} множества R при соответствиях $\Gamma_{y_{R_1}}$ и $\Gamma_{y_{R_2}}$ будут равны

$$\left. \begin{aligned} \Gamma_{y_{R_1}}(z_{1j}) &= \text{пр}_2 [(z_{1j} \times y_{ij}) \cap \mathcal{G}_{y_{R_1}}] = y_{ij}^{R_1} \subset \mathcal{Y} \\ \Gamma_{y_{R_2}}(z_{2j}) &= \text{пр}_2 [(z_{2j} \times y_{ij}) \cap \mathcal{G}_{y_{R_2}}] = y_{ij}^{R_2} \subset \mathcal{Y} \end{aligned} \right\} \quad (1.24)$$

Из равенств (1.24) следует, что образы $y_{ij}^{R_1}$ и $y_{ij}^{R_2}$ представляют собой подмножества множества \mathcal{Y} , т.е. любой элемент y_{ij} этих образов принадлежит множеству \mathcal{Y} . Согласно высказыванию (1.23), искомый образ есть пересечение этих подмножеств

$$y_{ij} = y_{ij}^{R_1} \cap y_{ij}^{R_2}.$$

Для обеспечения формального решения данного класса задач необходимо преобразовать рассматриваемую функцию в графическую форму. Из ряда графических форм функции отображения в наибольшей степени обеспечивает формализацию решения указанной задачи так называемая таблица применимости [4], которая в дальнейшем именуется матрицей соответствия. Матрица соответствия выбора метода сборки и способа базирования (табл. I.2) представляет собой совокупность трех таблиц: аргументов, решений и собственно матрицы соответствия. Таблица аргументов является областью отправления R соответствия Γ_{y_R} и состоит из шести строк:

1. Число факторов, определяющих решение задачи, 2 шт;
2. Факторы-классы сборочных единиц x_j изделия, $R_1 \approx$ КСП-НЧ и точность сборки, $R_2 \approx \Delta$;
3. Количество значений, КСП-НЧ = 24 шт. и $\Delta = 6$ шт;
4. Код сравнения, =, : и \leq ;
5. Нижнее значение факторов - КСП-НЧ $\approx 1, 2, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39, 41$ и 43; $\Delta \approx 0$ мм; 0,7 мм; 1,0 мм; 1,6 мм; 2,2 мм;
6. Верхнее значение факторов - КСП-НЧ $\approx 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44$; $\Delta \approx 0$ мм; 0,7 мм; 1,0 мм; 1,6 мм; 2,2 мм; 2,4 мм.

Очевидно, что рассматриваемое множество равносильно множеству

$$R \approx \{(КСП-НЧ)(\Delta)\} \approx \{(1, \dots, 24)(1, \dots, 6)\}.$$

Таблица решений является областью прибытия Y соответствия Γ_{y_R} и состоит из двух столбцов. В первом столбце указываются наименования решений, во втором столбце - номера решений y_{ij} . Аналогично можно принять, что формально множество Y равносильно множеству индексов

$$Y \approx y_{ij} \approx \{1, \dots, 9\}.$$

Матрица соответствия с n строками и m столбцами, равными соответственно y_{ij} и z_{ij} , представляет собой график Γ_{y_R} соответствия Γ_{y_R} , т.е. множество прямых произведений значений конструктивно-технологических признаков z_{ij} на соответствующие им образы $\Gamma_{y_R}(z_{ij})$, равнозначный заполненной зоне матрицы элементами I.

Использование матриц соответствия для формализации решения задач выбора одного варианта из множества возможных позволяет представить этот процесс в виде ряда элементарных шагов. Например, пусть заданы следующие значения конструктивно-технологических признаков - z_{ij} :

класс сборочной единицы X_{ij} планера X_1 изделия - I9 (панель фюзеляжа двойной кривизны); точность сборки - 1,6 мм.

Уточнив, каким элементом области отправления R тождественны данные условия, получим

$$R_1 \approx \text{КСП-НЧ} \approx Z_{1j} \approx 19 \approx 12;$$

$$R_2 \approx \Delta \approx Z_{2j} \approx 1,6 \text{ мм} \approx 4.$$

На основании равенств (I.2I) определим образы элементов заданных условий при соответствиях $\Gamma_{Y_{R_1}}$ и $\Gamma_{Y_{R_2}}$

$$\left. \begin{aligned} \Gamma_{Y_{R_1}}(12) &= 3,8 \\ \Gamma_{Y_{R_2}}(4) &= 3,4,9 \end{aligned} \right\}.$$

Затем определим пересечение полученных образов

$$\{3,8\} \cap \{3,4,9\} = 3.$$

Для заданных условий общим решением является элемент 3, т.е. сборка панели фюзеляжа двойной кривизны в приспособлении с базой от внутренней поверхности обшивки.

2. ВЫХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Результатом решения задачи является массив "RES". Описание структуры массива представлено в табл.2.I, а также в приложении (табл.3).

Т а б л и ц а 2.I

Описание структуры массива "RES "

Идентификатор массива RES			
Структура записи и наименование входящих в нее реквизитов по уровням иерархии	Кол-во повтор. в иерар. записи	Идентификатор реквизита	Шаблон реквизита
Номер чертежа	1200	NCH	X(25)
Метод сборки	I	MS	X(50)

3. ВХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Перечень входной информации приведен в табл.3.1. Описание структур входных массивов приведено в табл.3.2, 3.3, 3.4, а также в приложении (табл.1 и 2).

Т а б л и ц а 3.1

Перечень входной информации

Наименование массива	Идентификатор	Источник возникновения
Конструктивная характеристика сборочной единицы	<i>KXS</i>	Результат
Матрицы выбора решения	<i>MWR</i>	
Таблицы перекодировки значений	<i>TPZ</i>	

Т а б л и ц а 3.2

Описание структуры массива конструктивной характеристики сборочной единицы „*KXS*”

Идентификатор массива <i>KXS</i>			
Структура записи и наименование входящих в нее реквизитов по уровням иерархии	Кол-во повторов в иерархической записи	Идентификатор реквизита	Шаблон реквизита
1	2	3	4
Цех	15	<i>CEX</i>	X(3)
Номер сборочного чертежа	5	<i>NS</i>	X(25)
Номер сборочной единицы	I+ 50	<i>NE1</i>	X(25)
Номер чертежа	I+ 50	<i>NCH</i>	X(25)
Номер решения КСП-НЧ	I	<i>KSPNH</i>	9(2)
Номер решения КСС-НЧ	I	<i>KSSNH</i>	9(2)
Количество на изделие	I	<i>N1</i>	9(2)
Длина	I	<i>L</i>	9(5)т9
Ширина	I	<i>B</i>	9(5)т9
Высота	I	<i>H</i>	9(5)т9
Диаметр	I	\varnothing	9(5)т9
Радиус кривизны	I	<i>R</i>	9(5)т9
Прогиб	I	<i>F</i>	9(5)т9

Окончание табл.3.2

I	2	3	4
Масса	I	G	9(3)т2
Точность сборки	I	T _{S1}	9т9
Марка материала	I	MM	X(16)
Номер решения КМА для марки гермет.	3	MG NR	9(2)
Номер решения КМА для марки лака	2	ML NR	9(2)
Количество пазов	I	N2	9(2)
Количество отверстий	I	N3	9(2)
Диаметр отверстий	I	Ø2	9(2)т9
Глубина обработки отверстий	I	L2	9(2)т9
Длина фрезерования	I	L3	9(5)
Вид сварки	I	WS	X(6)
Толщина материала	I	TM	9(2)т9
Длина сварного шва	I	L4	9(5)
Номер решения КМА для МК	I	MK NR	9(2)
Номер решения КМА для МР	I	MR NR	9(2)
Давление жидкости	I	P2	9(3)т9
Давление воздуха	I	P1	9(3)т9
Время выдержки жидкости	I	T2	9(3)
Время выдержки воздуха	I	T1	9(3)
Количество циклов испытаний	I	N4	9(3)
Количество контуров систем	I	N5	9(3)
Длина контуров системы	I	L5	9(5)т9
Диаметр контура	I	Ø3	9(3)т9
Количество:			
мест дождевания	I	N6	9(2)
точек, контролируемых приспособлением	I	N7	9(2)
точек, контролируемых прибором	I	N8	9(2)
точек, контролируемых инструментом	I	N9	9(2)
точек, контролируемых визуально	I	N10	9(2)
точек, регулируемых резьбой	I	N11	9(2)
точек, регулируемых прокладкой	I	N12	9(2)

Т а б л и ц а 3.3

Описание структуры массива матрицы выбора решения

Идентификатор массива <i>TPZ</i>			
Структура записи и наименование входящих в нее реквизитов по уровням иерархии	Кол-во повторений в иерарх. записи	Идентификатор реквизита	Шаблон реквизита
Имя таблицы перекодировки		<i>ITP</i>	X(3)
Нижнее значение решения		<i>NZR</i>	X(2)
Верхнее значение решения		<i>VZR</i>	X(2)
Перекодируемое значение фактора		<i>ZNF</i>	X(50)

Т а б л и ц а 3.4

Описание структуры массива таблицы перекодировки

Идентификатор массива <i>MWR</i>			
Структура записи и наименование входящих в нее реквизитов по уровням иерархии	Кол-во повторений в иерарх. записи	Идентификатор реквизита	Шаблон реквизита
Имя таблицы		<i>TS</i>	X(3)
Значение фактора		<i>XI(35)</i>	X(6)
Количество значений		<i>KSP</i>	X(2)
Код сравнения		<i>KOD</i>	X(2)
Нижнее значение		<i>NSP</i>	X(8)
Верхнее значение		<i>VSP</i>	X(8)
Вектор соответствия		<i>MSI</i>	<i>BIT(128)</i>

4. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Одним из важнейших понятий, на котором базируется применение ЭВМ для решения различных задач, в том числе и рассматриваемой, является понятие алгоритма. Алгоритм – это точное предписание, в котором задаются указания о выполнении в определенном порядке некоторого вычислительного процесса /5/.

Чтобы довести до пользователя алгоритмы, в зависимости от их назначения, они должны быть формализованы по некоторым правилам (соглашениям) посредством конкретных изобразительных средств, которые в конечном итоге формируют определенные вычислительные процессы этих алгоритмов. Анализ основных изобразительных средств алгоритмов показывает, что в наибольшей степени формализацию и наглядное представление процессов преобразования входных данных в выходные обеспечивает так называемая IPO-диаграмма /6/. Особенность этой диаграммы состоит в том, что в ней описываются не только входные данные, подлежащие обработке, и выходные данные, сформулированные в результате выполнения каждой из функций алгоритма, но и обмен информацией между ними.

IPO-диаграммы алгоритмов структурных составляющих системы, независимо от их уровня иерархии, имеют определенную форму и структуру вычислительного процесса. Так, алгоритм выбора метода сборки и способа базирования сборочных единиц x_j планера X_j изделия представляет собой IPO-диаграмму, состоящую из разделов ввода, обработки и вывода информации (табл.3.5).

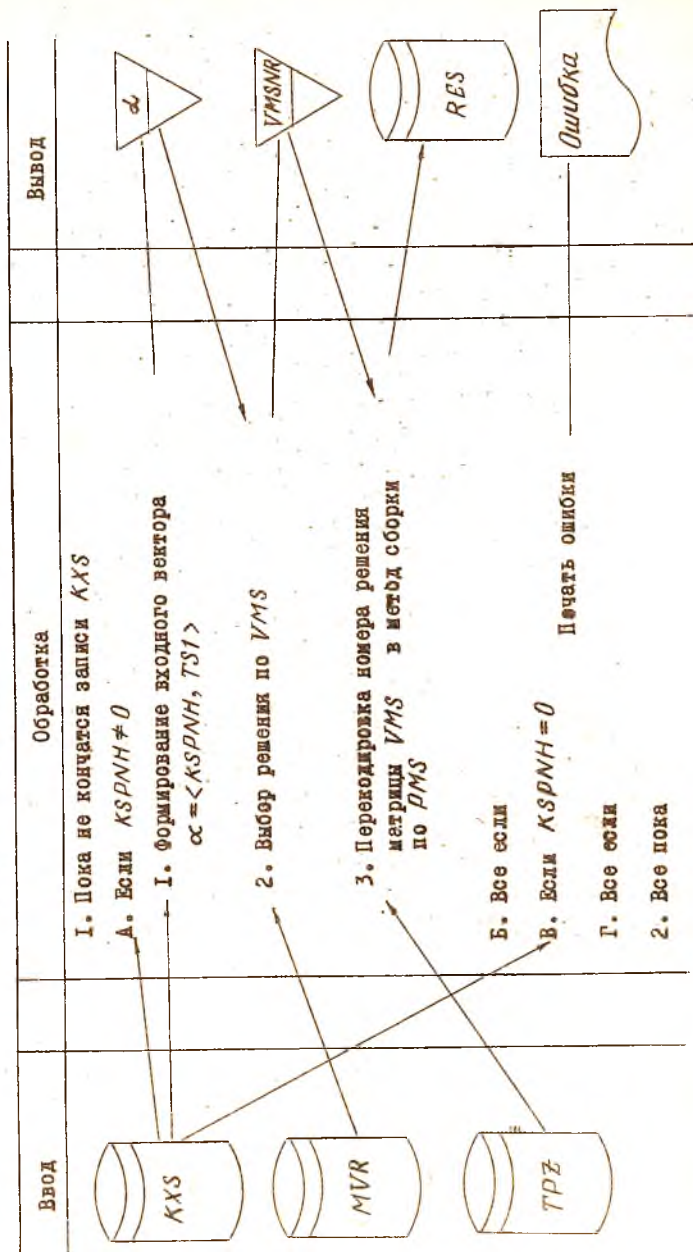
В разделе ввода информации диаграммы алгоритма описаны входные данные, используемые функцией раздела обработки. Входные данные решения рассматриваемой задачи представляют собой массивы на магнитных дисках переменной (KXS) и нормативно-справочной (MWR и TPZ) информации.

Раздел обработки информации диаграммы содержит перечень подфункций рассматриваемой функции и условия их реализации, т.е. вычислительный процесс данного алгоритма, как и любой другой структурной составляющей системы, состоит из подфункций типа – процедуры и условия ее реализации.

В данном алгоритме подфункциями процедур являются операции $IA1$, $IA2$, $IA3$ и $IB1$. Основными свойствами указанных процедур является способность их описываться математической функцией или

Т а б л и ц а 3.5

Алгоритм выбора метода сборки и способа базирования



системой уравнений. Подфункциям процеду́ всегда предшествует подфункция условия или их иерархия, при выполнении которых эти процедуры должны быть реализованы. Подфункции условия могут быть итеративными и альтернативными. Итеративные подфункции содержат условия многократной реализации некоторой совокупности процедур и имеют вид - "Пока", далее следует содержательное описание условия. Так, итеративная подфункция алгоритма - "Пока не кончатся записи *KXS*" реализует многократно процедуры *IA1*, *IA2*, *IA3* и *IB1*. Заканчивается цикл реализации процедур операцией - "Все пока". Альтернативная подфункция содержит описание условия однократной реализации некоторой совокупности следующих за ней процедур и имеет вид - "Если", далее следует содержательное описание условия. В алгоритме альтернативными подфункциями являются операции *IA* и *IB*, реализующие соответственно процедуры *IA1*, *IA2*, *IA3* и *IB1*. Заканчиваются циклы реализации указанных процедур соответственно операцией - "Все если". Для удобства чтения IPO-диаграммы алгоритма совокупность процедур, непосредственно управляемых одним условием, сдвигается относительно последней вправо и последовательно индексируется буквами или цифрами. Например, процедуры *IA1*, *IA2* и *IA3* непосредственно управляются условием *IA*.

Заключительный раздел диаграммы алгоритма - вывод информации - описывает данные, создаваемые или изменяемые в процессе выполнения подфункций раздела обработки. Так результаты выполнения процедур *IA1* и *IA2* соответственно *CC* и *VMSNR* записываются в рабочую область памяти ЭВМ, так как непосредственно используются в данном алгоритме. Результаты выполнения процедур *IA3* и *IB1* записываются на магнитный диск *RES* и документ - "Ведомость ошибок".

Описание данных в разделах ввода и вывода, а также подфункций-процедур в разделе обработки осуществляется в соответствии с ГОСТом 19.003-80 /7/. Раздел обработки диаграммы алгоритма отделен от разделов ввода и вывода полями, в которых размещены информационные стрелки, графически описывающие обмен информацией между наборами данных и функциями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановка задачи для автоматизированного решения. ЕС ТПП М.:Издательство стандартов, 1975.-254 с.
2. А б и б о в А.Л. и др. Технология машиностроения .-М.: Машиностроение, 1982. - 551 с.
3. Ш и х а н о в и ч Ю.А. Введение в современную математику.- М.:Наука, 1965. - 376 с.
4. Г о р а н с к и й Г.К. и др. Автоматизированные системы технологической подготовки производства в машиностроении.- М.: Машиностроение, 1976. - 239 с.
5. А л ф е р о в а З.В. Теория алгоритмов.-М.:Статистика, 1973.-163 с.
6. Г у р о в а Л.И. и др. Прикладные программы.-М.:Статистика, 1980.- 286 с.
7. Схемы алгоритмов и программ. Обозначения условные графические. ЕСКД. -М.:Издательство стандартов, 1980. - 12 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ
Таблица I

Массив КХС

Сек	Значения информации					50
	19	19	19	19	19	
MS	154.80.1000.000	154.82.1103.500	154.80.1000.000	154.80.1000.000	154.80.1000.000	342-0310-100
MEI	I Лонжерон	Кронштейн	Нерезка		Носок ПЧК	Вулкс
MCH	154.80.1101.500	154.82.1103.010	154.82.1514.520	154.00.1601.000	154.00.1601.000	342-0360-100
KSPNH	23	0	41	10	10	0
KSSNH	0	II	0	0	0	0
MI	I	2	2	2	2	I
L	15675.0	119.0	2348.9	4000.0	4000.0	500.0
B	0	87.0	0	2000.0	2000.0	350.0
H	1080.0	0	500.0	1100.0	1100.0	300.0
D	0	0	0	0	0	0
R	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0
G	295,74	1,29	14,28	146,10	146,10	8,50
TS1	1,5	0	1,0	0,5	0,5	0
MM	ДІ64АТВ	30ХСА	ДІ6АТВ	ДІ6АТВ	ДІ6АТ	0
MG	35	0	35	35	0	0
NR						
ML	25	0	27	0	0	0
NR						

Т а б л и ц а 2

Массив *TPZ*

№ решения		Метод сборки и способ базирования
нижнее значение	верхнее значение	
1	2	По сборочным отверстиям
3	4	От внутренней поверхности обшивки
5	5	От внешней поверхности обшивки
6	7	От каркаса
8	8	По координатно-фиксирующим отверстиям
9	9	По базовой детали

Т а б л и ц а 3

Массив *RES*

№ чертежа	Метод сборки
I54.80.II0I.500	От внутренней поверхности обшивки
I54.82.I5I4.520	От каркаса
I54.00.I60I.000	От внешней поверхности обшивки

Составители: Константин Александрович Федосеев,
Алексей Степанович Горячев

ВЫБОР МЕТОДА СВОРКИ И СПОСОБА БАЗИРОВАНИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

Редактор Л.Б а л ы к о в а
Техн.редактор Н.К а л е н ю к
Корректор Н.С. К у п р и я н о в а

Подписано в печать 18.09.85. Формат 60x84 1/16.
Бумага оберточная белая. Оперативная печать.
Усл.п.л. 1,4. уч.-изд.л. 1,3. Т.300 экз.
Заказ № 6288 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный
институт имени академика С.П.Королева, г.Куйбышев, ул.Моло-
догвардейская, 151.

Тип. УЭЗ КуАИ, г.Куйбышев, ул.Ульяновская, 18.