

6.3. Система моделирования сборки изделия

Программная система моделирования сборки изделия состоит из следующих комплексов:

- комплекс моделирования сборки сборочной единицы (СЕ) «линза в оправе»;
- комплекс моделирования сборки микрообъектива;
- комплекс моделирования высоты микрообъектива.

Программная система моделирования запускается либо автоматически, либо администратором технологической системы сборки изделия.

6.3.1. Комплекс моделирования сборки сборочной единицы «линза в оправе»

В основу моделирования сборки линз и оправ положена, в общем случае, следующая последовательность действий:

- **селекция линз и оправ.** Под селекцией будем понимать либо измерение деталей, либо определение групп допусков конкретного размера детали и распределение деталей по сформированным группам допусков;
- **формирование имен линз и оправ.** Имена деталей формируются по правилам, которые описаны в п. 6.6.1;
- **комплектование линз и оправ.** Результат моделирования комплектования линз и оправ записывается в базу данных моделей комплектования линз и оправ (см. п. 6.6.2). Трудоемкость операции комплектования можно уменьшить, если при селекции деталей сортировать их по тарам (см. п. 6.4.2). Для уменьшения времени сборки предлагается совмещать комплектовочную операцию и операцию сборки линзы и оправы. Такую возможность, можно обеспечить, если использовать алгоритм выбора тары для загрузки комплектовочной станции. В этом случае база данных «Модели комплектования линз и оправ» предварительно сортируются по номеру тары, где хранятся оправы. Может быть две реализации алгоритма:

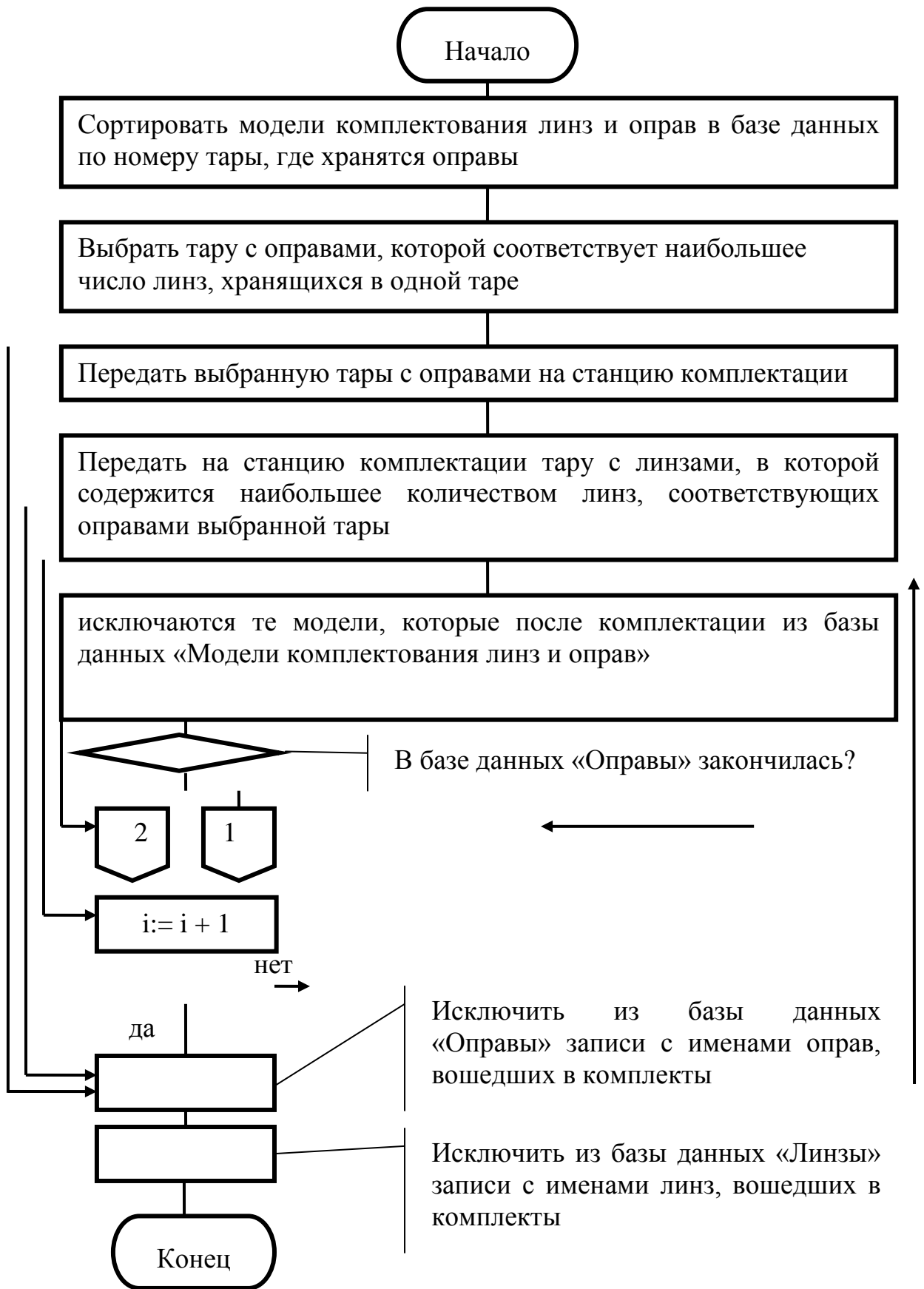


Рис. 6.2. Алгоритм комплектации линз и оправ

- 1) когда выбираются тары с оправками, которым соответствует наибольшее количество линз входящих в комплектацию (см. рис. 6.2);
- 2) когда выбираются тары с оправками, которым соответствует наименьшее количество линз входящих в комплектацию;
- **формирование технологической операции комплектования линз и оправ.** По результатам моделирования комплектования линз и оправ проектируется технологическая операция комплектования линз и оправ. Данные берутся из базы данных моделей комплектования линз и оправ. Спроектированная технологическая операция записывается в базу данных «Технологическая операция комплектования линз и оправ» (см. п. 6.6.2);
- **формирование технологической операции сборки «линза в оправе».** По данным о комплектации линз и оправ проектируется технологическая операция сборки сборочной единицы «линза в оправе». Данные берутся из базы данных «Технологическая операция комплектования линз и оправ». Спроектированная технологическая операция записывается в базу данных «Технологическая операция сборки «линза в оправе»» (см. п. 6.6.2).

В зависимости от того, как выполняется селекция деталей, формируются имена и комплектование линз и оправ, различают два компонента моделирования сборки СЕ «линза в оправе»:

- компонент моделирования сборки СЕ «линза в оправе» при выпуске изделий небольшой партии;
- компонент моделирования сборки СЕ «линза в оправе» при серийном выпуске изделий.

6.3.1.1. Компонент моделирования сборки СЕ «линза в оправе» при выпуске изделий небольшой партии

В основу данного компонента моделирования сборки линзы и оправы закладываются следующие действия:

- 1) измерение всех линз и оправ в партии и формирование баз данных «Оправы» и «Линзы»;
- 2) присвоение каждой линзе и оправе имени по правилу, описанному в параграфе 6.6.1;
- 3) включение в комплект линзы и оправы, если справедливо выражение:

$$\varepsilon_{\min} \leq DF1 (\varnothing) - DL (\varnothing) \leq \varepsilon_{\max}, \quad (6.1)$$

где $DF1 (\varnothing)$ – внутренний диаметр оправы (см. рис. 5.8),

$DL (\varnothing)$ – диаметр линзы (см. рис. 5.7),

ε_{\min} – минимально допустимая разница диаметров,

ε_{\max} – максимально допустимая разница диаметров.

Если разница между диаметрами оправы и линзы будет меньше ε_{\min} , то склейка линз будет затруднена и ненадежна, если разница между диаметрами оправы и линзы будет больше ε_{\max} , то при затвердевании клея сила натяжения, действующая на поверхность линзы, может привести к изменению R_B и R_D .

Замечание: Для определения величин ϵ_{\min} и ϵ_{\max} необходимо выполнить исследовательскую работу. Вполне возможно, что эти величины могут зависеть от диаметров линз **DL** (\emptyset) и оправ **DF1** (\emptyset), от материала линзы, от погрешностей **R_B** и **R_D**, от знака ΔC_D (см. рис. 5.7) и т.д.

Алгоритм комплектования линз и оправ представлен на рис. 6.3, он построен по следующим правилам:

- модели оправ и линз в соответствующих базах данных (см. п. 6.6.1) упорядочены по возрастанию диаметров **DF1** (\emptyset) и **DL** (\emptyset),
- за базовую деталь комплектации берется оправа.

При исключении деталей из баз данных «Оправы» и «Линзы» эти базы сжимаются и корректируются данные о числе записей в каждой базе. Оставшиеся записи хранят данные о деталях незавершенного производства. Эти данные можно вывести на печать, а также сформировать технологические процессы на изготовление новых деталей одного из наименований, чтобы уменьшить незавершенность производства.

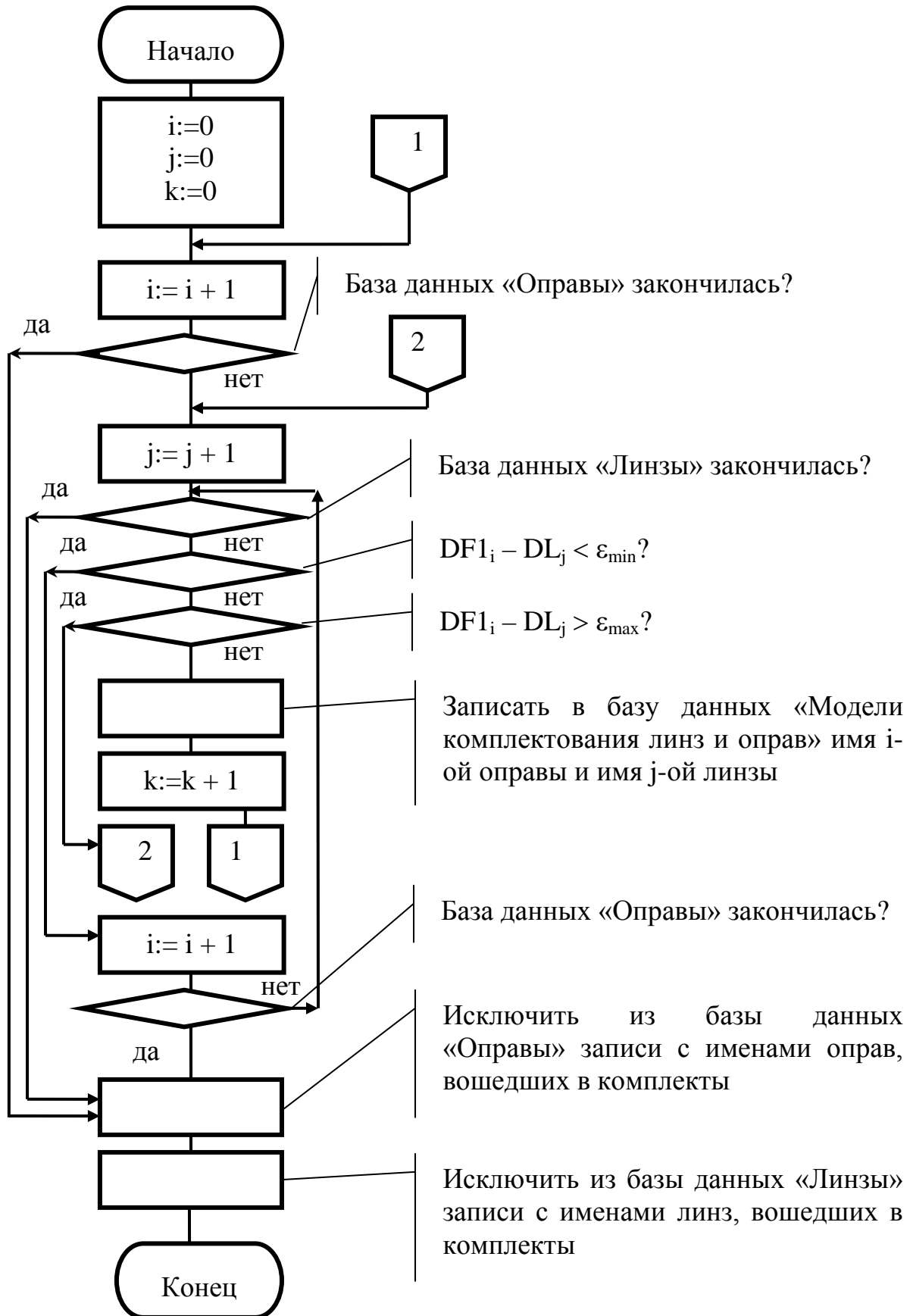


Рис. 6.3. Алгоритм комплектации линз и оправ

6.3.1.2. Компонент моделирования сборки СЕ«линза в оправе» при серийном выпуске изделий

В основу алгоритма моделирования сборки линзы и оправы при выпуске микробъективов большой партии (серийном и крупносерийном производстве) предлагается заложить метод адаптивной селективной сборки изделий [5,6]. Кратко рассмотрим основные положения адаптивно-селективной сборки.

Пусть рассматривается сборка узлов, состоящая из n технических структур E_i ($i \in \{1, \dots, n\}$). Узлы характеризуются качественными показателями E_i ($i \in \{1, \dots, n\}$), а технические структуры - X_i ($i \in \{1, \dots, n\}$). Поэтому принято, что каждая техническая структура как структурный элемент обозначена с помощью важного качественного признака X_i , так что можно предположить независимость факторов влияния X_1, X_2, \dots, X_n .

Для любого качественного признака Y узла имеет место модель допуска:

$$\delta Y \leq \sum_{i=1}^n \left| \alpha_i(x^*) \right| \delta X_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left| \beta_{ij}(x^*) \right| \delta X_i \delta X_j, \quad (6.2)$$

где $\alpha_i(x^*)$ - весовые коэффициенты 1 порядка и

$\beta_{ij}(x^*)$ - весовые коэффициенты 2 порядка.

Весовые коэффициенты зависят от номинальных значений $x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*$ n величин влияния ($i \in \{1, \dots, n\}$), как компонентов вектора влияния x^* .

Для минимизации технологических затрат следует соблюдать необходимые меры, воздействующие на гарантию обеспечения требуемого допуска Y_{zul} , который является качественным признаком Y :

1. В процессе производства с помощью представленного принципа для технологического выбора размеров и установления допусков обеспечивается требуемый допуск δY_{zul} с учетом технологической возможности. Это требование достаточно для оптимальной рабочей точки $A(x^*_{opt}, \delta X_{opt})$.
2. В технологическом процессе, применяя метод статистического контроля технологического процесса и его регулирования, гарантируется производственный допуск δX_i при учете, что $\delta X_i \leq \delta X_{i\ opt}$ ($i \in \{1, \dots, n\}$) обеспечивается в изготовлении конструктивных элементов и деталей.

Как реальный допуск δY качественного признака Y узла следует:

$$\delta Y \leq \sum_{i=1}^n \left| \alpha_i(x^*_{opt}) \right| \delta X_{i\ opt} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left| \beta_{ij}(x^*_{opt}) \right| \delta X_{i\ opt} \delta X_{j\ opt} \quad (6.3)$$

Несмотря на эти меры, требуемый допуск δY_{zul} :

- реализуется в производстве конструктивных элементов и деталей только с недопустимыми высокими технологическими затратами или

- не реализуется, так как производственные допуски δX_i являются грубыми, тогда как могут изготавливаться оптимальные допуски $\delta X_{i \text{ opt}}$.

Тогда для соотношения допусков ψ :

$$\psi = \frac{\delta Y}{\delta Y_{\text{zul}}} > 1 \quad (6.4)$$

В этом случае при серийном производстве узлов эффективно выполним только способ «группа допусков». Это вынуждает использовать метод адаптивно-селективной сборки.

Для $\delta X_i \leq \delta X_{i \text{ opt}}$ ($i \in \{1, \dots, n\}$) всегда обеспечивается **полная взаимозаменяемость** структурных элементов при реализации требуемого допуска в процессе сборки. Напротив, для $\delta X_i > \delta X_{i \text{ opt}}$ ($i \in \{1, \dots, n\}$) может достигаться требуемый допуск δY_{zul} качественного признака Y при **неполной взаимозаменяемости** структурных элементов при сборке узлов.

На рис. 6.4 представлена зависимость общих технологических затрат (как суммы затрат на изготовление деталей и сборку при реализации требуемого допуска на неточность изготовления любого качественного признака Y) от соотношения допусков ψ .

График показывает, что с увеличением требуемой точности в изготовлении деталей и при $\psi < 1$ хотя затраты на сборку снижаются, но общие затраты экспоненциально возрастают в связи с недопустимым увеличением технологических затрат. С другой стороны общие технологические затраты минимизируются для $\psi > 1$ на основе адаптивно-селективной сборки из-за достижения высокой точности и максимального использования элементов. Из-за возрастающих требований по точности в механике в условиях серийного и массового производства для минимизации технологических затрат необходимо использовать трудоемкую юстировку и дополнительную обработку с помощью новых конструктивных решений и эффективных технологий.

Улучшение качества продукта при одновременном снижении затрат на обеспечение качества, «безошибочность» производства и обеспечение качества в производстве деталей и сборке, учитывая поставки производства, ставят на передний план использование адаптивно-селективной сборки (ASM). Существенным признаком ASM является **измерение** (собственно) изготавливаемых и поставляемых элементов и деталей по группам допусков и **упорядочение** в условиях реального времени в информационно связанном гибком производстве деталей и сборке. «Статистический анализ и синтез допусков», а также «статистический контроль процесса и его регулирование» являются применяемой методической основой для обеспечения качества производства и его регулирования.

Принцип ASM (рис. 6.5) базируется на:

- **определении распределения вероятностей** $\varphi(x_i)$ качественного признака X_i изготовленных и доставленных конструктивных элементов и деталей;

- **назначении подходящих границ групп допусков** $[\lambda_{is}, \pi_{is}]$ для обеспечения требуемого допуска на неточность изготовления δY_{zul} качественного признака Y собираемых узлов;
- **корректировки границ групп допусков и параметров процесса** вследствие изменившегося во времени состояния производственного процесса;
- **осуществлении установленной стратегии сборки**, принимая во внимание обстановку, связанную с промежуточным накопителем и расходом конструктивных элементов и деталей.

Действие ASM основывается на целенаправленной гарантии обеспечения требуемого допуска изготовления в сборке узлов («нулевая ошибка производства») при максимальном использовании изготовленных и доставленных конструктивных элементов и деталей, а также при производственном допуске δX_i , который является грубее, чем требуемый допуск на неточность изготовления.

Сборка узлов на основе определенной группе допуска структурных элементов (конструктивных элементов и деталей) характеризует селективную компоненту, в то время как сборка узлов при целенаправленном воздействии на параметры процесса в производстве конструктивных элементов и деталей для реализации определенного распределения вероятностей $\varphi(x_i)$ производственного допуска δX_i является адаптивной компонентой ASM.

Измерение и упорядочение (собственно) изготовленных и доставленных конструктивных элементов и деталей по группам допусков, а именно размер группы, являются существенным признаком ASM.

В основу данного компонента моделирования сборки линзы и оправы закладываются следующие действия:

- 1) измерение всех линз и оправ в партии и формирование баз данных «Оправы» и «Линзы»;
- 2) присвоение каждой линзе и оправе имени по правилу, описанному в параграфе 6.6.1;
- 3) включение в комплект линзы и оправы, если справедливо выражение:

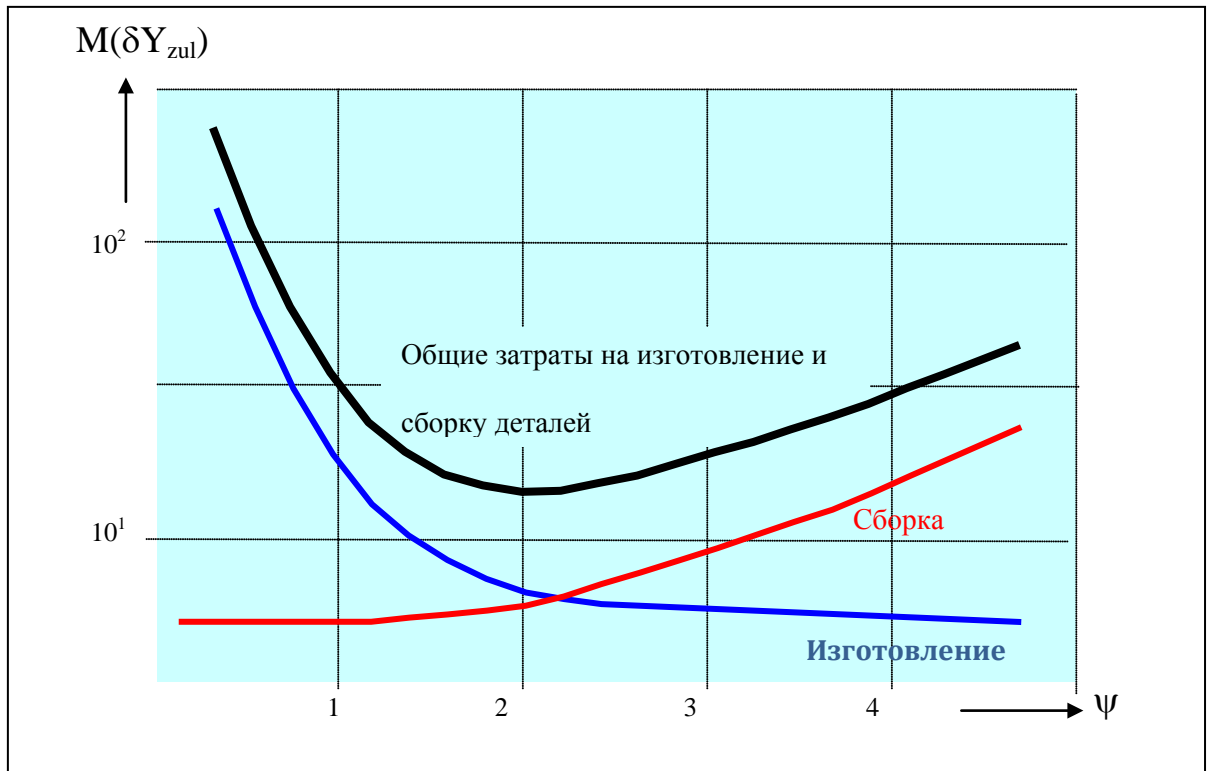


Рис 6.4. Затрата на изготовление $M(\delta Y_{zul})$ в производстве деталей и сборке в зависимости от соотношения допусков ψ

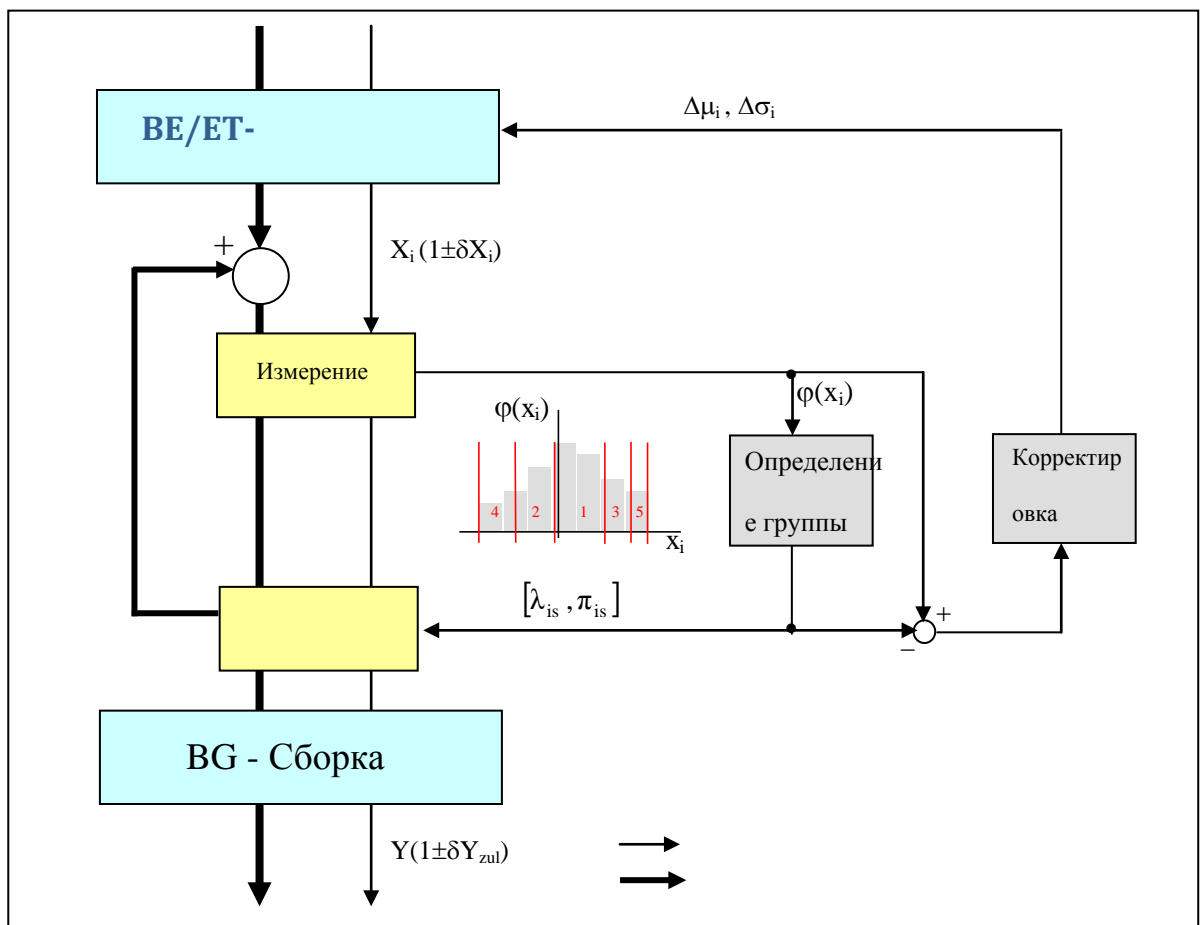


Рис 6.5. Принцип адаптивно-селективной сборки

6.3.2. Компонент моделирования сборки микрообъектива

В основу алгоритма работы компонента положен алгоритм расчёта Зейделевских коэффициентов, который представлен в прил. 5 изобразительными средствами системы MathCAD.

Дадим определение некоторым понятиям.

Комплект сборки – это такая оптимальная совокупность деталей и СЕ, которая предельно компенсирует аберрации оптических узлов.

Например, если есть множество деталей и СЕ, то комплект сборки формируется таким образом, чтобы выбранные детали и СЕ доставляли минимальные аберрации микрообъективу, то есть по минимуму смоделированной математической величины.

Компонент моделирования сборки микрообъектива последовательно по алгоритму подбора комбинирует все комплекты, а именно, собирает из деталей и СЕ оптическую схему, рассчитывает для каждой комбинации первый коэффициент Зейделя (по алгоритму, приведённому в прил. 5), а затем комбинации комплектов сортируются в порядке возрастания первого коэффициента Зейделя.

В реализации данной методики, первое, что необходимо сделать – задать объектив и описать сформированные комплекты. Конструктивные параметры объектива, а также конструктивные параметры сформированных комплектов записываются в память в отдельный каталог в виде текстового файла. Далее приведена структура такого каталога:

```
40_065.etl
40_065_1_1.cmp
40_065_1_2.cmp
40_065_1_3.cmp
40_065_2_1.cmp
40_065_3_1.cmp
40_065_3_2.cmp
40_065_4_1.cmp
40_065_5_1.cmp
40_065_5_2.cmp
40_065_5_3.cmp
```

Здесь первый файл – объектив-эталон – те конструктивные параметры, которые использовались при расчёте и моделировании оптической системы. Далее три файла – 3 произведённых первых компонента; один компонент номер 2, два третьих компонента и т. д. Таким образом, для пятикомпонентной оптической системы произведено 10 линз, из которых в дальнейшем будет производиться комбинирование с целью сборки оптической системы с минимальными аберрациями.

Вид файла, содержащего конструктивные параметры объектива-эталона:

-4.092	1.8	1.761713
-5.139	12.2	1
15.3	3.2	1.489121
-10.4	0.2	1
6.433	3	1.489121
-5.807	1.2	1.761713
8.122	0.17	1
2.801	3.84	1.747646
5.321	0.4646	1
0	0.17	1.516805
0	0	1

Вид файла с конструктивными параметрами третьего образца первого компонента (40_065_1_3.cmp):

-4.052	1.8	1.761713
-5.139	12.2	1

Как видно из двух приведённых выше текстов, в объективе-эталоне первый радиус равен -4.092, а на практике был получен компонент с радиусом -4.052, то есть, произведён этот компонент с погрешностью. Далее программа комбинирует компоненты путём перебора всех вариантов.

Результатом отработки программы является следующая информация:

F=4,0005908064189

S1=0,00316311802680897

+++++

Количества компонентов:

компонент №1 - 3

компонент №2 - 1

компонент №3 - 2

компонент №4 - 1

компонент №5 - 3

Количество комбинаций: 18

+++++

01:	3-1-1-1-2	F=3,954	S1=-0,00015
02:	3-1-2-1-2	F=3,951	S1=+0,00103
03:	3-1-2-1-1	F=3,951	S1=-0,00274
04:	1-1-1-1-1	F=4,001	S1=+0,00316
05:	3-1-1-1-1	F=3,954	S1=-0,00392
06:	1-1-2-1-1	F=3,997	S1=+0,00428
07:	2-1-1-1-1	F=4,007	S1=+0,00450
08:	2-1-2-1-1	F=4,004	S1=+0,00561
09:	2-1-2-1-3	F=4,004	S1=-0,00649
10:	1-1-1-1-2	F=4,001	S1=+0,00689
11:	2-1-1-1-3	F=4,007	S1=-0,00759
12:	1-1-2-1-3	F=3,997	S1=-0,00784
13:	1-1-2-1-2	F=3,997	S1=+0,00801
14:	2-1-1-1-2	F=4,007	S1=+0,00822

- 15: 1-1-1-1-3 F=4,001 S1=-0,00895
- 16: 2-1-2-1-2 F=4,004 S1=+0,00934
- 17: 3-1-2-1-3 F=3,951 S1=-0,01501
- 18: 3-1-1-1-3 F=3,954 S1=-0,01617

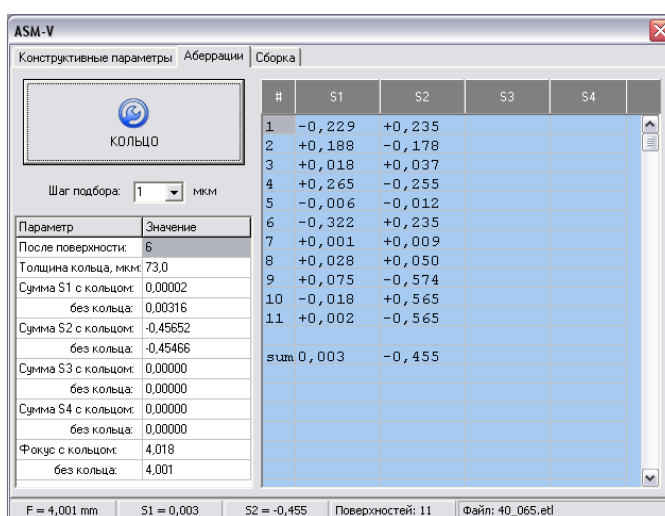
Таким образом, из результатов отработки программы видно, что наиболее удачная с точки зрения минимума сферической аберрации комбинация компонентов будет, если взять третий образец компонент 1, первые образцы компонентов 2, 3 и 4, и второй образец компонент 5 – из приведённого выше текста – комбинация №1.

В прил. 6 приведён текст подпрограмм на языке Delphi, реализующих данную методику.

. Данные о технологическом процессе комплектации заносятся в базу данных.

6.3.3. Компонент моделирования высоты микрообъектива

Подбор толщины прокладного кольца выполняется для одной определённой комбинации сборки путём последовательного подбора дискретного количества колец и расчетом коэффициентов Зейделя для каждого варианта сборки. На рисунке приведён результат работы программы по подбору прокладного кольца:



Таким образом, программа предлагает поставить кольцо после поверхности 6 толщиной 73 мкм, при этом будет наблюдаться заметное уменьшение величины суммы S1.

Текст программы подбора кольца приведен в прил. 8.

. Данные о технологическом процессе комплектации записываются в базу данных