

На правах рукописи

Воронцова Наталья Сергеевна

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ МАССЫ ДЕТАЛЕЙ И
УЗЛОВ ГИДРОАППАРАТУРЫ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Специальность 05.02.08 – Технология машиностроения

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рыбинск - 2018

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»

Научный руководитель:

Заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология авиационных двигателей и общего машиностроения» ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»

Безъязычный Вячеслав Феоктистович

Официальные оппоненты:

Бочкарев Петр Юрьевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Техническая механика и детали машин» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина»

Чуприков Артем Олегович, кандидат технических наук, Начальник отдела инноваций Тульского оружейного завода

Ведущая организация:

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Защита состоится 27 декабря 2018г. в 10-00 на заседании диссертационного совета Д212.210.01 в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» по адресу: 152934, г. Рыбинск, Ярославской области, ул. Пушкина, 53, ауд. Г-237

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте www.rsatu.ru федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»

Автореферат разослан 26 октября 2018г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

доктор технических наук, доцент

Надеждин Игорь Валентинович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Масса машин оказывает существенное влияние, а в некоторых случаях (авиадвигателестроение и т.п.) решающее влияние на эксплуатационные свойства изделий. Для обеспечения высокого качества машин, сборочных единиц, деталей и стабильности их эксплуатационных свойств при серийном и массовом производстве большое значение имеет однородность, а в ряде случаев и взаимозаменяемость по массе. Поэтому наряду с отклонениями размеров и формы ограничивают и массу деталей, сборочных единиц и машины в целом. Расчеты массы машины, деталей, из которых она состоит, а также возможных отклонений от номинальной массы имеют важное значение для производства. Однако расчет массы по чертежу детали во многих случаях затруднен и не дает точных результатов. Расчет объема деталей по номинальным размерам приводит к погрешностям, так как при этом не учитывается расположение и величина допускаемых отклонений номинальных размеров. При несимметричных двусторонних отклонениях размеры реальных деталей отличаются от номинальных. Такие отклонения встречаются часто у отливок, поковок, деталей из листового проката и др.

Анализ существующих стандартов и заводских инструкций на допускаемые отклонения массы заготовок, деталей и сборочных единиц показывает, что они имеют недостатки и требуют дополнения и изменения норм точности массы, которые находились бы в соответствии с их фактической точностью.

Существующие методы определения отклонений массы заготовок, деталей и сборочных единиц, также нуждаются в дополнении и уточнении. При проведении оценки фактической массы заготовок, полностью механически обработанных деталей и сборочных единиц выявляются многочисленные несоответствия заданным в конструкторской документации требованиям. В связи с вышеизложенным тема диссертации является актуальной.

Цель работы. Исследование точности массы деталей и узлов гидроаппаратуры авиационных двигателей с целью разработки научно обоснованных рекомендаций по назначению допускаемых отклонений массы заготовок, деталей и узлов гидроаппаратуры авиационных двигателей и технологического обеспечения требуемой точности массы изделий.

Для достижения указанной цели были сформулированы следующие **задачи**:

1. Выявление факторов, влияющих на массу литых заготовок и поковок, а также деталей после механической обработки.
2. Определение влияния точности размеров, параметров шероховатости и волнистости поверхностей заготовок и деталей на предельные отклонения массы.
3. Расчетное определение массы и возможного допуска на массу литых заготовок, поковок и деталей после механической обработки.

4. Разработка алгоритма технологического обеспечения требуемой точности массы для заготовок, частично и полностью механически обработанных деталей.
5. Разработка алгоритма обеспечения требуемой точности массы изделия.
6. Практическое применение предложенной методики для определения массы и допуска на массу деталей и изделий.

Методы исследования. Оценка точности массы заготовок, деталей и изделий производилась исходя из номинальных размеров деталей и допусков на них, параметров шероховатости и волнистости поверхностей, а также методами математической статистики по результатам взвешивания на современном оборудовании.

Научная новизна: предложены теоретические зависимости, позволяющие на этапе конструкторско-технологической подготовки производства достоверно определять предельные отклонения массы для заготовок, деталей и изделий во взаимосвязи с точностью размеров и параметров шероховатости и волнистости поверхностей деталей.

Результаты исследования соответствуют паспорту специальности 05.02.08 – технология машиностроения (п.7).

Основные положения, выносимые на защиту:

- теоретические зависимости для расчетного определения погрешности массы заготовок, деталей и узлов гидроаппаратуры с учетом допускаемых отклонений размеров, параметров шероховатости и волнистости поверхностей;
- теоретическое положение о расчетном определении погрешности массы узлов гидроаппаратуры с учетом погрешности массы детали;
- алгоритм технологического обеспечения требуемой точности массы детали;
- алгоритм обеспечения требуемой точности массы узла;
- теоретические положения, используемые в разработанной методике определения предельных отклонений массы деталей и узлов гидроаппаратуры.

Практическая ценность работы заключается в следующем:

- разработанную методику определения отклонений массы заготовок, деталей и изделий предлагается использовать в качестве основы для инструкций по определению точности массы в авиастроении и машиностроении.

Апробация результатов работы. Основные положения работы были представлены на Всероссийской научно-технической конференции (Рыбинск: РГАТУ имени П.А. Соловьева, 2017).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 8 работ в том числе в изданиях, входящих в перечень ВАК - 5.

Структура диссертации и аннотация глав. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа содержит 289 страниц, 73 рисунка, 62 таблицы, 101 источник.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность, новизна и практическая значимость работы, определяется цель и формулируются задачи исследования.

В первой главе проводится анализ государственных стандартов, а также литературы в области точности массы заготовок, деталей и изделий машин. Повышению точности по массе заготовок, деталей, и изделий, призваны служить стандарты на допускаемые отклонения массы: ОСТ 1 02606-86 «Самолеты и вертолеты. Контроль массы деталей, сборочных единиц и изделий в серийном производстве»; ОСТ 1 00450-82 «Двигатели авиационные, вспомогательные силовые установки, выносные коробки привода агрегатов, редукторы и трансмиссии»; ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски»; ГОСТ 8479-70 «Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия»; ГОСТ Р 53464-2009 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку»; стандарты предприятий.

Решением проблемы определения отклонений массы заготовок, деталей и изделий занимались: М.Г. Штанко, С.А. Акопьян, В.Ф. Безъязычный, А.П. Трухов, С.А. Казеннов, Л.Д. Арсон, М.Е. Попов, и др. В работах авторов предлагаются два пути решения вопроса: аналитический и теоретико-вероятностный. Положительной стороной работ, предлагающих аналитический метод расчета является то, что учитываются факторы, влияющие на массу. К недостаткам можно отнести сложность и трудоемкость расчетов по данным формулам. Зависимости, определяющие предельные отклонения массы при разработке их теоретико-вероятностный методом, в приведённых выше работах получены по результатам статистической оценки взвешивания партий заготовок, механически обработанных деталей и изделий без учета факторов, влияющих на отклонения массы.

Во второй главе определяются факторы, влияющие на отклонения массы от номинального значения, производится определение расчетным путем предельных отклонений массы для элементов отливок, поковок и полностью механически обработанных деталей. В таких изделиях отдельные элементы заготовок и деталей имеют форму шаровых поверхностей, цилиндров, прямоугольников или элементов этих геометрических фигур, поэтому изучаются значения отклонений массы заготовок и деталей в виде «цилиндра», «сферы», а также в виде «бруса» прямоугольного сечения (рисунок 1), обусловленных полями допусков на размеры заготовки или детали, шероховатостью и волнистостью их поверхностей. Рассматриваются детали с точностью линейных и диаметральных размеров от 5 до 14 квалитета по ГОСТ 25346-89, для отливок – с классами точности (*KP*) от 3 до 10 в соответствии с ГОСТ Р 53464-2009, для

штамповок – с исходными индексами штамповки (*Ind*) с 3 по 11 в соответствии с ГОСТ 7505-89. Именно такая градация точности размеров в изучаемой группе заготовок и деталей.

Отклонения массы реальной заготовки или детали от номинальной массы зависит от погрешностей объема и плотности материала детали. Объем реальной детали V_D определяется по формуле:

$$V_D = V_H + f(\Delta V_1, \Delta V_2, \Delta V_3), \quad (1)$$

где V_H - номинальный объем детали; $\Delta V_1, \Delta V_2, \Delta V_3$ - погрешности объема, вызванные погрешностями размеров, шероховатостью поверхностей и волнистостью поверхностей, соответственно.

Следовательно, основными факторами, влияющие на погрешность массы заготовок и деталей, являются: допуски на размеры; шероховатость поверхностей; волнистость поверхностей.

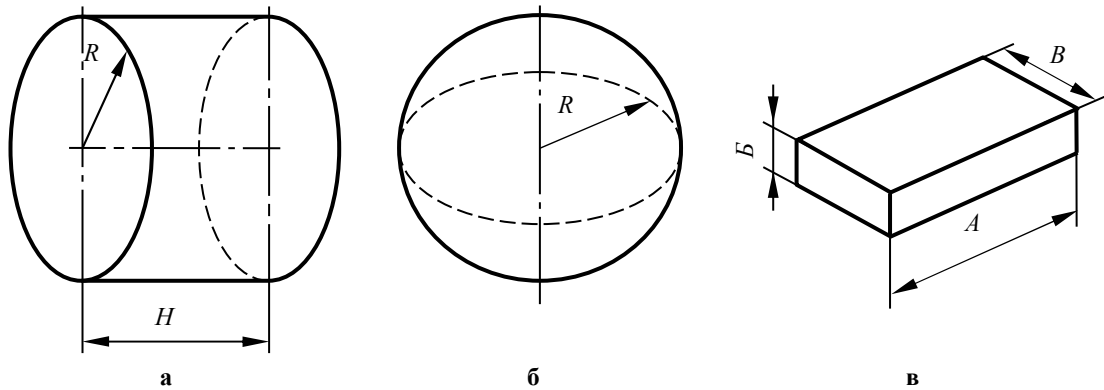


Рисунок 1 - Эскизы элементов деталей: а – цилиндр; б – сфера; в – брус

Для заготовок и деталей типа «сфера», «цилиндр» и «брус» проведены расчеты максимальных отклонений от номинальной массы с учетом вышеперечисленных факторов по формуле:

$$\Delta m = \frac{m_{\max} - m_{\min}}{m_n} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где m_{\max} - максимальная масса заготовки или детали, кг; m_{\min} - минимальная масса заготовки или детали, кг; m_n - номинальная масса заготовки или детали, кг.

Пример нахождения зависимости для определения максимального отклонения массы для полностью механически обработанной детали типа «сфера»

Расчет объема и отклонения массы от номинального значения производится для «сфер» диаметрами $d=10; 20; 30; 50; 80$ мм с полем допуска для диаметральных размеров от $h5$ до $h14$ соответствии с ГОСТ 25346-89 по формуле (2). На основании расчетов построены графики зависимости максимального отклонения массы от качества точности диаметра «сферы» при номинальных

диаметрах «сферы» $d=10; 20; 30; 50; 80$ мм в логарифмической системе координат (рисунок 2). С помощью Microsoft Excel получено значение среднего коэффициента корреляции $R=0,972$.

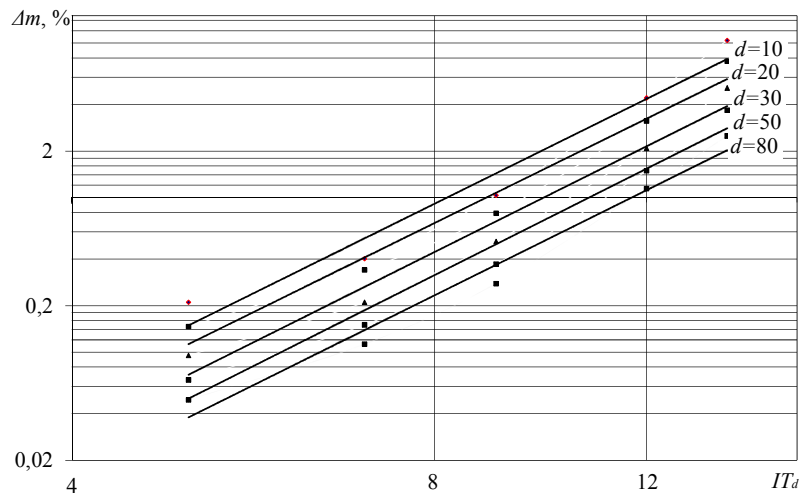


Рисунок 2 – Графики зависимости отклонения массы механически обработанной детали типа «сфера» от качества точности диаметра IT_d

В соответствии с графиком (рисунок 2) зависимость Δm от IT_d имеет вид:

$$\Delta m = C \cdot (IT_d)^x, \quad (3)$$

где C – коэффициент, определяющий величину ординаты для точки прямой с абсциссой равной единице; x – тангенс угла наклона прямых; IT_d – качество точности диаметра «сферы». Получены зависимости для:

$$d=10\text{мм}: \Delta m = 0,0003 \cdot (IT_d)^{3,8548}; \quad (4)$$

$$d=20\text{мм}: \Delta m = 0,0002 \cdot (IT_d)^{3,8373}; \quad (5)$$

$$d=30\text{мм}: \Delta m = 0,0001 \cdot (IT_d)^{3,887}; \quad (6)$$

$$d=50\text{мм}: \Delta m = 0,000918 \cdot (IT_d)^{3,9138}; \quad (7)$$

$$d=80\text{мм}: \Delta m = 0,000075 \cdot (IT_d)^{3,8662}. \quad (8)$$

Учитывая, что угол наклона для всех типоразмеров идентичен, принимаем $x=3,87$ (среднее значение для пяти типоразмеров «сферы»).

На основании графика (рисунок 2) и зависимостей (4...8) построен график зависимости коэффициента C от диаметра «сферы» (рисунок 3).

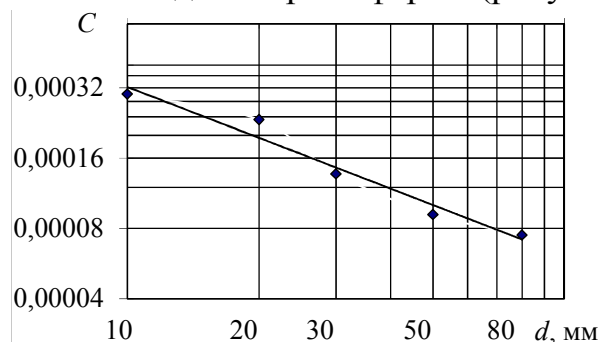


Рисунок 3 - График зависимости коэффициента C от типоразмера «сферы»

С помощью Microsoft Excel получено значение среднего коэффициента корреляции $R=0,999$.

В соответствии с графиком (рисунок 3) зависимость C от d будет иметь вид:

$$C = 0,0017 \cdot (d)^{-0,723} \quad (9)$$

На основании графиков (рисунки 2 и 3) и формул (3 и 9), получена зависимость для определения предельного отклонения массы механически обработанной детали типа «сфера» от массы, рассчитанной по номинальным размерам:

$$\Delta m = 0,0017d^{-0,723}(IT_d)^{3,87} \quad (10)$$

Аналогично для деталей и заготовок типа «цилиндр», «сфера» и «брус» получены общие зависимости для нахождения верхнего и нижнего предельных отклонений массы (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Зависимости, для определения возможного отклонения массы деталей с разными качествами точности размеров (IT)

| № п/п | Тип механически обработанной детали | Формула для определения возможного отклонения массы |
|-------|-------------------------------------|---|
| 1 | «сфера» | $\Delta m = 0,0017d^{-0,72}(IT_d)^{3,87}$ |
| 2 | «цилиндр» | $\Delta m = (0,00102d^{-0,759}(IT_d)^{3,96} + 0,0003h^{-0,612} \cdot (IT_h)^{3,99})$ |
| 3 | «брус» | $\Delta m = 0,0003((B)^{-0,612}(IT_B)^{3,99} + A^{-0,612}(IT_A)^{3,99} + B^{-0,612} \cdot (IT_B)^{3,99})$ |

Таблица 2 – Зависимости для определения возможного отклонения массы для отливок и поковок

| № п/п | Тип заготовки | Формула для определения возможного отклонения массы |
|-------|-------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Отливка «сфера» | $\Delta m_{\text{верх.}} = +1,26d^{-0,72}(KP)^{1,9}$ $\Delta m_{\text{нижн.}} = -1,26d^{-0,72}(KP)^{1,9}$ |
| 2 | Отливка «цилиндр» | $\Delta m_{\text{верх.}} = +(KP)^{1,9} \cdot (0,844d^{-0,72} + 0,42h^{-0,72})$ $\Delta m_{\text{нижн.}} = -(KP)^{1,9} \cdot (0,844d^{-0,72} + 0,42h^{-0,72})$ |
| 3 | Отливка «брус» | $\Delta m_{\text{верх.}} = +0,42(KP)^{1,9}(A^{-0,72} + B^{-0,72} + B^{-0,72})$ $\Delta m_{\text{нижн.}} = -0,42(KP)^{1,9}(A^{-0,72} + B^{-0,72} + B^{-0,72})$ |
| 4 | Поковка «сфера» | $\Delta m_{\text{верх.}} = 9,53 \cdot d^{-0,616} \cdot (Ind)^{1,51d^{-0,14}}$ $\Delta m_{\text{нижн.}} = -32,82d^{-1,12}(Ind)^{0,43d^{0,184}}$ |

Продолжение таблицы 3

| 1 | 2 | 3 |
|---|----------------------|--|
| 5 | Поковка «цилиндр» | $\Delta m_{\text{верх.}} = 6,55d^{-0,624} (Ind)^{1,45d^{-0,133}} + 3,385h^{-0,63} (Ind)^{1,4h^{-0,125}}$ $\Delta m_{\text{нижн.}} = -10,98h^{-1,12} (Ind)^{0,44h^{-0,18}} - 22,09d^{-1,13} (Ind)^{0,43d^{0,18}}$ |
| 6 | Поковка «брус» | $\Delta m_{\text{верх.}} = +3,385 \cdot (B^{-0,63} \cdot (Ind)^{1,55B^{-0,15}} + B^{-0,63} (Ind)^{1,55B^{-0,15}} + A^{-0,63} (Ind)^{1,55A^{-0,15}})$ $\Delta m_{\text{нижн.}} = -10,98 (B^{-1,12} (Ind)^{0,44B^{0,18}} + B^{-1,12} (Ind)^{0,44B^{0,18}} + A^{-1,12} (Ind)^{0,44A^{0,18}})$ |

Аналогично проведен расчет и получены зависимости для определения отклонений массы в зависимости от параметров шероховатости и волнистости поверхностей. При расчете объема и предельного отклонения массы рассматриваются детали с параметрами шероховатости – высота неровностей профиля по 10-ти точкам от Rz5 до Rz320 ГОСТ 2789-73 и с высотой волнистости поверхностей h_w от 0,2 до 50мкм (таблица 3). Объем впадины рассматривается в виде эллиптического параболоида.

Таблица 3 – Зависимости для определения отклонений массы деталей в зависимости от шероховатости и волнистости поверхностей

| № п/п | Параметр и тип детали | Формула для определения возможного отклонения массы |
|-------|-------------------------|---|
| 1 | Шероховатость «сфера» | $\Delta m = 0,3 \frac{Rz}{d}$ |
| 2 | Шероховатость «цилиндр» | $\Delta m = \frac{0,1 \cdot Rz_{\text{торц.}}}{h} + \frac{0,2 \cdot Rz_{\text{бок}}}{d}$ |
| 3 | Шероховатость «брус» | $\Delta m = 0,1 \left(\frac{Rz_{AB}}{B} + \frac{Rz_{AB}}{B} + \frac{Rz_{BB}}{A} \right)$ |
| 4 | Волнистость «сфера» | $\Delta m = 0,3 \frac{h_w}{d}$ |
| 5 | Волнистость «цилиндр» | $\Delta m = \frac{0,1 \cdot h_{w\text{торц.}}}{h} + \frac{0,2 \cdot h_{w\text{бок}}}{d}$ |
| 6 | Волнистость «брус» | $\Delta m = 0,1 \left(\frac{h_{wAB}}{B} + \frac{h_{wAB}}{B} + \frac{h_{wBB}}{A} \right)$ |

В третьей главе рассмотрены методы обработки поверхностей деталей и методы получения заготовок с целью разработки технологических процессов, обеспечивающих большую точность по параметрам, влияющим на точность массы. Точность массы детали зависит от конструкции детали, способа ее

формообразования, от технологии изготовления детали. Следовательно, масса реальной детали и отклонения массы зависят от технологического процесса ее изготовления. С целью обеспечения требуемой точности массы и недопущения доработок деталей в производстве установлена взаимосвязь факторов, влияющих на предельные отклонения массы деталей и заготовок с методами формообразования и технологией обработки поверхностей.

При экспериментальном определении массы во всех случаях полигоны распределения массы деталей, заготовок и изделий показывают хорошее совпадение с кривыми нормального распределения. Следовательно, распределение массы деталей, заготовок и изделий в партии можно считать близким к закону нормального распределения и при суммировании массы составляющих элементов детали следует использовать положения закона нормального распределения.

Масса i -го элемента рассчитывается по номинальным размерам. Номинальная масса детали определяется по формуле:

$$m_H^{дет.} = \sum_i m_H^{эле.}, \quad (11)$$

где $m_H^{дет.}$ - номинальная масса детали, $m_H^{эле.}$ - номинальная масса элемента

Масса детали с предельными отклонениями:

$$m_D = m_H^{дет. + \Delta m_{верх.} - \Delta m_{нижн.}} \quad (12)$$

Случайные погрешности, подчиняющиеся закону нормального распределения, складываются по правилу квадратного корня:

$$\Delta m = k \cdot \sqrt{\Delta^2 m_{разм.} + \Delta^2 m_{шер.} + \Delta^2 m_{волн.}} \quad (13)$$

где k - коэффициент относительного рассеяния случайных величин; $\Delta m_{разм.}$ - погрешность массы, вызванная колебанием размеров детали или заготовки; $\Delta m_{шер.}$ - погрешность массы, вызванная колебанием параметров шероховатости поверхностей детали или заготовки; $\Delta m_{волн.}$ - погрешность массы, вызванная колебанием параметров волнистости поверхностей детали или заготовки;

При расчете верхнее и нижнее предельное отклонение от номинальной массы детали рассчитываются отдельно (рисунок 4).

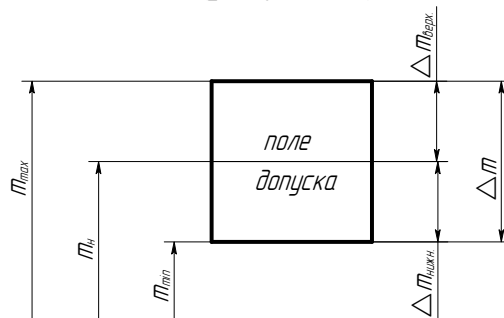


Рисунок 4 – Схема расположения поля допуска массы

Шероховатость и волнистость поверхностей учитываются только при расчете нижнего предельного отклонения, так как размеры деталей фиксируются по вершинам. Тогда расчет допуска на массу отдельного элемента детали:

$$\Delta m_{\text{верх.}} = \sqrt{\Delta^2 m_{\text{разм.}}}, \quad (14)$$

$$\Delta m_{\text{нижн.}} = k \sqrt{\Delta^2 m_{\text{разм.}} + \Delta^2 m_{\text{шер.}} + \Delta^2 m_{\text{волн.}}}. \quad (15)$$

С учетом полученных зависимостей для определения верхнего и нижнего предельных отклонений массы деталей разработана методика и составлен алгоритм обеспечения требуемой точности массы деталей (рисунок 5).

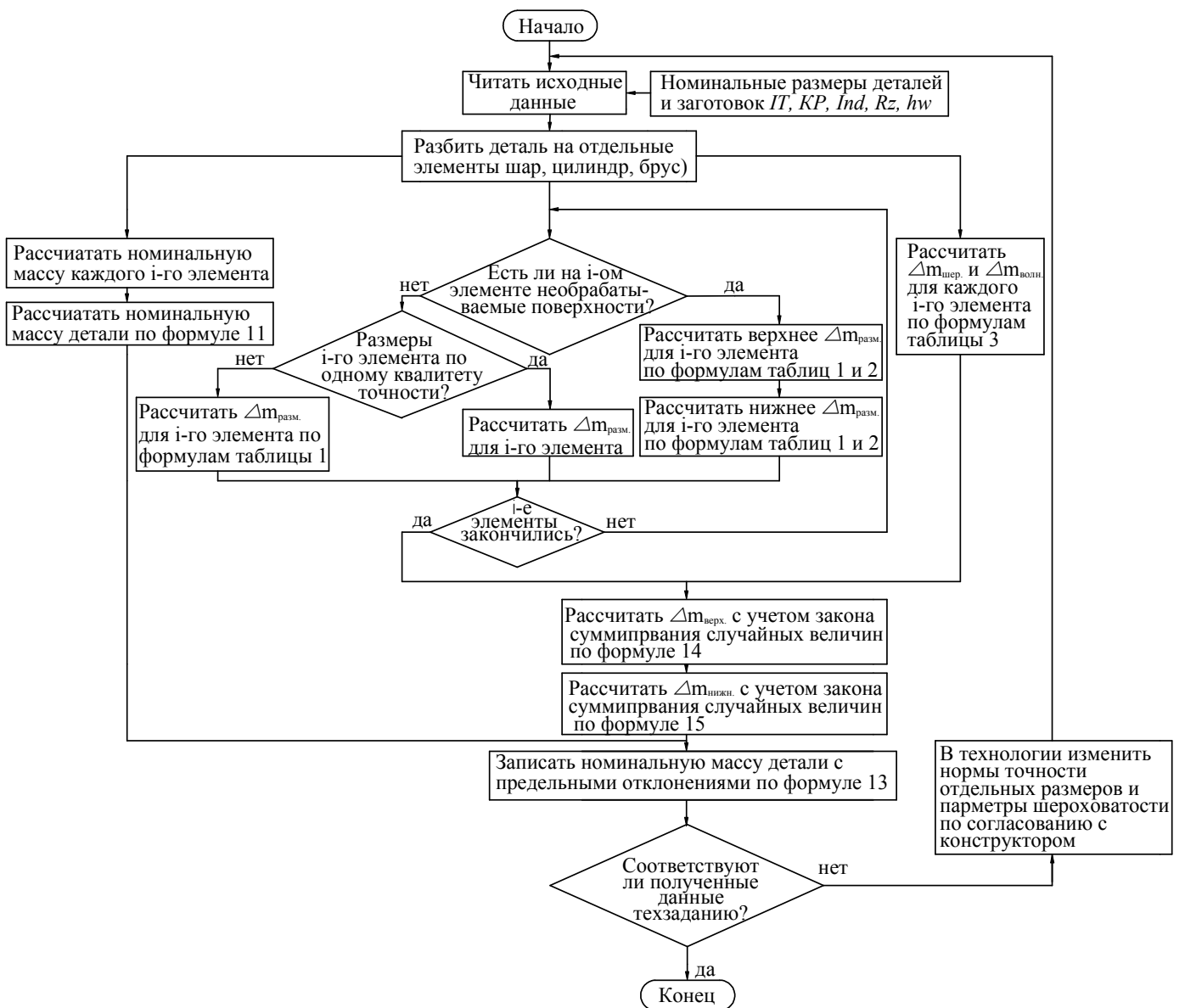


Рисунок 5 – Алгоритм технологического обеспечения требуемой точности массы детали

В диссертации изложен метод, позволяющий не только технологически обеспечить точность массы, но и определять возможные технологические отклонения массы изделий на этапе их проектирования.

Номинальная масса изделия представляет собой сумму масс всех сборочных единиц и деталей:

$$m_{\text{изд.н}} = \sum_i m_{\text{н.}i}. \quad (16)$$

где $m_{\text{н.}i}$ – номинальная масса i -й детали данной сборочной единицы.

Верхнее предельное отклонение $\Delta m_{\text{изд.верх.}}$ и нижнее предельное отклонение $\Delta m_{\text{изд.нижн.}}$ от номинальной массы изделия определяются по формулам:

$$\Delta m_{\text{изд.верх.}} = \sum_i m_{\text{верх.}i}. \quad (17)$$

$$\Delta m_{\text{изд.нижн.}} = \sum_i m_{\text{нижн.}i}. \quad (18)$$

Тогда масса изделия с допуском:

$$m_{\text{изд.}} = m_{\text{изд.н.}} + \Delta m_{\text{верх.}} - \Delta m_{\text{нижн.}}. \quad (19)$$

На основании вышеприведённой методики разработан алгоритм обеспечения технологической точности массы изделия (рисунок 6).

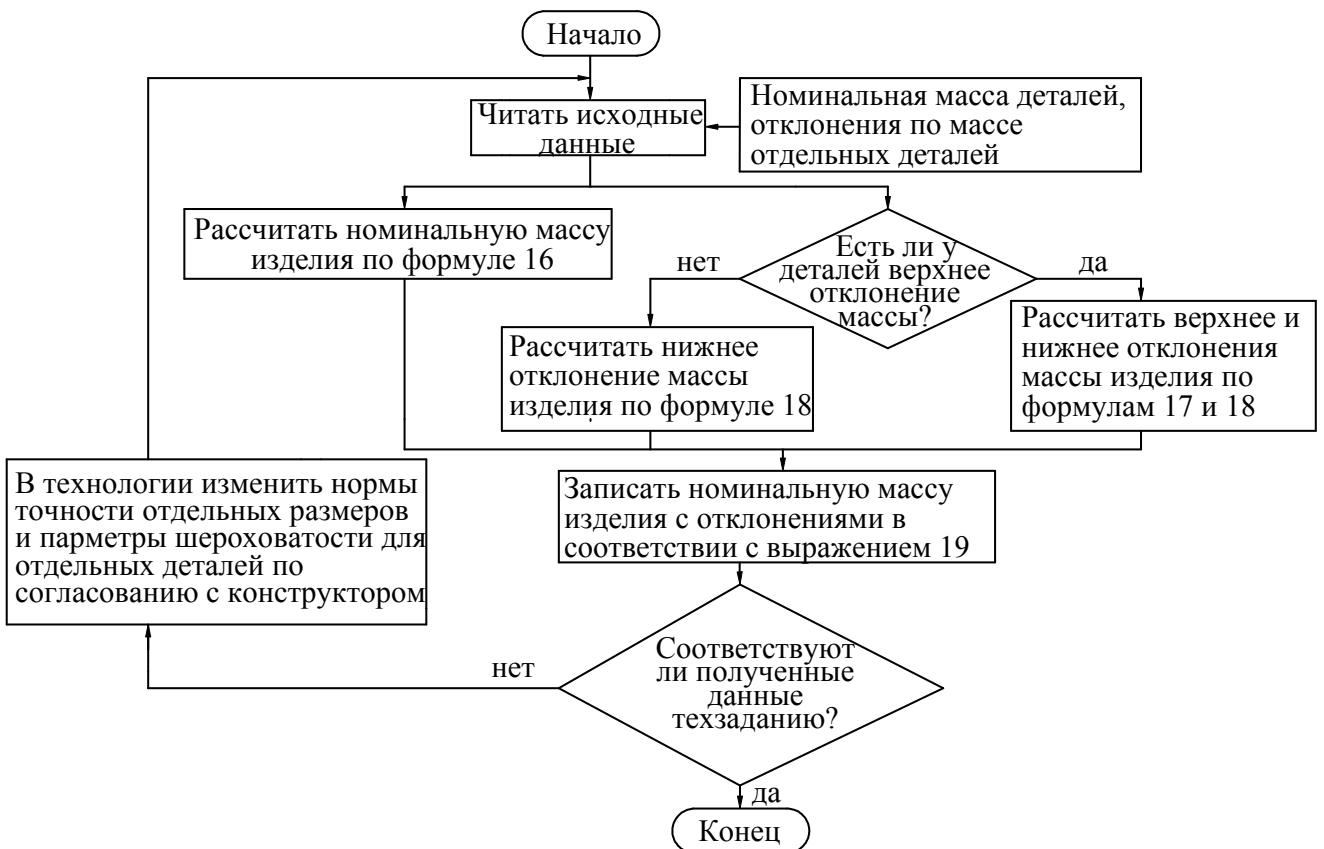


Рисунок 6 - Алгоритм технологического обеспечения точности массы изделия

В четвертой главе с целью проверки достоверности полученных зависимостей и в соответствии с алгоритмом (рисунок 5) проведены расчеты для 9 деталей изделия Д7.8710-1400. Полученные данные сравнивались с данными, указанными в конструкторской документации, а также с данными, полученными в результате взвешивания партий данных деталей с объемом от 50 до 70 штук. В результате проведенного сравнения полученных результатов выявлено соответствие массы и предельных отклонений массы, полученных в результате расчета по определенным в работе зависимостям, данным, полученным в результате фактического взвешивания, для 8 из 9 деталей. Для 3 из 9 деталей выявлено несоответствие расчетной массы и ее допусков заданной конструкторской документацией. Так для механически обработанной детали Д7.8710-1412 – кольцо (рисунок 7) расчет номинальной массы и предельных отклонений от номинальной массы приведен в таблице 4.

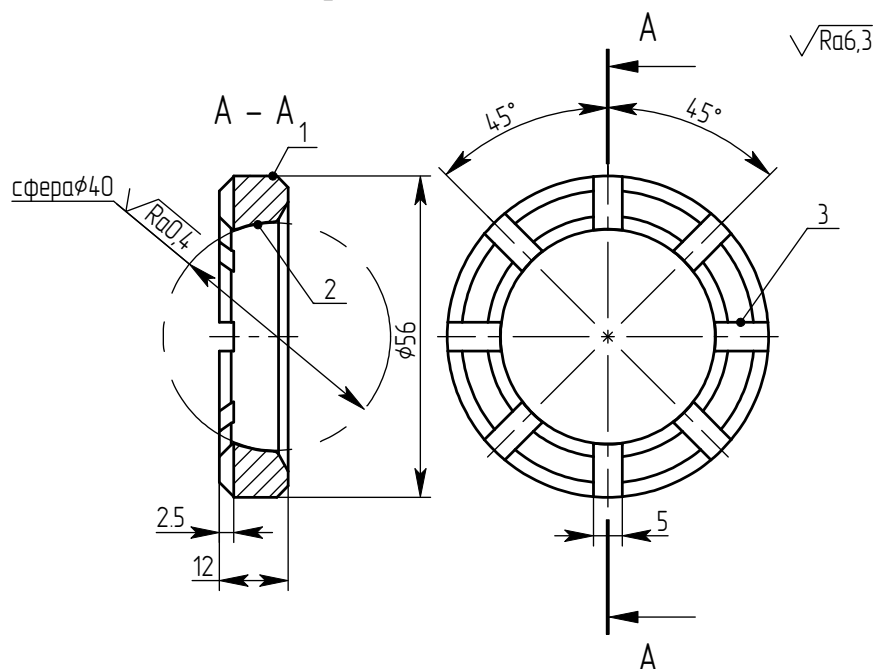


Рисунок 7 – Эскиз детали Д7.8710-1412

Таблица 4 – расчет номинальной массы и предельных отклонений по массе для детали Д7.8710-1412

| Номер элемента | Номинальная масса элемента, кг | $\Delta m_{разм.},$ кг | $\Delta m_{шер.},$ кг | $\Delta m_{нижн.},$ кг |
|----------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 0,233 | 0,00719 | 0,00039 | 0,00758 |
| 2 | - 0,1148 | 0,00136 | 0,00001 | 0,00137 |
| 3 | - 0,0172 | 0,0011 | 0,00025 | 0,00135 |
| $\Sigma,$ кг | 0,101 | 0,00965 | 0,00074 | 0,0097 |

Масса детали в соответствии с формулой (12):

$$m_d = 0,101_{-0,0097} \text{ кг}$$

Фактическая масса по результатам взвешивания – 0,0925..0,094кг, что соответствует определенной расчетным путем, и не соответствует требованиям конструкторской документации – $0,100 \pm 0,006$ кг. В соответствии с алгоритмом технологического обеспечения требуемой точности массы рекомендуется изменение качества точности и методов обработки наружного диаметра (таблица 5).

Таблица 5 – изменение технологического процесса механической обработки детали Д7.8710-1412

| Параметр | Существующий технологический процесс | Откорректированный технологический процесс |
|-----------------------------------|--|--|
| Квалитет точности диаметра IT_d | 14 | 9 |
| Метод обработки диаметра | Черновое точение | Черновое точение, чистовое точение |
| Наименование операции | Токарная ЧПУ | Токарная ЧПУ |
| Эскиз детали на операции |  |  |
| m_d , кг по формуле (12) | $0,101_{-0,0097}$ | $0,101_{-0,0068}$ |

В результате изменения технологического процесса получен результат, соответствующий заданным в конструкторской документации требованиям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Необходимость обеспечения массы заготовок, деталей и изделий с определенной точностью обусловлена эксплуатационными требованиями к ним.

2. Анализ существующих стандартов и заводских инструкций, определяющих предельные отклонения массы отливок, поковок, деталей и сборочных единиц показывает, что они имеют существенные недостатки и требуют дополнения и изменения норм точности по массе, которые находились бы в соответствии с фактической точностью заготовок, деталей и сборочных единиц.

3. Для простейших элементов деталей и заготовок («цилиндр», «сфера» и «брус») расчетным путем определены зависимости для нахождения максимальных предельных отклонений массы отдельно для каждого фактора.

Полученные зависимости учитывают влияние точности размеров, показателей шероховатости и волнистости каждого из размеров на отклонения массы.

4. Целесообразно при изготовлении детали рассматривать технологию ее изготовления с учетом обеспечения требуемого допуска на массу. Это может быть выполнено при разработке технологического процесса, методов обработки, обеспечивающих большую точность по размерам.

5. Результаты выполненной работы дают возможность: проектировать технологические процессы изготовления заготовок и деталей с заданными предельными отклонениями массы, определять возможное отклонение массы деталей и заготовок, использовать их при установлении расчетным путем возможного отклонения массы изделий.

6. Разработанные алгоритмы могут быть использованы при пересмотре стандартов и заводских инструкций.

Основные публикации по теме диссертационной работы

Публикации в изданиях из перечня ВАК РФ:

1. Безъязычный, В.Ф. Теоретическое исследование погрешностей массы деталей, обусловленных колебанием размеров деталей в пределах их поля допуска/ В.Ф. Безъязычный, Н.С. Воронцова// Вестник Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П. А. СОЛОВЬЕВА №3 (34), 2015г. – С. 39-44.

2. Безъязычный, В.Ф. Погрешность массы деталей, обусловленная изменением размеров деталей в пределах их поля допуска/ В.Ф. Безъязычный, Н.С. Воронцова// Инженерный журнал Справочник, август 2016г., - С. 22-27.

3. Безъязычный, В.Ф. Теоретическое исследование погрешностей масс деталей, обусловленных колебанием размеров в пределах допуска и параметрами шероховатости поверхностей/ В.Ф. Безъязычный, Н.С. Воронцова// Инженерный журнал Справочник, август 2017г., С. 38-43.

4. Безъязычный, В.Ф. Теоретическое исследование погрешностей массы отливок, обусловленное колебанием размеров отливок в пределах их допуска/ В.Ф. Безъязычный, Н.С. Воронцова// Вестник Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П. А. Соловьева, №3(42) 2017г. - С. 65-69.

5. Безъязычный, В.Ф. Теоретическое исследование погрешностей массы деталей, обусловленных параметрами шероховатости поверхностей/ В.Ф. Безъязычный, Н.С. Воронцова// Вестник Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П. А. Соловьева №4 2017г. – С. 84-89.

Публикации в прочих изданиях:

6. Воронцова, Н.С. Теоретическое исследование погрешностей массы деталей, обусловленных колебанием размеров деталей в пределах их поля допуска и параметров шероховатости поверхностей/ Н.С. Воронцова// «Научный вестник ОПК России», №4, 2016г. - с. 70-79.

7. Воронцова, Н.С. Теоретическое исследование погрешностей массы отливок, обусловленных колебанием размеров отливок в соответствии с классом их точности/ Н.С. Воронцова// «Научный вестник ОПК России», №4, 2017г., С. 91-95.

8. Воронцова, Н.С. Теоретическое исследование погрешностей массы отливок, обусловленных колебанием размеров отливок в соответствии с их классом точности/ Н.С. Воронцова// НАУКА. ОБРАЗОВАНИЕ. ОБЩЕСТВО. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. Рыбинск: Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева, 2017, С. 68-72.