ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56517— 2015

ДВИГАТЕЛИ РАКЕТНЫЕ ЖИДКОСТНЫЕ

Правила контроля качества изготовления по предельно допустимым значениям выходных параметров с учетом погрешностей измерений

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным казенным предприятием «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом ТК 321 «Ракетно-космическая техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 июля 2015 г. № 888-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный тест изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2016

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения ... 1
2 Нормативные ссылки ... 1
3 Термины и определения ... 1
4 Сокращения ... 1
5 Общие положения ... 2
6 Правила контроля качества изготовления жидкостных ракетных двигателей по предельно допустимым значениям выходных параметров ... 2
7 Методы назначения предельно допустимых значений выходных параметров жидкостных ракетных двигателей ... 4
7.1 Методы при выполнении соотношения (1) ... 4
7.2 Методы при невыполнении соотношения (1) ... 4
Приложение А (справочное) Значение коэффициента *А*, учитывающего ограниченность статистики ... 11
Приложение Б (справочное) Уточнение соотношения (1) с учетом результатов летных испытаний ... 12
Приложение В (справочное) Примеры оценки возможности применения формулы (8) для определения предельно допустимых значений выходных параметров с учетом погрешностей измерений ... 14

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ДВИГАТЕЛИ РАКЕТНЫЕ ЖИДКОСТНЫЕ

Правила контроля качества изготовления по предельно допустимым значениям выходных параметров с учетом погрешностей измерений

Liquid rocket engines.
Production quality control rules according to maximum permissible value of output parameters, considering measurement errors

Дата введения — 2016—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на жидкостные ракетные двигатели однократного использования и устанавливает правила контроля качества изготовления при поставках в эксплуатацию по предельно допустимым значениям выходных параметров, назначаемым с учетом погрешностей измерений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 16504—81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 17655—89 Двигатели ракетные жидкостные. Термины и определения

ГОСТ Р 27.002—2009 Надежность в технике. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 17655, ГОСТ 16504, ГОСТ Р 27.002.

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ВБР — вероятность безотказной работы;

ЖРД — жидкостный ракетный двигатель;

ЗДИ — завершающее доводочное испытание;

КД — конструкторские документы;

КТИ — контрольно-технологическое испытание;

Издание официальное

ПСИ — приемо-сдаточное испытание;

ППИ — подтверждающее периодическое испытание;

ТЗ — техническое задание.

5 Общие положения

5.1 При контроле качества ЖРД на этапе поставок в эксплуатацию для квалификации результатов контрольных испытаний используют предельно допустимые значения выходных параметров, назначаемые с учетом погрешностей измерений.

5.2 К основным выходным параметрам для контроля качества изготовления ЖРД относят:

- тягу ЖРД;
- удельный импульс тяги ЖРД;
- давление в камере сгорания ЖРД;
- соотношение компонентов топлива;
- температуру газа на выходе из газогенератора наддува.

Перечень выходных параметров для контроля качества ЖРД определяет предприятие-разработчик ЖРД, согласовывает его с предприятием, выдавшим ТЗ на двигатель.

5.3 Предельно допустимые значения выходных параметров с учетом погрешностей измерений назначает предприятие-разработчик ЖРД на основе результатов экспериментальной отработки и указывает в КД.

5.4 Назначение предельно допустимых значений выходных параметров с учетом погрешностей измерений осуществляют на основе следующих исходных данных:

- предельно допустимых действительных значений параметров;
- сведений о погрешностях измерений и их составляющих.

5.5 Предельно допустимые действительные значения выходных параметров должны быть указаны в ТЗ на разработку ЖРД.

6 Правила контроля качества изготовления жидкостных ракетных двигателей по предельно допустимым значениям выходных параметров

6.1 Основным критерием для использования предельно допустимых значений выходных параметров при контроле качества изготовления ЖРД является выполнение соотношения

$$P_{Hi} \geq P_{mp_i}\ , \tag{1}$$

где P_{Hi} — нижняя граница доверительного интервала вероятности пребывания действительного значения выходного параметра в пределах, установленных ТЗ;

P_{mp_i} — установленная ТЗ вероятность пребывания действительного значения выходного параметра в пределах, установленных ТЗ.

Примечание — Если в ТЗ не оговариваются по отдельности требования к вероятности пребывания действительных значений параметров в установленных пределах, значение P_{mp_i} принимают равным установленному ТЗ значению вероятности безотказной работы ЖРД P_{mp}.

6.2 Значение P_{Hi} при доверительной вероятности γ, принятой для анализа надежности, определяют по уравнениям:

$$P_{Hi} = \Phi_H\left[\frac{\pm(\overline{\Pi} - \Pi_{пр.д})}{S\sqrt{1 - K^2_{исп} + \sqrt{(A^2 - 1) + \Delta^{-4}_{ис}}}}\right]; \tag{2}$$

$$P_{Hi} = \Phi_H\left[\frac{\Pi_{пр.д\,макс} - \overline{\Pi}}{S\sqrt{1 - K^2_{исп} + \sqrt{(A^2 - 1) + \Delta^{-4}_{ис}}}}\right] + \Phi_H\left[\frac{\overline{\Pi} - \Pi_{пр.д\,мин}}{S\sqrt{1 - K^2_{исп} + \sqrt{(A^2 - 1) + \Delta^{-4}_{ис}}}}\right] - 1, \tag{3}$$

где Φ_H — символ функции нормального распределения;

$\overline{\Pi}$ — оценка математического ожидания измеренных значений выходного параметра;

$\Pi_{пр.д}$ — предельно допустимое действительное значение параметра (с индексом «макс» — максимальное, с индексом «мин» — минимальное;

S — оценка среднеквадратичного отклонения измеренных значений выходного параметра;

$K_{исл}$ — коэффициент, учитывающий влияние на рассеивание измеренных значений выходного параметра случайной составляющей погрешности измерений;

A — коэффициент, учитывающий ограниченность статистики измеренных значений выходного параметра;

$\overline{\Delta}_{ис}$ — коэффициент, учитывающий возможность завышения результатов измерений по сравнению с их действительными значениями за счет систематической составляющей погрешности измерений.

Примечание — В формуле (3) знак «плюс» используют, когда ограничено минимальное значение выходного параметра, знак «минус» — если ограничено максимальное значение.

Значения $K_{исл}$, A, $\overline{\Delta}_{ис}$ соответственно определяют с помощью уравнений

$$K_{исл}=\frac{S_{исл}}{S}, \tag{4}$$

где $S_{исл}$ — оценка среднеквадратичного значения случайной составляющей погрешности измерений;

$$A=\sqrt{\frac{1}{n_i}\left(1+t^2_{\gamma_{см}}-t^2_{\gamma_н}\right)+\frac{n_i-1}{\chi^2}}, \tag{5}$$

где n_i — количество измерений, по которым определено значение;

$t_{\gamma_{см}}$ — квантиль распределения Стьюдента, соответствующая доверительной вероятности γ при (n_i-1) числе степеней свободы;

$t_{\gamma_н}$ — квантиль нормального распределения, соответствующая доверительной вероятности γ;

χ^2 — значение функции «хи-квадрат», соответствующее доверительной вероятности γ при (n_i-1) числе степеней свободы.

Значения коэффициента A, вычисленные с доверительными вероятностями $\gamma=0{,}90$ и $\gamma=0{,}95$, приведены в приложении А.

$$\overline{\Delta}_{ис}=\frac{\Delta_{ис}}{S}, \tag{6}$$

где $\overline{\Delta}_{ис}$ — предельное значение систематической составляющей погрешностей измерений.

Примечание — В начале отработки при определении значения A вместо n_i используют планируемое к концу ЗДИ количество измерений ($n_{i_{пл}}$).

Уравнение (2) применяют в случае, если ТЗ ограничено одно из действительных значений выходного параметра, максимальное или минимальное (одностороннее) ограничение.

Формулу (3) применяют в случае, когда ограничивают как максимальное, так и минимальное значения параметра (двухстороннее ограничение).

Значение S при отсутствии КТИ определяют с помощью уравнения

$$S=\sqrt{\sum_{n_i=0}^{n}\frac{(\Pi_i-\overline{\Pi})^2}{n_i-1}}, \tag{7}$$

где Π_i — значение выходного параметра, измеренное при i-м испытании.

При наличии КТИ значение S определяют с помощью формулы (11).

6.3 Выполнение соотношения (1) проверяют:

- при выпуске отчетных документов по надежности, в том числе по завершении определенного периода производства;

- при неудовлетворительных результатах контроля стабильности параметров.

6.4 Если соотношение (1) не выполняется, предприятие-разработчик и предприятие — изготовитель ЖРД совместно с представителями заказчика при них выявляют причины невыполнения, вырабатывают мероприятия по их устранению и принимают решения о порядке поставок двигателей до устранения этих причин.

6.4.1 Мероприятия по устранению причин невыполнения соотношения (1) при завершении объема испытаний, предусмотренных планом отработки, могут предусматривать совершенствование конструкции и/или производства, в том числе и возможность выявления и отбраковки наименее надежных двигателей.

Примечание — До принятия решения в совершенствовании конструкции и/или производства возможна перенастройка двигателя с повторным испытанием.

6.4.2 В течение согласованного с разработчиком изделия времени могут быть назначены новые предельно допустимые значения выходных параметров.

6.4.3 Назначение предельно допустимых значений выходных параметров может проводиться с учетом необходимости соблюдения соотношения (1) или на основе принятия других решений, приемлемых для предприятия-разработчика и предприятия — изготовителя ЖРД, для предприятия — разработчика изделия и представительств заказчика при этих предприятиях.

6.5 К решениям, не предусматривающим проведение мероприятий по устранению причин, приводящих к невыполнению соотношения (1), могут быть отнесены:

- назначение предельно допустимых значений выходных параметров на основе методов, представленных в разделе 6;
- изменение требований к вероятности пребывания действительных значений выходных параметров в установленных ТЗ пределах по результатам летных испытаний, свидетельствующих, что выход параметров за установленные ТЗ пределы может не приводить к отказу, с учетом рекомендаций, приведенных в приложении Б.

7 Методы назначения предельно допустимых значений выходных параметров жидкостных ракетных двигателей

7.1 Методы при выполнении соотношения (1)

7.1.1 Метод назначения предельно допустимых значений выходных параметров ЖРД с учетом погрешностей измерений выбирают в зависимости от состояния отработки и производства.

7.1.2 Если состояние отработки двигателя и производства обеспечивают выполнение соотношения (1) и причины отказов, выразившихся в невыполнении требований к параметрам ЖРД, устранены, предельно допустимые значения выходных параметров определяют по формуле (8)

$$\Pi_{пр} = \overline{\Pi}_{д} \pm \sqrt{(\Pi_{пр.д} - \overline{\Pi}_{д})^2 + \Delta^2_{исл}} + \Delta_{ис}\ , \qquad (8)$$

где $\Pi_{пр}$ — предельно допустимое значение выходного параметра, определенное с учетом погрешностей измерений;

$\overline{\Pi}_{д}$ — установленное ТЗ номинальное значение выходного параметра;

$\Pi_{пр.д}$ — установленное ТЗ предельно допустимое действительное значение выходного параметра;

$\Delta_{исл}$ — предельное значение случайной составляющей погрешности измерений;

$\Delta_{ис}$ — предельное значение систематической составляющей погрешности измерений.

Примечание — При использовании уравнения (2) знак «плюс» применяют, если ограничивается максимальное значение выходного параметра, знак «минус» — если ограничивается минимальное значение.

Примеры оценки возможности применения формулы (8) приведены в приложении В.

7.2 Методы при невыполнении соотношения (1)

7.2.1 При одностороннем ограничении выходного параметра и при двухстороннем ограничении в случае невыполнения соотношения (1) за счет смещения оценки математического ожидания исследуемого параметра применяют уравнения:

$$\Pi_{пр} = \Pi_{пр.д} \pm S_п \cdot t_{н_{P'}}, \quad (9)$$

где $t_{н_{P'}}$ — квантиль нормального распределения, соответствующая вероятности

$$P' = \frac{P_{mp_i} - P_{н_i}}{c\left(1 - P_{н_i}\right)}, \quad (10)$$

где c — относительная выборка на ППИ;

$c = 1$ — для двигателей, подвергаемых КТИ;

$c = \frac{N_{ППИ}}{N_{изг}}$ — для двигателей, не подвергаемых КТИ;

$N_{ППИ}$ — количество двигателей, подвергаемых ППИ (или периодически проводимым ПСИ);

$N_{изг}$ — количество изготавливаемых двигателей;

$S_п$ — оценка среднеквадратической невоспроизводимости результатов измерений, обусловленная случайной составляющей погрешности измерений и невоспроизводимостью действительных значений выходного параметра при повторных испытаниях.

$$S_п = \sqrt{\frac{\sum_{j=0}^{N_{ид}} \sum_{i=0}^{n_{ис}} (\Pi_{ij} - \overline{\Pi}_j)^2}{\sum_{j=0}^{N_{ид}} (n_{ис} - N_{ид})}}, \quad (11)$$

где Π_{ij} — значение выходного параметра при одном испытании одного из экземпляров двигателя;

$\overline{\Pi}_j$ — оценка математического ожидания исследуемого выходного параметра, полученная по испытаниям j-го экземпляра двигателя;

$N_{ид}$ — число испытуемых экземпляров двигателя;

$n_{ис}$ — количество испытаний j-го экземпляра двигателя.

Примечание — При расчетах по уравнению (9) знак «плюс» используют, когда ограничено минимальное значение выходного параметра, знак «минус» — когда ограничено максимальное значение выходного параметра.

7.2.2 При двухстороннем ограничении выходного параметра в случае невыполнения соотношения (1) за счет увеличения рассеивания значений выходного параметра

$$\Pi_{пр_{мин}} = \Pi_{пр.д_{мин}} + S_п \cdot t_{н_{P'}}, \quad (12)$$

если увеличению запаса параметра работоспособности соответствует увеличение значения выходного параметра,

$$\Pi_{пр_{макс}} = \Pi_{пр.д_{макс}} + S_п \cdot t_{н_{P'}}, \quad (13)$$

если увеличению запаса параметра работоспособности соответствует уменьшение значения выходного параметра,

где $t_{н_{P''}}$ — квантиль нормального распределения, соответствующая вероятности P''

$$P'' = \frac{P_{mp_i} - P_{н_i}}{c\left(1 - P_{н_i}\right)}. \quad (14)$$

7.2.3 Применение изложенного способа назначения предельно допустимых значений выходных параметров правомерно при выполнении следующих условий:

- воспроизводимость результатов при повторных испытаниях одного и того же экземпляра ЖРД значительно выше, чем воспроизводимость результатов на различных экземплярах;
- однозначно известен характер мероприятий, необходимых для устранения причин дефектов;

- потери, связанные с возможной браковкой кондиционных ЖРД из-за погрешностей измерений, приемлемы для предприятия-изготовителя.

7.2.4 Первое условие считается выполненным, если удовлетворяется соотношение

$$\beta = 1 - \gamma \ , \tag{15}$$

где β — вероятность того, что повышенная воспроизводимость результатов повторных испытаний одного и того же экземпляра двигателя по сравнению с воспроизводимостью результатов, наблюдаемых при испытаниях различных экземпляров ЖРД, является следствием исключительно недостаточной статистики испытаний различных экземпляров ЖРД.

Значение β определяют с помощью уравнения

$$\beta = F_{\Phi}\left[\left(\frac{S}{S_n}\right)^2;\ (n_1 - 1);\ (n_2 - 1)\right], \tag{16}$$

где F_{Φ} — символ функции распределения Фишера;

n_1 — число испытаний одного экземпляра ЖРД;

n_2 — число испытаний различных экземпляров ЖРД.

7.2.5 К мероприятиям, устраняющим причины отказов, относят совершенствование конструкции, совершенствование производства и выбраковку некондиционных экземпляров ЖРД.

При применении сплошного контроля для устранения причин, приводящих к невыполнению соотношения (1), проводят все три вида мероприятий.

При применении выборочного контроля качества ЖРД устранение причин отмеченной аномалии проводят за счет совершенствования конструкции и/или производства.

7.2.6 Проверка выполнения третьего условия требует знания оценки вероятности браковки кондиционных ЖРД в связи с погрешностями измерений α.

7.2.7 При одностороннем ограничении выходного параметра α определяют с помощью уравнения

$$\alpha = P_{\text{Н}i\,\text{пр.д}} - P_{\text{Н}i\,\text{пр}}, \tag{17}$$

где $P_{\text{Н}i\,\text{пр.д}}$ — нижняя граница доверительного интервала вероятности пребывания действительных значений в приемлемых пределах;

$P_{\text{Н}i\,\text{пр}}$ — нижняя граница доверительного интервала вероятности пребывания измеренных значений в приемлемых пределах

$$P_{\text{Н}i\,\text{пр.д}} = \Phi_{\text{Н}}\left[\frac{\pm\left(\overline{\Pi} - \Pi_{\text{пр}}\right)}{S\sqrt{A^2 - K_{\text{исл}}^2}}\right], \tag{18}$$

$$P_{\text{Н}i\,\text{пр}} = \Phi_{\text{Н}}\left[\frac{\pm\left(\overline{\Pi} - \Pi_{\text{пр}}\right)}{AS}\right]. \tag{19}$$

7.2.8 При двухстороннем ограничении выходного параметра значения $P_{\text{Н}i\,\text{пр.д}}$ и $P_{\text{Н}i\,\text{пр}}$ определяют с помощью уравнений:

$$P_{\text{Н}i\,\text{пр.д}} = \Phi_{\text{Н}}\left[\frac{\overline{\Pi} - \Pi_{\text{пр}_{\text{мин}}}}{S\sqrt{A^2 - K_{\text{исл}}^2}}\right] + \Phi_{\text{Н}}\left[\frac{-\overline{\Pi} + \Pi_{\text{пр}_{\text{макс}}}}{S\sqrt{A^2 - K_{\text{исл}}^2}}\right] - 1 \ , \tag{20}$$

$$P_{\text{Н}i\,\text{пр.д}} = \Phi_{\text{Н}}\left[\frac{\overline{\Pi} - \Pi_{\text{пр}_{\text{мин}}}}{AS}\right] + \Phi_{\text{Н}}\left[\frac{-\overline{\Pi} - \Pi_{\text{пр}_{\text{макс}}}}{AS}\right] - 1 \ . \tag{21}$$

7.2.9 С учетом полученного значения α можно оценить потери предприятия-изготовителя в виде количества двигателей, которые ему придется изготовить, и дополнительных затрат из-за погрешностей измерений при изложенном способе назначения предельно допустимых значений выходного параметра.

Потери определяют по формулам:

$$\Delta N = \alpha \cdot N_{\Sigma\tau_i} ; \quad (22)$$

$$\Delta C = C_i \cdot \Delta N , \quad (23)$$

где ΔN — количество двигателей, которое нужно дополнительно изготовить за период времени τ_i;

$N_{\Sigma\tau_i}$ — количество двигателей, которые предполагалось изготовить при нормальной ситуации (по плану предприятия-изготовителя);

ΔC — дополнительные затраты средств в связи с необходимостью изготовления двигателей;

C_i — стоимость изготовления одного двигателя.

7.2.10 Значения α в зависимости от значений $\frac{\overline{\Pi} - \Pi_{пр}}{S}$, n_i или A, $K_{и.сл}$, γ приведены в таблицах 1 и 2 (одностороннее ограничение) и таблицах 3 и 4 (двухстороннее ограничение).

7.2.11 Если установленные требования не выполняются, а оценка ВБР по результатам экспериментальной отработки выше, чем по выходным параметрам, необходимо пересмотреть допуски на параметры, указанные в ТЗ.

Таблица 1 — Значения $\alpha_{одн}$ при γ=0,9

$\frac{\overline{\Pi} - \Pi_{пр}}{S}$	$K_{и.сл}$	Значения $\alpha_{одн}$ при n_i, равном					
		20	30	50	100	200	∞
0,5	0,5	0,010	0,015	0,020	0,020	0,020	0,030
	0,7	0,030	0,030	0,040	0,045	0,090	0,060
	0,9	0,050	0,070	0,090	0,100	0,120	0,180
	1,0	0,080	0,100	0,133	0,180	0,210	0,030
1,0	0,5	0,020	0,025	0,024	0,030	0,030	0,055
	0,7	0,040	0,050	0,050	0,060	0,110	0,070
	0,9	0,080	0,100	0,110	0,120	0,130	0,150
	1,0	0,110	0,130	0,150	0,160	0,170	0,160
1,5	0,5	0,020	0,020	0,020	0,020	0,024	0,025
	0,7	0,040	0,040	0,050	0,050	0,070	0,050
	0,9	0,070	0,080	0,080	0,080	0,080	0,056
	1,0	0,090	0,090	0,090	0,090	0,082	0,070
2,0	0,5	0,020	0,015	0,020	0,014	0,013	0,012
	0,7	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,020
	0,9	0,050	0,040	0,040	0,035	0,031	0,022
	1,0	0,060	0,050	0,043	0,036	0,032	0,020
2,5	0,5	0,005	0,010	0,010	0,006	0,006	0,004
	0,7	0,015	0,014	0,010	0,010	0,010	0,005
	0,9	0,020	0,020	0,015	0,012	0,011	0,006
	1,0	0,025	0,020	0,015	0,012	0,011	0
3,0	0,5	0,005	0,003	0,003	0,001	0,002	0
	0,7	0,010	0,005	0,004	0,002	0,003	0
	0,9	0,010	0,006	0,005	0,003	0,003	0
	1,0	0,010	0,006	0,005	0,003	0,003	0

Таблица 2 — Значения $\alpha_{одн}$ при $\gamma=0,95$

$\frac{\overline{П}-П_{пр}}{S}$	$K_{и.сл}$	Значения $\alpha_{одн}$ при n_j, равном					
		20	30	50	100	200	∞
0,5	0,5	0	0,010	0,010	0,020	0,020	0,030
	0,7	0,020	0,030	0,030	0,040	0,050	0,070
	0,9	0,040	0,050	0,070	0,090	0,13	0,18
	1,0	0,070	0,080	0,11	0,15	0,22	0,31
1,0	0,5	0,010	0,020	0,020	0,030	0,030	0,030
	0,7	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080
	0,9	0,060	0,080	0,100	0,110	0,130	0,150
	1,0	0,090	0,11	0,130	0,160	0,170	0,160
1,5	0,5	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,030
	0,7	0,030	0,040	0,040	0,040	0,050	0,050
	0,9	0,060	0,070	0,080	0,080	0,080	0,070
	1,0	0,080	0,090	0,090	0,090	0,080	0,070
2,0	0,5	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
	0,7	0,030	0,030	0,030	0,030	0,020	0,020
	0,9	0,050	0,050	0,040	0,040	0,030	0,020
	1,0	0,060	0,050	0,050	0,040	0,030	0,020
2,5	0,5	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0
	0,7	0,020	0,020	0,010	0,010	0,010	0
	0,9	0,030	0,020	0,020	0,010	0,010	0
	1,0	0,030	0,030	0,020	0,010	0,010	0
3,0	0,5	0,010	0	0	0	0	0
	0,7	0,010	0,010	0,010	0	0	0
	0,9	0,010	0,010	0,010	0	0	0
	1,0	0,020	0,010	0,010	0	0	0

Таблица 3 — Значения $\alpha_{двух}$ при $\gamma=0,9$

$\frac{\overline{П}-П_{пр}}{S}$	$K_{и.сл}$	Значения $\alpha_{двух}$ при n_i, равном					
		20	30	50	100	200	∞
0,5	0,5	0,020	0,030	0,040	0,040	0,040	0,060
	0,7	0,060	0,060	0,080	0,090	0,180	0,120
	0,9	0,010	0,140	0,180	0,200	0,240	0,360
	1,0	0,160	0,200	0,260	0,360	0,420	0,620
1,0	0,5	0,040	0,050	0,050	0,060	0,060	0,070
	0,7	0,080	0,100	0,100	0,120	0,220	0,140
	0,9	0,160	0,200	0,220	0,250	0,260	0,300
	1,0	0,220	0,260	0,300	0,320	0,340	0,320
1,5	0,5	0,040	0,040	0,040	0,040	0,480	0,050
	0,7	0,080	0,080	0,100	0,100	0,140	0,100
	0,9	0,140	0,160	0,160	0,160	0,160	0,120
	1,0	0,180	0,180	0,180	0,180	0,160	0,140
2,0	0,5	0,040	0,030	0,040	0,030	0,030	0,240
	0,7	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,040
	0,9	0,100	0,080	0,080	0,070	0,060	0,044
	1,0	0,120	0,100	0,090	0,070	0,060	0,046
2,5	0,5	0,010	0,020	0,020	0,010	0,010	0,008
	0,7	0,030	0,030	0,020	0,020	0,020	0,010
	0,9	0,040	0,040	0,030	0,024	0,020	0,120
	1,0	0,050	0,040	0,030	0,024	0,022	0
3,0	0,5	0,010	0,006	0,006	0,002	0,004	0
	0,7	0,020	0,010	0,008	0,004	0,006	0
	0,9	0,020	0,012	0,010	0,006	0,006	0
	1,0	0,020	0,050	0,010	0,006	0,006	0

Таблица 4 — Значения $\alpha_{двух}$ при $\gamma=0,95$

$\frac{\overline{П}-П_{пр}}{S}$	$K_{и.сл}$	Значения $\alpha_{двух}$ при n_i, равном					
		20	30	50	100	200	∞
0,5	0,5	0	0,020	0,020	0,040	0,040	0,060
	0,7	0,040	0,060	0,060	0,080	0,100	0,140
	0,9	0,080	0,100	0,140	0,180	0,260	0,360
	1,0	0,140	0,160	0,220	0,300	0,440	0,620
1,0	0,5	0,020	0,040	0,040	0,060	0,060	0,060
	0,7	0,060	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160
	0,9	0,120	0,160	0,200	0,220	0,260	0,300
	1,0	0,180	0,220	0,260	0,320	0,340	0,320
1,5	0,5	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,060
	0,7	0,060	0,080	0,080	0,100	0,100	0,100
	0,9	0,120	0,140	0,160	0,160	0,160	0,140
	1,0	0,160	0,180	0,180	0,180	0,160	0,140
2,0	0,5	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
	0,7	0,060	0,060	0,060	0,060	0,040	0,040
	0,9	0,100	0,100	0,080	0,080	0,060	0,040
	1,0	0,120	0,100	0,100	0,080	0,060	0,040
2,5	0,5	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0
	0,7	0,040	0,040	0,020	0,020	0,020	0
	0,9	0,060	0,040	0,040	0,020	0,020	0
	1,0	0,060	0,060	0,040	0,020	0,020	0
3,0	0,5	0,020	0	0	0	0	0
	0,7	0,020	0,020	0,020	0	0	0
	0,9	0,020	0,020	0,020	0	0	0
	1,0	0,040	0,020	0,020	0	0	0

Приложение А
(справочное)

Значение коэффициента *А*, учитывающего ограниченность статистики

Таблица А.1

n	$\gamma=0,9$		$\gamma=0,95$	
	A^2	*A*	A^2	*A*
2	67,7156	8,229	—	—
3	10,4515	3,233	21,6910	4,658
4	5,6503	2,377	9,4970	3,082
5	4,1019	2,025	6,1976	2,490
6	3,3587	1,832	4,7630	2,183
7	2,9246	1,710	3,9696	1,992
8	2,6431	1,626	3,4627	1,861
9	2,4376	1,562	3,1255	1,768
10	2,2872	1,513	2,9354	1,713
11	2,1649	1,472	2,6836	1,638
12	2,0905	1,446	2,5290	1,590
13	1,9962	1,413	2,3951	1,548
14	1,9314	1,390	2,3043	1,518
15	1,8779	1,370	2,2265	1,492
16	1,8303	1,353	2,1555	1,468
17	1,7834	1,335	2,0920	1,447
18	1,7492	1,322	2,0354	1,427
19	1,7164	1,310	1,9884	1,410
20	1,6871	1,299	1,9422	1,394
21	1,6601	1,288	1,9036	1,372
22	1,6374	1,280	1,8721	1,368
23	1,6150	1,271	1,8350	1,355
24	1,5960	1,263	1,8114	1,345
25	1,5768	1,256	1,7858	1,336
26	1,5600	1,249	1,7582	1,326
27	1,5453	1,243	1,7375	1,318
28	1,5298	1,237	1,7158	1,310
29	1,5163	1,231	1,6940	1,302
30	1,5030	1,226	1,6780	1,295
31	1,4917	1,222	1,6599	1,288
35	1,4505	1,204	1,6031	1,266
37	1,4337	1,198	1,5789	1,257
39	1,4172	1,190	1,5571	1,248
40	1,4090	1,187	1,5471	1,243
41	1,4038	1,185	1,5376	1,240
43	1,3905	1,179	1,5212	1,233
45	1,3784	1,173	1,5039	1,227
47	1,3669	1,169	1,4847	1,219
50	1,3526	1,163	1,4646	1,210
51	1,3486	1,161	1,4596	1,208
56	1,3276	1,152	1,4315	1,197
60	1,3115	1,145	1,4161	1,188
66	1,2937	1,138	1,3883	1,178
71	1,2805	1,130	1,3682	1,169
81	1,2577	1,122	1,3357	1,156
91	1,2353	1,111	1,3136	1,147
100	1,2283	1,108	1,2996	1,140
200	1,1646	1,080	1,1449	1,070
500	—	—	1,1025	1,040

Приложение Б
(справочное)

Уточнение соотношения (1) с учетом результатов летних испытаний

Б.1 Условия применения

Б.1.1 Уточнить соотношение (1) можно в том случае, когда результаты летных испытаний свидетельствуют, что выход за пределы установленных требований к определенным параметрам не приводит к отказу. Достаточным для принятия решения об уточнении соотношения (1) является выполнение двух условий:

- при летных испытаниях нет отказов из-за невыполнения требований к соответствующему параметру;
- отсутствие отказов при летных испытаниях не может рассматриваться только как следствие недостаточной статистики этих испытаний.

Эти условия выражают соотношениями

$$\overline{P}_{i_л} = 1 \ ; \tag{Б.1}$$

$$\overline{P}_{i_л}^{N_л} \le 1 - \gamma \ ; \tag{Б.2}$$

$$\overline{P}_{i_{пр}}^{N_л} \le 1 - \gamma \ , \tag{Б.3}$$

где $\overline{P}_{i_л}$ — точечная несмещенная оценка вероятности отсутствия отказов изделия, обусловленных несоответствием исследуемого параметра потребностям изделия;

$\overline{P}_{i_л}$ — точечная несмещенная оценка вероятности пребывания измеренных значений параметра в интервале, установленном для его действительных значений;

$\overline{P}_{i_{пр}}$ — точечная оценка вероятности пребывания измеренных значений параметра в интервале, установленном для его действительных значений;

$N_л$ — количество летных испытаний.

Б.1.2 Уравнение (Б.2) применяют, если отмечены результаты измерений, выходящие за пределы, установленные для действительных значений.

Б.1.3 Уравнение (Б.3) применяют, если измеренные значения не выходили за пределы, установленные для действительных значений.

Б.1.4 Значение $\overline{P}_{i_л}$ определяют по уравнению

$$\overline{P}_{i_л} = \frac{n_л}{n_л + m_{i_л}} \ , \tag{Б.4}$$

где $n_л$ — количество летных испытаний, при которых не было отказов из-за несоответствия исследуемого параметра предъявляемым требованиям;

$m_{i_л}$ — количество отказов при летных испытаниях из-за несоответствия исследуемого параметра предъявляемым требованиям.

Б.1.5 Значение $\overline{P}_{i_л}$ определяют по уравнению

$$\overline{P}_{i_л} = \frac{n_{n_i}}{n_{u_i} + m_{u_i}} \ , \tag{Б.5}$$

где n_{u_i} — количество измерений, не выходящих за установленные для действительных значений пределы;

m_{u_i} — количество измерений, выходящих за пределы, установленные для действительных значений.

Б.1.6 Значение $\overline{P}_{i_{пр}}$ определяют по уравнению (Б.6) при одностороннем ограничении параметра или (В.7) — при двухстороннем ограничении:

$$\overline{P}_{i_{пр}} = \Phi_н\left[\frac{\overline{\Pi} - \Pi_{пр.д}}{S}\right] \ ; \tag{Б.6}$$

$$\overline{P}_{i_{пр}} = \Phi_н\left[\frac{\Pi_{пр.д_{макс}} - \overline{\Pi}_{пр.д}}{S}\right] + \Phi_н\left[\frac{\Pi_{пр_{макс}} - \overline{\Pi}}{S}\right] - 1 \ ; \tag{Б.7}$$

Б.2 Правила уточнения соотношения (1)

Б.2.1 При выполнении соотношений (Б.1), (Б.2) или (Б.3) соотношение (1) заменяют соотношением

$$P_{н_i} \geq 1 - K\left(1 - P_{mp}\right) \ , \qquad (Б.8)$$

где $K = \dfrac{1 - P_{i_n}}{1 - 0{,}5^{\frac{1}{N_л}}}$ — если используют соотношение (Б.2);

$K = \dfrac{1 - P_{i_{пр}}}{1 - 0{,}5^{\frac{1}{N_л}}}$ — если используют соотношение (Б.3).

Б.3 Пример расчета

Исходные данные

- исследуемый параметр — удельный импульс тяги $R_{уд}$
- номинальное значение $\overline{R}_{уд_д} = 319{,}5$ с;
- предельно допустимые уровни действительных значений:

максимальный $R_{уд_{макс}} = 322$ с ;

минимальный $R_{уд_{мин}} = 317$ с;

- оценка математического ожидания измеренных значений удельного импульса тяги $\overline{R}_{уд} = 317{,}4$ с ;
- количество измерений $n = 30$, в том числе

менее 317 с — $m_{i_л} = 12$;

более 322 с — $m_{i_л} = 0$;

- оценка среднеквадратического рассеивания измеренных величин $S = 0{,}45$;
- среднеквадратическая погрешность случайной составляющей погрешности измерений $S_{и.сл} = 0{,}55$;
- предельная систематическая погрешность $\Delta_{и.с} = 0{,}31$ с ;
- количество летных испытаний $N_л = 20$;
- отказов из-за недостаточности удельного импульса тяги не было;
- требуемая вероятность пребывания действительных значений удельного импульса тяги в интервале установленных ТЗ предельно допустимых значений $P_{i_{mp}} = 0{,}992$;
- доверительная вероятность, принятая для оценки надежности $\gamma = 0{,}9$;
- необходимость и возможность уточнения соотношения (1) для оценки возможности назначения предельно допустимых значений $\overline{R}_{уд}$ с помощью уравнения (2);
- при необходимости численный вид соотношения (Б.8);
- возможность применения уравнения (2) при полученном соотношении (Б.8).

Решение

Для оценки необходимости уточнения соотношения (1) нужно оценить значение $P_{н_i}$ в соответствии с уравнением (А.2).

При изложенных исходных данных $P_{н_i} = 0{,}97$.

Следовательно, соотношение (1) ($P_{н_i} \geq 0{,}992$) в данном случае не выполняется.

Для оценки возможности уточнения соотношения (1) нужно оценить выполнение соотношений (Б.1) и (Б.2).

Соотношение (Б.1) выполняется, так как отказов при летных испытаниях не было и согласно (Б.4) $P_{i_л} = 1$.

Для оценки выполнения соотношения (Б.2) с помощью уравнения (Б.5) вычисляют значение $\overline{P}_{i_n}$.

$$\overline{P}_{i_n} = \frac{30 - 12}{30} = 0{,}6 \ ;$$

$$\overline{P}_{i_n}^{N_л} \leq 1 - \gamma = 0{,}1 \ .$$

Таким образом, соотношение (Б.2) также выполняется, что в конечном счете позволяет при решении вопроса о способе назначения предельно допустимых значений руководствоваться соотношением (Б.8).

Значение K определяют по соотношению

$$K = \frac{1 - P_{i_n}}{1 - 0{,}5^{\frac{1}{N_л}}} = \frac{1 - 0{,}6}{1 - 0{,}5^{\frac{1}{20}}} = 11{,}4 \ .$$

Соотношение (Б.8) может быть записано в виде

$$P_{н_i} \geq 1 - 11{,}4(1 - 0{,}992) = 0{,}9 \ .$$

Так как $P_{н_i} = 0{,}97$, соотношение (Б.8) выполняется и назначение предельно допустимых значений можно проводить с помощью формулы (8).

Приложение В
(справочное)

Примеры оценки возможности применения формулы (8) для определения предельно допустимых значений выходных параметров с учетом погрешностей измерений

В.1 Пример 1

Определяют:

- предельно допустимые значения удельного импульса тяги с учетом погрешностей измерений, если выполняется соотношение (1);
- интервал оценок математических ожиданий измеренных значений удельного импульса тяги, при которых для назначения предельно допустимых значений правомерно применение формулы (8).

Исходные данные:

- исследуемый параметр: удельный импульс тяги — $R_{уд}$;
- требуемая вероятность пребывания действительных значений удельного импульса тяги в интервале установленных ТЗ предельно допустимых значений — P_{mp_i};
- предельно допустимые действительные значения удельного импульса тяги:

максимальное — $R_{уд_{д\,макс}} = 322$ с;

минимальное — $R_{уд_{д\,мин}} = 317$ с;

номинальное — $\overline{R}_{уд_д} = 319{,}5$ с;

- оценка среднеквадратического отклонения удельного импульса тяги — $S_{R_{уд}} = 0{,}49$;
- среднеквадратическое значение случайной составляющей погрешности измерений — $S_{и.сл} = 0{,}42$;
- предельное значение систематической составляющей погрешности измерений — $\Delta_{и.с} = 0{,}36$;
- доверительная вероятность, принятая для оценки надежности — $\gamma = 0{,}9$;
- количество измерений $n_и = 27$.

Решение

В.1.1 Определение предельно допустимых значений удельного импульса тяги

Так как по условию соотношение (1) выполняется, предельно допустимые значения удельного импульса тяги в данном случае определяют по формуле (8).

Приняв указанные обозначения и определив предельное значение случайной составляющей погрешности измерений $\Delta_{и.с}$ по принятой в практике формуле $\Delta_{и.с}=3S$ уравнение (2) можно представить в виде

$$R_{уд_{пр.д}} = R_{уд_д} \pm \sqrt{\left(R_{уд_{д\,макс}} - R_{уд}\right)^2 + 9S^2_{и.с}} \pm \overline{\Delta}_{и.с}$$

или

$$R_{уд_{макс}} = R_{уд_д} + \Delta_{и.с} + \sqrt{\left(R_{уд_{д\,макс}} - \overline{R}_{уд_д}\right)^2 + 9S^2_{и.с}}\ ;$$

$$R_{уд_{мин}} = R_{уд_д} - \Delta_{и.с} + \sqrt{\left(R_{уд_{д\,мин}} - \overline{R}_{уд_д}\right)^2 + 9S^2_{и.с}}\ ,$$

где $R_{уд_{макс}}$ и $R_{уд_{мин}}$ — соответственно максимальное и минимальное предельно допустимые измеренные значения удельного импульса тяги.

При указанных значениях составляющих правых частей уравнений

$R_{уд_{макс}} = 322{,}7$ с;

$R_{уд_{мин}} = 316{,}3$ с.

В.1.2 Определение интервала оценок математических ожиданий измеренных значений удельного импульса тяги, при которых правомерно применение формулы (8) для определения предельно допустимых значений измеренных величин

В данном случае определяют, при каких значениях оценки математического ожидания удельного импульса тяги правомерно применение формулы (8) для контроля указанных предельно допустимых значений удельного импульса тяги (322,7 с и 316,3 с).

Для решения необходимо определить, при каких значениях оценки математического ожидания удельного импульса тяги будет выполняться соотношение (1).

При указанном значении $P_{mp_i}=0{,}992$ соотношение (1) может быть записано в виде $P_{н_i}\geq 0{,}992$.

Значение $P_{н_i}$ в данном случае определяют с помощью уравнения (3), поскольку предельно допустимые значения исследуемого параметра ограничивают его максимальный и минимальный уровни. С учетом принятых обозначений уравнение (3) может быть записано в виде

$$P_{нi}=\Phi_н\left[\frac{R_{уд_{д\,макс}}-\overline{R}_{уд}}{S_{R_{уд}}\sqrt{1-K^2_{исл}+\sqrt{(A^2-1)+\overline{\Delta}^4_{ис}}}}\right]+\Phi_н\left[\frac{\overline{R}_{уд}-R_{уд\,д_{мин}}}{S_{R_{уд}}\sqrt{1-K^2_{ис}+\sqrt{(A^2-1)^2+\overline{\Delta}^4_{ис}}}}\right]-1.$$

При изложенных исходных данных

$$A=1{,}243;$$

$$K_{исл}=\frac{S_{исл}}{S}=\frac{0{,}42}{0{,}49}=0{,}857;$$

$$\overline{\Delta}_{ис}=\frac{\Delta_{ис}}{S_{R_{уд}}}=\frac{0{,}36}{0{,}49}=0{,}73.$$

Значение $\overline{R}_{уд}$ с учетом соотношения (1) определяют из уравнения

$$0{,}992=\Phi_н\left[\frac{322-\overline{R}_{уд}}{0{,}5}\right]+\Phi_н\left[\frac{\overline{R}_{уд}-31}{0{,}5}\right]-1.$$

Зависимость $P_{н_i}$ от значения $\overline{R}_{уд}$ приведена на рисунке В.1.

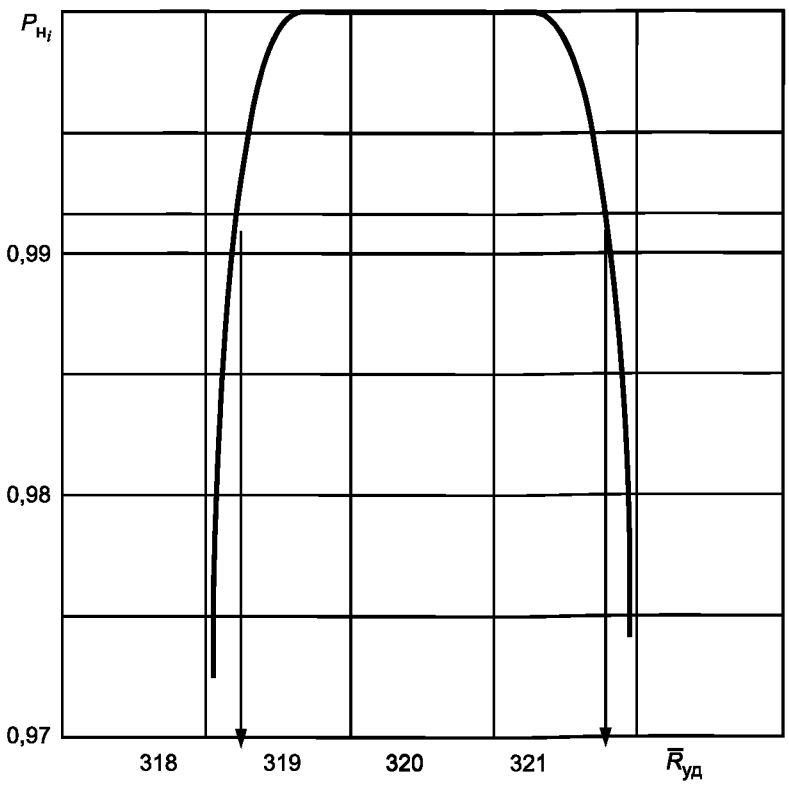

Рисунок В.1 — Зависимость $P_{н_i}$ от $\overline{R}_{уд}$

Соотношению (1) удовлетворяют значения $\overline{R}_{уд}$, при которых $P_{н_i} \geq 0{,}992$. Из рисунка В.1 видно, что это условие удовлетворяется при значениях оценки математического ожидания $\overline{R}_{уд}$, находящихся в пределах

$$318{,}3 \leq \overline{R}_{уд} \leq 320{,}6 .$$

При принятых исходных данных только при этих значениях $\overline{R}_{уд}$ правомерно использовать формулу (8) для назначения предельно допустимых значений удельного импульса тяги, т.е. в качестве предельно допустимых значений отдельных измерений можно принимать $\overline{R}_{уд_{макс}} = 322{,}7$ с и $\overline{R}_{уд_{мин}} = 318{,}3$ с .

При $\overline{R}_{уд} < 318{,}3$ формулу (8) не используют, так как соотношение (1) не будет выполняться из-за высокой вероятности появления действительных значений удельного импульса тяги ниже допустимого минимума (317 с).

При $\overline{R}_{уд} < 320{,}6$ неприемлемо высока вероятность выхода действительных значений удельного импульса тяги за допустимый предел (322 с).

Указанные ограничения оценки математического ожидания удельного импульса тяги правомерны лишь для принятых в данном примере исходных данных, в частности, оценок погрешностей измерений.

В.2 Пример 2

Определяют:

- значение $K_{и_{сл}}$, при котором для определения предельно допустимых значений удельного импульса тяги правомерно применение формулы (8);
- предельно допустимые значения удельного импульса тяги для рассматриваемого случая.

Исходные данные:

- $P_{mp_i} = 0{,}992$;
- $R_{уд_{макс}} = 322$ с;
- $R_{уд_{мин}} = 317$ с;
- $\overline{R}_{уд_д} = 319{,}5$ с;
- $\overline{\Delta}_{и_с} = 0{,}73$;
- $\overline{R}_{уд} = 317{,}6$ с;
- $SR_{уд} = 0{,}49$;
- $n_u = 27$.

Решение

В.2.1 Определение $K_{и_{сл}}$

Условие, при котором выполняется соотношение (1) при исходных данных данного примера, может быть записано в виде:

$$0{,}992 \geq \Phi_н \left[\frac{4{,}4}{0{,}49\sqrt{1 - K^2_{и_{сл}} + 0{,}767}} \right] + \Phi_н \left[\frac{0{,}6}{0{,}49\sqrt{1 - K^2_{и_{сл}} + 0{,}767}} \right] - 1 .$$

Зависимость правой части представленного уравнения $(P_{н_i})$ от значения $K_{и_{сл}}$ представлена на рисунке В.2.

Соотношению (1) удовлетворяют значения $K_{и_{сл}}$, при котором $P_{н_i} \geq 0{,}992$. В данном случае это $K^2_{и_{сл}} \geq 1{,}5$. Это редкая, но возможная ситуация, когда наблюдается дисперсия измеренных значений меньше дисперсии случайной составляющей погрешности измерений. Подобное возможно как результат ограниченности статистики.

Применение формулы (8) для определения предельно допустимых значений исследуемых параметров в этих случаях оправдано.

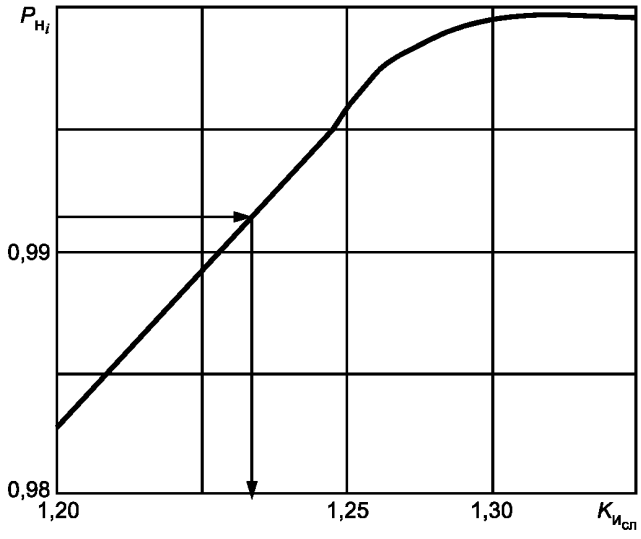

Рисунок В.2 — Зависимость P_{Hi} от $K_{Исл}$

В.2.2 Определение предельно допустимых значений удельного импульса тяги

Принимая $\Delta_{Исл} = 3S_{Исл}$ и учитывая, что $S_{Исл} = K_{Исл} \cdot S_{R_{уд}}$, с учетом результатов расчетов $K_{Исл}$ можно записать

$$\Delta_{Исл} = 3 \cdot 1{,}23 \cdot 0{,}49.$$

В соответствии с уравнением (8)

$R_{удмакс} = 322{,}9$ с;

$R_{удмин} = 315{,}3$ с.

При одинаковом наблюдаемом рассеивании измеренных величин предпочтительным является тот результат, где доля случайной погрешности измерений большая.

Контроль такой выборки должен быть ослабленным по сравнению с контролем выборки, рассеивание параметров в которой в большей мере обусловлено рассеиванием действительных значений параметра.

УДК 621.454.2:658.562.6:006.354 ОКС 49.050

Ключевые слова: двигатель жидкостный ракетный, предельно допустимое значение выходного параметра, надежность, испытание, доверительная вероятность, погрешность измерений

Редактор *В.М. Романов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *К.Л. Чубанова*

Сдано в набор 24.11.2015. Подписано в печать 12.01.2016. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,30. Тираж 35 экз. Зак. 32.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru