ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАДЗОР РОССИИ
ПО ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
(ГОСАТОМНАДЗОР РОССИИ)

РУКОВОДЯЩИЕ ДОКУМЕНТЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ОЦЕНКЕ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ ГЕРМЕТИЧНОГО ОГРАЖДЕНИЯ БЛОКОВ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ

УТВЕРЖДЕНЫ

Приказом Начальника
Госатомнадзора России
от 10.04.1996 г. № 34

ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ

с 10.04.1996 г.

ГОСАТОМНАДЗОР РОССИИ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ
" 10 " апреля 1996 г.
Регистрационный №188-96

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений. 3
1. Общие положения. 3
2. Требования к объему информации о проведении испытаний, содержащейся в отчетных документах 3
3. Требования к измерительной аппаратуре 4
4. Указания по проведению поверочного расчета значения утечки. 5
5. Критерии оценки достоверности результатов интегральных испытаний системы герметичного ограждения на герметичность 7
Приложение. Порядок расчета среднемассовых параметров 9

Исполнители: В.В.Антошин, А.М Власенко, В.В.Иванов

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АС - атомная станция
АЭС - атомная электрическая станция
ЗЛА - зона локализации аварий
ИИГ - интегральные испытания системы герметичного ограждения на герметичность
ЛСБ - локализующие системы безопасности
НТД - нормативно-технические документы
ПНР - предпусковые наладочные работы
РД - руководящий документ
СГО - система герметичного ограждения

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящий РД содержит указания по методике оценки достоверности результатов интегральных испытаний СГО блоков АС на герметичность, а также критерии, которые следует применять при оценке испытаний, проводимых как в период ПНР, так и в период нормальной эксплуатации блоков АС с любым типом реакторов.

РД разработан на основе требований Общих положений обеспечения безопасности атомных станций (ОПБ-88) ПНАЭ Г-1-011-89, Правил устройства и эксплуатации локализующих систем безопасности атомных станций ПНАЭ Г-10-021-90 (далее Правила ЛСБ), а также на основании опыта проведения ИИГ и полностью соответствует требованиям действующих в атомной энергетике НТД по безопасности.

Настоящий РД дополняет положения Правил ЛСБ и содержит всю необходимую информацию для проведения оценки достоверности результатов ИИГ.

Положения настоящего РД обязательны при проведении оценки результатов ИИГ инспекторами Госатомнадзора России и экспертами, выполняющими анализ результатов этих испытаний по заданию управления Госатомнадзора России.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ОБЪЕМУ ИНФОРМАЦИИ О ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ, СОДЕРЖАЩЕЙСЯ В ОТЧЕТНЫХ ДОКУМЕНТАХ

2.1. Оценка достоверности ИИГ блоков АС на герметичность должна проводиться на основе информации о проведении испытаний, содержащейся в отчетных документах и приложениях к ним, оформленных в установленном порядке и утвержденных главным инженером АЭС.

2.2. Необходимо убедиться в том, что отчетные документы содержат:

2.2.1. Сведения о рабочей программе интегральных испытаний (когда, кем и на основании какого документа она была разработана; соответствует ли требованиям действующих НТД; если есть отступления от этих требований, то какие; с кем и когда они согласованы).

2.2.2. Данные о среднем значении испытательного абсолютного (избыточного) давления и/или разрежения.

2.2.3. Данные о критериях ИИГ во время ПНР и во время эксплуатации.

2.2.4. Сведения о способе закрытия изолирующей арматуры (по имитации аварийного сигнала, с местного щита управления, вручную, какая арматура доуплотнялась и почему, оценка возмож-ности получения реального значения утечки после доуплотнения отдельной арматуры и т.д.).

2.2.5. Данные о классе точности первичных и вторичных приборов, пределе их измерения, количестве и типе используемых приборов.

2.2.6. Данные о периоде и критерии стабилизации параметров.

2.2.7. Протокол измерения параметров во время испытаний, а также таблица с вычисленными среднемассовыми значениями параметров.

2.2.8. Формулы, используемые для определения среднемассовых значений температуры и влажности.

2.2.9. Таблицы с разбиением помещений ЗЛА на отдельные объемы (с указанием их значений и номеров), в которых при испытаниях устанавливаются первичные преобразователи температуры и влажности (с указанием их номеров).

Вместо отдельной таблицы может быть приведена схема разбиения помещений из рабочей программы.*

2.2.10. Результат расчета методической ошибки, возникающей из-за отсутствия измерений каких-либо параметров, если такие измерения во время ИИГ не проводились.

2.2.11. Доказательства допустимости использования среднеобъемных или среднеарифметических значений параметров для расчета значения утечки, если эти значения приведены вместо среднемассовых.

2.2.12. Ссылки на действующие НТД, касающегося используемого алгоритма расчета значения утечки и погрешности его определения или описание собственного алгоритма расчета с обоснованием возможности его применения.

2.2.13. Ведомость обнаруженных дефектов и сведения об их устранении и последующей проверке.

2.2.14. Сведения о результатах проводившихся ранее испытаний расчетным разрежением (проводились или нет и результат).

2.2.15. Данные анализа среды, подаваемой в СГО, на наличие механических примесей, горюче-смазочных веществ, а также значение относительной влажности воздуха.

2.2.16. Сведения о технологических ограничениях, содержащихся в рабочей программе в ходе проведения ИИГ (разрежение, давление, скорость подъема, выравнивания и сброса давления).

3. ТРЕБОВАНИЯ К ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЕ

3.1. При анализе сведений, приводимых в отчетном документе на основании требований п.2.2.5 настоящего РД, необходимо убедиться в проведении измерений на аппаратуре соответствующих класса точности и диапазона измерения.

3.2. Применяемые при испытаниях датчики для измерения давления вне зависимости от ожидаемого значения утечки должны отвечать следующим требованиям:

- по диапазону измерения давления - 0÷1,15Р, где Р - значение испытательного давления;
- по диапазону измерения разрежения - 0÷0,06 МПа;
- по классу точности - не ниже 0,15.

Приборы для измерения барометрического давления должны отвечать следующим требованиям:

- по диапазону измерения - 0,09÷0,110 МПа;
- по классу точности - 0,02.

Допускается использование в качестве значений барометрического давления данных местной метеостанции.

3.3. Датчики для измерения температур внутри СГО должны отвечать следующим требованиям:

- по диапазону измерения - 0÷100 °С;
- по погрешности измерения - не более ±0,2 °С.
- по диапазону измерения - 0,09÷0,110 МПа;
- по классу точности - 0,02.

Допускается использование в качестве значений барометрического давления данных местной метеостанции.

3.4. Применяемые датчики измерения влажности внутри СГО при определении значений утечек должны отвечать следующим требованиям:

- при измерениях точки росы - по п.3.3.

---

* Необходимость разбиения помещений ЗЛА на отдельные объемы вытекает из того, что в формулах для расчета значения утечки применяются среднемассовые значения температуры и влажности. Исполь-зование в формулах среднеарифметических значений параметров может существенно исказить результат, поскольку среднемассовые значения параметров во время ИИГ могут изменяться совсем по другому закону, чем среднеарифметические.

- при измерениях относительной влажности обеспечены:
  - диапазон измерения - 0÷100 %;
  - абсолютная погрешность измерений - не более 3 %.

3.5. Применение другой измерительной аппаратуры должно быть обосновано.

4. УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПОВЕРОЧНОГО РАСЧЕТА ЗНАЧЕНИЯ УТЕЧКИ.

4.1. Поверочный расчет следует проводить на основании приведенного в отчетном документе протокола регистрации значений среднемассовых параметров во время ИИГ (порядок расчета среднемассовых параметров приведен в приложении настоящего РД).

4.2. Для проведения поверочного расчета рекомендуется использовать программу SCONT (для значений утечек до 25 %/сут) или программу SCONT3 (для больших значений утечек).

4.3. При отсутствии этих программ необходимо пользоваться следующими алгоритмами:

4.3.1. Для значений утечек до 25 %/сут:

для каждого момента времени подсчитать значения комплексов:

$$I_1 = \ln\left(\frac{P_1 R_i T_i}{P_i R_1 T_1}\right) \quad (1)$$

где P_1, P_i, T_1, T_i, R_1, R_i - соответственно, абсолютные средние значения давления, среднемассовые значения температуры и среднемассовые значения газовой постоянной смеси. Здесь индекс "1" относится к параметрам в начальный момент времени испытаний $\tau_i = \tau_1$.

i = 2 ÷ n, где n - число наблюдений за изменениями параметров внутри СГО.

Совокупность полученных значений I_i и ξ_i обработать по методу наименьших квадратов для нахождения линейной зависимости:

$$I_1 = a + b\xi_i \quad (2)$$

где ξ_i - приведенное время, ч;

$$\xi_i = \tau_i - \tau_{cp}$$

Значение коэффициентов a и b найти по формулам:

$$a = \frac{\sum(I_i)}{n}; \quad (3)$$

$$b = \frac{\sum(I_i \xi_i)}{\sum(\xi_i)^2} \quad (4)$$

где n - число измерений параметров.

Значение утечки рассчитать по формуле:

$$L = 100(I + \Delta I) \quad (5)$$

где $I = a + (24 - \tau_{ср})b$;

ΔI - погрешность определения комплекса I.

Значение погрешности в определении комплекса I определить по формуле:

$$\Delta I_{сл} = tS_{сл} \quad (6)$$

где

$$S_{сл} = S * \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(\tau_0 - \tau_{cp})^2}{\sum(\xi_i)^2}} \quad (7)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(I_i - a - b * \xi_i)^2}{n-2}} \quad (8)$$

где: $\Delta I_{сл}$ - случайная составляющая погрешности ΔI;

τ_0 - время, для которого определяются доверительные границы, для ИИГ - τ_0=24 ч;

$\tau_{ср}$ - среднее время;

t - коэффициент Стьюдента, значение которого принимается, исходя из числа n, выполненных наблюдений и значения доверительной вероятности а ≥0,95.

Систематическую составляющую погрешности ΔI_c значения утечки рассчитать по формуле:

$$\Delta I_c = \frac{2}{I}\left(\frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta R}{R}\right) \quad (9)$$

где ΔP, ΔT, ΔR - систематические погрешности соответственно давления, температуры и газовой постоянной.

Суммарная погрешность определения комплекса I вычисляется следующим образом:

- если $\Delta I_c/S_{сл} < 0,8$, то следует пренебречь систематической погрешностью по сравнению со случайной составляющей погрешности и принять границу погрешности результата:

$$\Delta I_{сл} = tS_{сл} \quad (10)$$

- если $\Delta I_c/S_{сл} > 8$, то следует пренебречь случайной составляющей погрешности по сравнению с систематической погрешностью и принять, что граница погрешности результата равна ΔIc.
- если $0,8 \le \Delta I_c/S_{сл} \le 8$, то границы погрешности результата следует вычислять по формуле:

$$\Delta I = K_1 S^{\sim} \quad (11)$$

$$S^{\sim} = \sqrt{\frac{\Delta I_c}{3(K_2)^2} + (S_{сл})^2} \quad (12)$$

$$K_1 = \frac{\Delta I_c + \Delta I_{сл}}{S_{сл} + \sqrt{\frac{\Delta I_c}{3(K_2)^2}}} \quad (13)$$

где K_2 - коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью:

при α=0,95 K_2=1,1.

Общее число измерений параметров (n) должно быть не менее 9.

Значения комплекса I, не удовлетворяющие неравенству

$$|I_i - a - b\xi_i| < 2,3S$$

следует исключить из рассмотрения как грубые промахи, после чего раз повторить расчет, используя формулы с (1) по (13). При проведении повторного расчета грубые промахи определять не требуется.

Найденное значение утечки относится к среднему значению абсолютного давления испытаний.

4.3.2. Для значений утечек, превышающих 25 %/сут:

для каждого момента времени определить значение массы воздуха внутри СГО:

$$M_i = \frac{P_i * V}{R_i * T_i} \quad (14)$$

где: V - объем ЗЛА, свободный от оборудования и строительных конструкций.

Значения массы аппроксимировать экспоненциальной зависимостью:

$$Y_i = \ln M_i \quad (15)$$

Определить коэффициенты линейной регрессии a и b (как и в предыдущем случае):

$$a = \frac{\sum(Y_i)}{n} \quad (16)$$

$$b = \frac{\sum(Y_i \xi_i)}{\sum(\xi_i)^2} \quad (17)$$

Рассчитать значение утечки:

$$L_p = 2400b \quad (18)$$

и оформить в виде:

$$L = L_p \pm \Delta L \quad (19)$$

где: L_p - рассчитанное значение утечки;

ΔL - суммарная погрешность определения Lp.

Случайную составляющую погрешности значения утечки $L_{сл}$ рассчитать по формулам:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(I_i - a - b\xi_i)^2}{n-2}} \quad (20)$$

$$S_b = \frac{S}{\sqrt{(\xi_i)^2}} \quad (21)$$

$$U_b = tS_b \quad (22)$$

$$\Delta L_{сл} = 2400tS_b \quad (23)$$

Найти систематическую составляющую погрешности:

$$\Delta L_c = \sqrt{\left(\frac{\partial Y}{\partial P}\right)^2 \Delta P^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial R}\right)^2 \Delta R^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial T}\right)^2 \Delta T^2} \quad (24)$$

Суммарная погрешность в этом случае будет равна:

$$\Delta L = \sqrt{(\Delta L_c)^2 + (\Delta L_{сл})^2} \quad (25)$$

Значения комплекса Y_i, не удовлетворяющие неравенству

$$\left|Y_i - a - b\xi_i\right| < 2{,}3S$$

следует исключить из рассмотрения как грубые промахи, после чего повторить расчет по формулам (14) - (25). В повторном расчете определять грубые промахи не требуется.

Найденное значение утечки относится к среднему значению абсолютного давления испытаний.

5. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ ГЕРМЕТИЧНОГО ОГРАЖДЕНИЯ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ

В качестве критериев оценки результатов ИИГ и состояния СГО следует использовать следующие:

5.1. Наличие проведенных испытаний СГО блока расчетным разрежением хотя бы раз за время эксплуатации.

5.2. Соблюдение указанной в НТД периодичности эксплуатационных испытаний.

5.3. Выполнение условий о стабилизации параметров во время ИИГ внутри ЗЛА:

- для ожидаемых значений утечек до 5 %/сут - изменение среднемассовой температуры в ЗЛА не более 0,025 К/ч.;
- для значений утечек более 5 %/сут - выдержка на испытательном давлении в течение 5÷6 ч.

5.4. Выполнение условия по достоверности результата:

$$\Delta L/L \text{ , } 0,5 \text{ при } \alpha \geq 0,95 \text{ ,}$$

где ΔL - погрешность значения утечки;

L - значение утечки.

5.5. Выполнение условия успешного проведения ИИГ в период ПНР (получение значений утечек на расчетном и пониженном давлениях с нужной достоверностью), причем:

5.5.1. Для испытаний СГО на герметичность во время ПНР при расчетном давлении должно выполняться неравенство

$$(L+\Delta L) \leq L_{пр},$$

где L - значение полученной во время испытаний с нужной достоверностью утечки (см. п.5.4);

$L_{пр}$ - заданное в проекте значение утечки;

ΔL - погрешность определения утечки.

5.5.2. При испытании СГО на герметичность на пониженном давлении во время ПНР при выполнении условия п.5.5.1 должно быть получено значение утечки $L_{кр}$ с нужной достоверностью (см. п.5.4).

5.6. Выполнение неравенства

$$L_к \leq 1,15\ L_{кр}$$

при проведении эксплуатационных ИИГ,

где $L_к=(L+\Delta L)$ - значение утечки, полученное во время эксплуатационных испытаний,

$L_{кр}=(L'_{кр}+\Delta L)$ - сумма значения утечки, полученного при пониженном давлении во время ПНР ($L'_{кр}$), и погрешности его определения (ΔL).

5.7. Наличие в отчетном документе информации, приведенной в разделе 1 настоящего РД.

5.8. Выполнение требований раздела 2 настоящего РД.

5.9. В случае невыполнения какого-либо из условий, приведенных в пп.5.3. - 5.8, результаты испытаний не могут быть признаны достоверными.

Приложение

ПОРЯДОК РАСЧЕТА СРЕДНЕМАССОВЫХ ПАРАМЕТРОВ

1. Расчет среднемассовой температуры:

Среднемассовые значения температуры в ЗЛА T_i для каждого момента времени τ_i необходимо определить как средневзвешенные по измеренным локальным температурам ti и соответствующим им объемам V_j м^3, в которых температура считается одинаковой и равной T_j, К:

$$T_i = \frac{V}{\sum_1^n \frac{V_j}{T_j}} \quad (1)$$

где V - объем ЗЛА, свободный от оборудования и строительных конструкций, м^3:

$$V = \sum_1^n V_j$$

где n - число точек измерения локальных температур.

2. Расчет среднемассовых значений газовой постоянной смеси.

Значение газовой постоянной смеси в V_j должно подсчитываться по одной из нижеприведенных формул (2), (3) и (5).

Если известно влагосодержание воздуха, то R_i определяется по формуле:

$$R_j = (R_в + d_j R_п)\frac{1}{1+d_j} \quad (2)$$

где $R_в$ и $R_п$ - соответственно газовые постоянные воздуха и пара, Дж/(кг*К);

d_j - влагосодержание воздуха в V_j, кг/кг.

Если известна относительная влажность воздуха, то R_j определяется по формуле:

$$R_j = \frac{8314}{28{,}96 - \frac{10{,}94 P_k \varphi}{P_i}} \quad (3)$$

где $P_н$ - давление насыщенных паров при температуре в ЗЛА, Па;

P_i - текущее абсолютное давление в ЗЛА, Па;

φ - относительная влажность воздуха в ЗЛА.

$P_н$ определяется по следующей формуле:

$$P_k = 0{,}0062326075 * EXP\left(17{,}5043\frac{T(i) - 273{,}16}{T(i) - 36{,}96}\right) \quad (4)$$

где T_i - текущее значение температуры воздуха в ЗЛА К.

Размерность значений $P_н$, вычисленных по формуле (4), будет кг/см^2, и для использования в дальнейших расчетах ее необходимо перевести в Па.

Если известна точка росы, то R_i определяется по формуле:

$$R_j = \frac{8314}{28{,}96 - \frac{10{,}94 P_k T_i}{P_i T_{т.р.}}} \quad (5)$$

где $T_{т.р.}$ - температура точки росы, К.

$P_н$ вычисляется по формуле (4).

Среднемассовые значения газовой постоянной определяются по формуле:

$$R_i = \frac{V}{\sum_1^m \frac{V_j}{R_j}} \quad (6)$$

где V - объем ЗЛА, свободный от оборудования и строительных конструкций, $м^3$:

$$V = \sum_{1}^{m} V_j$$

где m - число точек измерения концентрации влаги в смеси.

3. Расчет абсолютного среднего давления.

Абсолютное среднее давление в каждом i-м замере определяется по формуле:

$$P_{ср} = \frac{\sum_{1}^{n} P_j}{n} \qquad (7)$$

где P_j - показание каждого прибора, измеряющего давление в i-ом замере, Па;
n - число приборов.

Директор НТЦ ЯРБ Б.Г.Гордон

gost.e-ecolog.ru