



ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ TECHNICAL SCIENCES



АНАЛИЗ НА НАДЕЖДОСТТА КАТО ЕТАП ОТ УПРАВЛЕНИЕТО НА ТЕХНОГЕННИЯ РИСК ПРИ ТОПЛОТЕХНИЧЕСКИТЕ СИСТЕМИ

доц. д-р Иван Лазаров

Тракийски университет - Стара Загора

1. Въведение

От гледна точка на теорията на надеждността, топлотехническите системи (TTS) представляват съвкупност от съвместно действащи елементи, предназначени за самостоятелно изпълнение на определени функции.

В зависимост от причините за възникване, отказите в TTS могат да бъдат породени от следните групи техногенни рискови фактори [4]:

- *конструктивни* – предизвикани от недостатъци и несъвършенства в конструкцията на TTS;
- *технологични* – предизвикани от несъвършенства или нарушаване на технологичните процеси в TTS;
- *експлоатационни* – предизвикани от неправилна експлоатация на TTS.

Анализът на техногенния (конструктивен, технологичен) риск за безопасността на TTS включва идентифицирането на опасните събития и определянето на елементите на риска R_i за безопасността при работа чрез израза:

$$R_{Ti} = P_{Ti} \cdot F_{Ti} \cdot C_{Ti}$$

където i е поредният номер на текущия техногенен рисков фактор (РФ), влияещ върху безопасността на TTS;

P_{Ti} – вероятността за появата на опасност в работната среда под действие на i -тия

ANALYSIS OF RELIABILITY AS A STAGE OF RISK MANAGEMENT TECHNOGENIC IN HEAT ENGINEERING SYSTEMS

Assoc.prof. Ivan Lazarov, Ph.D.

Thrakia University - Stara Zagora

1. Introduction

From the standpoint of the theory of reliability, heat transfer systems (TTS) are a set of participating members for self-fulfillment of certain functions.

Depending on the causes, failures in TTS can be caused by the following groups technogenic risk factors [4]:

- *structural* - caused by faults and imperfections in the construction of the TTS;
- *technology* - caused by deficiencies or violations of technological processes in TTS;
- *operating* - caused by incorrect use of TTS.

Analysis of technogenic (design, technology) risk to the safety of TTS includes identifying hazardous events and the identification of risk elements R_i safety at work through the expression:

(1)

where i the number of the current technogenic risk factor (RF), affecting the safety of TTS;

P_{Ti} - the probability of occurrence of a hazard in the work environment under

техногенен РФ, влияещ върху безопасността на ТТС (индекс на вероятността);

F_{Ti} - честотата на поява на опасността в работната среда под действие на i -тия техногенен РФ, влияещ върху безопасността на ТТС (индекс на честотата);

C_{Ti} - тежестта на последиците от реализиране на опасността в работната среда под действие на i -тия техногенен РФ, влияещ върху безопасността на ТТС (индекс на тежестта).

В израза (1) вероятността P_{Ti} оказва най-силно влияние върху нивото на техногенния рисков.

2. Анализиране на надеждността на конструктивен елемент от ТТС

На практика, в ТТС един от най-често срещаните конструктивни елементи от тръбопроводната система, транспортираща разнообразни флуиди с различни по стойност топлотехнически параметри, е фланцовото съединение между отделните тръбопроводи и арматура.

За съединяване и фиксиране на двата фланеца един спрямо друг се използват резбови съединения, чиято надеждност зависи главно от разсейването на натоварването, от границата на издръжливост на болтовете, от разсейването на ударната им якост при ниски температури, както и от недостатъчната надеждност на прилаганите средства за застопоряване.

От съществено значение тук е определянето на надеждността по критерия за якост на материала на болтовете при статично и при променливо натоварване, което се свежда до определяне на разсейването на първоначалното затягане на болта и до точното определяне на разсейването на концентрацията на напреженията.

При пресмятанятия като случайни величини се приемат [1,2,3,4]:

- външното натоварване – отчита се, че само χ -та част от натоварването се предава на

the action of the i -th technogenic RF affecting the safety of TTS (index of probability);

F_{Ti} - the frequency of occurrence of the hazard in the work environment under the action of i -th technogenic RF affecting the safety of TTS (index of frequency);

C_{Ti} - the seriousness of the consequences of the implementation of the hazard in the work environment under the action of the i -th technogenic RF affecting the safety of TTS (severity index).

In the expression (1) the likelihood P_{Ti} has the greatest impact on the level of technogenic risk.

2. Analyzing the reliability of frame member TTS

In practice, TTS one of the most common components of the pipeline system, transporting various fluids with different value of heat engineering parameters is flange connection between pipes and fittings.

Connecting and fixing of the two flanges relative to one another are used threaded joints whose reliability depends mainly on the variance of the load, the limit of resistance of the bolts, since the dissipation of the impact of their toughness at low temperatures, and lack of reliability of the means for locking.

Essential here is the determination of the reliability criterion for material strength bolts under static and cyclic loading, which is to determine the dissipation of the initial bolt tightening and precise determination of the variance of the stress concentration.

The calculations as random variables are accepted [1,2,3,4]:

- *external load* - reported that only χ -Part of the load is transmitted to the bolt;

болта; χ се нарича коефициент на основното натоварване и се определя чрез отношението:

$$\chi = \frac{\lambda_b}{\lambda_b + \lambda_f}, \quad (2)$$

където λ_b е податливостта на болта;

λ_f - податливостта на фланеца;

$\chi = 0,2 - 0,3$ – при достатъчна сила на затягане на болтовете и материал на фланеца стомана или чугун.

- силата на началното затягане на болтовете - с увеличаването ѝ нараства надеждността на работа на резбовото съединение (респ. на фланцовото съединение) поради повишаване на здравината (респ. херметичността) на сглобката и значително намалява частта на променливото натоварване, прилагано към болта; необходимата сила на затягане на болтовете се определя индиректно чрез измерване на: удължението на болта (с разсейване на стойността $\pm 3\text{-}5\%$ и коефициент на вариация 0,02), на ъгъла на завъртане на гайката (с разсейване на стойността $\pm 15\%$ и коефициент на вариация 0,05), както и чрез усукващия момент при затягане на гайката (с разсейване на стойността $\pm 25\text{-}30\%$ и коефициент на вариация 0,09);

- границата на издръжливост на материала на болтовете;

- ефективния коефициент на концентрация на напреженията - във връзка с дисперсията на радиуса на закръгление на резбата на болтовете; определя се експериментално или чрез теоретичния коефициент на концентрация на напреженията α по формулата:

$$\alpha = 1 + 1,1 \sqrt{P/R}, \quad (3)$$

където P е стъпката на резбата на болта на болта;

R - радиусът на закръгление при впадините на резбата на болта.

Средната стойност на α се определя по формулата:

χ is called the coefficient of base load and is defined by the relationship:

where λ_b the susceptibility of the bolt;

λ_f - Susceptibility of the flange;

$\chi = 0,2 - 0,3$ - with sufficient force to tighten the bolts and flange material of steel or cast iron.

- Under the initial tightening, increases its increased reliability of operation of the threaded connection (or flange connection) due to increase in strength (or tightness) of the assembly and significantly reduces the proportion of variable load applied to the bolt , the force required tightening is determined indirectly by the measurement of: the elongation of the bolt (scattering value $\pm 3\text{-}5\%$ and a coefficient of variation of 0.02), the angle of rotation of the nut (scattering value $\pm 15\%$, and ratio of variation 0.05) and by the torque in tightening the nut (scattering value $\pm 25\text{-}30\%$ and a coefficient of variation of 0.09);

- endurance limit of the material of the bolts;

- effective concentration factor of the stresses - in relation to the dispersion of the radius of curvature of the thread of the bolt, be determined experimentally or by theoretical concentration factor of the stresses by the formula:

where P is the thread pitch of the screw of the bolt;

R - radius of curvature in a depression of the thread of the bolt.

The average value of α is determined by the formula:

$$\bar{\alpha} = 1 + 1,1 \sqrt{\frac{2P}{R_{\max} + R_{\min}}}, \quad (4)$$

а вариацията на коефициента на концентрация на напреженията е:

$$v_{\alpha} = \frac{1}{6\bar{\alpha}} (\alpha_{\max} - \alpha_{\min}) = \frac{1}{6\bar{\alpha}} \cdot 1,1 \left(\sqrt{\frac{P}{R_{\min}}} - \sqrt{\frac{P}{R_{\max}}} \right) \quad (5)$$

3. Вероятностна оценка за безотказна работа на конструктивен елемент от ТТС

Като резултат от анализа на надеждността на фланцовото съединение чрез винтова връзка следва да се извърши вероятностно пресмятане на работоспособността и на надеждността на болтовото съединение, което се свежда до оценка на вероятността P за безотказна работа на съединението:

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4,$$

където P_1 е вероятността за безотказна работа по критерия за неотваряне (неразхерметизиране) на сглобката на фланеца - определя се таблично в зависимост от квантила

$$u_{P1} = - \frac{\bar{n}_1 - 1}{\sqrt{\bar{n}_1^2 v_{3AT}^2 + v_F^2}}, \quad (7)$$

където \bar{n}_1 е коефициент на запаса за неотваряне (неразхерметизиране) на сглобката на фланеца при средно натоварване.

P_2 е вероятността за безотказна работа по критерия за неизместване на сглобката на единично болтово съединение, натоварено с изместваща сила F ; определя се чрез квантила:

$$u_{P2} = - \frac{\bar{n}_2 - 1}{\sqrt{\bar{n}_2^2 v_{lim}^2 + v_F^2}}, \quad (8)$$

където коефициентът на неизместване на сглобката на единично болтово съединение по средно натоварване е

and variation of the concentration ratio of the voltages is:

3. Probabilistic assessment for reliable operation of the construction element of the TTS

As a result of the analysis of the reliability of the flange connection via screw connection should be made probabilistically calculate the efficiency and reliability of bolting, which is an assessment of the probability P for reliable operation of the compound:

$$(6)$$

where P_1 is the probability of reliable operation criterion for unopened (does not depressurize) the assembly of the flange - determined tabulated according to the quartile

where \bar{n}_1 the ratio of the stock of unopened (does not depressurize) the assembly of the flange at an average load.

P_2 is the probability-to-failure criterion for unbiased assembly of single bolting loaded with a biasing force F ; determined by quartile:

where the ratio of unbiased single assembly bolting an average load

$$\bar{n}_2 = \frac{\bar{f} \cdot \bar{F}_{3AT}}{\beta_c \cdot \bar{F}}, \quad (9)$$

P_3 е вероятността за безотказна работа по критерия за статична якост; определя се чрез квантила:

$$u_{P3} = -\frac{\bar{n}_3 - 1}{\sqrt{\bar{n}_3^2 v_\sigma^2 + v_{PAC}^2}}, \quad (10)$$

където коефициентът на запаса на якост по средни напрежения е:

$$\bar{n}_3 = \frac{\bar{\sigma}_t}{\bar{\sigma}_{PAC}} = \frac{4d_p^2 \bar{\sigma}_t}{4(k \cdot \bar{F}_{3AT} + \chi \bar{F})} \quad (11)$$

P_4 е вероятността за безотказна работа по критерия за съпротивление на умора.

Средната стойност за действащото напрежение на умора се определя по формулата:

$$\bar{\sigma}_\alpha = \frac{4}{\pi d_p^2} \left[0,5 \cdot \chi \cdot \bar{F} + \frac{\phi}{k_\sigma} (\bar{F}_{3AT} + 0,5 \chi \cdot \bar{F}) \right] \quad (12)$$

Вероятността P_4 за безотказна работа по критерия за съпротивление на умора се определя в зависимост от квантила на нормираното нормално разпределение:

$$u_{P4} = -\frac{\bar{n}_1 - 1}{\sqrt{\bar{n}_2^2 v_{-1\alpha}^2 + v_\alpha^2}} \quad (13)$$

Чрез вероятността P за безотказна работа на съединението се определя вероятността за отказ на фланцовото съединение P_Φ , вследствие на който е възможно възникване на аварийна ситуация в ТТС:

$$P_\Phi = 1 - P \quad (14)$$

Така получената вероятност P_Φ по същество представлява вероятността P_{II} от израза (1) за появя на опасност в работната среда под действие на i -тия техногенен P_Φ , влияещ върху безопасността на ТТС.

P_3 is the probability-to-failure criterion for static strength, determined by quartile:

where the ratio of the stock of strength at average voltages is:

P_4 is the probability-to-failure criterion for fatigue resistance.

The average for the current tension fatigue is defined as: is the probability-to-failure criterion for fatigue resistance.

Probability P_4 -to-failure criterion for fatigue resistance is determined by the quartile of the normalized normal distribution:

By the probability P for reliable operation of the compound the probability of failure of P_Φ flange connection, resulting in the possible event of an emergency in the TTS:

The resulting probability P_Φ essentially represents the probability P_{II} of the expression (1) of hazards in the work environment under the action of i -th technogenic P_Φ affecting the safety of TTS.

4. Изводи

С настоящия труд авторът приема, че:

- Анализирането на надеждността на всеки от елементите на топлотехническа система може да се приеме като етап от анализа на техногенния риск за безопасността на тази система;
- Оценката на техногенния риск за безопасността в топлотехническата система може да се постигне чрез вероятностно оценяване на безотказната работа на конструктивните елементи и подбиране на подходящите за това критерии.

Литература

1. Биргер, И.А., Г.Б.Иосилевич. (1973) Резьбовые соединения. Москва, "Машиностроение".
2. Болотин, В.В. (1982) Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. Москва, "Машиностроение".
3. Иосилевич, Г.В. (1981) Концентрация напряжений и деформаций в деталях машин. Москва, "Машиностроение".
4. Решетов, Д.Н., А.С.Иванов, В.З.Фадеев (1988) Надежность машин. Москва, "Высшая школа".

За контакти:

- доц. д-р инж. Иван Стефанов Лазаров, GSM: 0878-115-586; e-mail: isl51@abv.bg; Факултет „Техника и технологии“ – Ямбол при Тракийски университет – Стара Загора, 8600, гр. Ямбол, п.к. 110, ул. „Граф Игнатиев“ № 38.

4. Conclusions

In this work the author assumes that:

- The analysis of the reliability of each of the elements of the heat system may be regarded as a stage of the analysis of the technogenic risk for the safety of this system;
- Assessment of technogenic safety risk in heat engineering systems can be achieved by probabilistic assessment of trouble-free its constructive elements and selection of suitable criteria.

Literature

1. Birger, I.A., G.B.Iosilevich. (1973) Threaded connections. Moscow, "Mechanical engineering".
2. Bolotin, V.V. (1982) Methods of probability theory and the theory of reliability analysis of structures. Moscow, "Mechanical engineering".
3. Iosilevich, G.V. (1981) Concentration of stresses and strains in machine parts. Moscow, "Mechanical engineering".
4. Reshetov, D.N., A.S.Ivanov, V.Z.Fadeev (1988) Reliability of Machines. Moscow, "High school".

Contact:

- Assoc.prof. Ivan Lazarov, Ph.D., GSM: 0878-115-586; e-mail: isl51@abv.bg; Faculty "Engineering" – Yambol, Trakia University in Stara Zagora 8600 Yambol, "Graf Ignatiev" № 38, PO Box 110.