

ПРОГНОЗИРАНЕ РЕСУРСА НА СЪОРЪЖЕНИЯ, РАБОТЕЩИ ПОД НАЛЯГАНЕ

Иван Ганчев
iganchev33@gmail.com

Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”,
София 1574, ул. „Гео Милев” № 158
БЪЛГАРИЯ

Резюме: В доклада са представени специфичните особености при извършване прогнозиране на ресурса на съоръженията под налягане. Показани са специфичните характеристики и етапи на прогнозиране на определените дейности при този тип съоръжения, разгледани като обобщена структура, като са изключени металните тръбопроводи за водна пара и металните тръбопроводи за гореща вода. Представени са възможностите за оценка и прогнозиране на ресурса на съоръженията под налягане, посредством използване на вероятностен модел за прогнозиране на ресурса на етапа на проектиране на съоръжението под налягане и модела за прогнозиране ресурса на съоръжение под налягане на етап експлоатация на самото съоръжение, като са посочени основните направления за събиране на информация при реализиране на процеса по прогнозирането на ресурса на етап експлоатация. Показани са зависимостите на вероятностната наситеност, като са разгледани два технически са напълно еквивалентни възможни сценария. Дефинирани са взаимовръзките между различните случайни събития, възникващи по време на експлоатацията на съоръженията под налягане и тяхното въздействие върху ресурса му, като възможност за определяне на прогноза с висока степен на достоверност, реализирана на базата на оценка вероятностната плътност за възникване на случайни величини.

Ключови думи: котли, съдове под налягане, оценка на риска, прогнозиране на ресурса

1. ВЪВЕДЕНИЕ

По смисъла на действащата в Република България нормативна уредба, съоръженията под налягане са стационарно монтирани:

- метални съдове за съгъстени, втечнени или разтворени под налягане газове, пари или течности, при които налягането на парите при максималната допустима температура е по-голямо от 0,05 МРа над нормалното атмосферно налягане и на които производението от обема в литри и налягането в мегапаскали е по-голямо от числото 100;

- парни котли с топлинна мощност над 116,3 kW;

- водогрейни котли с топлинна мощност над 116,3 kW;

- водогрейни котли с топлинна мощност над 116,3 kW за производство на гореща вода с температура до 110°C включително;

- метални тръбопроводи за транспортиране на водна пара с налягане над 0,6 МРа и на които производението от максималното допустимо налягане в мегапаскали и номиналния диаметър в милиметри е по-голямо от числото 100;

- метални тръбопроводи за транспортиране на гореща вода с температура над 110°C и на които производението от максималното допустимо налягане в мегапаскали и номиналния диаметър в милиметри е по-голямо от числото 100 [1].

В настоящата публикация е отделено приоритетно внимание на съдовете, работещи под налягане и на парните и водогрейни котли. В този смисъл съоръженията под налягане

представяват херметично изолирани, затворени и самостоятелно работещи агрегати, използвани във множество сегменти на промишлеността и индустрията, най-често за пренасяне или съхранение на течности, газове или технологични флуиди. Те се експлоатират, като работният флуид, който съхраняват или пренасят е под налягане, т.е. тези съоръжения работят под вътрешно налягане, различно от това на околната среда, в която са стационарно разположени.

Целта на прогнозирането е да се определи продължителността на пълния експлоатационен ресурс и междуремонтните периоди, като се установи зависимостта на тези показатели от изходните (първоначалните) параметри и в резултат на това да се определени най-оптималното съотношение между очакваните ресурсни резултати и регулациите, въведени от нормативната база. За постигане на тази цел е от съществено значение изследването на различните методи за управление на ресурса, включващи етапите на проектиране и експлоатационно натоварване на съоръженията, работещи под налягане.

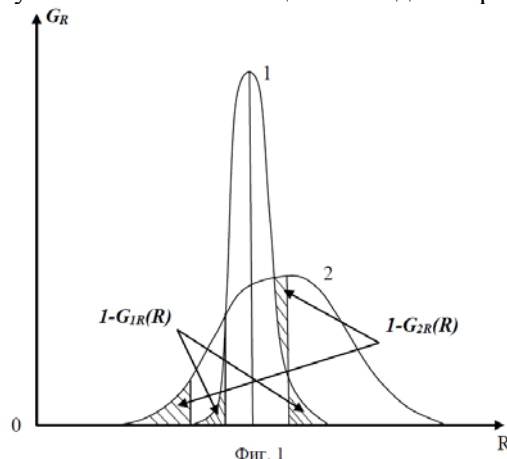
2. ПРОГНОЗИРАНЕ НА РЕСУРСА

2.1 Вероятностен модел за прогнозиране на ресурса на етап на проектиране на съоръжението под налягане

Изграждането на вероятностен модел предполага наличието на значителен обем от предварително събрана информация. Тази информация, обикновено се събира по статистически способ, което обуславя и известна ограниченост и недостатъчна обхватност. Тази ограниченост е в резултат на множеството изисквания и компоненти, които трябва да бъдат взети под внимание, включително изисквания към използваните материали, разходите за труд, време за проектиране, време за производство, допълнителни изисквания за надеждност и безопасност и др. В резултат на това, като най-приемлив вариант се явява изграждането на вероятностно-статистически модел, който допуска при наличие на недостатъчно изчерпателна начална информация да бъде съставен прогностичен модел, осигуряващ достатъчна степен на достоверност на прогнозирания ресурс на съоръженията под налягане, тъй като при него е възможно, чрез проследяване изменението на зададените минимални и максимални стойности на параметрите на наблюдавани основни, елементи, възли и агрегати от съоръжението под налягане да се предположи, че в тези граници на изменение, промяната на параметрите е разпределена равномерно.

Тъй като прогнозируемия ресурс R представлява случайна величина, за нея можем да изчислим функцията $F_R(R)$ и вероятностната наситеност $G_R(R)$. Проблемът, който може да възникне при този подход е във взаимното съгласуване на отделните показатели при прилагане на някои от законите за вероятностите и детерминистичните присвоявания.

Математическото очакване на ресурса $H(R)$, разглеждано, като самостоятелно събитие не може да даде достатъчно основателен резултат за да бъде разглеждано, като определяща характеристика на дълготрайността. За повишаване на точността на прогнозирането и определяне разпределението на използваните случайни величини е необходимо да се използва дисперсията на ресурсите $V(R)$. Важно е да се отбележи, че увеличението на средния ресурс не винаги означава, че ще бъде увеличена експлоатационната дълготрайност [2].



На фиг.1 са показани зависимостите на вероятностната наситеност G_R при два възможни сценария, които технически са напълно еквивалентни. При първия сценарий (1) дисперсията на ресурса е определено по-малка от тази във втория сценарий (2), в резултат на това може да се определи, че при достатъчно високи стойности на G_R групирани в зоната ограничена от (1) този сценарий е по-добър по отношение на ресурсната обезпеченост, въпреки че след определяне на математическото очакване на ресурса при този сценарий получените стойности ще са по-ниски от колкото при сценарий (2).

Функцията на разпределение на гарантирания ресурс R_g на съоръжението под налягане е

$$R_g(R) = 1 - G_R(R)$$

Важно условие при проектирането на този тип съоръжения е определянето на срок за осигурената безаварийна експлоатация, което всъщност е определяне на гарантирания му ресурс R_g . Изпълнението на това условие води до допълнително усложняване при осигуряване на коректни прогнозни стойности. Ако разпределението на физико-механичните параметри на материалите, възлите и агрегатите, определящи съпротивлението на системата срещу навлизане в пределно състояние, в областта на минимума имат положителни стойности, а пълното разпределение на параметрите е ограничено от максимума, следва че разпределението на ресурсите е ограничено отдолу (от минимума). Ако едно от тези условия бъде нарушено може да се очаква, че стойностите на R_g ще бъдат разпределени в положителната зона.

Много често в практиката, клиентите искат да получат съоръжение под налягане с гарантиран експлоатационен ресурс, което да е с възможно най-ниска цена. В тези случаи те не обръщат внимание на резултатите от приложеният вероятностно-статистически подход за определяне на експлоатационният ресурс, според който има възможност за възникване на конфликт между използваните материали и условията на експлоатация, който може да провокира намаляване на ресурса на съоръжението. В такива случаи, за постигане на коректни резултати, гарантирания ресурс R_g може да бъде описан със стойност близка до единица [3].

2.2 Прогнозиране на ресурса на етап експлоатация на съоръжението под налягане

Прогнозирането на ресурса на този етап е свързано с набиране на информация, която да дава достатъчно данни за извършване на коректни анализи и генериране на прогнози с висока степен на достоверност. Този процес може да бъде систематизиран в три основни направления:

А) Събиране на данни от проследяване на възникващите в процеса на експлоатация, дефекти

При този процес е необходимо да се извършва непрекъснато наблюдение. Наблюдението може да бъде непрекъснато или дискретно. За търсене и установяване на дефекти е необходимо да се инсталират вътрешни (вградени в самото съоръжение) и външни измервателни прибори и датчици, които да могат да генерират данни към съответни устройства за тяхното обобщаване и анализиране. При спазване на изискванията за коректност на събираните данни, може да се очаква достатъчна степен на достоверност при прогнозиране ресурса на съоръжението под налягане.

Б) Събиране на данни за поведението на съоръжението в процеса на нормалната му експлоатация при различни експлоатационни условия и форми на взаимодействието му с околната среда

Получената в това направление информация има характер на косвени данни и е по-ограничена, като обхватност. Например, при осъществяване на безразрушителен контрол на неразглобяемите съединения или при проверка за пукнатини в корпусната структура не може да се обхванат всички критични места и зони. В тази връзка, за да се изгради достатъчно коректен модел за прогнозиране на ресурса е необходимо да осигури допълнителен източник на информация. Като такъв могат да служат регистрираните и събрани данни за възникнали повреди в конструкцията, в отделни агрегати, елементи, конкретни места или зони. По този начин, чрез историческо натрупване на статистически данни ще е възможно да се установи всяко едно отклонение от нормалното функционално състояние на съоръжението под налягане по време на неговата експлоатация. В резултата на анализ на събраните по това направление данни може да съставят съответни алгоритми или да се приложат определени софтуерни решения, които на база на натрупаните данни да могат да генерират прогностични очаквания. Рисковете от събиране на неточна информация в това направление са свързани с небрежно

и/или некомпетентно отношение на ангажирания с набирането на съответните данни и информация персонал, както и недостатъчен контрол, относно поддържането на измервателното оборудване, ако има инсталирано такова, в адекватно работно състояние.

В) Събиране на пълен обем информация за материали, елементи, агрегати, якостни и други характеристики, предвиждани натоварвания и други данни, имащи отношение към оценката на надеждността и прогнозиране на ресурса на съоръжението под налягане.

При това направление, събраната информация предполага всеобхватност и пълнота и би могла да служи да обобщаване на групи от въоръжения под налягане при определяне на техния ресурс. От друга страна, тази информация има подчертано вероятностен характер, поради обстоятелството, че има допускане от типа „колкото по-качествени материали и по-надеждни технически решени се използват, толкова по-голяма е вероятността съоръжението под налягане да има дълъг безавариен експлоатационен период и неговият ресурс да е по-голям“. Ако предположим, че едно външно събитие, със случаен характер, би имало въздействие върху нормалната експлоатация на съоръжението, то експлоатационния процес в периода на въздействие на това външно случайно събитие, следва да бъде разглеждан, като случаен процес. Събирането на тези и други данни в хода на нормалната експлоатация, трябва да бъде систематизирано и коректно, като се отчитат всички влияния и обстоятелства. Само при това условие е възможно да се направи пълна и достатъчно точна прогноза за ресурса на наблюдаваното съоръжение.

Прогнозирането на ресурса на съоръженията, работещи под налягане е комплексен процес. Този процес включва оценка на техническото състояние и прогнозиране на развитието на това състояние в близко бъдеще. Заедно с това е важно да се събират и данни за потенциалното възникване и на различни откази, с цел да се изготви предупреждение за такива възможни събития. На основа на тези наблюдения и съставената прогноза, следва да се изготвят на съответни препоръки за оптималния оставащ експлоатационен живот на съоръжението. Този експлоатационен живот може да бъде определен за срока до следващия планов основен ремонт или до отписването на съоръжението от експлоатация.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прогнозирането на остатъчния ресурс на съоръженията, работещи под налягане се отнася за определен конкретен обект. Това обуславя и съответния вероятностен характер на самото прогнозиране. В резултат на това възниква въпроса за тълкуването на събраните данни, коректността на направените анализи и изводи и съответно точността на прогнозираните очаквания. Тъй като по същество събираните данни, представляват статистическа информация, съставянето на съответен математически модел на основата на тази информация, предполага висока степен на обективност, коректност и достоверност за създаване на генерираните вероятности. Подхода, чрез набиране на статистическа информация и оформяне на статистически аргументирани решения, се основава на събиране на данни от представителна извадка, което при съоръженията под налягане предполага събиране на данни в определен времеви отрязък или наблюдение и събиране на информация за поведение на съоръжението, възникнали повреди, проявили се откази и т.н. в даден конкретно определен, като начало и край, експлоатационен период. Важна роля на статистическа информация в прогнозирането на отделни показатели за надеждност, имат от данните за натоварвания по време на експлоатация, свойствата на използваните материали, свързващи елементи и детайли. Прогнозирането на ресурса на съоръженията под налягане и подходите за оценка на отделни надеждностни показатели, представляват математическа израз на реализираните приложни подходи и инициативи, които даден експертен екип прилага при решаване на задачата за определяне и прогнозиране на възможността за по-нататъшна експлоатация на този тип технически съоръжения.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Наредба за устройството и безопасната експлоатация и техническия надзор на съоръженията под налягане(обн. ДВ. бр.64 от 18 юли 2008г., в сила от 19.08.2008г., изм. и доп. ДВ. бр.61 от 18 Юли 2023г.).
- [2] Blockley D. I. Reliability theory - incorporating gross errors. – In: Structural Safety and Reliability /Eds. T. Moan, M.Shinozuka, Amsterdam, Oxford, New York: Elsevier, 1981
- [3] Болотин В. В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1982г.
- [4] Bolotin V. V. Life prediction of randomly loaded structures. – Nuclear Engineering and Design, 1982, vol.69, N3

FORECASTING THE LIFE OF PRESSURE EQUIPMENT

Ivan Ganchev

iganchev33@gmail.com

**Todor Kableshkov University of Transport,
Sofia, Geo Milev Str. 158,
BULGARIA**

Abstract: *The report presents the specific features of forecasting the life of pressure equipment. The specific characteristics and stages of forecasting the specific activities for this type of equipment, considered as a generalized structure, are shown, excluding metal pipelines for steam and metal pipelines for hot water. The possibilities for assessing and forecasting the resource of pressure equipment are presented, using a probabilistic model for predicting the resource at the design stage of the pressure equipment and a model for predicting the resource of a pressure equipment at the operation stage of the facility itself, indicating the main directions for collecting information when implementing the process of predicting the resource at the operation stage. The dependences of the probability saturation are shown, considering two technically completely equivalent possible scenarios. The interrelationships between the various random events occurring during the operation of pressure equipment and their impact on its resource are defined, as an opportunity to determine a forecast with a high degree of reliability, implemented on the basis of an assessment of the probability density for the occurrence of random variables.*

Key words: *boilers, pressure vessels, risk assessment, resource forecasting.*