

Maksymilian SMOLNIK
AGH University of Science and Technology (Akademia Górniczo-Hutnicza)

AN ATTEMPT TO CHARACTERISE THE RELIABILITY OF AN ACTION CONSIDERING THE TYPE OF ITS RESULT Próba charakterystyki niezawodności działania z uwzględnieniem rodzaju dzieła

Abstract: *The paper presents the results of research related to one of the problems identified in the previous work, which included the analysis of selected elements of the concept of reliability of action description in the systems of action engineering developed by Józef Konieczny. The aim of this study is to analyse the possibility of using the praxiological classification of results in a partially formalised description of the reliability of action. In the first stage of considerations, observations were made regarding the description of the reliability of actions presented as isolated simple chains of action. In the second stage, the observations related to the description of the reliability of actions under the conditions of direct supporting were made.*

Keywords: action, direct support, formal praxiology

Streszczenie: *W artykule przedstawiono wyniki prac odnoszących się do jednego z problemów wskazanych we wcześniejszej pracy, obejmującej analizę wybranych elementów koncepcji opisu niezawodności działań w inżynierii systemów działania Józefa Koniecznego. Celem niniejszej pracy jest analiza możliwości wykorzystania prakseologicznej klasyfikacji dzieł w częściowo sformalizowanym opisie niezawodności działania. W pierwszym etapie rozważań dokonano spostrzeżeń dotyczących opisu niezawodności działań przedstawianych za pomocą wyizolowanych prostych łańcuchów działania. W etapie drugim poczyniono obserwacje odnoszące się do opisu niezawodności działań w warunkach zabezpieczania bezpośredniego.*

Słowa kluczowe: działanie, zabezpieczenie bezpośrednie, prakseologia formalna

1. Introduction

In reliability engineering, the issues of testing and forming the reliability of technical means are most often undertaken. It is a traditional, verified and popular approach. The practice of using and maintaining such objects shows, however, that the success of enterprises is not only influenced by the reliability of the technical means used. In the activities of industry (see, for example [16]) and scientific works related to the problems of reliability (e.g. [13]), attempts are made to consider additional factors (apart from the failure of the technical means) that determine the achievement of the aim. In such cases, for example, making mistakes by the user of the object [16] or resistance of specific objects to harmful /destructive/ factors [12] are considered. Thus, it can be seen that the necessary and useful field of research is analysing reliability in terms that go beyond the reliability assessment of a single, used object.¹

One of the possible solutions to satisfy the need indicated in the previous paragraph is characterising the reliability of action (understood as conscious, purposeful and voluntary human behaviour – cf. [1, 11, 14]). However, to describe the reliability of an action, one must have a theory of action. Proposals for solutions to both of these issues were presented in works by Józef Konieczny, Polish military specialist, scientist and philosopher.

The general methodological aim of this work is to analyse the possibility of using the praxiological classification of results in a partially formalised description of reliability of action. The detailed aim of the study is to analyse the reasons for the occurrence of the cases of inability to apply one of the reliability of action models identified in the monograph [14]. The conducted analysis should both reveal the reasons for the occurrence of the above-mentioned problem as well as reveal the possibilities of action aimed at its solution.

Therefore, this study refers directly to one of the research problems indicated in [14], which includes an attempt to evaluate the concept of describing the reliability of actions represented as chains of action in the praxiological network [2, 3]. The author of the original, analysed concept is Józef Konieczny, who, based on the partially formalised theory of action [2, 6] he developed, proposed new evaluation models for reliability of action [2, 3]. It should be clearly emphasised that both this and the aforementioned work [14] use only one of several models of action presented by Józef Konieczny, i.e. the chain of action (defined as an ordered triple including objects involved in the action: the subject of action x , the intermediary of action y and the object of action z).

To describe the reliability of an action represented by a chain of action, appropriate assumptions are introduced, which are listed below [2, 3] (cf. [14]):

- Z1: occurrence of known reliability of elements (links) of the considered chain of action
- Z2: independence of the processes of failure and renewal of chain elements

¹ Regardless of whether it is a simple or a complex object (i.e. of a more complicated reliability structure, in which e.g. reserve elements may be present).

- Z3: two-state description (in terms of reliability) of each element and the entire chain
- Z4: existence of a specific aim of action related to a given chain of action
- Z5: the dependence of the (reliability) state of the chain of action on the (reliability) state of its individual elements
- Z6: application of the probability of availability at a given moment as the basic reliability index
- Z7: determining the number of functional states of chain elements on the basis of their praxiological functions in the considered acting situation.

It is assumed that a given chain of action is available if and only if all its elements are available. Therefore, the dependence of the reliability of the entire chain on the reliability of its individual elements is as follows [2, 3, 14]:

$$N(L) = N(x) \cdot N(y) \cdot N(z), \quad (1)$$

where:

$N(L) - L = \langle x, y, z \rangle$ chain of action reliability, i.e. the probability of an event that it is in its availability state

$N(x)$ – reliability of the subject of action, $N(x) = P[s(x) = 1]$

$N(y)$ – reliability of the intermediary of action, $N(y) = P[s(y) = 1]$

$N(z)$ – reliability of the object of action, $N(z) = P[s(z) = 1]$.

The function s of the reliability state of the chain of action and its elements has been defined and characterised in [2, 3, 14]. Generally speaking, the function s always takes one of the two values when describing chain's elements: 1 – when the described object is available, 0 – when the described object is unavailable [2, 3, 14].

Chains of action can be linked together to reflect the interactions between the actions under consideration. In particular, it is possible to link the chains of action with each other according to the relations of supporting existing between them, i.e. providing the conditions for one action by another action [2]. In this case, the relevant element (link) of the fundamental (supported) chain appears as the object of action in the support (supporting) chain. This element is sometimes described as common to both chains and/or as a dual element (link) – cf. [2].

An interesting problem is therefore the description of the reliability of a chain in the situation of direct supporting. This was discussed in the original works [2, 3] (cf. [10, 14]). When two chains of action L_1 and L_2 are considered, one can write [2, 3, 10, 14]:

$$N(L_1) = N(x_1) \cdot N(y_1) \cdot N(z_1), \quad (2)$$

$$N(L_2) = N(x_2) \cdot N(y_2) \cdot N(z_2). \quad (3)$$

In the conditions of direct supporting (the L_2 chain supports the L_1 chain directly), the reliability description is made taking into account the dependencies on the reliability state

of the dual element (link). For example, when the subject x_2 of the chain L_2 directly supports the intermediary y_1 of the chain L_1 , the pair of equivalences [2, 3, 10, 14] is introduced:

$$s(y_1) = 1 \equiv s(z_2) = 0, \quad (4)$$

$$s(y_1) = 0 \equiv s(z_2) = 1. \quad (5)$$

Therefore:

$$N(y_1) = 1 - N(z_2). \quad (6)$$

Based on the considerations so far, the final formula can be written [2, 3, 10, 14]:

$$N(L_1) = N(x_1) \cdot N(z_1) \cdot \left[1 - \frac{N(L_2)}{N(x_2) \cdot N(y_2)} \right]. \quad (7)$$

2. Identification and characteristics of the research problem

As stated in [14], the description of reliability based on the above-presented dependencies between the reliability states of the shown elements of the considered chains of action (i.e. the formulated equivalences) in the conditions of supporting the intermediary of action is applicable and confirmed in many real situations. A simple example that illustrates these relations well can be as follows [14]: with a sharp knife y_1 it is possible to effectively slice bread (thus $s(y_1) = 1$), but this knife is then not susceptible to sharpening (therefore $s(z_2) = 0$); and: with a unsharp knife y_1 it is not possible to effectively slice bread (therefore $s(y_1) = 0$), but it is then susceptible to sharpening (therefore $s(z_2) = 1$).

However, it was noticed [14] that observing the actual actions, it is possible to formulate counterexamples for which the quoted equivalences do not adequately describe the dependencies between the reliability states of the elements of the chains of action under consideration, and therefore the presented mathematical models describing reliability are no longer applicable. Such a situation occurs in the case of preventive actions – especially when the used technical means occurs both in the chain of using and in the chain of maintaining (cf. [5]), and both of these actions are carried out simultaneously and with positive effects (e.g. refilling the fuel reserve during machine operation, some upkeep operations during normal machine operation and use) [14].

Therefore, it seems interesting to analyse the reasons for the occurrence of the problem in more detail and to try to solve it on the basis of the partially formalised theory of action. The solution to the problem posed would be of significant practical importance (due to the applicability of the proposed description of the reliability of actions) and theoretical (at least due to the contribution to the development of the original concept).

Difficulties with the application of the presented model are directly related [14]:

- to the time sequence of actions (more precisely, to the simultaneous presence of the same object in the chain of using and the chain of maintaining)
- to the possible changes in the distinguished state of the object used and maintained preventively.

Dependencies analogous to those shown in chapter 1 are formulated for other situations of direct supporting (a subject, an object) [2, 3], therefore, in the case of using the considered models, the occurrence of problems similar to the one presented above should be expected.

In view of the above-mentioned difficulty number 2, as part of the analysis of the formulated problem, it seems reasonable to apply a more general theory (characteristics) relating to the possible changes in the distinguished state of the object present in an action. Such a tool is the praxiological classification of results presented by Tadeusz Kotarbiński [7, 8].

3. Praxiological classification of results

The term ‘result’² is associated in praxiology with an event whose cause is the agent [11]. Thus, it can be said that a result is the effect of a cause which is a free impulse [8, 11]. In praxiology, an event is understood as a specific state of an object or its change – cf. [8].

Therefore, combining the above definitions, the conclusion is obtained that a result (of an action) is a specific state of an object that occurs as an effect of an action (a free impulse).

The praxiological classification of results presented by Tadeusz Kotarbiński distinguishes results: kinetic and static, permutational and perseverative, constructive and destructive as well as conservative and preventive [8].

The first classification criterion relates to the occurrence of changes in the state of the object during the action. In this way two types of results are distinguished: kinetic results – in the case of which the state of the object changes (in a special case: at the final moment of the action it is the same as at the initial moment, but in the time between these moments this state was different), and static results – in the case of which the state of the object during the entire period of action, i.e. from (and at) the initial moment of action to (and at) the final moment is the same [8].

The second classification criterion relates to the difference in the state of the object at the beginning and end of an action. Thus, there are permutational results – in the case of which the state of the object at the final moment of action is different than at the initial moment, and perseverative results – when the state of the object at the final moment of action is the same as at the beginning [8].

The third criterion allows for a more detailed classification of permutational results and concerns the addition or removal of certain features. Consequently, there are

² Pol. ‘dzieło’, later suggested to be replaced with the terms: ‘rezultat’ or ‘wynik’ [11].

(permutational) constructive results – i.e. results in case of which the object acquires a new feature, and (permutational) destructive results – i.e. results in case of which the object, as the effect of the action, is deprived of a specific feature [8].

The fourth criterion allows for a more detailed classification of perseverative results, and it refers to the presence or absence of a certain feature of the object during the time of the action. Therefore, there are (perseverative) conservative results – when at the final moment of the action the object still has the feature that it had at the initial moment, and (perseverative) preventive (in other words: prophylactic) results – when at the final moment of the action the object still does not have the feature that it did not have at the beginning [8].

The quoted praxiological classification of results, therefore, refers to actions in the view of a change in the features (or its absence) of an object in a process of action. Hence, the concept and related term ‘result’ can be useful in analysing the situation of supporting one action by another action and in characterising their reliability.

4. Solution to the formulated problem

Using the elements of the presented praxiological classification of results, it is possible to begin an analysis of the description of the reliability of action represented by a chain of action. It seems particularly interesting to consider the possibilities of changes of the features (and further: the distinguished state) of the objects involved in an action (according to the guidelines of the cited classification) in the context of the assumptions concerning the reliability description postulated by Józef Konieczny. These considerations were carried out in two stages: for a single chain of action and for a pair of chains of action in the situation of direct supporting.

4.1. Characteristics of the single chain of action elements’ features

When analysing the original model of the reliability of a chain of action, it is immediately noticed that the reliability of the chain is conditioned by the reliability of its elements (which was already shown at the beginning of this paper), and therefore it depends on certain features (and their changes) of individual elements of the chain.

In addition, the original discussion includes the concepts of ‘subject availability’, ‘intermediary availability’ and ‘object availability’. In this context, it was clearly stated that the concept of element reliability refers to the function of the object constituting the chain element, which it delivers in the considered chain of action [2, 3, 14]. With such an assumption, it is legitimate to consider failures of individual chain elements in a specific situation [2, 3].

The functions of the elements of a single, simple chain of action are as follows [6]:

- the subject initiates the action³
- the intermediary transfers the action (while being used by the subject and affecting the object)
- the object is suitable for locating the aim of the action on it (and during the action it is serviced (maintained) by the subject).

Therefore:

- subject availability is conditioned by the features of the subject affecting the ability to initiate (and control) a given action
- intermediary availability is conditioned by the features of the intermediary influencing the possibility of transferring a given action and affecting the object
- object availability is conditioned by the features of the object that affect the possibility of locating the aim of a given action on it and its servicing (thus it is characterised by a certain susceptibility to the given action – cf. [14]).

The discussed issue of determining individual features and their values important due to the correct fulfilment of the desired functions in a given acting situation is a well-known problem of diagnostic and will not be further developed here.⁴

4.2. Analysis of changes of elements' features in the situation of supporting

The situation of direct supporting, by definition [2], refers to a pair of chains of action in which one chain supports another chain. Supporting is performed relative to one of the elements (links) in the supported chain [2]. As each chain of action consists of three elements (links), three variants of direct supporting a chain are possible. The first one consists in directly supporting the subject, the second one – directly supporting the intermediary, and the third one – directly supporting the object of action [2, 4].

It has already been noticed that in the case of supporting an intermediary, difficulties with the application of the original concept of reliability description are associated with possible changes in the distinguished state of the object used and preventively maintained (and, going further, with the occurrence of its specific features and their changes, which in turn may be related to the type of result to which the action in the supporting chain leads). Since such difficulties occur when supporting the intermediary, then perhaps they may also occur when supporting the remaining elements (links) of a chain – if then the supporting actions lead to results of various kinds. It was assumed that if such a situation is possible in the case of at least one set of actions that can be conducted in reality, then it should be taken

³ Considering the description of actions in the theory of action developed by J. Konieczny, using higher-order models, i.e. subsystems of action in their later definition, one could probably add that the subject also controls / directs an action (cf. [2]).

⁴ Many works in this field have been mentioned, for example, in monograph [15], and this issue in the context of quality and reliability assessment was discussed, for example, in [9].

into account during an analysis of any praxiological network and in formulated general models.

In order to extract all possible cases of direct supporting, the analysis considered a situation in which each of the three elements of the distinguished chain of action is separately and independently supported by other chains of action. Additionally, each element of this chain is supported by one action leading to a permutational result and one action leading to a perseverative result.

It was considered on a practical example, which is a proposed set of selected actions related to forging of a (semi-finished) wheel disc of a rail vehicle. This situation is illustrated in Figure 1, which shows the fundamental chain (L_{FND}) and six supporting chains (L_{XPM} , L_{XPS} , L_{YPM} , L_{YPS} , L_{ZPM} , L_{ZPS}). The descriptions of the elements (links) of the individual chains are shown in the figure, and the individual actions represented by appropriate chains are characterised below:

- L_{FND} – the hammer operator processes the wheel disc with the forging hammer
- L_{XPM} – the master workman uses manufacturing documentation to inform the hammer operator about the structure of the wheel disc
- L_{XPS} – the master workman using ventilation equipment maintains the desired psychophysical condition of the hammer operator at the workplace
- L_{YPM} – the repairing staff repairs the hammer after a failure using the maintenance equipment
- L_{YPS} – the servicing staff refills the lubricant in the hammer bearing using the lubricator
- L_{ZPM} – the manipulator operator using the forging manipulator moves the wheel disc to the appropriate position before the beginning of forging
- L_{ZPS} – the manipulator operator keeps the wheel disc in unchained position with the manipulator during forging.

By formulating a set of actions that can be conducted in reality, it has been revealed that in general one should consider the possibility of any element (link) of a chain of action being supported by an action leading to a permutational or perseverative result. This observation is important for the consequences of solving the original problem.

At this point, it should be recalled that difficulties in applying the original concept of describing the reliability of action under direct supporting conditions occur in some cases – which, as has already been shown, depends on the type of result of the action represented by the supporting chain. The example and counterexample presented at the beginning of this paper show that the analysed: reliability description and model in the situation of supporting the chain of using by the chain of servicing (maintaining):

- are applicable for post-failure renewal (permutational result)
- are not applicable for preventive renewal (perseverative result).

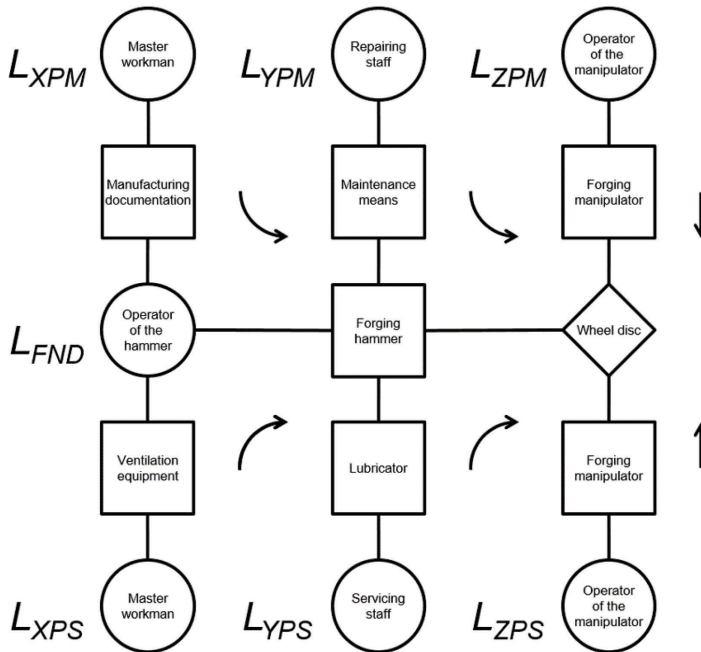


Fig. 1. Examined exemplary praxiological network. Description of symbols in the text

In the case of preventive maintenance, various features of the object are considered when describing the reliability of the chain of using and the chain of servicing (maintaining) – or at least different values of the same feature. This is illustrated in detail in a hypothetical example concerning lubricant refilling in the bearing of the forge hammer presented earlier (i.e. the activity of preventive maintenance of the machine).

4.3. An example of developing the description of the features of a dual element

For the considered, hypothetical bearing, three characteristic levels (*PS*) of the lubricant were distinguished: allowable minimum (*PMnD*; adopted due to design and operational conditions), control minimum (*PMnK*; adopted due to operational conditions – especially the time to scheduled maintenance of the machine; $PMnK > PMnD$), allowable maximum (*PMxD*; adopted due to design and operational conditions). If the lubricant level (*PS*) is:

- below the minimum allowable ($PS < PMnD$), then incorrect operation of the bearing occurs (e.g. increased resistance to motion, too high temperature of the parts, accelerated wear, seizing) – situation 1

- above the maximum allowable ($PS > PMxD$), then also incorrect operation of the bearing occurs – situation 2
- in the range from the allowable minimum to the allowable maximum ($PMnD \leq PS \leq PMxD$), the correct operation of the bearing occurs – situation 3
- in the range from the allowable minimum to the control minimum ($PMnD \leq PS \leq PMnK$), the correct operation of the bearing occurs, but also the need to refill the lubricant during the next inspection – situation 4.

It can now be stated that:

- from the perspective of using, the machine is available (to be used, i.e. to work) in the situations 3 and 4, and is not available (to be used, i.e. to work) in the situations 1 and 2
- from the perspective of preventive renewing, the machine is only available (to be serviced (maintained), i.e. preventively renewed) in the situation 4, and in the other situations (1, 2, 3) it is not available (for preventive renewal)
- from the perspective of post-failure renewing, the machine is available (to be serviced (maintained), i.e. renewed after a failure) in the situations 1 and 2, and is not available (for post-failure renewal) in the situations 3 and 4.

In the presented example, the description of the features of the technical means is more complex, which means that the pair of equivalences (shown in chapter 1) does not fully represent all dependencies important for the description of actions. This fact is related to the need to formulate new mathematical relations for the quantitative description of the reliability of a pair of chains of action in the situation of direct supporting. In the case of actions leading to a perseverative result, these equivalences and the associated equality $N(y_1) = 1 - N(z_2)$ do not apply. This applies both to supporting an intermediary of action and other cases of direct supporting (a subject, an object).

5. Conclusions

Depending on the position of a specific object in the chain of action, its various features may determine its availability as a subject, intermediary or object of action. Of course, this also applies to the presence of the same object in different chains of action.

Bearing in mind the above conclusion, it should be noted that the availability of an object constituting an element of one chain of action may be differently dependent on its availability when it is an element of another chain of action. Such dependencies occur even in the case when the mentioned chains of action are related to each other within the framework of direct supporting.

The occurrence and type of these relations in the situation of direct supporting is undoubtedly influenced by the type of result, practically related to the aim of the action.

Research problems, due to which further analyses are needed, are the influence of simultaneity and preceding of the actions in the situation of direct supporting on the dependencies describing the availability of the appropriate elements of the chains

representing these actions and considering the use of reliability description of elements taking into account more than their two states.

Acknowledgement

The research was performed in the framework of a research program done at the AGH University of Science and Technology in Cracow, at the Faculty of Mechanical Engineering and Robotics, the contract number – subsidy 16.16.130.942.

6. References

1. Gasparski W.: Prakseologia. Oficyna Wydawnicza Warszawskiej Szkoły Zarządzania Szkoły Wyższej, Warszawa 1999.
2. Konieczny J.: Inżynieria systemów działania. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1983.
3. Konieczny J.: Modele ocenowe systemów. Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Warszawa 1983.
4. Konieczny J.: Normowanie systemów [in:] Systemy Zabezpieczenia Wojsk, Zeszyt 9. Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego – Instytut Systemów Zabezpieczenia Technicznego Wojsk, Warszawa 1985.
5. Konieczny J.: Podstawy eksploatacji urządzeń. Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa 1975.
6. Konieczny J.: Próba prakseologii formalnej [Doctoral thesis under the supervision of prof. dr. H. Greniewski]. Uniwersytet Warszawski, Warszawa 1968.
7. Kotarbiński T.: The ABC of Practicality [in:] Ryan L. V., Nahser F. B., Gasparski W. W. (eds.): Praxiology and Pragmatism. Transaction Publishers, New Brunswick 2002.
8. Kotarbiński T.: Traktat o dobrej robocie. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław-Warszawa 1958.
9. Migdalski J. (ed.): Poradnik niezawodności: Podstawy matematyczne. Wydawnictwa Przemysłu Maszynowego „WEMA”, Warszawa 1982.
10. Młynarski S., Pilch R., Smolnik M., Szybka J., Wiązania G.: Modele ocenowe w problematyce niezawodności [A paper presented at the conference ‘L Zimowa Szkoła Niezawodności’]. Szczyrk 2022.
11. Pszczółowski T.: Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji. Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo, Wrocław 1978.
12. Ryczyński J., Tubis A.: Budowanie odporności paliwowych łańcuchów dostaw w armii w warunkach ograniczonej informacji [A paper presented at the conference ‘L Zimowa Szkoła Niezawodności’]. Szczyrk 2022.
13. Smalko Z., Nowakowski T., Tubis A.: Zarys niezawodnościowej teorii zagrożeń. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2020.

14. Smolnik M.: Analiza elementów oceny niezawodności działań w inżynierii systemów działania Józefa Koniecznego [in:] Nowakowski T., Rosiński A., Siergiejczyk M. (eds.): Problemy niezawodności systemów technicznych – teoria i zastosowania. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2021.
15. Sowa A.: Ocena stanu technicznego pojazdów szynowych na podstawie cech zdeterminowanych. Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Kraków 2013.
16. Szkoda M., Kaczor G., Pilch R., Smolnik M., Konieczek Z.: Assessment of the influence of preventive maintenance on the reliability and availability indexes of diesel locomotives. *Transport Problems*, 16(1), 2021.

PRÓBA CHARAKTERYSTYKI NIEZAWODNOŚCI DZIAŁANIA Z UWZGLĘDNIENIEM RODZAJU DZIEŁA

1. Wprowadzenie

W inżynierii niezawodności najczęściej podejmuje się zagadnienia badania i kształtowania niezawodności środków technicznych. Jest to ujęcie tradycyjne, sprawdzone i popularne. Praktyka eksploatacji takich obiektów pokazuje jednak, że na powodzenie przedsięwzięć wpływa nie tylko niezawodność wykorzystywanego środka technicznego. W przemyśle (zob. przykładowo [16]) i pracach naukowych związanych z niezawodnością (np. [13]) podejmowane są próby uwzględniania dodatkowych (poza awaryjnością środka technicznego) czynników warunkujących osiągnięcie celu. Rozpatruje się wówczas np.: popełnianie błędów przez użytkownika obiektu [16] czy odporność określonych obiektów na szkodliwe /niszczące/ czynniki [12]. Widać zatem, że potrzebnym i użytecznym kierunkiem badawczym jest rozpatrywanie niezawodności w ujęciu wykraczającym poza ocenę awaryjności pojedynczego, użytkowanego obiektu¹.

Jedną z możliwych odpowiedzi na potrzebę wskazaną we wcześniejszym akapicie jest charakterystyka niezawodności działania (rozumianego jako świadome, celowe i dobrowolne zachowanie człowieka – por. [1, 11, 14]). Aby dokonywać opisu niezawodności działania, trzeba jednak dysponować pewną teorią działania. Propozycje rozwiązań dotyczących obu tych kwestii przedstawił w swoich pracach Józef Konieczny, polski wojskowy, naukowiec i filozof.

Ogólnym celem metodologicznym niniejszej pracy jest analiza możliwości wykorzystania prakseologicznej klasyfikacji dzieł w częściowo sformalizowanym opisie niezawodności działania. Szczegółowym celem pracy jest analiza przyczyn występowania przypadków braku możliwości zastosowania jednego z modeli niezawodności działań, które zostały zidentyfikowane w monografii [14]. Analiza ta powinna zarówno ujawnić przyczyny występowania wymienionego problemu, jak również wskazać kierunek działań celem jego rozwiązania.

Niniejsze opracowanie odnosi się zatem bezpośrednio do jednego z problemów badawczych wskazanych w pracy [14], obejmującej próbę oceny koncepcji opisu niezawodności działań reprezentowanych jako łańcuchy działania w sieci prakseologicznej [2, 3]. Autorem oryginalnej, badanej koncepcji jest Józef Konieczny, który w oparciu o rozwijaną przez siebie częściowo sformalizowaną teorię działania [2, 6] zaproponował

¹ Niezależnie od tego, czy jest on obiektem prostym, czy złożonym (tj. o bardziej skomplikowanej strukturze niezawodnościowej, w której mogą np. występować elementy rezerwowe).

nowe modele ocenowe niezawodności działania [2, 3]. Należy przy tym wyraźnie zaznaczyć, że zarówno niniejsza, jak i wspomniana praca [14] wykorzystują tylko jeden z kilku modeli działań zaprezentowanych przez Józefa Koniecznego, tj. łańcuch działania (definiowany jako trójka uporządkowana obejmująca biorące udział w działaniu obiekty: podmiot działania x , pośrednika działania y oraz przedmiot działania z).

Celem opisu niezawodności działania reprezentowanego za pomocą łańcucha działania wprowadza się odpowiednie założenia, które zestawiono poniżej [2, 3] (por. [14]):

- Z1: występowanie znanej niezawodności elementów (ogniw) rozpatrywanego łańcucha działania,
- Z2: niezależność procesów uszkodzania się i odnawiania ogniw łańcucha,
- Z3: dwustanowość (w ujęciu niezawodnościowym) każdego z ogniw oraz całego łańcucha,
- Z4: istnienie określonego celu działania związanego z danym łańcuchem działania,
- Z5: występowanie zależności stanu (niezawodnościowego) łańcucha działania od stanu (niezawodnościowego) jego poszczególnych elementów,
- Z6: zastosowanie prawdopodobieństwa zdadności w określonej chwili jako podstawowego wskaźnika niezawodności,
- Z7: określanie liczby stanów funkcjonalnych ogniw na podstawie ich funkcji prakseologicznych w rozpatrywanej sytuacji działania.

Przyjmuje się, że określony łańcuch działania jest w stanie zdadności wtedy i tylko wtedy, gdy wszystkie jego ogniwa są zdadne. Wobec tego, zależność niezawodności całego łańcucha od niezawodności jego poszczególnych ogniw zapisuje się [2, 3, 14]:

$$N(L) = N(x) \cdot N(y) \cdot N(z), \quad (1)$$

gdzie:

$N(L)$ – niezawodność łańcucha działania $L = \langle x, y, z \rangle$, tj. prawdopodobieństwo zdarzenia, że jest on w stanie zdadności,

$N(x)$ – niezawodność podmiotu działania, $N(x) = P[s(x) = 1]$,

$N(y)$ – niezawodność pośrednika działania, $N(y) = P[s(y) = 1]$,

$N(z)$ – niezawodność przedmiotu działania, $N(z) = P[s(z) = 1]$.

Funkcja s stanu niezawodnościowego łańcucha działania oraz jego ogniw została zdefiniowana i scharakteryzowana w pracach [2, 3, 14]. Mówiąc ogólnie i skrótowo, funkcja s przyjmuje przy opisie ogniw zawsze jedną z dwóch wartości: 1 – gdy opisywany obiekt jest zdadny, 0 – gdy opisywany obiekt jest niezadadny [2, 3, 14].

Łańcuchy działania mogą być ze sobą łączone celem odzwierciedlenia interakcji między rozpatrywanymi działaniami. W szczególności możliwe jest łączenie ze sobą łańcuchów działania odpowiednio do występujących między nimi relacji zabezpieczania, tj. zapewniania warunków do jednego działania przez inne działanie [2]. W takim przypadku odpowiednie ogniwo łańcucha podstawowego (zabezpieczanego) występuje jako przedmiot działania w łańcuchu zabezpieczenia (zabezpieczającym). Ogniwo to bywa określane jako wspólne dla obu łańcuchów lub jako ogniwo dualne (por. [2]).

Interesującym problemem jest zatem opis niezawodności łańcucha w sytuacji zabezpieczania bezpośredniego. Rozpatrzono to w oryginalnych pracach [2, 3] (por. [10, 14]). Gdy rozpatrywane są dwa łańcuchy działania L_1 oraz L_2 , można zapisać [2, 3, 10, 14]:

$$N(L_1) = N(x_1) \cdot N(y_1) \cdot N(z_1), \quad (2)$$

$$N(L_2) = N(x_2) \cdot N(y_2) \cdot N(z_2). \quad (3)$$

W warunkach zabezpieczania bezpośredniego (łańcuch L_2 zabezpiecza bezpośrednio łańcuch L_1), opisu niezawodności dokonuje się z uwzględnieniem zależności dotyczących stanu niezawodnościowego ogniwa dualnego. Przykładowo, gdy podmiot x_2 łańcucha L_2 zabezpiecza bezpośrednio pośrednika y_1 łańcucha L_1 , wprowadza się parę równoważności [2, 3, 10, 14]:

$$s(y_1) = 1 \equiv s(z_2) = 0, \quad (4)$$

$$s(y_1) = 0 \equiv s(z_2) = 1. \quad (5)$$

Zatem:

$$N(y_1) = 1 - N(z_2). \quad (6)$$

W oparciu o dotychczasowe rozważania zapisuje się końcową zależność [2, 3, 10, 14]:

$$N(L_1) = N(x_1) \cdot N(z_1) \cdot \left[1 - \frac{N(L_2)}{N(x_2) \cdot N(y_2)} \right]. \quad (7)$$

2. Identyfikacja i charakterystyka problemu badawczego

Jak podano w pracy [14], opis niezawodności oparty na przedstawionych wyżej zależnościach między stanami niezawodnościowymi wskazanymi ogniwami rozpatrywanych łańcuchów działania (tj. sformułowane równoważności) w warunkach zabezpieczania pośrednika działania znajduje zastosowanie i potwierdzenie w wielu rzeczywistych sytuacjach. Prosty przykład dobrze ilustrujący te zależności może być następujący [14]: ostrym nożem y_1 można skutecznie kroić chleb (zatem $s(y_1) = 1$), jednak nóż ten jest wtedy niepodatny na ostrzenie (zatem $s(z_2) = 0$); oraz: nieostrym nożem y_1 nie można skutecznie kroić chleba (zatem $s(y_1) = 0$), jednak jest on wówczas podatny na ostrzenie (zatem $s(z_2) = 1$).

Zauważono jednak [14], że obserwując rzeczywiste działania, można sformułować kontrprzykłady, dla których przytoczone równoważności nie opisują należycie zależności między stanami niezawodnościowymi ogniw rozważanych łańcuchów działania, a z tego

powodu pokazane modele matematyczne opisujące niezawodność nie mają już zastosowania. Sytuacja taka występuje w przypadku działań o charakterze profilaktycznym – zwłaszcza gdy eksploatowany środek techniczny występuje zarówno w łańcuchu użytkowania, jak i w łańcuchu obsługiwanym (por. [5]), a oba te działania są przeprowadzane jednocześnie i z pozytywnym skutkiem (np. uzupełnianie zapasu paliwa w trakcie pracy maszyny, prowadzenie konserwacji w czasie normalnego funkcjonowania maszyny) [14].

Interesująca wydaje się zatem obszerniejsza analiza przyczyn występowania wskazanego problemu oraz próba jego rozwiązania na gruncie zaprezentowanej częściowo sformalizowanej teorii działania. Rozwiązanie postawionego problemu miałyby istotne znaczenie praktyczne (ze względu na możliwości zastosowania badanej propozycji opisu niezawodności działań) oraz teoretyczne (co najmniej z uwagi na wkład w rozwój pierwotnej koncepcji).

Trudności z zastosowaniem przedstawionego modelu związane są bezpośrednio [14]:

- 1) z następstwem czasowym działań (dokładniej: z jednoczesnym występowaniem tego samego obiektu w łańcuchu użytkowania oraz łańcuchu obsługiwanym),
- 2) z możliwymi zmianami wyróżnianego stanu obiektu użytkowanego i obsługiwanego profilaktycznie.

Zależności analogiczne do pokazanych w rozdziale 1 formułuje się dla innych sytuacji zabezpieczania bezpośredniego (podmiotu, przedmiotu) [2, 3], zatem w przypadku wykorzystywania rozpatrywanych modeli należy spodziewać się występowania podobnych problemów do przedstawionego powyżej.

Wobec wskazanej wyżej kwestii numer 2, w ramach analizy sformułowanego problemu zasadne wydaje się sięgnięcie po ogólniejszą teorię (charakterystykę), odnoszącą się do możliwych zmian wyróżnianego stanu obiektu biorącego udział w działaniu. Takie narzędzie stanowi prakseologiczna klasyfikacja dzieł przedstawiona przez Tadeusza Kotarbińskiego [7, 8].

3. Prakseologiczna klasyfikacja dzieł

Termin „dzieło” wiązany jest w prakseologii ze zdarzeniem, którego przyczyną jest sprawca. W późniejszym czasie zaproponowano zastąpienie terminu „dzieło” terminami „wynik” lub „rezultat” [11]. Można tym samym powiedzieć, że dzieło to skutek przyczyny, jaką jest impuls dowolny [8, 11]. Zdarzenie rozumiane jest w prakseologii jako określony stan obiektu albo jego zmiana – por. [8].

Łącząc zatem powyższe definicje, dochodzi się do wniosku, że dzieło (rezultat / wynik działania) to określony stan obiektu występujący na skutek działania (impulsu dowolnego).

Prakseologiczna klasyfikacja dzieł przedstawiona przez Tadeusza Kotarbińskiego wyróżnia dzieła: kinetyczne i statyczne, permutacyjne i perseweracyjne, konstrukcyjne i destrukcyjne oraz zachowawcze i zapobiegawcze [8].

Pierwsze kryterium klasyfikacji dotyczy występowania zmian stanu przedmiotu działania w czasie działania. Wyróżnia się w ten sposób dzieła kinetyczne – w przypadku

których stan przedmiotu ulega zmianie (w szczególnym przypadku: w chwili końcowej działania jest taki sam jak w chwili początkowej, ale w czasie między tymi chwilami stan ten był inny), oraz dzieła statyczne – w przypadku których stan przedmiotu w całym okresie działania, tzn. od (i w) chwili początkowej działania do (i w) chwili końcowej jest jednakowy [8].

Drugie kryterium klasyfikacji odnosi się do różnicy stanu przedmiotu działania na początku i na końcu działania. Wyróżnia się zatem dzieła permutacyjne – w przypadku których stan przedmiotu w chwili końcowej działania jest inny niż w chwili początkowej, oraz dzieła perseweracyjne – w przypadku których stan przedmiotu w chwili końcowej działania jest taki sam jak w chwili początkowej [8].

Trzecie kryterium pozwala na bardziej szczegółową klasyfikację dzieł permutacyjnych i dotyczy ono dodawania albo pozbawiania określonych cech. W związku z tym wyróżnia się dzieła (permutacyjne) konstrukcyjne – tzn. takie, w przypadku których przedmiot działania zyskuje nową cechę, oraz destrukcyjne – czyli takie, w przypadku których przedmiot na skutek działania jest pozbawiany określonej cechy [8].

Czwarte kryterium umożliwia bardziej szczegółową klasyfikację dzieł perseweracyjnych, a odnosi się ono do występowania albo braku występowania określonej cechy przedmiotu działania w czasie działania. Wobec tego wyróżnia się dzieła (perseweracyjne) zachowawcze (inaczej: konserwacyjne) – gdy w chwili końcowej działania przedmiot nadal ma cechę występującą w chwili początkowej, oraz zapobiegawcze (inaczej: profilaktyczne) – gdy w chwili końcowej działania przedmiot nadal nie ma cechy, której nie miał w chwili początkowej [8].

Przytoczona prakseologiczna klasyfikacja dzieł odnosi się zatem do działań ze względu na zmianę cech obiektu (albo jej brak) w procesie działania. Wobec tego, pojęcie i termin „dzieło” mogą być przydatne w analizie sytuacji zabezpieczania jednego działania przez drugie działanie i charakterystyce ich niezawodności.

4. Rozwiązanie sformułowanego problemu

Korzystając z elementów przedstawionej prakseologicznej klasyfikacji dzieł można rozpocząć analizę opisu niezawodności działania reprezentowanego za pomocą łańcucha działania. Szczególnie interesujące wydaje się rozpatrzenie możliwości zmian cech (a dalej: wyróżnianego stanu) obiektów biorących udział w działaniu (wedle wytycznych przywołanej klasyfikacji) w kontekście założeń dotyczących opisu niezawodnościowego postulowanego przez Józefa Koniecznego. Rozważania te przeprowadzono w dwóch etapach: dla pojedynczego łańcucha działania oraz dla pary łańcuchów działania w warunkach zabezpieczania bezpośredniego.

4.1. Charakterystyka cech ogniwi pojedynczego łańcucha działania

Analizując oryginalny model niezawodności łańcucha działania, od razu zauważa się, że niezawodność łańcucha działania uwarunkowana jest niezawodnością jego ogniwi (co już pokazano na początku niniejszej pracy), a zatem zależy ona od pewnych cech (i ich zmian) poszczególnych ogniwi łańcucha.

Ponadto oryginalna koncepcja obejmuje pojęcia: „zdatność podmiotowa”, „zdatność pośrednikowa” oraz „zdatność przedmiotowa”. W tym kontekście wyraźnie zaznaczono, że pojęcie zdatności ogniwa dotyczy funkcji obiektu stanowiącego to ogniwo łańcucha, którą pełni ono w rozważanym łańcuchu działania [2, 3, 14]. Przy tak sformułowanym założeniu uprawnione jest rozpatrywanie uszkodzeń poszczególnych ogniwi łańcucha w określonej sytuacji [2, 3].

Funkcje ogniwi pojedynczego, prostego łańcucha działania są następujące [6]:

- podmiot inicjuje działanie²,
- pośrednik przekazuje działanie (jednocześnie będąc użytkowym przed podmiot oraz oddziałując na przedmiot),
- przedmiot nadaje się do zlokalizowania na nim celu działania (a podczas działania jest obsługiwany przez podmiot).

Wobec tego:

- zdatność podmiotowa uwarunkowana jest cechami podmiotu wpływającymi na możliwość inicjowania danego działania (i kierowania nim),
- zdatność pośrednikowa uwarunkowana jest cechami pośrednika wpływającymi na możliwość przekazywania danego działania i oddziaływania na przedmiot,
- zdatność przedmiotowa uwarunkowana jest cechami przedmiotu wpływającymi na możliwość zlokalizowania na nim celu danego działania i jego obsługiwanie (zatem charakteryzuje się on określoną podatnością na dane działanie – por. [14]).

Poruszone zagadnienie określania poszczególnych cech oraz ich wartości istotnych ze względu na prawidłowe wypełnianie pożądaných funkcji w danej sytuacji działania jest znanym problemem diagnostyki i nie będzie tu dalej rozwijane³.

4.2. Analiza zmian cech ogniwi w sytuacji zabezpieczenia

Sytuacja zabezpieczenia bezpośredniego z definicji [2] dotyczy pary łańcuchów działania, w której jeden łańcuch zabezpiecza inny łańcuch. Zabezpieczanie dokonuje się ze względu na jedno z ogniwi łańcucha zabezpieczanego [2]. Ponieważ każdy łańcuch działania składa się z trzech ogniwi, możliwe są trzy warianty zabezpieczenia bezpośredniego łańcuchów działania. Pierwszy z nich polega na zabezpieczeniu

² Uwzględniając występujący w teorii działania J. Koniecznego opis działań za pomocą modeli wyższego rzędu, tj. układów działania w ujęciu późniejszym, prawdopodobnie można by dodać, że podmiot działaniem również kieruje (por. [2]).

³ Wiele prac z tego obszaru zostało wymienionych np. w monografii [15], a kwestię tę w kontekście oceny jakości i niezawodności poruszono np. w [9].

bezpośrednim podmiotu, drugi na zabezpieczaniu bezpośrednim pośrednika, a trzeci na zabezpieczaniu bezpośrednim przedmiotu działania [2, 4].

Zauważono już, że trudności z zastosowaniem oryginalnej koncepcji opisu niezawodności związane są w przypadku zabezpieczania pośrednika z możliwymi zmianami wyróżnianego stanu obiektu użytkowanego i obsługiwanego profilaktycznie (a idąc dalej, z występowaniem jego określonych cech i ich zmian, co z kolei związane może być z rodzajem dzieła, do którego prowadzi działanie w ramach łańcucha zabezpieczenia). Skoro tego rodzaju trudności występują przy zabezpieczaniu pośrednika, to być może mogą one występować i przy zabezpieczaniu pozostałych ogniw łańcucha – jeśli wówczas działania zabezpieczające skutkują dziełami różnego rodzaju. Przyjęto, że jeżeli taka sytuacja jest możliwa w przypadku choćby tylko jednego realizowalnego w rzeczywistości zespołu działań, to należy się liczyć z możliwością jej wystąpienia w dowolnej sieci prakseologicznej i formułowanych ogólnych modelach.

Celem wyczerpania wszystkich możliwych przypadków zabezpieczania bezpośredniego, w ramach analizy rozważono sytuację, w której każde z trzech ogniw wyróżnionego łańcucha działania jest odrębnie i niezależnie zabezpieczane przez inne łańcuchy działania. Dodatkowo, każde ogniwo tego łańcucha podlega zabezpieczeniu w ramach jednego działania prowadzącego do dzieła permutacyjnego oraz jednego działania prowadzącego do dzieła perseweracyjnego.

Rozpatrzono to na przykładzie praktycznym, jakim jest zaproponowany zespół wybranych działań związanych z kuciem (półfabrykatu) tarczy koła pojazdu szynowego. Sytuacja ta została przedstawiona na rys. 1, na którym pokazano łańcuch podstawowy (L_{POD}) i sześć łańcuchów zabezpieczenia (L_{XPM} , L_{XPS} , L_{YPM} , L_{YPS} , L_{ZPM} , L_{ZPS}). Nazwy ogniw poszczególnych łańcuchów przedstawiono na rysunku, a poszczególne działania reprezentowane za pomocą odpowiednich łańcuchów scharakteryzowano poniżej:

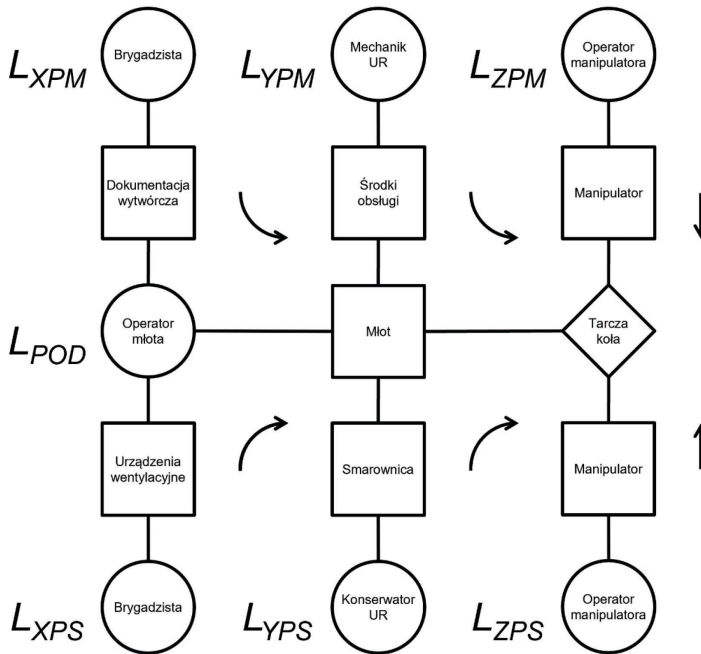
- L_{POD} – operator młota młotem obrabia tarczę koła,
- L_{XPM} – brygadzista za pomocą dokumentacji informuje operatora młota o konstrukcji tarczy,
- L_{XPS} – brygadzista za pomocą urządzeń wentylacyjnych utrzymuje pożądany stan psychofizyczny operatora młota na stanowisku pracy,
- L_{YPM} – mechanik utrzymania ruchu odnawia uszkodzony młot poawaryjnie za pomocą środków obsługi,
- L_{YPS} – konserwator utrzymania ruchu uzupełnia środek smarny w łożysku młota za pomocą smarownicy,
- L_{ZPM} – operator manipulatora manipulatorem przemieszcza tarczę w odpowiednie położenie przed rozpoczęciem kucia,
- L_{ZPS} – operator manipulatora utrzymuje manipulatorem tarczę w niezmienionej pozycji podczas kucia.

Poprzez sformułowanie realizowalnego w rzeczywistości zespołu działań wykazano, że ogólnie należy brać pod uwagę możliwość podlegania dowolnego ogniw łańcucha działania zabezpieczeniu w ramach działań, skutkujących dziełem permutacyjnym albo

perseweracyjnym. Jest to spostrzeżenie istotne dla konsekwencji rozwiązania wyjściowego problemu.

W tym miejscu należy przypomnieć, że trudności z zastosowaniem oryginalnej koncepcji opisu niezawodności działania w warunkach zabezpieczania bezpośredniego występują w niektórych przypadkach – co, jak już wykazano, uzależnione jest od rodzaju dzieła będącego skutkiem działania reprezentowanego za pomocą łańcucha zabezpieczenia. Przedstawione na początku niniejszego opracowania przykład oraz kontrprzykład wskazują, że analizowane: opis niezawodności i model w sytuacji zabezpieczania łańcucha użytkownika przez łańcuch obsługi:

- znajdują zastosowanie do odnawiania poawaryjnego (dzieło permutacyjne),
- nie znajdują zastosowania do odnawiania profilaktycznego (dzieło perseweracyjne).



Rys. 1. Badana przykładowa sieć prakseologiczna. Opis symboli w tekście

W przypadku odnowy profilaktycznej, w ramach opisu niezawodności łańcucha użytkownika oraz łańcucha obsługiwanego brane pod uwagę są różne cechy obiektu – a przynajmniej różne wartości tej samej cechy. Przedstawiono to szczegółowo na hipotetycznym przykładzie dotyczącym uzupełniania środka smarnego w łożysku rozpatrywanego wcześniej młota wykorzystywanego w kuźni (tj. działania stanowiącego obsługiwane profilaktyczne maszyny).

4.3. Przykład rozwinięcia opisu cech ogniwa dualnego

Dla rozpatrywanego, hipotetycznego łożyska wyróżniono trzy charakterystyczne poziomy środka smarnego (PS): minimalny dopuszczalny ($PMnD$; dobrany ze względu na uwarunkowania konstrukcyjne i eksploatacyjne), minimalny kontrolny ($PMnK$; dobrany ze względu na uwarunkowania eksploatacyjne – zwłaszcza tzw. reśurs międzyobsługowy maszyny; $PMnK > PMnD$), maksymalny dopuszczalny ($PMxD$; dobrany ze względu na uwarunkowania konstrukcyjne i eksploatacyjne). Jeżeli poziom środka smarnego (PS) jest:

- poniżej minimalnego dopuszczalnego ($PS < PMnD$), to występuje niepoprawna praca łożyska (np. zwiększone opory ruchu, zbyt wysoka temperatura części, przyspieszone zużycie, zacieranie) – sytuacja 1,
- powyżej maksymalnego dopuszczalnego ($PS > PMxD$), to również występuje niepoprawna praca łożyska – sytuacja 2,
- w zakresie od minimalnego dopuszczalnego do maksymalnego dopuszczalnego ($PMnD \leq PS \leq PMxD$), to występuje poprawna praca łożyska – sytuacja 3,
- w zakresie od minimalnego dopuszczalnego do minimalnego kontrolnego ($PMnD \leq PS \leq PMnK$), to występuje poprawna praca łożyska, ale też potrzeba uzupełnienia środka smarnego podczas najbliższego przeglądu – sytuacja 4.

Można teraz stwierdzić, że:

- z perspektywy użytkowania, maszyna jest zdalna (do użytkowania, tj. do pracy) w sytuacjach 3 i 4, a w sytuacjach 1 i 2 jest niezdatna (do użytkowania, tj. do pracy);
- z perspektywy odnawiania profilaktycznego, maszyna jest zdalna (do obsługiwania, tj. do odnawiania profilaktycznego) tylko w sytuacji 4, a w pozostałych sytuacjach (1, 2, 3) jest niezdatna (do odnawiania profilaktycznego);
- z perspektywy odnawiania poawaryjnego, maszyna jest zdalna (do obsługiwania, tj. do odnawiania poawaryjnego) w sytuacjach 1 i 2, a w sytuacjach 3 i 4 jest niezdatna (do odnawiania poawaryjnego).

W przedstawionym przykładzie występuje większa złożoność opisu cech środka technicznego, co powoduje, że para równoważności (pokazanych w rozdziale 1) nie reprezentuje w pełni wszystkich istotnych dla opisu działań zależności. Fakt ten wiąże się z potrzebą sformułowania nowych zależności matematycznych do ilościowego opisu niezawodności pary łańcuchów działania w sytuacji zabezpieczenia bezpośredniego. W przypadku działań skutkujących dziełem perseweracyjnym równoważności te oraz związana z nimi równość $N(y_1) = 1 - N(z_2)$ nie mają zastosowania. Dotyczy to zarówno przypadku zabezpieczenia pośrednika działania, jak i pozostałych przypadków zabezpieczenia bezpośredniego (podmiotu, przedmiotu).

5. Wnioski

Zależnie od położenia określonego obiektu w łańcuchu działania różne jego cechy mogą warunkować jego zdalność jako podmiot, pośrednik albo przedmiot działania.

Oczywiście dotyczy to również występowania tego samego obiektu w różnych łańcuchach działania.

Mając na uwadze wcześniejszy wniosek, należy zauważyć, że zdatność obiektu stanowiącego ogniwo jednego łańcucha działania może być w różny sposób zależna od jego zdatności, gdy jest on ogniwem innego łańcucha działania. Tego rodzaju zależności występują nawet w przypadku, gdy wymienione łańcuchy działania powiązane są ze sobą w ramach zabezpieczania bezpośredniego.

Na występowanie i rodzaj tych zależności w sytuacji zabezpieczania bezpośredniego bez wątplenia wpływa rodzaj dzieła, praktycznie powiązany z celem działania.

Problemami badawczymi, z uwagi na które potrzebne jest prowadzenie dalszych analiz, są wpływ równoczesności i poprzedzania działań w sytuacji zabezpieczania bezpośredniego na zależności opisujące zdatność odpowiednich ogniw łańcuchów reprezentujących te działania oraz rozważenie zastosowania opisu niezawodnościowego ogniw uwzględniającego więcej niż dwa stany.

Podziękowanie

Pracę wykonano w ramach badań prowadzonych w Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, nr umowy – subwencja 16.16.130.942.

6. Literatura

1. Gasparski W.: Prakseologia. Oficyna Wydawnicza Warszawskiej Szkoły Zarządzania Szkoły Wyższej, Warszawa 1999.
2. Konieczny J.: Inżynieria systemów działania. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1983.
3. Konieczny J.: Modele ocenowe systemów. Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Warszawa 1983.
4. Konieczny J.: Normowanie systemów [w:] Systemy Zabezpieczenia Wojsk, Zeszyt 9. Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego – Instytut Systemów Zabezpieczenia Technicznego Wojsk, Warszawa 1985.
5. Konieczny J.: Podstawy eksploatacji urządzeń. Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa 1975.
6. Konieczny J.: Próba prakseologii formalnej [praca doktorska pod kierownictwem prof. dra H. Greniewskiego]. Uniwersytet Warszawski, Warszawa 1968.
7. Kotarbiński T.: The ABC of Practicality [w:] Ryan L.V., Nahser F.B., Gasparski W.W. (red.): Praxiology and Pragmatism. Transaction Publishers, New Brunswick 2002.
8. Kotarbiński T.: Traktat o dobrej robocie. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław-Warszawa 1958.

9. Migdalski J. (red.): Poradnik niezawodności: Podstawy matematyczne. Wydawnictwa Przemysłu Maszynowego „WEMA”, Warszawa 1982.
10. Młynarski S., Pilch R., Smolnik M., Szybka J., Wiązania G.: Modele ocenowe w problematyce niezawodności [Referat przedstawiony podczas obrad konferencji „L Zimowa Szkoła Niezawodności”]. Szczyrk 2022.
11. Pszczołowski T.: Mała encyklopedia prakseologii i teorii organizacji. Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo, Wrocław 1978.
12. Ryczyński J., Tubis A.: Budowanie odporności paliwowych łańcuchów dostaw w armii w warunkach ograniczonej informacji [Referat przedstawiony podczas obrad konferencji „L Zimowa Szkoła Niezawodności”]. Szczyrk 2022.
13. Smalko Z., Nowakowski T., Tubis A.: Zarys niezawodnościowej teorii zagrożeń. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2020.
14. Smolnik M.: Analiza elementów oceny niezawodności działań w inżynierii systemów działania Józefa Koniecznego [w:] Nowakowski T., Rosiński A., Siergiejczyk M. (red.): Problemy niezawodności systemów technicznych – teoria i zastosowania. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2021.
15. Sowa A.: Ocena stanu technicznego pojazdów szynowych na podstawie cech zdeterminowanych. Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Kraków 2013.
16. Szkoda M., Kaczor G., Pilch R., Smolnik M., Konieczek Z.: Assessment of the influence of preventive maintenance on the reliability and availability indexes of diesel locomotives. *Transport Problems*, 16(1), 2021.

