

mgr inż. Urszula Garlińska<sup>1</sup>  
mgr inż. Paweł Michalak<sup>1</sup>  
mgr inż. Tomasz Popielarczyk<sup>1</sup>

Przyjęty/Accepted/Принята: 13.08.2015;  
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 06.05.2016;  
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2016;

## Subiektywna ocena możliwości utraty nośności konstrukcji budowlanej w warunkach pożaru<sup>2</sup>

### Subjective Assessment of the Potential Loss of Load-Bearing Capacity in Buildings Exposed to a Fire

#### Субъективная оценка возможности потери несущей способности здания в условиях пожара

#### ABSTRAKT

**Cel:** Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań ankietowych dotyczących subiektywnej oceny możliwości utraty nośności konstrukcji budowlanej w warunkach pożaru. Celem prowadzonych badań było udoskonalenie modelu szacującego utratę nośności przez konstrukcję budowlaną na skutek pożaru, po uwzględnieniu doświadczeń strażaków z rzeczywistych akcji ratowniczo-gaśniczych.

**Metody:** W celu określenia kryteriów oceny symptomów występujących podczas pożaru obiektu budowlanego przeprowadzono badania empiryczne metodą sondażu diagnostycznego, techniką ankiety. Ankieta została przeprowadzona anonimowo wśród funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej, spośród zróżnicowanej grupy respondentów (zarówno pod względem stażu pracy, jak i obszaru/regionu pełnienia służby). Taki dobór grupy badawczej pozwolił na wskazanie obszarów, na których zawalenia konstrukcji budowlanych występują najczęściej. Kwestionariusz ankiety został zweryfikowany oraz zaakceptowany przez grono doświadczonych ekspertów z zakresu inżynierii bezpieczeństwa pożarowego.

**Wyniki:** Przeprowadzona wśród funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej ankieta pozwala na wstępne wytypowanie występujących symptomów utraty nośności konstrukcji na skutek pożaru. Umożliwia także podjęcie dalszych działań, mających na celu uwzględnienie danych symptomów przy określaniu ryzyka utraty nośności konstrukcji. Subiektywna ocena symptomów, mogąca obniżyć ryzyko zawalenia się konstrukcji, stanowi ostatni element diagramu czynności modelu szacującego możliwość utraty nośności konstrukcji. Spośród wytypowanych symptomów ankietowani wskazali, że najczęściej przed zawaleniem się konstrukcji następowały wybożenia elementów konstrukcji, pęknięcia ścian oraz nietypowe odgłosy (trzaski, skrzypienia). W związku z powyższym w ocenie autorów wskazane powyżej oznaki należy uwzględnić podczas szacowania możliwości utraty nośności konstrukcji budowlanej w warunkach pożaru. Ponadto biorąc pod uwagę ocenę wpływu wystąpienia potencjalnego symptomu na możliwość zawalenia się konstrukcji budowlanej w sytuacji pożaru, opartą na wiedzy i doświadczeniu respondentów, w ocenie ryzyka należy uwzględnić również wybuch, przechylenie obiektu budowlanego, objęcie płomieniami powyżej 80% powierzchni budynku oraz zawalenie dachu i stropów.

**Wnioski:** Wskazane przez ankietowanych symptomy odpowiadają symptomom opisanym w literaturze przedmiotu. W ocenie autorów z uwagi na coraz większą liczbę pożarów, podczas których dochodzi do zawalenia się konstrukcji obiektów budowlanych, konieczne jest prowadzenie dalszych badań w tym zakresie. Ograniczona liczebność grupy ankietowej nie pozwala na obecnym etapie prac na wyznaczenie precyzyjnych wartości wag dla wskazanych symptomów, które mogłyby zostać zaimplementowane do proponowanego modelu. W ocenie autorów, wystąpienie wymienionych powyżej symptomów powinno znacznie podwyższać wartość ryzyka. Właściwe oszacowanie ryzyka zawalenia się konstrukcji pozwoli na poprawę bezpieczeństwa ratowników biorących udział w akcjach ratowniczo-gaśniczych.

**Słowa kluczowe:** utrata nośności konstrukcji budowlanej, wspieranie decyzji dowódcy, działania ratowniczo-gaśnicze, bezpieczeństwo pożarowe  
**Typ artykułu:** doniesienie wstępne

#### ABSTRACT

**Aim:** This article presents results from surveys on the subjective assessment of the potential loss of load-bearing capacity in building structures, which are exposed to a fire. The purpose of the study is to refine the model estimating the loss of load-bearing capacity of building structures by taking into account the experience of firefighting personnel, gained during firefighting operations.

<sup>1</sup> Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy / Scientific and Research Centre for Protection – National Research Institute, Poland; tpopielarczyk@cnbop.pl;

<sup>2</sup> Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

**Methods:** Research was performed by survey to determine the criteria for evaluating symptoms, which develop during a building fire incident. The survey was conducted anonymously among the officers of the Polish State Fire Service, within a varied group of respondents encapsulating length of experience and exposure to work in different regions. This approach facilitated the identification of regions where building structures collapsed most frequently. The questionnaire was reviewed and approved by a group of experienced specialists in the field of fire safety engineering.

**Results:** The survey allowed for an initial identification of symptoms associated with the loss of load-bearing capacity in structures during fire incidents. By taking account of initial symptoms, further action is possible at the risk determination stage of structural collapse. Subjective evaluation of symptoms, which may reduce the risk of structural collapse is the last element of the diagrammatic operations model used for estimating the potential loss of load-bearing capacity. Respondents indicated that prior to a structural collapse most frequent symptoms revealed buckling of structures, cracks in walls and unusual noises such as crackling and creaking. The authors consider that the above mentioned symptoms should be taken into account when assessing the potential loss of load-bearing capacity of building structures during fire incidents. Moreover, an explosion, tilt of a building, flames enveloping a building by more than 80% as well as roof and ceiling collapse should also be taken into account.

**Conclusions:** Symptoms identified by respondents match the symptoms described in literature. Because of an increase in the number of fires, where building structures have collapsed, the authors recommend further research in this area. The limited size of the group exposed to the survey precludes, at this stage, an allocation of precise weightings to specific symptoms, which could be incorporated within the proposed model. The authors consider that the above mentioned symptoms, if present, would significantly increase the measure of risk level. Proper risk assessment of potential construction failure will improve the safety of rescuers involved in firefighting operations.

**Keywords:** loss of load-bearing capacity, support the commander's decision, fire and rescue operations, fire safety

**Type of article:** short scientific report

## АННОТАЦИЯ

**Цель:** Цель данной статьи состоит в представлении результатов опроса относительно субъективной оценки возможной потери несущей способности строительной конструкции в условиях пожара. Цель исследования заключалась в усовершенствовании модели оценки возможной потери несущей способности строительной конструкции в результате пожара, принимая во внимание опыт пожарных во время реальных аварийно-спасательных действий.

**Методы:** Для того, чтобы определить критерии оценки симптомов, появляющихся во время пожара строительной конструкции, были проведены эмпирические исследования методом диагностического обследования с помощью опроса. Опрос проводился анонимно среди сотрудников Государственной противопожарной службы в различных группах респондентов (как с точки зрения профессионального опыта, так и региона, в котором служат). Такой выбор исследовательской группы позволил выявить области, где наиболее часто происходят обвалы зданий. Опрос был рассмотрен группой опытных специалистов в области пожарной инженерии.

**Результаты:** Опрос, проведенный среди сотрудников Государственной противопожарной службы, позволяет предварительно определить симптомы потери несущей способности конструкции в результате пожара. Это позволяет принять дальнейшие меры, направленные на устранение данных симптомов при определении риска потери несущей способности здания. Субъективная оценка симптомов, которая могла бы снизить риск обвала конструкции, является последним элементом диаграммы оценочной модели возможной потери несущей способности конструкции. Среди выбранных симптомов респонденты указали, что наиболее часто перед обвалом конструкции появлялись деформации элементов конструкции, трещины в стенах и нетипичные звуки (трески, скрипы). Поэтому, по мнению авторов, упомянутые выше симптомы следует принимать во внимание при оценке возможности утраты несущей способности конструкции в случае пожара. Кроме того, принимая во внимание также оценку влияния потенциального симптома на возможности обвала конструкции здания в случае пожара, основанную на знаниях и опыте респондентов, следует учитывать также взрыв, наклон здания, если охват пламенем более 80% поверхности здания, а также обвал крыш и потолков.

**Выводы:** Указанные респондентами симптомы согласуются с симптомами, описанными в предметной литературе. По мнению авторов статьи необходимо провести дальнейшие исследования в этой области в связи с увеличением количества пожаров, во время которых происходит обвал зданий. Ограниченное число респондентов не позволяет на данном этапе работ определить весомость данных специфических симптомов, которые могли бы быть внедрены в предложенную модель. По мнению авторов присутствие указанных выше симптомов должно значительно увеличивать значение риска. Правильная оценка риска обвала конструкции позволит повысить безопасность спасателей, участвующих в спасательно-гасящих действиях.

**Ключевые слова:** потеря несущей способности, спасательно-гасящие действия, пожарная безопасность

**Вид статьи:** предварительный отчет

## 1. Wprowadzenie

W artykule *Szacowanie możliwości utraty nośności konstrukcji budowlanej w warunkach pożaru* [1] przedstawiono koncepcję modelu szacowania możliwości utraty nośności przez konstrukcję budowlaną na skutek pożaru. Uwzględniono w niej wymagania krajowych przepisów w zakresie ochrony przeciwpożarowej obiektów budowlanych. W wyniku prowadzonych analiz zwrócona zostaje wartość (od 1 do 5) określająca ryzyko utraty nośności konstrukcji w warunkach pożaru. Nośność konstrukcji, zdefiniowaną jako „zdolność do przejścia oddziaływań” [2], na potrzeby prowadzonych prac odniesiono do całego obiektu budowlanego (a nie do jego poszczególnych elementów). W niniejszym artykule przedstawiono wyniki działań prowadzonych w celu ewaluacji wcześniej omówionego modelu.

Zaproponowaną koncepcję opracowano w ramach reali-

zacji projektu „Nowoczesne narzędzia inżynierskie do wspomagania decyzji przeznaczone dla dowódców podczas działań ratowniczo-gaśniczych PSP w obiektach budowlanych” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (DOBR/0010/R/ID1/2013/03). Celem projektu było wykonanie zaawansowanego narzędzia teleinformatycznego, które będzie dostarczać dowódcy akcji ratowniczo-gaśniczej różninorodnych danych wspomagających proces podejmowania decyzji. W artykule omówiono częściowe założenia jednego z modeli.

## 2. Metody

Zespół autorów w zaproponowanym na wcześniejszym etapie prac modelu wskazał możliwość korekcji obliczonego ryzyka poprzez dokonanie subiektywnej oceny symptomów pożaru obiektu budowlanego. W celu określenia kryteriów

przeprowadzenia oceny symptomów wykonano badania empiryczne metodą sondażu diagnostycznego, którego wyniki przedstawiono poniżej.

Badanie przeprowadzono techniką ankiety. Opracowano kwestionariusz ankiety „Oznaki zawalenia konstrukcji budowlanej na skutek działania pożaru”, który został umieszczony na stronie internetowej <http://goo.gl/forms/c89aGdxXiu>. Jako obszar badań przyjęto wybrane jednostki Państwowej Straży Pożarnej. Ankieta została przeprowadzona anonimowo wśród funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej, wśród zróżnicowanej (zarówno pod względem stażu pracy, jak i obszaru/regionu pełnienia służby) grupy respondentów. Taki dobór grupy badawczej pozwolił na wskazanie obszarów, na których zawalenia konstrukcji budowlanych występują najczęściej. Doboru reprezentatywnej próby badawczej dokonano zgodnie z typem doboru tzw. próbą celową [3]. Do obliczenia minimalnej liczebności próby badawczej można wykorzystać poniższy wzór [4]:

$$n_b = \frac{N}{1 + \left( \frac{4d \cdot (N-1)}{Z^2} \right)}$$

gdzie:

$n_b$  - niezbędna próba,

$N$  - liczebność populacji,

$d$  - dopuszczalny błąd szacunku frakcji,

$Z$  - wartość standardowa dla założonego poziomu istotności.

Dobór próby badawczej ma na celu wyznaczenie tendencji i zależności niezbędnych do prowadzenia dalszych badań.

Kwestionariusz ankiety został zweryfikowany oraz zaakceptowany przez grono doświadczonych ekspertów z branży bezpieczeństwa pożarowego.

Badanie zostało podzielone na trzy główne części. Na pierwszym etapie zadaniem ankietowanych było wskazanie lat służby i nazwy województwa, w której ją pełnią. Ankietowani wskazywali także liczbę akcji, w których brali udział i podczas których doszło do zawalenia się konstrukcji budowlanej na skutek pożaru. Ankietowani, którzy nie zadeklarowali udziału w żadnej akcji, w której doszło do zawalenia, nie byli objęci drugą częścią ankiety.

Respondenci, którzy choć raz byli świadkami takiej sytuacji, mieli za zadanie wskazać oznaki poprzedzające zawalenie wraz z częstością ich wystąpienia (w odniesieniu do zdarzeń, których byli uczestnikami). Wskazano 6 symptomów (wystąpienie eksplozji (wybuchów), pęknięcia ścian, wybożenia elementów konstrukcji, przechylenie konstrukcji obiektu budowlanego, nietypowe odgłosy (trzaski, skrzypienie itp.), wydobywanie się wody lub dymu ze spoin), dla których należało określić, czy występowały zawsze, często, sporadycznie, czy nigdy. W tej części badania, respondenci mieli także możliwość wskazać i opisać innego zaobserwowanego symptomu, niewyszczególnionego w badaniu.

W ostatniej części ankiety (w której brali udział wszyscy respondenci), na podstawie swojej wiedzy i doświadczenia, ankietowani mieli za zadanie ocenić znaczenie wystąpienia różnych symptomów w kontekście ryzyka zawalenia się konstrukcji budowlanej. Przyjęto pięciostopniową skalę odpowiedzi (od 1 – nie ma znaczenia do 5 – pewność, że konstrukcja zwali się) dla symptomów:

- ciągły wypływ dymu,
- pulsujący wypływ dymu,
- wypływ dymu przez małe szczeliny w konstrukcji,
- wypływ wody przez małe szczeliny w konstrukcji,
- pęknięcia ścian,
- zawalenie dachu,
- zawalenie stropów,
- wysoka temperatura ścian,
- wysoka temperatura okien,

- przechylenie obiektu budowlanego,
- wybuch (eksplozja),
- nietypowe odgłosy,
- objęcie płomieniami 50-80% powierzchni budynku,
- objęcie płomieniami powyżej 80% powierzchni budynku,
- wybożenie elementu konstrukcji.

### 3. Wyniki

W trakcie badań uzyskano 43 ankiety. Na obecnym etapie prowadzonych badań otrzymaną liczbę arkuszy uznaje się za miarodajną i wystarczającą. Po przeprowadzeniu ankiety wyniki zostały poddane analizie pod względem jakościowym oraz ilościowym.

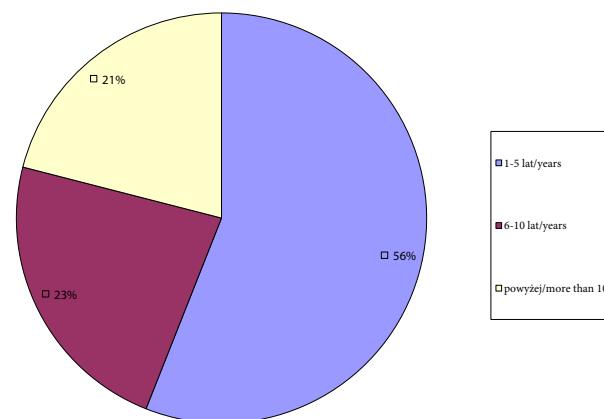
Zestawienie funkcjonariuszy ze względu na długość okresu służby przedstawiono w tabeli 1 i na ryc. 1.

Tabela 1. Lata służby  
Table 1. Years of service

Długość służby/ Length of service	Osoby / Personnel	
	[lat] / [years]	[liczba] / [number]
1	9	21%
2	7	16%
3	5	12%
4	1	2%
5	2	5%
6	4	9%
7	0	0%
8	1	2%
9	3	7%
10	2	5%
> 10	9	21%
<b>Ogółem / Total</b>	<b>43</b>	<b>100%</b>

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Ryc. 1. Lata służby

Fig. 1. Years of service

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Wśród ankietowanych przeważali funkcjonariusze ze stażem od 1 do 5 lat, którzy stanowili 56% wszystkich respondentów. Kolejną grupę – 23% ankietowanych stanowili funkcjonariusze ze stażem pracy 6-10 lat. Natomiast najmniej liczną – 21% – osoby, których okres służby był dłuższy niż 10 lat.

Zróznicowanie względem liczby akcji ratowniczych, w których nastąpiło zawalenie się konstrukcji obiektu budowlanego na skutek działania pożaru przedstawiono w tabeli 2 i na ryc. 2.

Wśród ankietowanych najliczniejszą grupę – 28% stanowiły osoby, które nie uczestniczyły w akcjach ratowniczo-gaśniczych, w których nastąpiło zawalenie się konstrukcji na skutek pożaru. Należy zauważyć również, że są to w zdecydowanej większości – w 75% osoby ze stażem pracy wynoszącym od 1-5 lat. Natomiast funkcjonariusze, którzy w przebiegu kariery zawodowej obserwowali zawalenie się konstrukcji na skutek pożaru ponad 5 razy stanowią 21% wszystkich re-

spondentów. Wśród tych osób przeważająca grupa – 67% – to osoby ze stażem pracy powyżej 10 lat.

Zadaniem ankietowanych, którzy w karierze zawodowej byli świadkami zawalenia się konstrukcji, było również określenie częstotliwości występowania następujących symptomów:

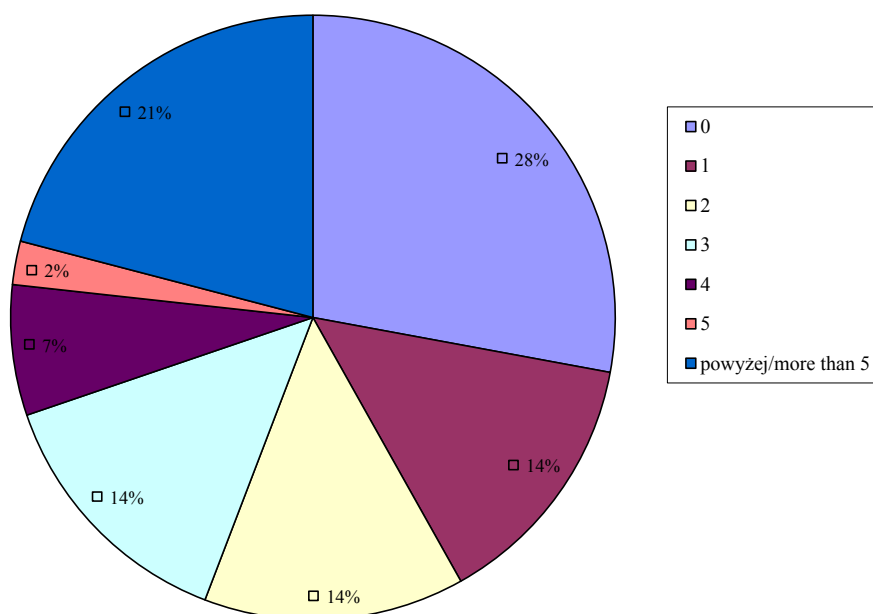
- pęknięć ścian,
- eksplozji (wybuchów),
- wybożenia elementów konstrukcji,
- przechylenia obiektu budowlanego,
- nietypowych odgłosów (trzasków, skrzypień),
- wydobywania się wody lub dymu ze spoin.

**Tabela 2.** Akcje ratowniczo-gaśnicze, w których nastąpiło zawalenie się konstrukcji obiektu budowlanego na skutek działania pożaru  
**Table 2.** Firefighting incident involving structural collapse of a building as a result of a fire

Akcje, w których doszło do zawalenia się konstrukcji Firefighting incident	Osoby Personnel		Długość służby Years of work			
	[liczba] [quantity]	[liczba] [number]	[%]	1-5 lat/years	6-10 lat/years	powyżej 10 lat/ more than 10 years
0	12	28%	w tym / including	75%	17%	8%
1	6	14%		83%	17%	0%
2	6	14%		83%	17%	0%
3	6	14%		50%	17%	33%
4	3	7%		33%	67%	0%
5	1	2%		100%	0%	0%
Powyżej/More than 5	9	21%		0%	33%	67%

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.



**Ryc. 2.** Akcje ratowniczo-gaśnicze, w których nastąpiło zawalenie się konstrukcji obiektu budowlanego na skutek działania pożaru

**Fig. 2.** Firefighting operation involving structural collapse of a building as a result of a fire

**Źródło:** Opracowanie własne.

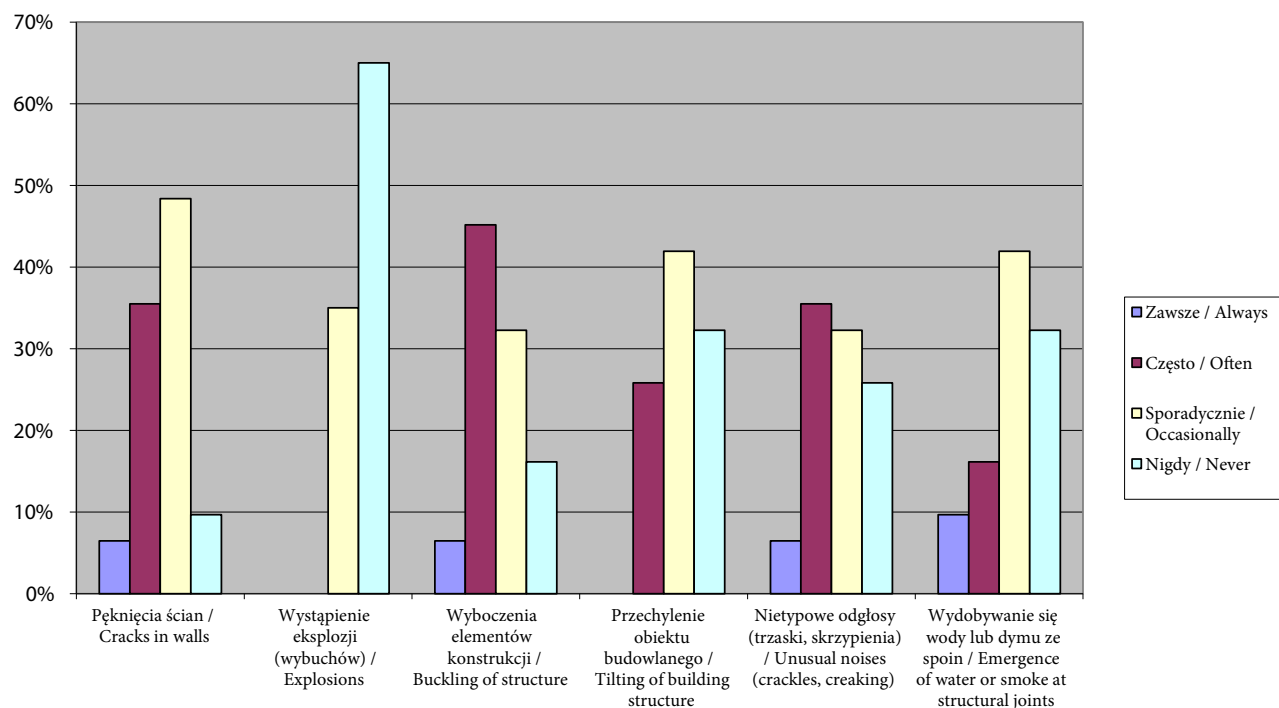
**Source:** Own elaboration.

**Tabela 3.** Częstotliwość występowania symptomów poprzedzających zawalenie się konstrukcji budowlanej na skutek działania pożaru  
**Table 3.** Symptoms manifestation frequency prior to the collapse of the building structure as a result of a fire

Oznaki poprzedzające zawalenie się konstrukcji budowlanej na skutek działania pożaru / Indications preceding the collapse of a building structure caused by a fire	Zawsze / Always		Często / Often		Sporadycznie / Occasionally		Nigdy / Never	
	[liczba] [frequency]	[%]	[liczba] [frequency]	[%]	[liczba] [frequency]	[%]	[liczba] [frequency]	[%]
Pęknięcia ścian / Cracks in walls	2	6%	11	35%	15	48%	3	10%
Eksplozje (wybuchy) / Explosions	0	0%	0	0%	11	35%	20	65%
Wyboczenia elementów konstrukcji / Buckling of structure	2	6%	14	45%	10	32%	5	16%
Przechylenie obiektu budowlanego / Tilting of building structure	0	0%	8	26%	13	42%	10	32%
Nietypowe odgłosy (trzaski, skrzypienia) / Unusual noises (crackles, creaking)	2	6%	11	35%	10	32%	8	26%
Wydobywanie się wody lub dymu ze spoin / Emergence of water or smoke at structural joints	3	10%	5	16%	13	42%	10	32%

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.



**Ryc. 3.** Częstotliwość występowania symptomów poprzedzających zawalenie się konstrukcji budowlanej na skutek działania pożaru  
**Fig. 3.** Symptoms manifestation frequency prior to the collapse of the building structure, caused by a fire

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.



Pęknięcia ścian jako symptom zawsze wskazujący na zawalenie się konstrukcji wskazało 6% ankietowanych. Jako częsty – 36%, sporadyczny – 48%, natomiast nigdy niewystępujący – 10% ogólnej liczby ankietowanych. Eksplozje oraz wybuchy nie zostały zaobserwowane nigdy lub zostały obserwowane sporadycznie odpowiednio przez 65% i 35% funkcjonariuszy, którzy w swojej karierze zawodowej byli świadkami zawalenia się konstrukcji. Wyboczenia elementów konstrukcji jako symptom zawsze poprzedzający zawalenie konstrukcji wskazało 6% ogólnej liczby ankietowanych. Natomiast jako częsty, sporadyczny i nigdy niewystępujący określiło go odpowiednio 46%, 32% i 16% ankietowanych. Przechylenie obiektu budowlanego jako symptom zawsze wskazujący na możliwość zawalenia się konstrukcji nie został wskazany przez żadnego z ankietowanych. Jako częsty symptom uznało go 26% badanych, sporadyczny – 42%, nigdy niewystępujący – 32%. Z ogółu ankietowanych 6% wskazało, że nietypowe odgłosy podczas pożarów są zawsze symptomem zawalenia się konstrukcji, 35% – uznało je za symptom pojawiający się często, 33% za sporadyczny, natomiast 26% ankietowanych

wskazało, że symptom ten nigdy nie występuje przy zawaleniach. 10% ogólnej liczby ankietowanych wskazało, że wydobywanie się wody lub dymu ze spoin zawsze zapowiada zawalenie się konstrukcji, często – 16%, sporadycznie – 42%, natomiast nigdy – 32% ankietowanych.

Ankietowani zwrócili uwagę również na inne czynniki, które zdarzyło im się obserwować i które w konsekwencji ocenili jako oznaki zawalenia się konstrukcji budowlanej:

- odpadanie powierzchni izolacyjnych i powierzchni lakierniczych,
- przepalenie konstrukcji dachu.

Zadaniem ankietowanych była również ocena (na podstawie posiadanej wiedzy i zdobytego doświadczenia) wpływu wystąpienia potencjalnego symptomu na możliwość zawalenia się konstrukcji budowlanej w sytuacji pożaru. Ocena polegała na oszacowaniu znaczenia danego symptomu na zawalenie się konstrukcji budowlanej na skutek pożaru. Respondenci określali wpływ zaobserwowania danego symptomu za pomocą pięciostopniowej skali 1-5, gdzie 1 oznaczało „nie ma znaczenia”, natomiast 5 – „pewność zawalenia konstrukcji”.

**Tabela 4.** Ocena wpływu wystąpienia symptomu na możliwość zawalenia się konstrukcji budowlanej w sytuacji pożaru

**Table 4.** Assessment of the impact caused by symptom on the likelihood of a building structure collapse during a fire

Ocena wpływu wystąpienia symptomu / Assessment of the impact caused by symptoms	1 nie ma znaczenia / irrelevant		2		3		4		5 pewność zawalenia się konstrukcji / certainly of structural collapse	
	[liczba] [frequency]	[%]	[liczba] [frequency]	[%]	[liczba] [frequency]	[%]	[liczba] [frequency]	[%]	[liczba] [frequency]	[%]
Ciągły wypływ dymu / Continuous outflow of smoke	10	23%	14	33%	15	35%	4	9%	0	0%
Pulsujący wypływ dymu / Pulsating outflow of smoke	8	19%	16	37%	12	28%	7	16%	0	0%
Wypływ dymu przez małe szczeliny w konstrukcji / An outflow of smoke through small cracks in the structure	4	9%	19	44%	12	28%	8	19%	0	0%
Wypływ wody przez małe szczeliny w konstrukcji / An outflow of water through small cracks in the structure	4	9%	12	28%	11	26%	12	28%	4	9%
Pęknięcia ścian / Cracks in walls	0	0%	5	12%	9	21%	21	49%	8	19%
Zawalenie dachu / Collapse of roof	0	0%	3	7%	7	16%	22	51%	11	26%
Zawalenie stropów / The collapse of ceilings	0	0%	1	2%	8	19%	20	47%	14	33%
Wysoka temperatura ścian / High temperature of walls	0	0%	2	5%	13	30%	19	44%	9	21%
Wysoka temperatura okien / High temperature of windows	8	19%	11	26%	14	33%	9	21%	1	2%
Przechylenie obiektu budowlanego / Tilting of building structure	1	2%	2	5%	5	12%	15	35%	20	47%
Wybuch (eksplozja) / Explosion	1	2%	2	5%	2	5%	17	40%	21	49%
Nietypowe odgłosy / Unusual noises	3	7%	8	19%	17	40%	9	21%	6	14%
Objęcie płomieniami 50-80% pow. Budynku / 50-80% of the building engulfed by flames	0	0%	1	2%	20	47%	16	37%	6	14%
Objęcie płomieniami powyżej 80% pow. Budynku / More than 80% of the building engulfed by fire	0	0%	0	0%	8	19%	18	42%	17	40%
Wyboczenie elementu konstrukcji / Buckling of structure	0	0%	1	2%	9	21%	25	58%	8	19%

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.

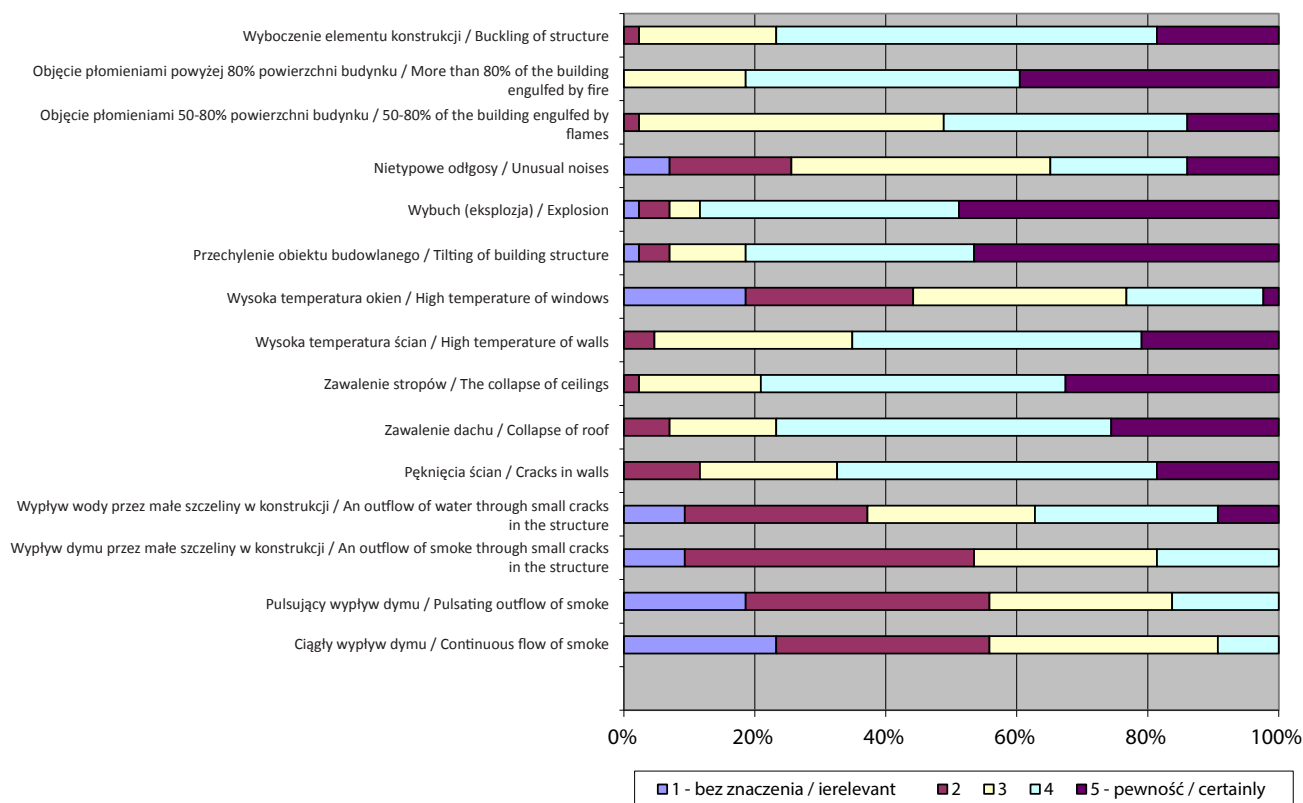


Рис. 4. Ocena wpływu wystąpienia symptomu na możliwość zawalenia się konstrukcji budowlanej w sytuacji pożaru  
 Fig. 4. Assessment of the impact caused by symptom on the likelihood of a building structure collapse during a fire

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Według 49% ankietowanych funkcjonariuszy symptom w postaci wybuchu lub eksplozji będzie w konsekwencji skutkowało zawaleniem się obiektu budowlanego. Według 47% ankietowanych zawalenie się obiektu poprzedza jego przechylenie. Natomiast 40% ankietowanych twierdzi, że zawaleniem skutkować będzie objęcie płomieniami powyżej 80% powierzchni budynku. Natomiast symptomy w postaci pulsującego wypływu dymu ciągłego wypływu dymu, wypływu dymu przez małe szczeliny w konstrukcji odpowiednio dla 19%, 23%, 9% ankietowanych nie mają znaczenia dla utrzymania nośności obiektu budowlanego.

#### 4. Dyskusja nad metodami i wynikami

Przeprowadzona ankieta wśród funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej umożliwiła wstępne wytypowanie symptomów utraty nośności konstrukcji na skutek pożaru. Dzięki temu możliwe jest podjęcie dalszych działań, mających na celu uwzględnienie ich przy określaniu ryzyka utraty nośności przez konstrukcję.

Subiektywna ocena symptomów mogąca obniżyć ryzyko zawalenia konstrukcji stanowi ostatni element diagramu czynności modelu szacującego możliwość utraty nośności przez konstrukcję, który zaproponowano we wcześniejszych etapach prac [1].

Funkcjonariusze, którzy w swojej karierze zawodowej byli świadkami zawalenia się konstrukcji co najmniej raz (72% ankietowanych) wskazali, że najczęściej przed zawaleniem się konstrukcji następowały wyboczenia jej elementów, pęknięcia ścian oraz nietypowe odgłosy, takie jak trzaski, skrzywienia (tabela 3). Stąd też w ocenie autorów publikacji wskazane powyżej symptomy należy bezwzględnie uwzględnić

podczas szacowania możliwości utraty nośności konstrukcji budowlanej w warunkach pożaru.

Ponadto biorąc pod uwagę ocenę wpływu wystąpienia potencjalnego symptomu na możliwość zawalenia się konstrukcji budowlanej w sytuacji pożaru, opartą na wiedzy i doświadczeniu respondentów (tabela 4), w analizie należy uwzględnić również wybuch, przechylenie obiektu budowlanego, objęcie płomieniami powyżej 80% powierzchni budynku oraz zawalenie dachu i stropów.

#### 5. Wnioski

Wskazane przez ankietowanych symptomy są zgodne z symptomami opisanymi w literaturze przedmiotu [5-7]. W ocenie autorów publikacji konieczne jest prowadzenie dalszych badań w tym zakresie, z uwagi na coraz większą liczbę pożarów, podczas których dochodzi do zawalenia się konstrukcji obiektów budowlanych. Ograniczona wielkość grupy ankietowej nie pozwala na obecnym etapie prac na wyznaczenie precyzyjnych wartości wag dla wskazanych symptomów, które mogłyby zostać zaimplementowane do proponowanego modelu [1]. W ocenie autorów wystąpienie wymienionych wyżej symptomów powinno znacznie podwyższać zwracaną przez model [1] wartość ryzyka. W sytuacji, gdy podczas prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych dane symptomy nie są obserwowane, zwracana wartość określająca ryzyko zawalenia się konstrukcji może zostać nieznacznie obniżona. Niezbędne jest jednak prowadzenie dalszych badań, które swoim zasięgiem obejmą większą liczbę funkcjonariuszy. Pozwolą one na dokonanie hierarchizacji symptomów. Właściwe oszacowanie ryzyka zawalenia konstrukcji przyczyni się do poprawy bezpieczeństwa ratowników biorących udział w akcjach ratowniczo-gaśniczych.

Artykuł powstał w ramach projektu nr DOBR/0010/R/ID1/2013/03 pt. „Nowoczesne narzędzia inżynierskie do wspomagania decyzji przeznaczone dla dowódców podczas działań ratowniczo-gaśniczych PSP w obiektach budowlanych” finansowanego przez NCBR.

## Literatura

- [1] Garlińska U., Michalak P., Popielarczyk T., *Szacowanie możliwości utraty nośności konstrukcji budowlanej w warunkach pożaru*, BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 59–66.
- [2] PN-EN 1991-1-2:2006 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-2: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru.
- [3] Babbie E., *Podstawy badań społecznych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.
- [4] Brzeziński J., *Metodologia badań psychologicznych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.
- [5] Poremba J., *Building Collapse: Learn the Warning Signs* [dok. elektr.], <http://www.firerescue1.com/firefighter-safety/articles/458061-Building-Collapse-Learn-the-Warning-Signs/> [dostęp: 29.01.2015].
- [6] Robertson H., *Establishing Collapse Zones at Structure Fires* [dok. elektr.], <http://www.firefighternation.com/article/special-operations/establishing-collapse-zones-structure-fires> [dostęp: 29.01.2015].
- [7] Brennan T., *The signs of impending building collapse* [dok. elektr.], <http://www.fireengineering.com/articles/print/volume-153/issue-7/departments/random-thoughts/the-signs-of-impending-building-collapse.html> [dostęp: 29.01.2015]

\* \* \*

**mgr inż. Urszula Garlińska** – absolwentka Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego i Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie oraz studiów podyplomowych na Politechnice Warszawskiej i Wyższej Szkoły Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie. Od 2013 roku pracownik Zespołu Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej CNBOP-PIB, w którym zajmuje się badaniami kwalifikacyjnymi elementów dźwiękowych systemów ostrzegawczych.

**mgr inż. Paweł Michalak** – absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej oraz Podyplomowych Studiów Zarządzania Projektami Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie.

**mgr inż. Tomasz Popielarczyk** – absolwent Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Od początku swojej pracy zawodowej związany z Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwożarowej, jako pracownik Zespołu Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej. Od 2013 roku pełni funkcję zastępcy kierownika Zespołu Laboratoriów.