

Bartosz Zegardło, Dorota Miłkowska, Klaudia Siedlecka, Izabella Szyber

Wpływ czynników niewłaściwej gospodarki produkcji budowlanej na przyczyny zniszczenia obiektów oraz bezpieczeństwo ratowników usuwających skutki awarii

JEL: J28, Q59. DOI: 10.24136/atest.2019.209.

Data zgłoszenia: 25.05.2019. Data akceptacji: 22.01.2020.

W artykule zaprezentowano przegląd przyczyn występowania awarii budowlanych oraz wskazano wytyczne, co do zachowania się ekip ratowniczych, które mają wpływ na bezpieczeństwo. W artykule zauważono, że przyczynami awarii mogą być zarówno błędy ludzkie - których można unikać jak i zdarzenia, na które czynnik ludzki nie ma wpływu. W podsumowaniu zauważono że szeroka wiedza inżynierska, znajomość przyczyn i następstw awarii, umiejętność świadomej oceny sytuacji oraz możliwość przewidywania prawdopodobnych zagrożeń zapewnić mogą sprawne prowadzenie akcji ratowniczych oraz znaczące podniesienie bezpieczeństwa zarówno ratowników jak i osób poszkodowanych.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, produkcja budowlana, awarie obiektów.

Wstęp

Konstruowanie obiektów budowlanych towarzyszy człowiekowi od początków jego istnienia. Z biegiem lat budowie od prostych obiektów dających schronienie przed czynnikami zewnętrznymi ewoluowały do tysięcy różnych form o niemal nieskończonej szerokości wachlarza przeznaczenia [4]. Podobnie jak różnorodność zastosowań obiektów z biegiem czasu zmieniały się stosowane do ich budowy materiały, obliczeniowe schematy konstrukcyjne oraz technologie ich wykonywania. Wraz z rozwojem technik budowlanych bardzo dynamicznie w ostatnich latach zmieniają się warunki eksploatacji obiektów. Wśród nich wyróżnić można zarówno te, które wynikają ze sposobów użytkowania jak i te niezależne od człowieka jak np. warunki pogodowe, które nasilają się w sposób nieprzewidywalny. Huraganowe wiatry, trąby powietrzne, obfite opady deszczu lub śniegu powodują, że powstają nowe niebezpieczeństwa stanowiące zagrożenie dla obiektów budowlanych. Tego rodzaju przyczyny stanowią nowe wyzwania dla projektantów, konstruktorów, inwestorów i wykonawców, którzy odpowiedzialni są za bezawaryjną pracę budowli w całym okresie jej użytkowania. Zachodzące natomiast awarie budowlane tworzące wymierne straty i stanowiące zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi w tym również ratowników [2, 3] prowadzących akcje ratownicze nakazują głębiej analizować ich przyczyny, by jak najbardziej minimalizować lub eliminować ich skutki.

W artykule niniejszym przedstawiono najczęstsze przyczyny awarii budowlanych. Przeanalizowano ich skutki oraz odniesiono je do niebezpieczeństw jakie mogą towarzyszyć osobom prowadzącym akcje ratownicze.

1. Przyczyny awarii obiektów budowlanych powodowane błędem ludzkim przy projektowaniu

Ze względu na fakt wysokiego zaawansowania technologicznego [1] obecnie konstruowanych obiektów wielka odpowiedzialność

spoczywa na projektantach – konstruktorach, których zadaniem jest zaprojektowanie konstrukcji tak, aby niezależnie od wszystkich czynników bezawaryjnie przez planowany okres czasu przenosiła obciążenia. Przez to że projektowanie konstrukcji jest procesem skomplikowanym i w znacznej mierze opiera się wykorzystaniu obliczeniowych programów komputerowych wspomagających projektowanie, błędy projektowe mogą zdarzyć się na każdym etapie tego procesu.

Najczęściej występującymi błędami, do jakich może dojść na etapie projektowania są przyjęcie niepoprawnego modelu pracy konstrukcji, przyjęcie złych obciążeń dla obliczeń statycznych oraz wystąpienie błędów w samych obliczeniach. Istotnym czynnikiem jest tu właściwe rozpoznanie pracy konstrukcji obiektów, w szczególności w warunkach złożonych i nietypowych obciążeń, np. w przypadku obciążeń wiatrem, śniegiem, pyłem, lodem, temperaturą czy obciążeń parasejsmicznych również występujących często jednocześnie. Drugoplanowe jednak równie istotne są błędy w projektowaniu połączeń, wybór niekompatybilnych materiałów lub niezgodnych z ich specyfikacją. Wadliwie zaprojektowane instalacje np. wentylacja czy izolacja ciepło-wilgotnościowa powodująca korozję, mogą z biegiem czasu również doprowadzić do awarii budowlanej. Niebezpiecznym błędem projektanta jest także zastosowanie nieodpowiedniego rozwiązania konstrukcji ze względu na warunki technologii realizacji oraz warunki użytkowania. Niedopuszczalną przez prawo aczkolwiek zauważaną w rzeczywistości procedurą jest również wykonanie projektu adaptacji czy rozbudowy obiektu bez właściwej ekspertyzy stanu technicznego obiektu.[2] Innym błędem projektowym jest niewłaściwy wybór miejsca budowy i metody poprawy warunków gruntowych, które spotyka się w miejscach o trudnych warunkach posadowienia. Najczęstszymi przyczynami awarii są tu jest niedostateczne rozpoznanie geologiczne terenu pod obiekt budowlany i niezastosowanie odpowiednich rozwiązań technicznych. W szczególności miejsca położone w regionach eksploatacji górniczej, osuwiskowych, na terenach zalewowych i innych o niekorzystnych warunkach geotechnicznych, a także niewłaściwy rodzaj posadowienia oraz jego zaprojektowanie bez uwzględnienia rzeczywistej współpracy konstrukcji obiektu z podłożem gruntowym mogą mieć dla niej negatywne skutki.

Kluczowym czynnikiem na etapie projektowym [30] są właściwe interpretacje i zrozumienie norm, aprobat technicznych, wytycznych i instrukcji, uwzględniające projektowe warunki techniczne użytkowania obiektu. Niebezpiecznymi są odstępstwa od tych przepisów zwłaszcza w projektowaniu konstrukcji w warunkach nietypowych i specjalnych.

Wpływ na właściwe projektowanie obiektów ma także uwzględnianie doświadczeń wykonawczych, opinii inwestorów i użytkowników przy powtarzalnych realizacjach konstrukcji [8]. Poza tym częstymi błędami ostatnich lat skutkującymi często awariami budowlanymi są niewłaściwe procedury przetargów oraz zbyt krótkie terminy realizacji projektów. Takie działania prowadzą

do tego, że zarówno projekty jak i obiekty według nich wykonane są zrealizowane niedbale z wieloma błędami technicznymi wynikającymi z pośpiechu i oszczędności finansowych.

Systematyzując najczęściej spotykane błędy projektowe które wyróżnić można w szczególności przy projektowaniu różnego rodzaju konstrukcji to:

- a) w konstrukcjach żelbetowych [5,29]:
 - zbyt niska długości zakładów zbrojenia w płytach, ścianach i belkach,
 - zbyt niska nośność połączeń słupów i stropów,
 - zbyt wysoka smukłości słupów
 - nieodpowiednie zakotwienie wsporników stanowiących podparcie rygli,
 - oddziaływanie dynamiczne, pominięte w obliczeniach projektowych,
 - posadowienia na gruntach nasypowych, osuwiskowych i ekspansywnych.
- b) w konstrukcjach stalowych [6]:
 - zbyt niska nośność rygli i dźwigarów
 - zbyt niska nośność słupów
 - zbyt wysoka smukłość słupów oraz innych prętowych elementów ściskanych (np. pasy górne kratownic)
 - zbyt niska nośność połączeń – spawanych, skręcanych, nitowanych
- c) w konstrukcjach drewnianych [31]
 - zbyt niska nośność rygli i dźwigarów
 - zbyt niska nośność słupów
 - zbyt wysoka smukłość słupów oraz innych prętowych elementów ściskanych (np. pasy górne kratownic)
 - zbyt niska nośność połączeń – gwoździe, śruby, blachy kolczaste.

Najczęściej wszystkie wymienione błędy projektowe nie są zauważalne w początkowym okresie eksploatacji obiektu [7]. Często stosowane przy obliczeniach współczynniki bezpieczeństwa, które powodują że konstrukcja jest projektowana z pewnym „nadmiarem” sprawiają, że dopóki obciążenia w obiektach nie przybiorą znacznych rozmiarów nie sposób zauważyć efektów błędów projektowych. Skutki błędów pojawiają się z biegiem jej użytkowania a ich oznakami są pęknięcia, zarysowania lub nadmierne odkształcenia konstrukcji. W przypadku pojawiających się tego typu objawów powinny one być jak najszybciej zgłoszone osobom odpowiedzialnym za stan obiektu [9], a sam obiekt powinien być wyłączony z eksploatacji. Pierwszym etapem prac powinno być tu możliwie najbardziej skuteczne podparcie dodatkowymi podporami np. stemplami elementów najbardziej odkształconych lub zastosowanie klamer stalowych zapewniających wyeliminowanie propagacji uszkodzeń. Po zastosowaniu zabezpieczeń należy usunąć największe odciążenie konstrukcji. Gdy te etapy ratownicy przeprowadzą z rozważą nie oddziaływać będzie na nich żadne niebezpieczeństwo. Obiekt jednak powinien pozostać wyłączony z eksploatacji i poddany gruntownej analizie projektowej przez uprawnione osoby. Włącznie do eksploatacji powinno nastąpić po odpowiednich zabiegach wykonawczych.

2. Przyczyny awarii obiektów występujące na skutek błędów wykonawczych i eksploatacyjnych

W jednakowym stopniu jak w przypadku projektowania błędy wykonawcze i eksploatacyjne również mogą być przyczyną awarii i katastrof obiektów [16]. Główną i najczęściej obserwowaną przyczyną uszkodzeń budynków, które wynikają z wadliwego wykonania jest niewłaściwy, niezgodny z projektowanym dobór

materiałów, z których powstaje dana konstrukcja. Użycie materiałów budowlanych o złej jakości lub zastosowanie innych najczęściej mniejszych rozmiarów profili niż uwzględniane w obliczeniach statycznych skutkuje znacznym osłabieniem konstrukcji nośnej. Zbliżony skutek może również wywołać nieodpowiedni lub błędny dobór technologii wykonania. Na przykład wykonywanie konstrukcji przy silnych opadach deszczu często prowadzi do zamknięcia we wnętrzu konstrukcji wody która z biegiem lat powodować może korozję materiału nie widoczną od jej zewnętrznej strony. Podczas wykonywania konstrukcji ważne jest też, by zastosowane materiały współgrały ze sobą (były kompatybilne). Istotnym czynnikiem jest tu kontrola jakości wybranych materiałów oraz sprawdzenie czy posiadają one stosowne certyfikaty za co odpowiedzialni są kierownik budowy oraz inspektor nadzoru inwestorskiego. Nieodpowiednio dobrane materiały stanowią szczególne zagrożenie szczególnie w aspekcie materiałów węzłowych. Odnotowano szereg przypadków podczas których wykonawcy szukając oszczędności wprowadzali do złączy np. śruby mniejszych rozmiarów. Bagatelizując ten fakt wykonawcy nie zwracali uwagi, że często te najdrobniejsze elementy konstrukcji w dużej mierze decydują o jej trwałej bezawaryjnej eksploatacji.

Kolejną przyczyną awarii mogą być niewłaściwe sposoby eksploatacji budynków podczas których może dojść do przeciążenia ich konstrukcji [25,26]. Efektem takich działań może być uszkodzenie elementów budowlanych wskutek dodatkowych obciążeń konstrukcji lub, gdy zostanie przekroczone obciążenie użytkowe w zakresie nie przewidzianym obliczeniami projektowymi. Opisane awarie mogą być spowodowane przez nieprzemyślane przeróbki konstrukcji, zmianę sposobu użytkowania i nieodpowiednie utrzymanie.

Do opisywanych błędów można zaliczyć również nie wykonywanie niezbędnych robót konserwacyjnych i remontowych, związanych z zapewnieniem odpowiedniego stanu bezpieczeństwa technicznego obiektów budowlanych podczas ich użytkowania [18]. Szczególną tu uwagę zwraca się na nie wykonywanie wymaganych przez prawo budowlane przeglądów technicznych – rocznych i pięcioletnich. Istotnymi czynnikami wpływającymi na bezpieczeństwo eksploatacji jest odpowiednia konserwacja i zabezpieczanie konstrukcji przed erozją i korozją, niedopuszczanie do powstawania nadmiernych rys, pęknięć wyboczeń elementów w konstrukcji, usuwanie zacieków i ich przyczyn. Ważnym czynnikiem jest również niedopuszczanie do zaistnienia awarii instalacji: gazowych, elektrycznych lub sanitarnych, a szczególnie instalacji wodociągowej mających wpływ na warunki wodno-gruntowe posadowienia obiektów. Do niewłaściwych warunków eksploatacji można również zaliczyć realizację obiektów niezgodną ze sztuką budowlaną modernizacje i remonty prowadzone bez właściwych, wymaganych projektów, jedynie na podstawie zleceń użytkowników, podczas których nieświadomi wykonawcy uszkadzają newralgiczne elementy konstrukcji.

Gwałtowne zmiany obciążeń lub awarie instalacji gazowych prowadzą do gwałtownych zmian w konstrukcji, a co za tym idzie, gwałtownie występujących awarii. W zależności od intensywności czynników je wywołujących rozmiary awarii mogą być różne. Przy usuwaniu awarii tego typu, a także przy prowadzeniu akcji ratowniczych należy zwrócić uwagę na to czy przyczyna awarii (np. ulatniający się gaz) została usunięta [11]. Jeśli nie powinno to być pierwszym etapem prac ratowniczych. Kolejnym etapem powinna być ocena zniszczeń oraz prawdopodobieństwa zniszczeń kolejnych które mogą nastąpić z pewnym opóźnieniem. Tu zagrożenie dla ratowników jest wysokie i zaleca się stosować

doraźne środki zabezpieczające jak np. podpory, które pozwolą nawet na krótkotrwale zabezpieczenie obiektu na czas akcji. Po udanej akcji ratowniczej [14,15] podobnie jak w przypadku błędów projektowych obiekt powinien być wyłączony z eksploatacji i ponowne jego użycie powinno być poprzedzone gruntowną analizą konstrukcyjną i wykonaniem zaleceń wykonawczych [12].

3. Awarie obiektów budowlanych wywołane przyczynami wyjątkowymi

Pośród przyczyn wyjątkowych awarii i katastrof konstrukcji wymienić można skutki tzw. wyjątkowych obciążeń oddziałujących na obiekty budowlane związane z oddziaływaniem kataklizmów oraz niecodziennych zdarzeń losowych. W Europie podobnie jak i na świecie w ostatnich latach wzrosła częstość występowania huraganów i trąb powietrznych [10]. Stają się one coraz częstszą przyczyną uszkodzeń obiektów budowlanych. Uszkodzenia powodowane przez wiatry tzw. katastrofalne, można podzielić na bezpośrednie i pośrednie. Uszkodzenia bezpośrednie wynikają z bezpośredniego oddziaływania wiatru na obiekt budowlany lub jego część [13]. Są one spowodowane siłami aerodynamicznymi, czyli działaniem ciśnienia spowodowanego wiatrem. Drugorzędny efektem jest tu wpływ zmian ciśnienia atmosferycznego [21]. Najczęściej obserwowanymi uszkodzeniami spowodowanymi przez katastrofalne wiatry są: częściowe uszkodzenia lub zerwanie pokrycia dachowego, uszkodzenia elementów konstrukcji dachu, uszkodzenia pokrycia ścian obiektów, rzadziej uszkodzenia słupów nośnych. Niszczące działanie wiatru przejawia się bezpośrednio jako ciśnienie wywierane na zewnętrzne powierzchnie budowli zamkniętych oraz na powierzchnie wewnętrzne, co związane jest z przepuszczalnością zewnętrznych przegród. W przypadku budowli otwartych tego typu jak wiaty - wiatr może bezpośrednio oddziaływać na ich powierzchnie wewnętrzne. W takich przypadkach [32] ciśnienie wywierane na powierzchnie konstrukcji lub jej indywidualne elementy osłonowe, wywołuje siły prostopadłe do nich. Dodatkowo, w przypadkach, gdy duże powierzchnie konstrukcji są opływane przez wiatr, powstają siły tarcia, działające stycznie do powierzchni. W aspekcie elementów podatnych na drgania, czynnik dynamiczny powoduje, że siły wynikające z ciśnienia są jeszcze większe a sumaryczne oddziaływanie wiatru jeszcze bardziej destrukcyjne. W rzadziej obserwowanych przypadkach przejścia trąby powietrznej całkowite lub częściowe zniszczenia obiektów budowlanych powoduje nie tylko znaczna prędkość wirującego powietrza, bardzo duża siła ssąca, ale również oddziaływanie dużej różnicy ciśnienia [33].

W sytuacji, gdy obiekt posiada duży otwór w zewnętrznej ścianie nawietrznej (rys. 1) może dojść do szczególnie niebezpiecznej sytuacji rozsadzania budynku na skutek włączania powietrza

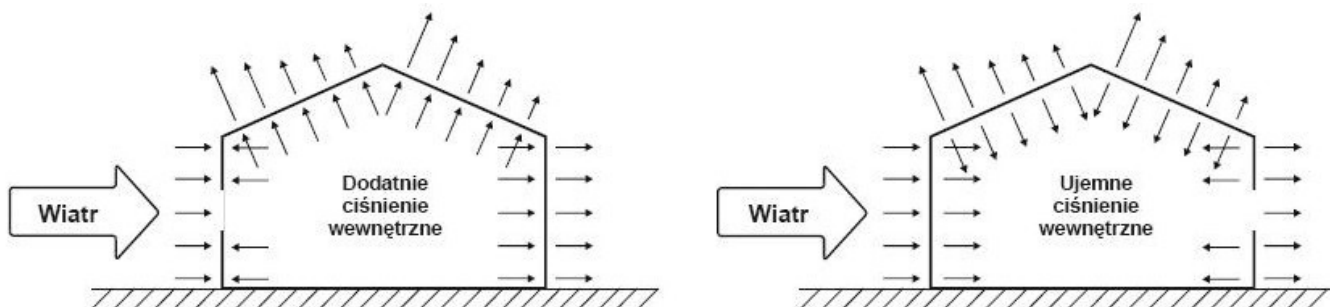
do jego wnętrza. W przypadku, gdy otwory o znacznych rozmiarach zlokalizowane są w ścianie bocznej (rys. 2) lub tylnej spadek ciśnienia wewnątrz budynku może powodować zapadnięcie się do środka ścian i stropu lub dachu.[34]

Strefy zwiększonego ssania wiatru występują głównie za krawędziami nawietrznymi ścian budynku. Obszary tzw. przykrawędziowe są w związku z tym szczególnie narażone na zwiększone oddziaływanie wiatru, a możliwe pulsacje ciśnienia powodują mogą zwiększenie ryzyka wystąpienia uszkodzeń w tych obszarach. Opisane uszkodzenia zainicjowane przy krawędziach mogą pociągać za sobą zniszczenia większych obszarów.

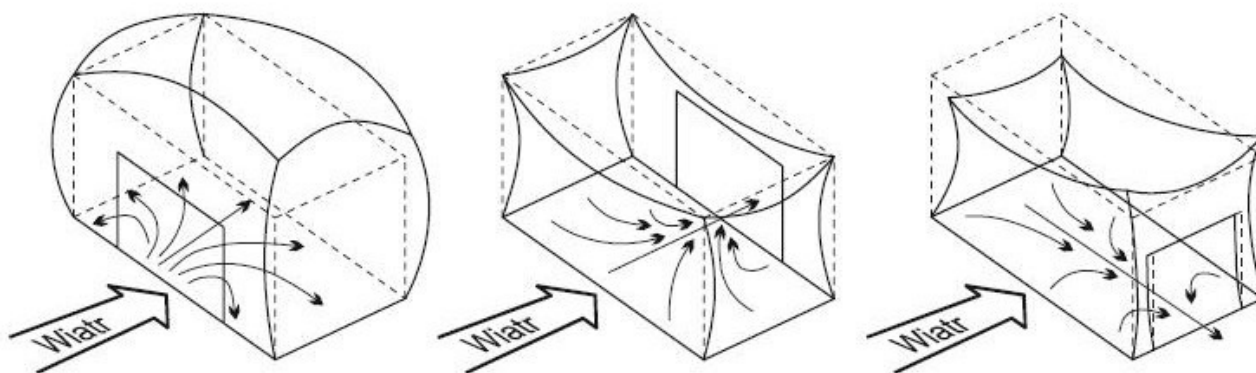
Kolejne rodzaje uszkodzeń wywołanych wiatrem [36] - uszkodzenia pośrednie mogą być spowodowane uderzeniami innych elementów jak np. przewracających się drzew oraz elementów i urządzeń budowlanych, a także z uderzeniami przedmiotów poderwanych i unoszonych przez wiatr (tzw. pocisków powietrznych). Awarie pośrednie mogą wynikać również z występowania zjawisk pobocznych, np. towarzyszącego burzom gradobicia, w przypadku cyklonów obfitych opadów czy w przypadku wiatru fenowego - lawin kamiennych i śnieżnych.

Niepożądane awarie i katastrofy wynikające z zalegającego śniegu i lodu jak podają statystyki są głównie wynikiem błędów popełnionych w procesie projektowania, powstawania lub użytkowania obiektów budowlanych, a także w wyniku naturalnej degradacji konstrukcji po wieloletnim okresie użytkowania. Rzadziej wyjątkowo obfite opady śniegu [35]- wyższe niż ujęte w prawidłowo przeprowadzonych obliczeniach - powodują zbyt duże obciążenie dla dachów budynków. Jakkolwiek patrząc zalegający na połaci dachowej śnieg jest zaliczany do najistotniejszych czynników sprawczych katastrof lub awarii budowlanych.

Bezpieczna ocena obciążenia śniegiem dachów jest możliwa przede wszystkim na drodze wielu pomiarów. Prowadzone są one w warunkach naturalnych zarówno na dachach jak i w ich sąsiedztwie na gruncie, którego obciążenie śniegiem stanowi wielkość odniesienia. Metody oceny i obliczeń bezpieczeństwa konstrukcji podlegają stałym identyfikacją i korektom i zawarte są zawarte w wytycznych do norm. Poza samym obciążeniem w aspekcie wytrzymałości konstrukcji na obciążenie śniegiem ma geometria dachu. Najbardziej na uszkodzenia są narażone budynki o dachach płaskich. Z dachu ukośnego śnieg zsuwa się, ale podkreślić należy, że wiele zależy od tego, jak budynek jest zorientowany wobec stron świata. Na terenie Polski znacznie bardziej narażone na obciążenia i usterki są dachy od strony zachodniej i to nie tylko ze względu na śnieg, ale i na wiatr, wiejący najczęściej z tamtego kierunku. Zalegający na płaskim dachu śnieg znika dopiero, gdy się roztopi lub zostanie usunięty [20]. Gromadząc się na powierzchni dachowej powoduje coraz większe obciążenie konstrukcji. Na skutek zmieniających się



Rys. 1. Ciśnienie wywierane na powierzchnie elementów budynku [34]



Rys. 2. Oddziaływanie huraganowego wiatru na budowlę [35]

temperatur śnieg może się delikatnie rozpuszczać i ponownie zamarzać, tworząc lodowo-śnieżną pokrywę. Warstwa lodu może ukrywać się pod cienką warstwą świeżego śniegu. W takim przypadku grubość warstwy śniegu nie przekłada się już na jej ciężar. Mimo stosunkowo niedużej grubości pokrywy obciążenie nią konstrukcji dachu może wzrosnąć kilkakrotnie. Prawdopodobieństwo uszkodzenia powierzchni dachowych lub awarii konstrukcji budynku występuje głównie na dachach płaskich obiektów wielkopowierzchniowych o lekkiej konstrukcji szkieletowej takich jak supermarkety, hale sportowe czy magazyny. W przypadku wymienionych obiektów jest to szczególnie niebezpieczne, gdyż nie potrafią one przenosić tak dużych obciążeń jak ciężkie budynki mieszkalne wykonane w technologii tradycyjnej. Śnieg w tego rodzaju obiektów może spowodować ugięcie, złamanie elementów przętowych lub rozerwanie złączy.

Innym wyjątkowym obciążeniem obiektów budowlanych są pożary. Zjawiska te dla strażaków prowadzących akcje ratownicze szczególnie niebezpieczne są ze względu na występowanie zarówno wysokich temperatur jak i niebezpiecznych dla zdrowia produktów spalania. W aspekcie obiektów wpływ temperatur znacząco oddziałuje na zmiany stateczności i wytrzymałości ich konstrukcji. Działanie wysokiej temperatury może i często skutkuje zmianami fizycznymi i chemicznymi w materiałach, powodujące obniżenie ich wytrzymałości. Pod wpływem dużych ilości ciepła zmienia się struktura materiałów budowlanych, wchodzące w nie składniki ulegają rozszerzaniu, powstają procesy rozkładu i palenia. Maleje wytrzymałość materiałów budowlanych, powstaje możliwość deformacji, pęknięcia konstrukcji i zawałenia się obiektu. W przypadku budynków drewnianych działanie ognia oddziałuje na ich elementy konstrukcyjne, a ich spalanie powoduje zmniejszenie przekrojów. W przypadku szkieletowych budowli drewnianych, w których znajduje się dużo palnych elementów konstrukcyjnych jak palna więźba dachowa, drewniane stropy, palne ściany działowe i przepierzenia pożar ostatecznie powoduje najczęściej ich całkowite spalanie. Podobnie w przypadku drewnianych elementów wykończeniowych ogień może spowodować ich całkowite zniszczenie [17]. Elementy te powodują szybkie rozprzestrzenianie się pożaru, a także szybkie wyjście ognia na zewnątrz. Ciekawostką jest, że drewniane elementy konstrukcyjne, zwłaszcza o dużych przekrojach, rzadko ulegają gwałtownemu zawaleniu się pod wpływem niszczącego działania ognia. Runięcia konstrukcji drewnianej poprzedzają głośnie trzaski, pęknięcie, przechyły itp., a powstający sztywny rdzeń nagrzewanego elementu drewnianego na pewien czas wzmacnia nawet konstrukcję [31].

W aspekcie konstrukcji stalowych na skutek wysokich temperatur pożarowych dochodzi do zmian fizycznych w strukturze materiału, a w szczególności rozszerzenie powodujące naprężenia. Na skutek wysokiej temperatury maleje sztywność elementów konstrukcji, co wpływa na ich deformację. Jako destrukcyjna okazuje się również rozszerzalność termiczna, będąca przyczyną powstania dodatkowych sił wewnętrznych o znaczących wartościach. Inaczej niż to dzieje się w przypadku konstrukcji żelbetonowych i drewnianych, konstrukcje stalowe stosunkowo szybko osiągają wysokie wartości temperatury w całym przekroju. W wyniku pożaru dochodzi szybciej do utraty stateczności konstrukcji. Wytrzymałość mechaniczna stali w temperaturze 600°C spada po ok. 7 minutach. Na przykład w temperaturze 550°C wytrzymałość spada o połowę w stosunku do początkowej, a przy 750°C o ok. 90%. W przypadku stopów aluminium, wytrzymałość spada do połowy przy 300°C, a w temperaturze 600°C aluminium zaczyna się topić. Runięcia konstrukcji stalowej nie poprzedzają z reguły żadne objawy. Dowodzi to, że poza nielicznymi wyjątkami elementy konstrukcji stalowych nie mają nośności ogniowej. W obiektach o podwyższonych wymaganiach bezpieczeństwa pożarowego konstrukcje stalowe zabezpiecza się przy użyciu pęczniących, izolacyjnych powłok malarskich. Gdy zagrożenie jest bardzo duże stosuje się konstrukcje innego typu np. żelbetowe.

Innym również niebezpiecznym obciążeniem wyjątkowym są wybuchy [19] które w przypadku obiektów budowlanych spowodowane są najczęściej nieszczelnościami instalacji gazowych [27]. Na skutek wybuchów wytwarzane jest nadciśnienie i podciśnienie powietrza, które może stanowić realne zagrożenie dla obiektów budowlanych i jest przyczyną wielu katastrof lub awarii również budynków szkieletowych. Budynki mogą ulec zniszczeniu lub poważnym uszkodzeniom pod wpływem działania siły mechanicznej w postaci fali uderzeniowej. Przyczyną jej powstania może być również wybuch palnych par i pyłu, rozsadzenie butli z gazem lub kotłów. Obserwowane podczas wybuchu nadciśnienie wpływa destrukcyjnie na elementy konstrukcji i wyposażenia.

Opisane wyżej awarie mają najczęściej rozległy obszar występowania [23,24] a ich skutki są bardzo silnie niszczące. Osoby prowadzące akcje ratownicze muszą liczyć się z wieloma zagrożeniami, które w takich miejscach występują. Występujące gwałtownie zniszczenia często dotyczą szerokiego spektrum oddziaływania – nie tylko na konstrukcje obiektów ale jednocześnie instalacje jak i wyposażenie obiektów [22]. Ułatwiający się w przestrzeni gaz czy obecność np. pojazdów w obszarze awarii grozi kolejnymi niespodziewanymi zdarzeniami. W takich

przypadkach zalecane jest w pierwszej kolejności odcięcie mediów i zabezpieczenie niebezpiecznych elementów. Wspieranie konstrukcji ocalałej jest również konieczne nawet z zastosowaniem środków doraźnych [28]. Przy rozległych awariach gdzie wymagane jest wprowadzenie ciężkiego sprzętu należy zwracać szczególną uwagę na ostrożność w jego użyciu ponieważ nieroztropne się z nim obchodzenie może również stanowić zagrożenie.

Działania poawaryjne w tego typu przypadkach najczęściej sprowadzają się do wyburzania obiektów co jest skutkiem najczęściej znacznych uszkodzeń konstrukcji które nie nadają się do ponownego zastosowania.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono przegląd przyczyn występowania awarii budowlanych oraz wskazano wytyczne, co do zachowania się ekip ratowniczych na miejscu zdarzeń, które zapewniać mają im bezpieczeństwo. Przyczynami awarii mogą być zarówno błędy ludzkie jak i zdarzenia, na które czynnik ludzki nie ma wpływu. Nie ulega natomiast wątpliwości że działania ratownicze mają ogromne znaczenie dla zdrowia osób które budynki takie eksploatują. To ich odwaga i doświadczenie w działaniu często skutkują zachowaniem wielu istnień. Jednak nie tylko odwaga i doświadczenie są elementami decydującymi. Szeroka wiedza inżynierska, znajomość przyczyn i następstw awarii, umiejętność świadomej oceny sytuacji oraz możliwość przewidywania prawdopodobnych zagrożeń są elementami równie istotnymi.

Bibliografia:

1. Jednolity tekst ustawy z dnia 7 lipca 1994r. Prawo budowlane (Dz. U z 2006 r.Nr 156, poz. 1118 z późn. zm.)
2. (Akcje ratownicze podczas katastrof budowlanych, wyd. I, Kraków 1999) – Tytuł oryginału Kats-LA 261 Der Bergungseinsatz bei Gebäudeschäden, wyd. 1986.
3. Marciniak A., *Działania ratownicze podczas katastrof budowlanych*, wyd. I, Kraków 1995.
4. Biliński T., *Terminologia w działalności inwestycyjno budowlanej*, Wydawnictwo Izby Projektowania Budowlanego, Warszawa 2007.
5. Kobiak J., Stachurski W., *Konstrukcje żelbetowe*, tom I, wyd. V, Arkady, Warszawa 1984.
6. Oswald M., *Podstawy wytrzymałości materiałów*, wyd. III, Poznań, 2007.
7. Reszka J., *Cześć giniemy. Największe katastrofy w powojennej Polsce*. w: Staśkiewicz J. (red.), *Na ratunek. 60 lat zawodowej Straży Pożarnej w Szczecinie*, Szczecin 2006.
8. Ambrożewski Z., *Zniszczenie trzech ziemnych budowli w Polsce, Międzynarodowa komisja Wielkich Zapór*. Kongres Wielkich Zapór, Barcelona czerwiec 2006.
9. Bartkowski T., Przybylski A., *Trudna próba dla systemu*, „Przegląd Pożarniczy” 2000, Nr 8, s.13-14.
10. Baryłka J., *Katastrofy budowlane w Polsce spowodowane zjawiskami klimatycznymi*, GUNB, Warszawa 2009.
11. Pradelok A. *Tanie igranie z losem*, „Przegląd Pożarniczy” 2006, nr 3, s.23-25.
12. Bętkowski P., Pradelok S., *Uszkodzenia i tymczasowa naprawa typowego kratowego mostu kolejowego*, „Awary budowlane 2007. XXIII Konferencja naukowo-techniczna, Szczecin – Międzyzdroje. 23-26 maja 2007.”, s. 879-886.
13. Brol J., Malczyk A., *Przykłady uszkodzeń zabudowy jednorodzinnej w wyniku działania trąby powietrznej w miejscowości Kalina*, „Przegląd Budowlany” 2010, Nr 9, s. 50-53.
14. Dunaj P., *Katastrofa budowlana w klubie sportowo rekreacyjnym w Białymstoku*, „Awary budowlane. XXIV Konferencja naukowo-techniczna, Szczecin – Międzyzdroje. 26-29 maja 2009.” s. 615-622.
15. Dunaj P., *Katastrofa budowlana budynku Sądu Administracyjnego w Białymstoku*, „Awary budowlane. XXIV Konferencja naukowo-techniczna, Szczecin – Międzyzdroje. 26-29 maja 2009.” s. 623-630.
16. Jarominiak A., *Niepowodzenia budowlane*, „Inżynieria i Budownictwo” 2006, Nr 4, s.190-192.
17. Kosiorek M., Orłowicz R., *Skutki pożaru katedry trocko-izmałowskiej w Petersburgu*, „Awary budowlane 2007. XXIII Konferencja naukowo-techniczna, Szczecin – Międzyzdroje. 23-26 maja 2007.”, s. 275-281
18. Kubrak J., Szydłowski M., *Określanie wypływu przez wyrwę w zaporach wodnych*, „Gospodarka Wodna” 2004, nr 9.
19. Marciniak A., *Problemy działań ratowniczo-gaśniczych związanych z instalacjami gazowymi*, „Symposium – Awary infrastruktury technicznej w aglomeracjach miejskich.”, Jachranka 14-15 listopada 1996.
20. Michalski Z., *Tworzenie systemu ochrony ludności i ratownictwa w świetle katastrofy chorzowskiej i innych katastrof*, „Wiedza Obronna” 2006, Nr 2, s.55-69.
21. Radomski W., *Dynamiczne przyczyny awarii mostów*, „Awary budowlane 2007. XXIII Konferencja naukowo-techniczna, Szczecin – Międzyzdroje. 23-26 maja 2007.” s. 131-150.
22. Rawicki T., *Czynniki zagrażające bezpieczeństwu strażaków w warunkach pożaru*, „Bezpieczeństwo Pracy” 2007, nr 7-8, s. 35-38.
23. Runkiewicz L., *Wyniki analiz zagrożeń i awarii konstrukcji budowlanych*, „Inżynieria i Budownictwo” 1999, Nr 1, s.40-45.
24. Runkiewicz L., *O awariach i katastrofach budowlanych w Polsce w latach 1962-2004*, „Inżynieria i Budownictwo” 2006, nr 4, s.193-195.
25. Runkiewicz L., *Katastrofy i awary budowlane*, „Przegląd Budowlany” 2008, Nr 9, s. 44-49.
26. Runkiewicz L., Wierzbicki S., *Systemy zbierania informacji technicznych o katastrofach i awariach budowlanych*, „Inżynieria i Budownictwo” 2008, Nr 11, s.627-630.
27. Siła-Nowicki A., *Zagrożenia wynikające z użytkowania instalacji gazowych na terenie województwa warszawskiego ze szczególnym uwzględnieniem budynków mieszkalnych*, „Symposium – Awary infrastruktury technicznej w aglomeracjach miejskich.”, Jachranka 14-15 listopada 1996.
28. Walkowicz P., *Nasze czarne dni. Największe katastrofy w polskiej historii najnowszej*, „Przegląd Pożarniczy” 2006, nr 3, s. 28-29.
29. Włodarczyk W., *O awariach, katastrofach i remontach konstrukcji stalowych*, „Inżynieria i Budownictwo” 2002, Nr 5, s.232-235.
30. Wojnarowski A., *Katastrofy budowlane*, „Zagrożenia” 2000, Nr 2, s.17-27.
31. Wróblewski B., *Analiza zachowania się dachów o konstrukcji drewnianej w pożarze*, „Awary budowlane. XXIV Konferencja naukowo-techniczna, Szczecin – Międzyzdroje. 26-29 maja 2009.” s. 729-736.
32. Żurański J. A., *Awary i katastrofy dachów pod ciężarem śniegu w Polsce*, „Awary budowlane 2007. XXIII Konferencja naukowo-techniczna, Szczecin – Międzyzdroje. 23-26 maja 2007.”, s. 357-364.

33. Żurański J.A., Gaczek M., *Uszkodzenia budynków wywołane huraganowym wiatrem – cz. I Rodzaje i skale wiatrów huraganowych*, „Inżynier Budownictwa” 2008, Nr 9, s. 52-57.
34. Żurański J.A., Gaczek M., *Uszkodzenia budynków wywołane huraganowym wiatrem – cz. II Szkody i ich ograniczanie*, „Inżynier Budownictwa” 2008, Nr 10, s. 76-80.
35. Żurański J.A., Gaczek M., *Oddziaływanie huraganowego wiatru na budowlę*, „X Konferencja Naukowo-Techniczna Problemy rzeczoznawstwa budowlanego, Warszawa Miedzeszyn, 22-24 kwietnia 2008 r”, s. 241-262.
36. Żurański J. A., Lewicki B., *Obciążenie śniegiem w nowych normach w Polsce*, „Projektant Budownictwa” 2007, Nr 1, s. 18-24.
37. Żurański J.A., Gaczek M., Fiszer S., *Oddziaływanie wiatrów katastrofalnych na budynki w Polsce*, „Awarie budowlane. XXIV Konferencja naukowo-techniczna, Szczecin – Międzyzdroje. 26-29 maja 2009.”, s. 595-604

Safety of teams carrying out rescue operations in damaged construction works in the light of the causes and consequences of construction failure

A review of the causes in the article this Directive and guidelines for behavior on the spot, which provide them with security. The causes can be both errors and events that human factors have no influence on. There is no doubt about the action rescue and exploit themselves. Their reversal and experience in action often result in the preservation of many lives. However, not only courage and experience are decisive. Broad engineering knowledge, knowledge of causes and consequences, the ability to consciously assess the situation and possibilities predicting probable threats are important.

Keywords: safety, building production, facility failures.

Autorzy:

dr inż. **Bartosz Zegardło** – Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, wydział przyrodniczy, Katedra Metod Ilościowych i Gospodarki Przestrzennej

Dorota Miłkowska – Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

Klaudia Siedlecka – Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

Izabella Sztyber – Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach