



ANTONI BIEGUS, *antoni.biegus@pwr.wroc.pl*  
Politechnika Wroclawska

## POŻAROWE USZKODZENIE I NAPRAWA DACHU HALI

### FIRE DAMAGES AND ROOF REPAIR

**Streszczenie** Przedstawiono badania nośności stalowej konstrukcji dachu hali uszkodzonej w wyniku pożaru oraz sposób jego naprawy. W trakcie pożaru płaty i belki główne dachu zostały trwale zdeformowane, a dachowe płyty warstwowe uległy całkowitemu zniszczeniu. Pożar spowodował bardzo duże straty materialne, gdyż zniszczeniu uległy też urządzenia produkcyjno-technologiczne o dużej wartości. Obiekt został niepoprawnie zaprojektowany zarówno w wyjątkowej sytuacji obliczeniowej (tj. pożaru) jak i w trwałej sytuacji obliczeniowej.

**Abstract** The examination of steel roof structure resistance in the hall damaged due fire and the way of its repair has been performed. The total damaged has covered the sandwich plates, whereas the tubular purlins and double tee main beams have been permanently deformed. The fire has caused big financial losses owing to the damages of the expensive production-technological equipment. The has been incorrectly designed not only because of the exceptional fire action but also because of the load routine situation.

#### 1. Wstęp

Wg Eurokodu [9] w weryfikacji niezawodności konstrukcji analizując stan graniczny nośności należy badać nie tylko kryteria bezpieczeństwa związane z wytrzymałością w „normalnych” warunkach użytkowania, ale też wymagania odporności ogniowej. Bezpieczeństwo pożarowe jest więc wymogiem podstawowym, który musi spełniać obiekt budowlany. Normy projektowania z uwagi na warunki pożarowe to części 1-2 Eurokodów odnoszących się do oddziaływań – EC1 oraz do konstrukcji: betonowych – EC2, stalowych – EC3, zespolonych stalowo betonowych – EC4, drewnianych – EC5, murowych – EC6 i aluminiowych – EC9. Są to normy powiązane z ich częściami 1-1, a ujęcie projektowania w warunkach pożaru w częściach 1-2 świadczy m.in. o randze tej problematyki. Przed wprowadzeniem Eurokodów do zbioru Polskich Norm brak było podobnych krajowych norm PN-B dotyczących projektowania konstrukcji w warunkach pożaru. Tym też częściowo należy tłumaczyć, że często w krajowej praktyce projektowej bezpieczeństwo pożarowe nie jest właściwie uwzględnione.

W pracy omówiono badania nośności konstrukcji dachu hali produkcyjno-magazynowej uszkodzonej w wyniku pożaru oraz sposób jego naprawy. Zgodnie z [9] stany graniczne nośności odnoszą się do bezpieczeństwa ludzi i/lub bezpieczeństwa konstrukcji, a w niektórych okolicznościach także dotyczą ochrony zawartości obiektu. W trakcie pożaru całkowitemu zniszczeniu uległy urządzenia produkcyjno-technologiczne, których wartość przekraczała kilkakrotnie wartość hali. W tym przypadku przyczyną bardzo dużych strat materialnych było niewłaściwe uwzględnienie w projekcie ochrony zawartości budowli w warunkach pożaru.

## 2. Opis konstrukcji hali

Schemat stalowej konstrukcji nośnej dachu badanej hali produkcyjno-magazynowej pokazano na rys. 1. Jest on jednospadowy, o pochyleniu 8%. Szerokość dachu hali w rzucie wynosi 15,7 m, jego długość zaś wynosi 94,6 m. Dach hali opiera się na żelbetowej konstrukcji wsporczej (słupowo-rygłowej, z wypełnieniem z bloczków gazobetonowych).

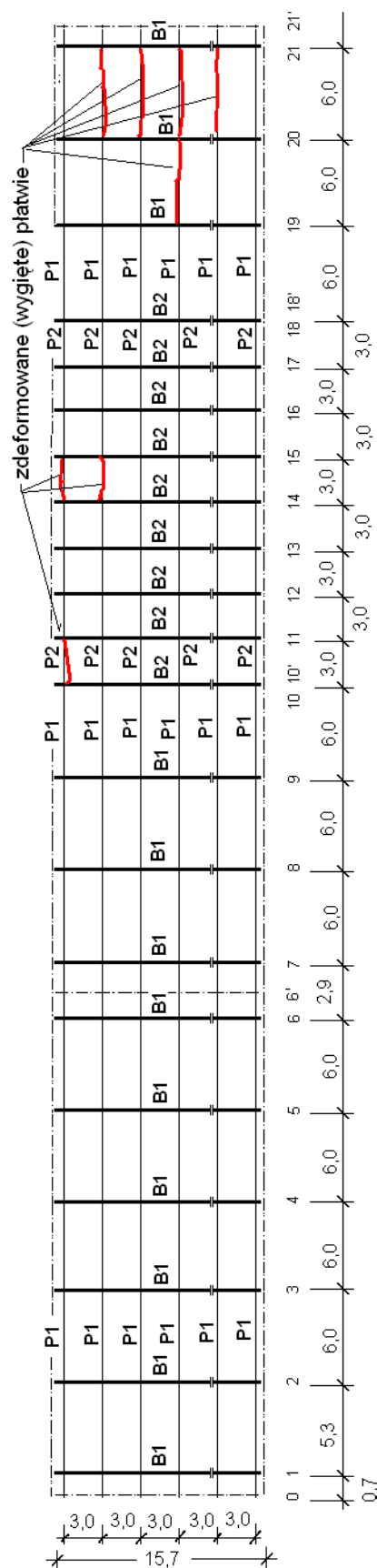
Obiekt składa się z części produkcyjnej o długości około 63,6 m (między osiami 6'÷21') oraz części magazynowej o długości około 31,0 m (między osiami 0÷6'). Część produkcyjna hali jest oddzielona od części magazynowej ścianą wykonaną z bloczków gazobetonowych, która jest usytuowana w osi 6'.

Głównymi dźwigarami nośnymi dachu hali są jednoprzęsłowe belki stalowe B1 i B2, o rozpiętości około 15,7 m. Belki B1 zaprojektowano z dwuteowników szerokostopowych HEB 450, belki B2 zaś z dwuteowników normalnych 450. W polach między osiami 10'÷18 ich rozstaw wynosi 3,0 m. W pozostałych osiach (0÷10 oraz 18'÷21) rozstaw belek wynosi 6,0 m. Belki B1 i B2 oparto na konstrukcji wsporczej za pośrednictwem stalowych blach-podkładek.

Konstrukcję wsporczą pokrycia dachowego hali stanowią płatwie P1 i P2 z rur prostokątnych. Zaprojektowano je jako wieloprzęsłowe belki ciągłe. Płatwie P1, o rozpiętości przęseł 6,0 m, zaprojektowano z rur  $\phi 140 \times 80$ , płatwie P2, o rozpiętości przęseł 3,0 m, przyjęto zaś z rur  $\phi 80 \times 40$ . Rozstaw płatwi P1 oraz P2 wynosi 3,0 m. Oparto je bezpośrednio na pasach górnych belek B1 i B2. Są one przyspawane obwodową spoiną pachwinową do pasów górnych belek B1 i B2.

W konstrukcji nośnej dachu badanej hali brak jest prętowych stężeń połączeniowych poprzecznych. Stalową konstrukcję nośną dachu (płatwie P1 i P2 oraz belki B1 i B2) zabezpieczono przed oddziaływaniem ognia przez pomalowanie powłokami ogniochronnymi.

Na pokrycie dachu hali zastosowano płyty warstwowe, o okładzinach z blach stalowych oraz izolacji z pianki poliuretanowej. Połączono je wkrętami samogwintującymi („długimi” – do płyt warstwowych) z rurowymi płatwiami P1 i P2.



Rys. 1. Schemat konstrukcji nośnej hali produkcyjno-magazynowej

### 3. Identyfikacja uszkodzeń konstrukcji dachu po pożarze

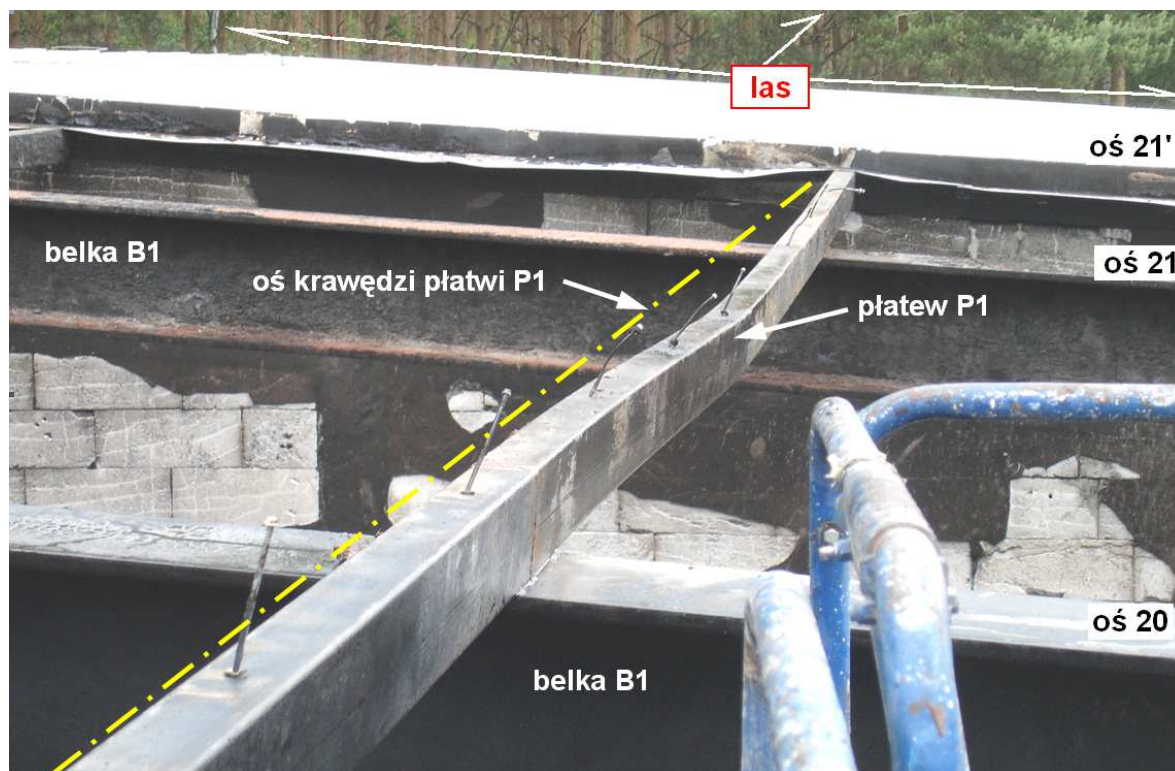
W wyniku pożaru (24.05.2011 r.), który powstał na początku linii produkcyjnej paliw alternatywnych w hali produkcyjnej (w polu między osiami 19÷20) doszło do uszkodzenia konstrukcji nośnej badanego obiektu. Był to pożar wewnętrzny, rozwijający się w zamkniętej przestrzeni. Został on ugaszony w ciągu około 3 godzin. Największej destrukcji pożarowej uległa konstrukcja nośna hali produkcyjnej w miejscach nad źródłem ognia [1].

W odniesieniu do konstrukcji obiektu stwierdzono, że uszkodzeniu uległy:

- konstrukcja dachu (dachowe płyty warstwowe, płatwie P1 i P2 oraz belki B1 i B2),
- ściany na wysokości wieńca okapowego,
- wewnętrzne i zewnętrzne tynki hali.

Ogień rozprzestrzenił się poprzez płyty obudowy dachowej i objął praktycznie wszystkie płyty warstwowe. Całkowitemu zniszczeniu uległy płyty warstwowe zarówno w hali produkcyjnej jak i w hali magazynowej. Ich uszkodzenia polegały na: stopieniu i wypaleniu pianki poliuretanowej, deformacji stalowych blach okładzinowych, deformacji krawędzi podłużnych płyt itp. Stopień zniszczenia płyt warstwowych dyskwalifikował je do ponownego użycia.

Pożar spowodował największe uszkodzenia stalowej konstrukcji nośnej dachu w hali produkcyjnej tj. między osiami 6'÷21'. W strefach bezpośredniego oddziaływania ognia, zniszczeniom uległy rurowe płatwie P1 i P2. Na rys. 2 pokazano przykład takiej trwałej deformacji giętno-skrętnej płatwi P1 w polu 20÷21. Przemieszczenia poziome i przemieszczenia pionowe płatwi P1 i P2 (o rozpiętości  $l = 3$  m) były nawet rzędu  $\Delta_{poż} \approx 75$  mm ( $\Delta_{poż} \approx l/40$ ). Największe deformacje płatwi występowały w polach między osiami 12÷21.



Rys. 2. Przykład zdeformowanej giętno-skrętnej płatwi P1 w hali produkcyjnej (w polu 20-21)

Na rys. 1 oznaczono płatwie P1 i P2, których przemieszczenia poziome lub ugięcia wynosiły  $\Delta_{poż} \approx l/100$ . Oszacowano, że około 35% płatwi P1 i P2 uległo trwałym deformacjom, których wartości przekraczały dopuszczalne wartości według normy odbioru konstrukcji



stalowych [8]. Z powodu trwałych deformacji elementy te nie spełniają warunków dalszej bezpiecznej eksploatacji. Ponadto całkowitemu zniszczeniu uległy zabezpieczenia ochronne przed ogniem wszystkich płatwi P1 i P2 w hali produkcyjnej.

W strefie bezpośredniego oddziaływania ognia znajdowały się również główne dźwigary dachowe – belki B1 i B2. Widok dachu tej części hali pokazano na rys. 3. Podobnie jak w przypadku płatwi całkowitemu zniszczeniu uległy zabezpieczenia ochronne przed ogniem wszystkich belek B1 i B2 w hali produkcyjnej.

Wstępne badania geometrii osi belek B1 i B2 nie wykazały ich dużych przemieszczeń poziomych. Występowały natomiast duże ugięcia belek B1 i B2. W celu zweryfikowania tej opinii zlecono wykonanie pomiarów geodezyjnych ich ugięć.



Rys. 3. Widok konstrukcji nośnej dachu hali produkcyjnej po pożarze

Badania inwentaryzacyjno-identyfikacyjne wykazały, że w wyniku pożaru konstrukcja nośna stalowego dachu hali magazynowej (między osiami 0-6') również uległa uszkodzeniu. Ściana oddzielająca halę magazynową od hali produkcyjnej (w osi 6') sprawiła, iż uszkodzenia płatwi P1 i belek B1 dachu hali magazynowej były stosunkowo mniejsze, niż w hali produkcyjnej. Ich ugięcia, przemieszczenia poziome i skręcenia nie przekraczały wartości granicznych według [8]. W około 5-10% belek B1 i płatwi P1 hali magazynowej zniszczeniom uległy (lokalnie) ich powłoki zabezpieczające przed ogniem.

#### 4. Analiza wpływu uszkodzeń pożarowych na nośność konstrukcji dachu hali

##### 4.1. Ocena stanu technicznego płyt dachowych

Badana hala jest obiektem całkowicie zamkniętym, bez otworów okiennych, a zatem był to pożar wewnętrzny. Powstał on w hali produkcyjnej, w polu między osiami 19÷20. Pożar rozprzestrzenił się i objął swym zasięgiem cały obiekt, mimo oddzielenia ścianą obu części hali. Przyczyną rozprzestrzenienia się pożaru również na halę magazynową był palny rdzeń płyt warstwowych, a także zastosowanie wspólnej połaci dachu obiektu tj. braku rozdzielania płyt dachowych części produkcyjnej od części magazynowej np. ścianą przeciwogniową.

Gromadzenie się warstwy rozgrzanych gazów pod pokryciem dachowym i wzrost temperatury wynikający z rozprzestrzeniania się ognia w palnej izolacji doprowadziły do całkowitego zniszczenia płyt warstwowych i konieczności ich wymiany w całym obiekcie.

#### 4.2 Ocena nośności płatwi

Na podstawie wywiadów z Dozorem Techniczny badanego obiektu, czasu trwania pożaru oraz analiz jego skutków można przypuszczać, że konstrukcja nośna stalowego dachu hali produkcyjnej była poddana lokalnie temperaturze rzędu ponad 1000°C.

Płatwiami (P1 i P2) hali były ciągłe, wieloprzęsłowe belki statycznie niewyznaczalne. Połączono je z głównymi dźwigarami dachowymi B1 i B2 w sposób nieprzesuwny tj. przyspawano półki dolne płatwi P1 i P2 do pasów górnych dwuteowych belek B1 i B2. To połączenie ograniczało przemieszczenia płatwi wzdłuż ich osi podłużnej. Moment bezwładności belki B1 z HEB 450, względem „słabej” osi wynosi  $J_{y,B1} = 11\,720\text{ cm}^4$ . Moment bezwładności płatwi P1 z  $\square 140 \times 80 \times 3$ , względem „słabej” osi wynosi  $J_{y,P1} = 141,23\text{ cm}^4$ . Stosunek sztywności tych prętów wynosi  $J_{y,B1}/J_{y,P1} = 83$ . Powstałe w wyniku oddziaływania wysokiej temperatury wydłużenie płatwi było ograniczone przez ich zamocowanie (przyspawanie) w około 83 razy sztywniejszych belkach B1. Spowodowało to powstanie w płatwiach bardzo dużych sił ściskających, których skutkiem jest ich wygięcie oraz skręcenie (rys. 1 i 2).

Z kolei w trakcie stygnięcia w płatwiach (zamocowanych w sztywnych belkach B1 i B2), w następstwie skurczu, pozostały trwałe naprężenia termiczne (rezydualne), zmniejszające ich nośność. Ponadto należy zaznaczyć, że około 35% płatwi hali produkcyjnej miało trwałe wygięcia i skręcenia o wartościach, które przekraczały wartości dopuszczalne wg [8]. Dlatego też oceniono, że płatwie P1 i P2 nie spełniały warunków dalszej bezpiecznej eksploatacji i zalecono je wymienić na nowe.

#### 4.3. Ocena nośności belek B1 i B2

Główne dźwigary dachowe hali zaprojektowano jako ustroje jednoprzęsłowe, z dwuteowników szerokostopowych HEB 450 (belki B1) oraz dwuteowników normalnych 450 (belki B2). Ich przekroje poprzeczne są to stosunkowo „krępe” (w porównaniu np. z kratownicami lub blachownicami o przekrojach klasy 4). Na zachowanie się i nośność graniczną belek B1 i B2 miały bardzo duży wpływ ich usztywnienia „boczne” oraz, że w warunkach pożaru były one obciążone tylko ciężarem własnym i lekkiego pokrycia dachowego. Otóż belki B1 i B2 były usztywnione („przytrzymane”) bocznie przez nieprzesuwne połączenia z rurowymi płatwiami P1 i P2 oraz częściowo przez tarczę pokrycia dachowego. Równocześnie te jednoprzęsłowe belki, poddane wysokiej temperaturze miały swobodę przemieszczeń na podporach (o czym świadczyły występujące „wypchnięcia” muru w obrębie podpór). Boczne przytrzymanie (głównie przez płatwie P1 i P2) sprawiło, że nie odnotowano występowania znaczących przemieszczeń poziomych belek B1 i B2, które obniżyłyby ich nośność z warunku zwłoczenia (z powodu imperfekcji geometrycznych ich osi podłużnej w płaszczyźnie połąci dachu).

W wyniku pożaru oraz gwałtownego chłodzenia podczas akcji gaśniczej mogło dojść do zmian struktury stali belek B1 i B2, która istotnie zmniejszają parametry wytrzymałościowe materiału (lokalnie mogło dojść do przemiany alotropowej i/lub rekrytalizacji). Ilościowe określenie tych zmian wymagałoby wykonania badań statystycznych próbek wyciętych z belek B1 i B2, co w tym przypadku spowodowałoby dodatkowe osłabienie konstrukcji dachu.

W projekcie hali [3] nośność belek B1 i B2 obliczono bez uwzględnienia ich zwichrzenia (przyjęto współczynnik zwichrzenia  $\varphi_L = 1,0$ ). Jednak w świetle zastosowanego rozwiązania konstrukcyjnego nie można uznać, że dźwigary te są zabezpieczone przed utratą płaskiej postaci zginania. W badanym dachu hali brak jest prętowych stężeń połączeniowych poprzecznych. Według aktualnej wiedzy tarcza z płyt warstwowych łączonych „wysokimi” śrubami z płatwiami P1 i P2 ma zbyt dużą podatność i nie może być uznana za stężenia „boczne” belek B1 i B2. Stąd przyjęcie w projekcie [3] współczynnika zwichrzenia  $\varphi_L = 1,0$  było błędem.

Z wykonanych obliczeń wynika, że nieusztynione belki B1 nie spełniały warunku stanu granicznego nośności (ich współczynnik zwichrzenia wynosił  $\varphi_{L,1,B1} = 0,53$ ).

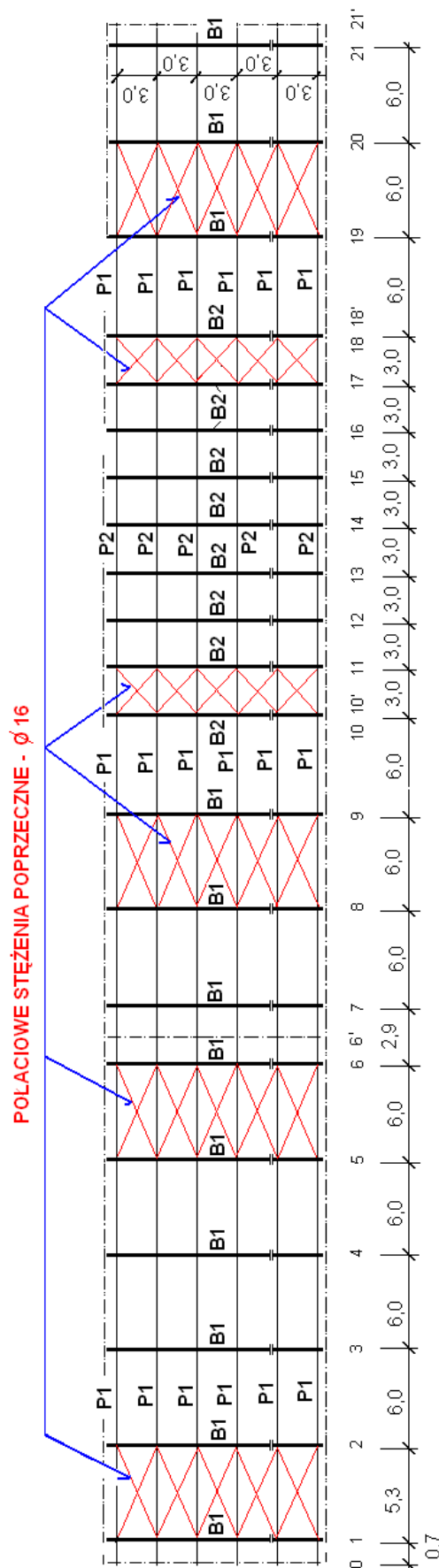
Rozważono wzmocnienie belek B1 i B2 przez ich „boczne” usztynwienie. Zaproponowano zastosowanie w dachu hali prętowych, połączeniowych stężeń poprzecznych, których schemat pokazano na rys. 4.

W polach między osiami: 1-2, 5-6, 8-9, 10'-11, 17-18 oraz 19-20 zalecono na całej szerokości hali dać poprzeczne stężenia połączeniowe, typu X, z prętów  $\phi 16$ , ze stali gatunku S235. Pręty tych stężeń należy wstępnie napiąć nakrętką rzymską.

Zaproponowany sposób wzmocnienia polega na skróceniu długości krytycznej zwichrzenia belek B1 i B2 (przez „boczne” przytrzymanie). Uzyskano w ten sposób wzrost ich nośności na zginanie, gdyż wówczas współczynniki zwichrzenia wynoszą:  $\varphi_{L,2,B1} = 0,970$  – dla belki B1 oraz  $\varphi_{L,2,B2} = 0,881$  – dla belki B2.

W wyniku zastosowania stężenia poprzecznego wzrost nośności belek B1 na zginanie (w stosunku do dotychczasowego rozwiązania wg projektu [3]) wynosił: 83% – dla belek B1 oraz 237% - dla belek B2.

W przypadku zastosowania stężeń według rys. 4 warunek stanu granicznego nośności belek B1 i B2 wg [7] był spełniony.



Rys. 4. Schemat poprzecznych stężeń dźwigarów dachowych hali produkcyjno-magazynowej

#### 4.4. Analiza ugięć belek B1 i B2

Dopuszczalne według normy odbioru konstrukcji stalowych [8] ugięcie belek B1 i B2 w środku ich rozpiętości wynosi:

$$\Delta = \frac{l}{750} = \frac{15700}{750} = 20,93 \text{ mm} . \quad (1)$$

Wyniki pomiarów geodezyjnych konstrukcji nośnej dachu po pożarze [4] wykazały, że trwale ugięcia wszystkich belek B1 oraz B2 w hali produkcyjnej miały wartości zdecydowanie przekraczające wartość dopuszczalną (1) według normy odbioru konstrukcji stalowych [8]. Przekroczenie ugięć dopuszczalnych w środku rozpiętości belek B1 i B2 wynosiło nawet 491% (np. trwale ugięcie belki B2 w osi 10' wynosiło 124 mm). Przekroczone były również, o ponad 150%, ugięcia w osi śrubowych stykach zakładkowych, usytuowanych w 1/3 ich rozpiętości belek B1 i B2.

Belki B1 i B2 w hali produkcyjnej z tak dużymi ugięciami trwałymi nie spełniały wymagań normy odbioru konstrukcji stalowych [8] i zalecono wymienić je na nowe.

#### 5. Uwagi końcowe oraz wytyczne naprawy konstrukcji dachu po pożarze

W ocenie niezawodności konstrukcji należy analizować nie tylko kryteria bezpieczeństwa związane z wytrzymałością w „normalnych” warunkach, ale też kryteria nośności w sytuacji pożaru. W świetle postanowień Eurokodu [9] bezpieczeństwo pożarowe to wymaganie podstawowe, które muszą spełniać obiekty budowlane. Aktualnie po wprowadzeniu Eurokodów do zbioru Polskich Norm mamy normy dotyczące projektowania konstrukcji budowlanych w warunkach pożaru. Są to części 1-2 Eurokodów EC1, EC2, EC3, EC4, EC5, EC6 i EC9. Dotychczas brak było podobnych krajowych norm PN-B. Odnotowywane liczne przypadki pożarów budowli i związanych z nimi duże straty materialne świadczą o stosunkowo małej wiedzy projektantów dotyczącej zarówno strategii pożarowej jak i inżynierii pożarowej.

W analizowanym przypadku pożar spowodował nie tylko zniszczenie konstrukcji nośnej dachu hali oraz uszkodzenie ścian, ale przede wszystkim całkowite zniszczenie urządzeń produkcyjno-technologicznych o bardzo dużej wartości. Duże straty materialne w tym przypadku wynikały z nie uwzględnienia w projektowaniu hali potrzeby zagwarantowania oprócz przede wszystkim bezpieczeństwa ludzi i konstrukcji, również bezpieczeństwa zawartości budynku. Hala służyła do produkcji paliw alternatywnych i bezpośrednio przylegała bezpośrednio do lasu (rys. 1). W związku z tym należało zachować szczególnie wysokie standardy bezpieczeństwa pożarowego tego obiektu. Zastosowanie tylko biernego zabezpieczenia przeciwpożarowego płatwi i belek przez pomalowanie ich farbą pęczniącą (która spowalnia tempo nagrzewania stali), okazało się niewystarczające. W tym przypadku należało rozważyć użycie środków czynnej ochrony przeciwpożarowej, które obejmują montaż czujników, alarmów i instalacji tryskaczowych umożliwiających wykrycie ognia lub dymu i stłumienie pożaru w jego najwcześniejszej fazie (zapłonu).

Obiekt został błędnie zaprojektowany nie tylko w wyjątkowej w sytuacji obliczeniowej tj. w warunkach pożaru, ale również w trwałej sytuacji obliczeniowej (w warunkach normalnego użytkowania), gdyż błędnie oszacowano nośność belek B1 i B2 z warunku zwichrzenia.

W konstrukcji nośnej dachu hali brak było prętowych stężeń połaciowych poprzecznych, usztywniających „bocznie” belki B1 i B2 (które mogłyby skracać ich długość krytyczną zwichrzenia). W projekcie hali [3] nośność belek B1 i B2 obliczono bez uwzględnienia ich zwichrzenia, zakładając, że są one usztywnione tarczą pokrycia dachowego. Zastosowane

w hali rozwiązanie konstrukcyjne tarczy dachowej z płyt warstwowych nie zabezpieczało belek B1 i B2 przed utratą płaskiej postaci zginania. Między innymi z powodu dużej odkształcalności połączeń („wysokimi” śrubami samowiercącymi) z płatwiami P1 i P2 płyty warstwowe nie mogą być uznane za stężenie tarczowe („boczne”) belek B1 i B2. Dlatego nie uwzględnienie zwichrzenia w [3] w ocenie nośności belek B1 i B2 było błędem.

W celu zwiększenia nośności z warunku zwichrzenia belek B1 i B2 zalecono je usztywnić „bocznie” prętowymi, połaciowymi stężeniami poprzecznymi (rys. 4). Zalecono dać stężenia typu X, z prętów  $\phi 16$ . Zaprojektowano je na siły imperfekcyjne [2], [10] belek B1 i B2.

W badanym przypadku znaczne straty materialne wynikają z rozprzestrzenienia się pożaru na cały obiekt. Mimo, że powstał on lokalnie w polu między osiami 19-20 hali produkcyjnej, to ogień rozprzestrzenił się poprzez płyty warstwowe obudowy dachu i objął całą konstrukcję nośną dachu zarówno hali produkcyjnej jak i hali magazynowej (gdyż nie zastosowano oddzielenia ich połaci dachowych np. ścianą przeciwogniową). Dlatego całkowitemu zniszczeniu uległy płyty warstwowe w tym obiekcie. Przypadek ten wskazuje na bardzo duże zagrożenie pożarowe wynikające ze stosowania obudowy hal płyt z palnym rdzeniem izolacyjnym.

Pożar hali spowodował duże, trwałe wygięcia (poziome i pionowe) oraz skreślenia płatwi P1 i P2, których wartości przekraczały dopuszczalne wartości wg [8], co dyskwalifikowało je do dalszej eksploatacji. Dlatego zalecono wymienić je na nowe (zarówno w hali produkcyjnej jak i w hali magazynowej).

W wyniku pożaru główne belki B1 i B2 dachu hali produkcyjnej zostały istotnie zdeformowane geometrycznie – powstały trwałe ugięcia przekraczające wartości dopuszczalne według [8]. Ponadto oddziaływanie wysokiej temperatury mogło spowodować zmiany strukturalno-wytrzymałościowe stali belek, które zmniejszają ich nośność. Dlatego oceniono, że belki B1 i B2 w hali produkcyjnej nie spełniały warunków stanu granicznego nośności według [7] oraz [8] i należało wymienić je na nowe. Stan techniczny belek B1 dachu hali magazynowej był dostateczny-dobry i uznano, że mogą być dalej bezpiecznie eksploatowane.

## Literatura

1. Biegus A.: Ocena przydatności stalowej konstrukcji dachu hali produkcyjno-magazynowej Chemko-System w Rudnej Wielkiej po pożarze, Wrocław 09.05.2011.
2. Biegus A.: Obciążenie imperfekcyjne poziomych stężeń poprzecznych dźwigarów wspornikowych i wieloprzęsłowych. Inżynieria i budownictwo nr 11/2011, s. 578-581.
3. Projekt wykonawczy budynku produkcyjno-magazynowego, Biuro Projektowe Budownictwa Butkiewicz Krzysztof, 55-114 Wisznia Mała, ul. Stawowa 16, 2001.
4. Pomiary geodezyjne ugięć belek dachu hali produkcyjnej, Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne „GEOS” w Górze (Grabowski K.), 2011.
5. Kosiorek M.: Ocena konstrukcji stalowych po pożarze, Materiały XV Ogólnopolskiej Konferencji „Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji”, Ustroń 23-26 luty 2000.
6. Maślak M.: Trwałość pożarowa stalowych konstrukcji prętowych, monografie 370. Seria „Inżynieria Lądowa”, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2008.
7. PN-90/B-03200. Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
8. PN-B-06200:2002. Konstrukcje stalowe budowlane. Warunki wykonania i odbioru. Wymagania i badania.
9. PN-EN 1990:2004 Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji.
10. PN-EN 1993-1-1:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.