

dr inż. Kamil Słowiński¹⁾
ORCID: 0000-0002-4225-520X

Kształtowanie stalowego szkieletu budynku mieszkalnego zgodnie z normą amerykańską AISI S230-15. Część 1

Shaping the steel skeleton of a residential building based on the american standard AISI S230-15. Part 1

DOI: 10.15199/33.2021.06.05

Streszczenie. W artykule omówiono wybrane elementy procesu kształtowania lekkiego stalowego szkieletu budynku mieszkalnego, projektowanego w warunkach krajowych, zgodnie z amerykańską normą AISI S230-15. Przedstawiono zasady doboru parametrów geometrycznych szkieletu i projektowania stężeń budynku z zastosowaniem okładzin ściennych. Porównano także reguły ustalania wybranych obciążeń środowiskowych oddziałujących na projektowany budynek wg normy AISI i norm krajowych. Zasób wiadomości przedstawionych w artykule zostanie wykorzystany w drugiej części artykułu dotyczącej doboru przekroju wybranych prętów projektowanego szkieletu, wg zapisów normy amerykańskiej. W rezultacie podjęta zostanie próba odpowiedzi na pytanie o możliwość zastosowania zapisów normy AISI S230-15 w procesie wstępnego kształtowania szkieletu budynku mieszkalnego, projektowanego w warunkach krajowych.

Słowa kluczowe: szkielet stalowy; kształtowniki cienkościenne; budynek mieszkalny.

Abstract. The article discusses selected elements of the process of shaping the light steel skeleton of a residential building, designed in domestic conditions, based on the provisions of the American AISI S230-15 standard. The principles of selecting the geometrical parameters of the skeleton and the rules of designing the building bracings with the use of wall cladding were discussed. The rules for determining selected environmental impacts were also compared, according to the AISI standard and the applicable national standards. The resource of information presented in this study will be used in the next, second part of the article in the process of selecting the cross-section of selected bars of the designed skeleton, according to the provisions of the American standard in question. As a result, an attempt will be made to answer the question about the possibility of applying the provisions of the AISI S230-15 standard in the process of initial shaping the skeleton of a residential building, designed in national conditions.

Keywords: steel skeleton; thin-walled sections; residential building.

Od wielu lat obserwuje się na świecie dynamiczny rozwój systemów budownictwa mieszkaniowego. Jednym z nich, zyskujących popularność na rynku krajowym, są **szkielety scalane z pojedynczych prętów łączonych ze sobą na placu budowy za pomocą wkrętów samowiercących lub samogwintujących**. Szkielety takie wykonywane są z kształtowników giętych na zimno, najczęściej o grubości ścianek nie większej niż 2,5 mm. Główną zaletą wykonywania konstrukcji nośnej budynku mieszkalnego w postaci lekkiego szkieletu stalowego jest dosyć szybki i nieskomplikowany montaż. Ocenia się, że szkielet budynku mieszkalnego o powierzchni do 100 m² może zostać wzniesiony

w ciągu czterech dni przez ekipę montażową składającą się z dwóch lub trzech osób [12]. Trzeba jednak nadmienić, że dane te pochodzą z Stanów Zjednoczonych mających długą tradycję wznoszenia obiektów z kształtowników cienkościennych. Natomiast na rynku krajowym brakuje ekip wyspecjalizowanych w montażu takich konstrukcji. Należy się więc liczyć z odpowiednio dłuższym czasem budowy.

Projektowanie szkieletów cienkościennych w Polsce odbywa się przede wszystkim zgodnie z normami PN-EN 1993-1-1 [10] oraz PN-EN 1993-1-3 [11], które podają zasady doboru przekroju prętów, w celu spełnienia wymagań stanów granicznych nośności i użyteczności zarówno pojedynczych prętów, jak i całej konstrukcji. W dokumentach tych, jak również w pozostałych normach krajowych (Eurokodach), do projektowania

konstrukcji stalowych nie przedstawiono zasad kształtowania lekkich szkieletów konstrukcji nośnej budynków, w tym budynków mieszkalnych. Projektantowi pozostaje zatem korzystać z opracowań o charakterze podręcznikowym [1, 2] oraz artykułów [5]. Na tym tle, w sposób szczególnie korzystny prezentuje się prawodawstwo w Stanach Zjednoczonych. Kluczową rolę odgrywa tam organizacja *American Iron and Steel Institute* (AISI), pod patronatem której, począwszy od 1946 r., wydawane są kolejne edycje norm dotyczących zasad wymiarowania prętów oraz kształtowania zarówno elementów konstrukcyjnych, jak i kompletnych szkieletów budynków. W kontekście kształtowania szkieletów budynków mieszkalnych wyróżnia się norma AISI S230-15 *Standard for cold-formed steel framing – Perspective method for one- and two-*

¹⁾ Politechnika Śląska; Wydział Budownictwa; kamil.slowinski@polsl.pl

-family dwellings [7], która podaje wytyczne pozwalające na ukształtowanie i wykonstruowanie kompletnego szkieletu konstrukcji nośnej budynku jednorodzinnego lub dwurodzinnego. Co ważne, procedura doboru przekrojów prętów szkieletu nie wymaga od projektanta wykonywania analizy globalnej ani obliczeniowej weryfikacji nośności i deformacji konstrukcji. Przekroje prętów dobierane są bowiem z odpowiednich tablic, m.in. w zależności od obciążenia śniegiem gruntu, bazowej prędkości wiatru oraz parametrów geometrycznych szkieletu. Tablice te opracowane zostały z wykorzystaniem metod projektowania takich jak *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) oraz *Direct Strength Method* (DSM) (odmiennych niż stosowane w Eurokodach). Narzucone w normie [7] ograniczenie asortymentu kształtowników, z których mogą być wykonywane pręty szkieletu, pozwoliło na przedstawienie szczegółowych wytycznych dotyczących kształtowania detali konstrukcyjnych.



Rys. 1. Widok projektowanego budynku
Fig. 1. View of the designed building

W dwóch artykułach zostanie omówiona możliwość zastosowania zapisów normy AISI [7] do wstępnego ukształtowania szkieletu budynku mieszkalnego (rysunek 1), projektowanego w polskich warunkach. W tym celu dokonano wstępnego doboru przekroju wybranych prętów szkieletu budynku mieszkalnego wg normy [7], a następnie przeprowadzono analizę statyczną tak ukształtowanego szkieletu oraz sprawdzono warunki stanów granicznych zgodnie z zapisami norm krajowych.

W pierwszej części artykułu przedstawiono ogólne zasady kształtowania szkieletu budynku wg normy AISI, zagadnienia doboru jego parametrów geo-

metrycznych, projektowania stężeń oraz ustalania natury i wielkości obciążeń środowiskowych, stanowiących podstawę do późniejszego doboru przekroju prętów szkieletu z wykorzystaniem rezultatów pracy [3].

Dobór parametrów geometrycznych szkieletu

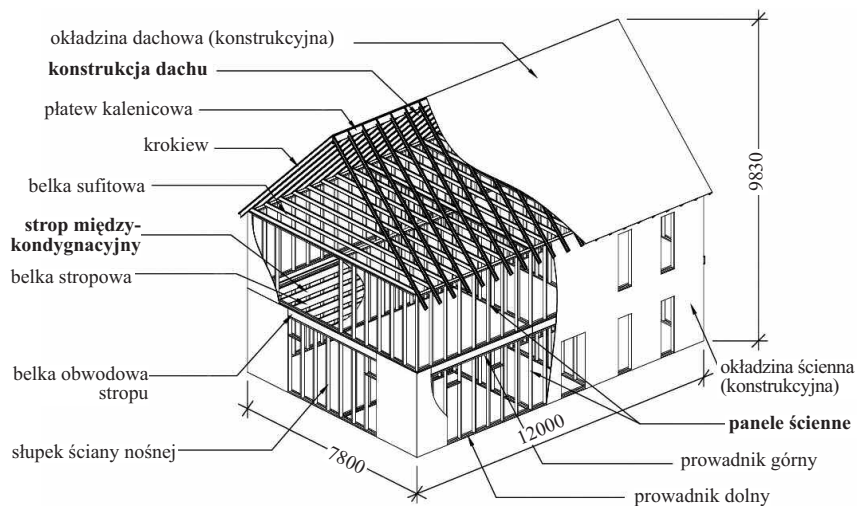
Zapisy normy AISI S230-15 [7] pozwalają na zaprojektowanie na terenie Stanów Zjednoczonych szkieletu budynku mieszkalnego o maksymalnej liczbie trzech kondygnacji, przy wysokości poszczególnych kondygnacji i całego budynku nie większej niż 3,53 i 10,1 m. Szerokość i długość rzutu bryły budynku nie mogą przekraczać odpowiednio 12,2 i 18 m, a spadek połaci dachowej powinien wynosić 25 – 100%. Schemat konstrukcji budynku będącego przedmiotem rozważań w artykule, przedstawiono na rysunku 2. W szkielecie można wydzielić trzy zasadnicze grupy elementów, tj. panele ścian zewnętrznych i wewnętrznych, strop międzykondygnacyjny oraz konstrukcję dachu. Szczegółowa charakterystyka poszczególnych komponentów typowego lekkiego szkieletu stalowego została przedstawiona m.in. w [4]. W szkielecie zastosowano moduł poziomy konstrukcji 600 mm (rysunek 2). Moduł ten, jak również moduł 450 mm, są najczęściej stosowanymi modułami poziomymi w konstrukcjach lekkich szkieletów stalowych w Europie [4]. Natomiast w Sta-

nach Zjednoczonych wielkości tych modułów wynoszą 24 cale i 16 cali, tj. odpowiednio 610 i 406 mm. Należy podkreślić, że wybór konkretnego modułu determinuje całokształt rozwiązań konstrukcyjnych szkieletu. Jego wielkość wskazuje bowiem jednocześnie na rozstaw słupków paneli ściennych, belek stropowych oraz krokwi dachowych.

Ustalenie obciążeń środowiskowych

W procesie projektowania szkieletu wg normy [7] kluczowe znaczenie mają obciążenie wiatrem i śniegiem, a także oddziaływanie sejsmiczne. Obciążenie wiatrem i śniegiem ujęto w postaci bazowej prędkości wiatru i obciążenia gruntu śniegiem. W artykule pominięto wpływ oddziaływań sejsmicznych ze względu na ich drugorzędne znaczenie w warunkach krajowych.

Bazowa prędkość wiatru definiowana jest w normie [7] jako prędkość wiatru w porywach trzysekundowych i wynosi 185 – 290 km/h. Wyróżnione zostały trzy kategorie ekspozycji na wiatr, które opisują teren w miejscu lokalizacji obiektu. Kategoriom B, C oraz D z normy [7] przyporządkować można kategorie terenu odpowiednio, III i IV, II i I oraz 0 wg Eurokodu [9]. W normie krajowej [9] obciążenie wiatrem ustalone jest w postaci ciśnienia wiatru działającego na powierzchnie konstrukcji, z uwzględnieniem wartości szczytowej (chwilowej) ciśnienia prędkości wiatru.



Rys. 2. Schemat konstrukcji nośnej projektowanego budynku – wymiary [mm] w osiach prętów szkieletu

Fig. 2. Scheme of the supporting structure of the designed building – dimensions [mm] in the axes of the skeleton bars

Jest ona obliczana z uwzględnieniem kategorii terenu w miejscu lokalizacji obiektu oraz wysokości tego obiektu nad poziomem gruntu. W warunkach krajowych, prędkość wiatru w porywie, obliczona na podstawie wartości szczytowej ciśnienia prędkości, nie przekracza 162 km/h. Warto zaznaczyć, że maksymalna notowana w Polsce prędkość wiatru w porywie wynosi ok. 90 km/h [6]. W przypadku projektowanego budynku zlokalizowanego na terenie kategorii III, w 1. strefie obciążenia wiatrem, obliczona wartość chwilowej prędkości wiatru wynosi ok. 109 km/h.

W kontekście obciążenia gruntu śniegiem wg normy [7] należy zaznaczyć, że maksymalna wartość tego obciążenia nie powinna przekraczać 3,35 kN/m². W warunkach krajowych, wskazana wartość maksymalna przekroczone jest jedynie w przypadku najwyższej położonych miejscowości, zlokalizowanych w 5. strefie obciążenia gruntu śniegiem. W miejscu lokalizacji projektowanego budynku w 2. strefie obciążenia śniegiem, wartość charakterystyczna obciążenia gruntu śniegiem wynosi 0,9 kN/m² wg Eurokodu [8].

Projektowanie stężeń budynku

Jednym z kluczowych etapów wstępnego kształtowania szkieletu jest dobór rozwiązań pozwalających na spełnienie wymagań normy [7] dotyczących zapewnienia niezmienności geometrycznej obiektu, głównie ze względu na oddziaływanie wiatru. Należy zaznaczyć, że wybór i zastosowanie konkretnego sposobu stężenia może istotnie wpłynąć na proces kształtowania architektonicznego budynku, przede wszystkim w kontekście rozmieszczenia otworów okiennych i drzwiowych w panelach ścian zewnętrznych. Stężenia prętowe lub stężące elementy powierzchniowe zaleca się stosować w płaszczyźnie wszystkich ścian zewnętrznych oraz – jeśli jest to wymagane – wybranych ścian wewnętrznych. Norma [7] podaje wytyczne kształtowania układów stężących jedynie z wykorzystaniem okładzin ściennych, takich jak płyty o wiórach orientowanych (OSB) o grubości nie mniejszej niż 11 mm lub sklejki drewniane o grubości minimalnej 12 mm. Okładzi-

ny te mocowane są do słupków i prowadników paneli ściennych po stronie zewnętrznej tych paneli, za pomocą wkrętów samowiercących z łbem stożkowym lub płaskim o średnicy łba 8 mm przy średnicy trzpienia ok. 4 mm. Rozstaw wkrętów ustala się na podstawie zapisów tablicy „E3-19” normy [7], osobno w przypadku paneli stężących zlokalizowanych w tzw. strefach narożnych lub wewnętrznych na powierzchni ściany (rysunek 3). Rozstaw łączników uzależniony jest od wielkości bazowej prędkości wiatru oddziałującego na projektowany budynek, kategorii ekspozycji budynku oraz rozstawu słupków panelu ściennego (tabela). Podany jest rozstaw zarówno łączników mocujących krawędzie okładziny ściennej, jak i zlokalizowanych w polach środkowych okładziny (rysunek 3).

Wymaganą długość stężenia powierzchniowego, wykonanego na całej wysokości paneli ściennych (tj. bez obecności otworów okiennych i drzwiowych) obu kondygnacji ustala się w zależności od wielkości bazowej prędkości wiatru, kategorii ekspozycji budynku

(tablica „E8-1” w [7]) oraz stosunku wymiarów budynku w rzucie (tablice „E8-1” i „E8-5” w [7]). Długość pola stężącego nie powinna być jednak mniejsza niż 20% całkowitej długości ściany. Jak podaje norma, minimalna długość pojedynczego pola stężącego powinna odpowiadać dwukrotności modułu poziomego 610 (lub 600 mm w warunkach europejskich) – rysunek 3. Trzeba przy tym jednak uwzględnić, że pola stężące zawsze powinny być rozmieszczone przynajmniej na obu końcach każdej ze ścian zewnętrznych. Obliczona długość pól stężących projektowanego budynku, wymagana na każdej z zewnętrznych ścian podłużnych i poprzecznych, wynosi odpowiednio 29 i 65% całkowitej długości tych ścian.

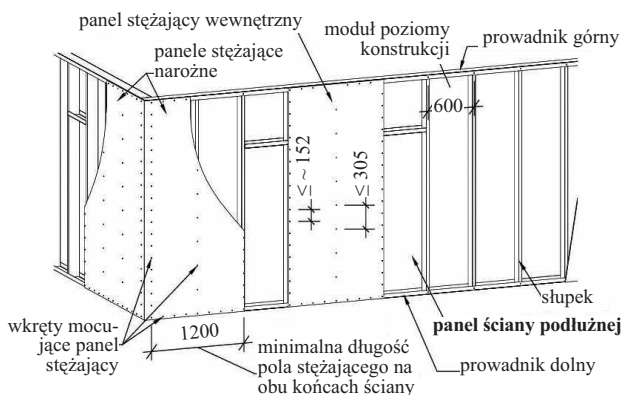
Stężenie w płaszczyźnie połaci dachowej uzyskuje się przez zastosowanie płyt OSB (o minimalnej grubości 9,5 mm), mocowanych do pasów górnych przekroju krokwi dachowych przy użyciu wkrętów samowiercących o średnicy łba 8 mm. Rozstaw wkrętów, dobierany z tablicy „F2-5” normy [7], uzależniony jest od rozstawu krokwi dachowych oraz – po-

dobnie jak w przypadku wkrętów do mocowania okładzin ściennych – bazowej prędkości wiatru i kategorii ekspozycji budynku. Z kolei stężenie w płaszczyźnie sufitu najwyższej kondygnacji uzyskuje się m.in. przez wykonanie przepony z płyt kartonowo-gipsowych (o minimalnej grubości 13 mm).

Płyty mocowane są do pasów dolnych belek sufitowych (rysunek 2) z zastosowaniem wkrętów samowiercących o średnicy łba 6 mm. Norma [7] podaje przy tym minimalną długość przepony, wymaganą do zapewnienia właściwego podparcia paneli ścian szczytowych.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia procesu wstępnego kształtowania szkieletu budynku mieszkalnego projektowanego w warunkach krajowych, zgodnie z amerykańską normą



Rys. 3. Schemat rozmieszczenia paneli stężących (wymiarów [mm])
Fig. 3. Scheme of the arrangement of bracing panels (dimensions [mm])

Wybrane zapisy normy [7] pozwalające na dobór rozstawu wkrętów mocujących panele stężące

Selected provisions of the standard [7] allowing on the selection of the spacing of the screws fixing bracing panels

Prędkość wiatru [km/h]	Rozstaw słupków [mm]	Rozstaw wkrętów [mm]			
		strefa wewnętrzna		strefa narożna	
		kategoria ekspozycji			
185	406	152/305	152/305	152/305	152/305
	610	152/305	152/305	152/305	152/152
...
290	610	152/152	152/152	152/152	102



THIXAN – Think and Thicken

– nowoczesne zagęstniki do produkcji farb, tynków, zapraw klejowych pozwalające na uzyskanie idealnej konsystencji i parametrów roboczych



Rettenmaier Polska
Sp. z o.o.
Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7B
02-366 Warszawa
mobile +48 600 423 423
Tel + 48 22 608 51 00
e-mail: arbolcel@jrs.pl

AISI S230-15. Wskazano na zasadnicze grupy elementów konstrukcji projektowanego szkieletu, jak również omówiono zasady doboru parametrów geometrycznych tego szkieletu. Porównano reguły ustalania wybranych, tj. istotnych w warunkach krajowych, oddziaływań środowiskowych, wg przedmiotowej normy AISI i obowiązujących norm krajowych. Przedstawiono także reguły projektowania stężeń budynku z zastosowaniem okładzin ściennych.

W drugiej części artykułu omówione zostaną praktyczne zastosowanie zapisów przedmiotowej normy amerykańskiej w procesie doboru przekroju wybranych prętów konstrukcji projektowanego budynku oraz procedura weryfikacji stanów granicznych tak ukształtowanego szkieletu, na podstawie wytycznych norm krajowych.

Literatura

- [1] Bródka Jan, Mirosław Broniewicz, Marian Giżejowski. 2006. *Kształtownicy gięte. Poradnik projektanta*. Rzeszów. Polskie Wydawnictwo Techniczne.
- [2] Dubina Dan, Viorel Ungureanu, Raffaele Landolfo. 2012. *Design of cold-formed steel structures*. Portugal. European Convention for Constructional Steelwork.
- [3] Pałęcka Aleksandra. 2020. *Praca magisterska: Kształtowanie i wymiarowanie szkieletu budynku mieszkalnego wykonanego z elementów cienko-*

ściennych w oparciu o wytyczne amerykańskie i krajowe. Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa.

- [4] Słowiński Kamil. 2020. „Kształtowanie szkieletów budynków z elementów cienkościennych”. *Monografia. Materiały, nowoczesne technologie, realizacje konstrukcji stalowych*: 351 – 384. Bielsko-Biała. Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej.
- [5] Swierczyna Szymon. 2021. „Wprowadzenie do projektowania lekkich kratownic stalowych z kształtowników giętych”. *Izolacje* (3): 34 – 40.
- [6] Żurański Jerzy Antoni, Mariusz Gaczek. 2011. „Obciążenia środowiskowe według Eurokodów”. XXVI Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji. *Nowoczesne rozwiązania konstrukcyjno-materiałowo-technologiczne, Budownictwo ogólne* t. II: 487 – 515.
- [7] AISI S230-15, 2015, Standard for cold-formed steel framing – perspective method for one- and two-family dwellings.
- [8] PN-EN 1991-1-3, 2005, Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne – obciążenie śniegiem.
- [9] PN-EN 1991-1-4, 2008, Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru.
- [10] PN-EN 1993-1-1, 2006, Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [11] PN-EN 1993-1-3, 2008, Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-3: Reguły ogólne. Reguły uzupełniające dla konstrukcji z kształtowników i blach profilowanych na zimno.
- [12] SS022a-EN-EU, Systemy konstrukcyjne i preferowane metody dostarczania konstrukcji stalowych w lekkim budownictwie mieszkaniowym, Access Steel.

Przyjęto do druku: 30.04.2021 r.

Wartość rynku materiałów fasadowych do 2026 r.

Z raportu „Rynek fasad i materiałów fasadowych w Polsce 2021 – 2026”, opracowanego przez firmę badawczą Spectis wynika, że w 2020 r. producenci materiałów fasadowych utrzymali wartość przychodów z 2019 r., pomimo wyraźnego spowolnienia aktywności w budownictwie kubaturowym, szczególnie niemieszaniowym. W 2019 r. całkowite przychody osiemdziesięciu badanych producentów materiałów fasadowych wyniosły blisko 23,5 mld zł (nominalny wzrost o 4% r/r), z czego tylko 3,2 mld zł (blisko 14% przychodów ogółem) przypadło na materiały fasadowe, a po doszacowaniu do pełnej zbiorowości, wartość rynku materiałów fasadowych wyniosła 3,6 mld zł.

W 2021 r. przewidywany jest niewielki spadek wartości rynku, ale w 2022 r. powinien on powrócić do poziomu 3,6 mld zł i stopniowo będzie rósł, aby do 2026 r. osiągnąć wartość 4 mld zł. W najbliższych latach prognozowana jest wyższa dynamika wartości rynku niż jego wolumenu ze względu na rosnące ceny surowców, półproduktów oraz siły roboczej. Rynek fasad i materiałów fasadowych podzielono na cztery główne kategorie: **fasady wentylowane; fasady ETICS** (tzw. systemy ociepleń); **fasady z płyt warstwowych i arkuszy blaszanych** oraz **szklane fasady kurtynowe**. Fasady ETICS w zdecydowanej większości stosowane są na budynkach mieszkaniowych, natomiast głównym odbiorcą pozostałych typów fasad jest budownictwo niemieszaniowe. Fasady ETICS są niezmiennie największym segmentem rynku fasad w Polsce ze względu na duży udział robót modernizacyjnych. Ich rozwój w najbliższych latach będzie zapewniała m.in. realizacja rządowego programu Czyste Powietrze. Na ocieplenia ok. 1 mln budynków potrzeba ok. 50 mld zł. **(ek)**

Źródło: Spectis