Paweł Kossakowski

WPROWADZENIE DO PROGRAMU AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 2012

KIELCE 2014

MATERIAŁY POMOCNICZE I INFORMACYJNE NR 168

Redaktor Naukowy serii NAUKI TECHNICZNE – BUDOWNICTWO prof. dr hab. inż. Wiesław TRAMPCZYŃSKI

Recenzent dr hab. inż. Urszula RADOŃ

Redakcja techniczna Aneta STARZYK

Projekt okładki Tadeusz UBERMAN

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2014

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej pracy nie może być powielana czy rozpowszechniana w jakiejkolwiek formie, w jakikolwiek sposób: elektroniczny bądź mechaniczny, włącznie z fotokopiowaniem, nagrywaniem na taśmy lub przy użyciu innych systemów, bez pisemnej zgody wydawcy.

PL ISSN 0239-6394

Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej 25-314 Kielce, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7 tel./fax 41 34 24 581 e-mail: wydawca@tu.kielce.pl www.tu.kielce.pl/organizacja/wydawnictwo

Spis treści

PRZEDMOWA	5
1. WPROWADZENIE	7
1.1. Informacje wstępne	7
1.2. Ogólny opis programu Autodesk Robot Structural Analysis 2012	8
2. ŚRODOWISKO PRACY	13
2.1. Rozpoczęcie pracy, menu powitalne	13
2.2. System ekranów, menu	14
2.2.1 System ekranów i opcje widoków	14
2.2.2. Menu tekstowe	16
2.2.3. Paski narzędzi	16
2.2.4. Menu kontekstowe	17
2.2.5. Inspektor obiektów	18
3. USTAWIENIA PREFERENCJI	21
3.1. Preferencje	21
3.1.1. Języki	22
3.1.2. Parametry ogólne	22
3.1.3. Parametry wyświetlania	23
3.1.4. Pasek i menu	23
3.1.5. Parametry wydruków	24
3.1.6. Zaawansowane	25
3.2. Preferencje zadania	26
3.2.1. Jednostki i formaty	27
3.2.2. Materiały	29
3.2.3. Normy projektowe	32
3.2.4. Siatkowanie	35
4. NARZĘDZIE SELEKCJI OBIEKTÓW	38
4.1. Selekcja graficzna	38
4.2. Wybór przy wykorzystaniu opcji Zaznacz (Selekcja)	41
5. LISTY	48
6. LISTA KLAWISZY SKRÓTÓW	49
LITERATURA	51

PRZEDMOWA

Niniejsze materiały pomocnicze są przeznaczone dla studentów kierunku budownictwo, biorących udział w zajęciach z przedmiotu *komputerowe projektowanie konstrukcji betonowych*, prowadzonych głównie w oparciu o program Autodesk Robot Structural Analysis 2012. Zawarto w nich informacje wstępne dotyczące pracy z programem, jak również omówiono wiele parametrów konfiguracyjnych, których znajomość jest niezbędna do prawidłowej budowy modelu numerycznego konstrukcji, a także przeprowadzenia jego dalszej analizy obliczeniowej.

1 WPROWADZENIE

1.1. INFORMACJE WSTĘPNE

W obecnych czasach trudno wyobrazić sobie nowoczesnego inżyniera, który w swojej pracy nie posługiwałby się komputerem "uzbrojonym" w oprogramowanie wspomagające proces projektowania i realizację obiektów budowlanych.

W ciągu kilkudziesięciu lat opracowano wiele aplikacji, a nawet systemów, przeznaczonych dla poszczególnych branż przemysłu. Podstawowe z nich to system komputerowego wspomagania prac inżynierskich, określany terminem *Computer Aided Engineering*, w skrócie CAE, oraz system komputerowego wspomagania projektowania – *Computer-Aided Design*, czyli popularny CAD.

Systemy te, opracowane z myślą o cyfrowym modelowaniu geometrii projektowanych elementów, są nierozerwalnie związane z szeregiem innych aplikacji stanowiących ich dopełnienie. Podstawowe z nich to programy służące do obliczeń numerycznych, oparte najczęściej na metodzie elementów skończonych (MES), określanej jako *Finite Element Method*, której praktyczne wdrożenie odegrało ogromną rolę w rozwoju całej branży związanej z komputerowymi analizami obliczeniowymi.

Mimo że inżynierowie w naszym kraju mają dostęp do wszystkich programów numerycznych sprzedawanych na świecie, to jednym z najpopularniejszych i najchętniej stosowanych systemów jest aplikacja Autodesk Robot Structural Analysis 2012. Stanowi ona samodzielny produkt w postaci zaawansowanego programu komputerowego służącego do przeprowadzania analiz obliczeniowych, głównie konstrukcji budowlanych. Należy również zauważyć, że program Autodesk Robot Structural Analysis 2012 jest jednocześnie elementem składowym systemu Modelowania Informacji o Budynku, czyli *Building Information Modeling*, w skrócie BIM, który jest skutecznie rozwijany i wdrażany do powszechnego użytku przez firmę Autodesk.

W systemie BIM wszystkie parametry definiujące projektowany i realizowany obiekt budowlany (geometria, materiał) są opisane cyfrowo. Idea BIM idzie dalej w stosunku do systemów CAD i w tym opisie uwzględnia również parametry związane z kosztami i czasem wykonywania poszczególnych elementów. Dzięki temu opis BIM wykracza poza trójwymiarowy system definicji stosowany w standardowych systemach 3D. Tym samym system BIM może obejmować wszystkie fazy "życia" obiektu, od wczesnych prac koncepcyjnych poprzez proces projektowania, budowy, eksploatacji aż do jego rozbiórki.

Jak już wspomniano, program Autodesk Robot Structural Analysis 2012 choć jest samodzielną aplikacją, to umożliwia również współpracę z innymi programami wchodzącymi w skład systemu BIM firmy Autodesk, tj. Autodesk Revit Structure 2012 oraz AutoCAD Structural Detailing 2012. Schemat wzajemnej współpracy i powiązań wymienionych aplikacji pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Współpraca aplikacji w systemie BIM firmy Autodesk [1]

Centralną aplikacją systemu BIM firmy Autodesk jest program Autodesk Revit Structure 2012, który służy do budowy parametrycznego modelu projektowanego obiektu i jest powiązany z aplikacją obliczeniową Autodesk Robot Structural Analysis 2012 oraz programem służącym do detalowania, czyli AutoCAD-em Structural Detailing 2012.

Jak widać, program Autodesk Robot Structural Analysis 2012 jest nie tylko integralnym elementem systemu BIM, ale jednocześnie samodzielną aplikacją o potężnych możliwościach, która jest obecnie podstawowym programem obliczeniowym przeznaczonym dla branży budowlanej, opracowanym przez firmę Autodesk.

Program Autodesk Robot Structural Analysis 2012 można traktować jako system obliczeniowy, składający się z kilku niezależnych modułów o różnym przeznaczeniu i możliwościach. Z uwagi na złożoność środowiska, do rozpoczęcia pracy w programie Autodesk Robot Structural Analysis 2012 niezbędna jest zarówno wiedza podstawowa o systemie, jak również informacje szczegółowe dotyczące wielu ustawień konfiguracyjnych. Zakres niezbędnych wiadomości zawarto w niniejszej publikacji, stanowiącej wprowadzenie do całego systemu Autodesk Robot Structural Analysis 2012.

1.2. OGÓLNY OPIS PROGRAMU AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 2012

Program Autodesk Robot Structural Analysis 2012 to aplikacja umożliwiająca wykonywanie zaawansowanych obliczeń numerycznych elementów konstrukcyjnych. Jest on przeznaczony głównie dla konstrukcji budowlanych, ale z uwagi na dużą elastyczność oraz szeroką funkcjonalność może być stosowany w innych branżach, jak choćby do projektowania elementów konstrukcji maszyn. Podstawowy zakres aplikacji Autodesk Robot Structural Analysis 2012 to modelowanie konstrukcji, analiza obliczeniowa o szerokim zakresie, jak również wymiarowanie elementów w oparciu o bogatą bibliotekę norm branżowych zarówno polskich, jak i światowych. Program umożliwia modelowanie i analizowanie dowolnych struktur, jedno-, dwu- i trójwymiarowych, przy zastosowaniu bogatej biblioteki elementów skończonych.

Możliwości systemu Autodesk Robot Structural Analysis 2012 najlepiej pokazuje tabela 1, w której zestawiono funkcjonalność standardowej i profesjonalnej wersji programu.

Wersja programu Autodesk Autodesk Funkcjonalność programu Robot Robot Structural Structural Analysis Analysis Professional Typ konstrukcji: pretowe 2D oraz 3D х х płyty х х powłoki х х płaski stan naprężeń х х płaski stan odkształceń х х elementy osiowosymetryczne х х elementy bryłowe х ACIS operacje logiczne na obiektach geometrycznych х Liczba elementów skończonych: węzły 7.000 bez limitu elementy pretowe 3,000 bez limitu elementy pretowe i powierzchniowe (suma) 7,000 bez limitu **Typy analiz:** statyka liniowa х х statyka nieliniowa х х

Tabela 1. Porównanie możliwości standardowej i profesjonalnej wersji programu Autodesk Robot Structural Analysis 2012 [2]

cięgna (pręty ściskane i rozciągane)	Х	Х
kable		Х
analiza sprężysto-plastyczna		Х
analiza wyboczeniowa	Х	Х
analiza dynamiczna – modalna (drgania własne)	Х	Х
analiza dynamiczna – harmoniczna		Х
analiza harmoniczna w dziedzinie częstotliwości wymuszeń		Х
analiza dynamiczna – spektralna	Х	Х
analiza dynamiczna – sejsmiczna w oparciu o normy narodowe	Х	Х
analiza dynamiczna – całkowanie równań ruchu (liniowe i nieliniowe)		x
analiza dynamiczna typu <i>footfall</i> (obciążenie konstrukcji ruchem pieszych)		x
analiza <i>pushover</i>		Х
analiza wstępnej deformacji konstrukcji (deformacja wybo- czeniowa)		x
Normy do projektowania konstrukcji żelbetowych:		
PN-B-03264 (Polska)	Х	Х
PN-EN 1992-1-1:2008	Х	Х
ENV 1992-1-1:1991	Х	Х
EN 1992-1-1:2004/AC:2008	Х	Х
EC2 NAD (m.in.): Włochy, Niemcy, Wielka Brytania, Fran- cja, Norwegia	Х	X
ACI 318-02, ACI 318-05, ACI 318-08 (USA)	Х	Х
ACI 318-2002 (USA)	Х	Х
BAEL 91 (Francja)	Х	Х
BS 8110 (Wielka Brytania)	Х	Х
DIN 1045 (Niemcy)	Х	Х
DM 9-1-1996 (Włochy)	Х	Х
EH01_EHE00 (Hisznania)	х	х

NEN 6720 (Holandia)	х	Х
SNIP 2.03.01-84 (Rosja)	Х	Х
STAS 1017/0-90 (Rumunia)	X	Х
Normy do projektowania dla konstrukcji stalowych:		
PN 90/B 03200 (Polska)	Х	Х
PN-EN 1993-1:2006/AC:2009	Х	Х
EN-1993-1:2005/AC:2009	х	Х
EC3 2005 Odporność ogniowa	Х	Х
EC3 Profile cienkościenne	Х	Х
EC3 NAD (m.in.): Dania, Wielka Brytania, Holandia, Norwe- gia, Hiszpania	Х	x
Profile wielogałęziowe: PNB, EC3, SEA	Х	Х
ADD 80, CM66 (Francja)	х	Х
ANSI/AISC 360-05, ASD, LRFD 2000 (USA)	Х	Х
BS 5950 (Wielka Brytania)	Х	Х
ASD, LRFD 2000 (USA)	Х	Х
BS 5950 (Wielka Brytania)	X	Х
CNR-UNI (Włochy)	Х	Х
DIN 18800 (Niemcy)	Х	Х
NBE EA-95, SE-A Acero (Hiszpania)	Х	Х
NEN 6770 (Holandia)	Х	Х
SABS (RPA)	Х	Х
STAS (Rumunia)	х	Х
BSK 99 (Szwecja)	Х	Х
NS 3472 (Norwegia)	Х	Х
SNIP II-23-81 (Rosja)		Х
Normy do projektowania konstrukcji drewnianych:		
PN B 03150 (Polska)	Х	Х
PN-EN 1995-1:2005/A1:2008	Х	Х

EN 1995-1:2004/A1:2008	Х	Х
CB71, NF-EN 1995-1:2005 (Francja)	Х	Х
Wymiarowanie fundamentów:		
PN-EN 1992-1-1:2008	Х	Х
PN-81/B-03020	Х	Х
ENV 1997-1:1994	Х	Х
EN 1997-1:2008	Х	Х
Automatyczne generatory obciążeń klimatycznych:		
PN 80/B-02010/Az1:2006 + PN-B-02011:1977/Az1:2009	Х	Х
PN-EN 1991-1-3/4:2005/2008	Х	Х
Typy połączeń stalowych PN-EN 1993-1:2006/AC:2009:		
połączenia śrubowe na blachę czołową	Х	Х
połączenia spawane na blachę czołową	Х	Х
połączenia na kątowniki	Х	Х
połączenia spawane w kratownicach	Х	Х
połączenia na blachę węzłową	Х	Х
stopa słupa – przegubowa	Х	Х
stopa słupa – utwierdzona	Х	Х
słup utwierdzony zabetonowany	Х	Х
połączenie doczołowe: belka – belka	Х	Х
połączenie doczołowe: belka – słup	Х	Х
połączenie doczołowe: słup – belka dwustronna	X	Х
Interface COM	X	Х

2 środowisko pracy

2.1. ROZPOCZĘCIE PRACY, MENU POWITALNE

Po uruchomieniu programu Autodesk Robot Structural Analysis 2012 pojawia się okno powitalne, pokazane na rysunku 2.



Rys. 2. Ekran powitalny programu Autodesk Robot Structural Analysis 2012

Następnie uruchomione zostaje menu startowe widoczne na rysunku 3.



Rys. 3. Menu startowe

Do dyspozycji są dwie możliwości:

- 1. **Projekty** → **Otwórz projekt**: otwarcie istniejącego zadania (modelu).
- Nowy projekt → Więcej: stworzenie nowego zadania (modelu) obliczeniowego, uruchomienie modułów wymiarowania lub stworzenie profilu (tab. 2).

Tabela 2. Dostępne moduły programu

	Budynek	THE	Rama przestrzenna
	Powłoka	CORRECT	Kratownica prze- strzenna
(B)	Płyta		Rama płaska
	Ruszt		Kratownica płaska
	Konstrukcja objęto- ściowa		Konstrukcja w płaskim stanie naprężenia
	Konstrukcja w płaskim stanie odkształcenia		Konstrukcja osiowo- symetryczna
	Projektowanie elemen- tów żelbetowych	H	Projektowanie połą- czeń stalowych
IJ	Projektowanie profili		Konstrukcja sparame- tryzowana

2.2. SYSTEM EKRANÓW, MENU

2.2.1. System ekranów i opcje widoków

W programie Robot do dyspozycji jest system ekranów w postaci okien dialogowych, pól edycyjnych i tabel. Służą one do definiowania, obliczania (prowadzenie analiz), wymiarowania oraz przygotowywania rysunków konstrukcji. Startowe okno robocze pokazano na rysunku 4.

No. No. Martin Midda Correction	Christers	Autod	lesk Ro	bot St	ructur	al Ana	ilysis F	Profess	sional	2012 Dottel	Wers	ja stur	lenck	a Pr	ojekt	Kons	struko	ija - V	/yniki	MES:	brak								► Typ	e a keyi	iond or	phrase	_	<i>8</i> 6 °	18	*	0 ·	- 5 ×
DARAWDAX	The f	36	0			0	Q		19	2 1	3 2	a 🔊	団	B	টা	a	isometr	a .	_	_	~					-										_		
		· (%?			17		-	1	17	2				~ 6	50	6					_																	
Inspektor obiektów	1	T	1	T	1	1	Ť.	1	T,	T	1	r,	Ţ	1	1	T	1	1	1	1	T	1	T	1	1	T	1	1	1	1		- 1	-		Т	-	1	^
NX CO					-15,0				. 1	10,0				. 4	5,0					0,0					5,0				~ 1	0,0				15,0		097	ón	0+
Obiekty modelu	L .																																			1116	00	- 5
Cbiekty pomocnicze	L .																																					-
	- 0																																				10	J.
	P P																																				°0	1
	Γ.																																					~
	- ·																																					
																																						- +
	~ .																																					
	- °																																				ū,0	
																																						- 1
	- ·																																					-
() Company (Course /	- ·																																					- 4
Nazwa Wartość Jedno 🛆																																						
	- 9																																					
	L°.																																				č	魚
	Γ.																																					(H49)
	- ·																																					
	- ·																																					
	- 9																																				5,0	
																																						-
	- ·																																					-
	-		\square																																			-
	- 4	ĥ																																				_
~		-	x																																			
		land a	M		-15,0	L.	1	1	1	19.0	1	L I		¢ 1	Î Y	0,0	0 m			0.0				1	5,0	1	1	1	1	9.0				15,0)	y/s		×
Wdok	10-1.0.	26	8 <u>.0</u> .	<u>-</u>]2		J47	2	_	_	_	_	_	_	_	-			-	-							-		-	_	_	_	_	_	_	_	2 94	1-010	<u></u>
CIN II X O B O														() W	yniki N	ES: bra	sk				1	L	81	1	GR3	0_BET			1	x=18,8	9; y=0,	00; z=-0	,56	- La	0,00		[n] [N] [Deg]

Rys. 4. Okno robocze

Dostęp do poszczególnych ekranów możliwy jest za pomocą listy, która znajduje się w górnej części ekranu obok ikon.

Przydatnym narzędziem, umożliwiającym ustawianie orientacji i widoków modelu konstrukcji, jest **ViewCube**, który standardowo umieszczony jest w prawym górnym rogu okna roboczego.



Rys. 5. Widok narzędzia ViewCube

Jego kliknięcie umożliwia ustawienie 26 zdefiniowanych orientacji widoku, przyporządkowanych trzem charakterystycznym obszarom sześcianu, tj. narożnika, krawędzi i płaszczyzny. Użyteczna jest również płynna zmiana orientacji modelu konstrukcji przez przytrzymanie i obrót **ViewCube**.

Narzędzie ViewCube można również wywołać z menu za pomocą komendy Widok/ViewCube – właściwości.

Kolejnym narzędziem usprawniającym ustawianie płaszczyzn widoków jest opcja **Widok**, którą można uruchomić klikając ikonę (rys. 6a) znajdującą się w lewym dolnym rogu okna roboczego.



Rys. 6. Ikona (a) i opcja Widok (b)

2.2.2. Menu tekstowe

Dostęp do wszystkich narzędzi i komend systemu jest możliwy dzięki **Menu** tekstowemu, zlokalizowanemu w górnej części ekranu (rys. 7).



Po wybraniu (kliknięciu) danej komendy menu otwiera się odpowiednie podmenu, gdzie dostępne są funkcje szczegółowe.

2.2.3. Paski narzędzi

Program wyposażono również w **Paski narzędzi**, górny i dolny, pokazane odpowiednio na rysunkach 8 i 9.

Rys. 8. Górny pasek narzędzi



Rys. 9. Dolny pasek narzędzi

Dodatkowo program wyposażono w boczny pionowy pasek narzędzi, który znajduje się po prawej stronie edytora graficznego. Zawarto w nim komendy aktywne dla aktualnie wybranego okna (rys. 10).



Rys. 10. Boczny pasek narzędzi

2.2.4. Menu kontekstowe



Rys. 11. Menu kontekstowe (a) i menu Wyświetlanie atrybutów (b)

Bardzo użytecznymi narzędziami są Menu kontekstowe i menu Wyświetlanie atrybutów. Menu kontekstowe (rys. 11a) uruchamiane jest poprzez kliknięcie pra-

wym klawiszem myszy dla okna edytora graficznego lub w tabeli. Menu **Wyświe**tlanie atrybutów uruchamiane jest komendą **Wyświetl** w **Menu kontekstowym**.

2.2.5. Inspektor obiektów

Narzędziem umożliwiającym operacje na obiektach konstrukcji jest **Inspektor** obiektów. Znajduje się on po lewej stronie okna roboczego, pokazanego na rysunku 4. Okno **Inspektora obiektów** można również włączyć/wyłączyć za pomocą opcji **Inspektor obiektów** znajdującej się w zakładce **Okno**, w **Menu tekstowym** (rys. 7). **Inspektor obiektów** składa się z dwóch głównych zakładek: **Geometria** i **Grupy**.

ctów		
Q 🕖		
	iczba obi	
delu		
złv 0	/2	
lezeł 1	_	
lęzeł 2		
ty 1	/1	
ęt 1		
mocnicze		
	,	
tria 🛆 Grupy	/	
azwa	Wartość	Jednostka
prętów	1	
	Pręt_1	
	Pręt	
гиксујпу	Pręi	
ertowy	uwzaledni	1
,	1	
u	belkowy	
	1,00	(m)
	1	
	2	
współrzędnych	kartezjański	i
ki		
	0,0	(Deg)
	IPE 100	0
	STAL	62
	Brak	
	Diak	
eżyste	Brak	r i i i i i i i i i i i i i i i i i i i
ężyste e - poczatek	Brak	((A)
ężyste e - początek e - koniec	Brak	
	LU bdelu zły 0 (ęzeł 1 ty 1 ty 1 tria (Grupy azwa prętów rukcyjny ertowy u współrzędnych ki	Liczba obi bdelu zły 0/2 {ezel 1 {ezel 2 ty 1/1 et 1 mocnicze ttria (Grupy / azwa Wartość prętów 1 Pręt_1 Pręt_1 Pręt_1 Pręt_1 Pręt_1 Pręt_1 in pręt ertowy uwzględni u belkowy 1,00 1 0,0 0 IPE 100 STAL

Rys. 12. Menu Inspektor obiektów

Ustawiając zakładkę Geometria (rys. 13) w Inspektorze obiektów, w górnej jego części widoczne są pola, które pozwalają na selekcję i wizualizację Obiektów modelu, takich jak: Węzły, Pręty, Panele, Stropy itp., jak również Obiekty po-mocnicze w postaci Obiektów geometrycznych. Przydatnym narzędziem są również filtry umożliwiające wyświetlanie konkretnych typów obiektów.

Nazwa	Wa	irtość		Jednost	ka
Lista prętów		1			
Ogólne					
Nazwa		Prę	t_1		
Тур		F	ręt		
Obiekt konstrukcyjny			Pręt		
Piętro					
Model					
Rozkład kopertowy		uwzglę	dnij		
Składniki			1		
Typ elementu		belko	wy		
Geometria					
Długość		1	,00	(m)	
- Węzeł 1			1		
Współrzędne	0,0	0,0			
- Węzeł 2			2		
Współrzędne	0,0	0,0			
Typ układu współrzędnych		kartezja	ński		
Charakterystyki					
- Gamma		0,0		(Deg)	
Gamma		0,0			0
 Przekrój 		IPE	100		0
+ Podstawowe					
+ Wymiary					
+ Wytrzymałościowe					
🖃 Materiał		ST	TAL		
E		205000	,00	(MPa)	
NI		0	,30		
G		80000	,00	(MPa)	
Re		215	,00	(MPa)	
CW		77	,01	(kN/m3)	
LX		0	,00	(1/°C)	
Zwolnienia		E	rak		Ο
Ofsety		E	rak		0
Podłoże sprężyste		E	rak		
Wzmocnienie - początek					\odot
Wzmocnienie - koniec					0
Pretv /					

Rys. 13. Zakładka Geometria w menu Inspektor obiektów

Zakładka Grupy (rys. 14) w Inspektorze obiektów pozwala na tworzenie zbiorów wyselekcjonowanych wcześniej elementów, co ułatwia pracę nad modelem konstrukcji.

Tworzenie grup odbywa się za pomocą komendy Utwórz grupę z selekcji, która aktywowana jest przez kliknięcie ikony , znajdującej się na górnym pasku menu Inspektor obiektów. Kolejne ikony wiednio włączanie/wyłączanie podglądu grup oraz włączanie/wyłączanie widoczności grup i ich folderów. Operacje logiczne na grupach, takie jak: sumowanie, część wspólna czy różnica są dostępne za pomocą komendy Ustawienia uruchamianej za pomocą ikony z paska górnego.

Inspektor obiektów				×
r 🖬 📾 🐔 🗳	\$ 9 9 9 9	2 (0	
Nazwa	Тур			
Grupy				
Slupy	🦉 Pr			
Endery grup	¥			
<u> </u>				
Geometria Gru	ipy /			
✓ ► Geometria Gru Nazwa	Wartość		Jednostk	^
✓ ► Geometria Geometria Gru Nazwa Listy selekcji	Wartość		Jednostk	^
✓ ► Geometria Geometria Gru Nazwa □ Listy selekcji Lista prętów	Wartość	1	Jednostk	~
✓ ► Geometria Geometria Gru Nazwa Listy selekcji Lista prętów Aktualne listy selekcji	Vartość	1	Jednostk	^
 ✓ ► Geometria A Gru Nazwa □ Listy selekcji □ Lista prętów □ Aktualne listy selekcji □ Lista prętów 	Wartość	1	Jednostk	
 ✓ ► Cecometria Ceru Nazwa □ Listy selekcji Lista prętów □ Aktualne listy selekcji Lista prętów 	Wartość	1	Jednostk	
 ✓ Jecometria Geometria Gru Nazwa □ Listy selekcji □ Lista prętów □ Aktualne listy selekcji □ Lista prętów 	Wartość	1	Jednostk	
 ✓ Jecometria Geometria Gru Nazwa □ Listy selekcji □ Lista prętów □ Aktualne listy selekcji □ Lista prętów 	Wartość	1	Jednostk	

Rys. 14. Karta Grupy w menu Inspektor obiektów

3 USTAWIENIA PREFERENCJI

3.1. PREFERENCJE

Ustawienia preferencji programu Autodesk Robot Structural Analysis 2012 są bardzo ważnym narzędziem, gdyż umożliwiają zdefiniowanie szeregu parametrów środowiska pracy, jak również dostosowanie różnych elementów programu do indywidualnego profilu użytkownika.

Moduł Preferencje uruchamiany jest poprzez wybranie z górnego Menu tekstowego opcji Narzędzia i zakładki Preferencje (rys. 15).

ᇳ Preferencje			?×
🖙 🖩 🗙 Ӿ 👘 STANDA	RD		*
Jezyki Parametry ogólne Parametry widoku Parametry wyświetlania Pasek & menu ₽ Parametry wydruków Zaawansowane	Parametry <u>r</u> egionalne : Język <u>p</u> racy : Język <u>wy</u> druków :	Polska 💌 Polski 💌 Polski 💌	
Aktualizuj preferencje przy za	mknięciu dialogu	OK Anuluj	Pomoc

Rys. 15. Moduł Preferencje

Okno Preferencji składa się trzech zasadniczych części:

- menu górnego, składającego się z ikon umożliwiających pracę na pliku preferencyjnym oraz listy rozwijanej pliku preferencyjnego;
- okna parametrów preferencyjnych;
- panelu z parametrami wybranej opcji preferencji.

Ikony dostępne w menu górnym umożliwiają następujące operacje:

- 😅 wczytanie pliku, w którym zapisano ustawienia preferencji;
- 🔚 zapis ustawień preferencji zdefiniowanych przez użytkownika do pliku;
 - usunięcie wybranych przez użytkownika plików, w których zapisano ustawienia preferencji;
- K przywrócenie preferencji ze standardowymi parametrami.

W oknie po lewej stronie modułu **Preferencje** dostępne są parametry umożliwiające ustawienie elementów, takich jak: **Języki**, **Parametry ogólne**, **Parametry** widoku, **Parametry wyświetlania**, **Pasek i menu**, **Parametry wydruków**, **Zaawansowane**, które szerzej omówiono w dalszej części.

3.1.1. Języki

W systemie Autodesk Robot Structural Analysis 2012 dostępny jest szereg języków, które mogą być stosowane w odniesieniu do **Parametrów regionalnych**, **Języka pracy i Języka wydruków** (rys. 16).

Parametry regionalne :	Polska	~	
Język pracy :	Polski	~	
Język wydruków :	Polski	*	

Rys. 16. Opcja Języki w module Preferencje

3.1.2. Parametry ogólne

Opcja **Parametry ogólne** umożliwia dostosowanie podstawowych parametrów dotyczących zapisu i odczytu pliku obliczeniowego, jak również parametrów działania programu (rys. 17).

Plik \ Otwórz Ostatnio używane konstrukcje :	4 🗘 pozycje
 Opcja COFNIJ aktywna Automatyczny zapis Automatyczne zapisywanie co : Przypominaj o zapisie konstrukcji o 	Utwórz kopię (.bak)
 Pokazuj porady dnia Kalkulator w polach edycyjnych 	✓ Inspektor obiektów

Rys. 17. Opcja Parametry ogólne w module Preferencje

Na szczególną uwagę zasługują następujące opcje:

- opcja COFNIJ aktywna: jej włączenie umożliwia cofnięcie ostatniej komendy uruchomionej w trakcie tworzenia modelu obliczeniowego o 1 krok;
- utwórz kopię (.bak): tworzenie kopii pliku obliczeniowego konstrukcji;
- automatyczne zapisywanie co: aktywacja automatycznego zapisu pliku obliczeniowego konstrukcji w zadanym odstępie czasu, co zapewnia bezpieczeństwo zachowania zmian w pliku w sytuacji awarii programu bądź systemu operacyjnego.

3.1.3. Parametry wyświetlania

Opcja **Parametry wyświetlania** pozwala na ustawienie żądanych kolorów i czcionek poszczególnych elementów ekranu (por. rys. 4) programu (rys. 18).

Schemat	I	 -10.0	Ι	0.0	I	 10.0	I	 20.0
DEEP BLUE	•							
Zakres : ekran	·							
Element : krzyż celownika	•	· Z			1	100 200		
Kolor Czcionka	. X			Y.	4	<u>300</u> 400		HX RY

Rys. 18. Opcja Parametry wyświetlania w module Preferencje

Ustawiony schemat kolorów i czcionek może być przez użytkownika zapisany w środowisku programu.

3.1.4. Pasek i menu

Menu_coq	*	O Nie	⊙ Tak
Paski narzędzi			
🔘 Małe ikony		🔘 Standa	ardowe
💿 Duże ikony		💿 Specja	lne
_ Pł	askie		
(🔿 Nie	💿 Tak	

Rys. 19. Opcja Pasek i menu w module Preferencje

Kolejną opcją **Preferencji** jest **Pasek i menu**, która pozwala na dostosowanie wyglądu menu i pasków narzędziowych. Możliwości tej opcji pokazano na rysunku 19. Umożliwia ona ustawienia menu w zakresie dostosowania wizualizacji ikon i pasków narzędzi.

3.1.5. Parametry wydruków

Istotnym elementem **Preferencji** jest opcja **Parametry wydruków**, umożliwiająca dostosowanie kolorów i czcionek używanych do wydruków tworzonych przez program (rys. 20).

Schemat STANDARD Zakres : rysunki ploterowe	A-A 1 333	39HA8 I=1,54 78HA8 I=1,18
opisy elementów rysunku 💙	title 30x35	HA = 1234 kg

Rys. 20. Opcja Parametry wydruków w module Preferencje

Opcja **Parametry wydruków** pozwala na precyzyjne dostosowanie poszczególnych elementów składowych notek obliczeniowych, jak również wydruków ploterowych, dzięki czemu użytkownik może dość swobodnie tworzyć i ustawiać szablony przygotowywanych wydruków. Jest to narzędzie szczególnie użyteczne w przypadku wykonywania dużej ilości wydruków, gdzie sprawą zasadniczą jest ujednolicenie i usystematyzowanie formy poszczególnych notek czy rysunków.

Dodatkowo w opcji **Parametry wydruków** dostępne są dwie zakładki **Symbole** na wydrukach (rys. 21) i Wydruki (rys. 22).

- Wydruk wykresów w postaci
⊙ linii <u>c</u> iągłych
🔿 linii grzerywanych
Zakończenia linii wymiarowych

Rys. 21. Zakładka Symbole na wydrukach w module Preferencje

Zakładka **Symbole** umożliwia ustawienie rodzaju linii (ciągłe lub przerywane) na wydrukach oraz zakończenia linii wymiarowych (strzałki, kropki itp.).

Ustawienia dotyczące wyboru edytora rysunków wykonawczych oraz grubości linii dostępne są w zakładce **Wydruki**.

Edytor rysunków wykonawczych Autodesk Robot Structural Analysis AutoCAD Structural Detailing	
Grubość linii	
<u>K</u> onstrukcje	
<u>O</u> bciążenie	
Linie	
Drukowanie kolorów w skali szarości	

Rys. 22. Zakładka Wydruki w module Preferencje

Narzędziem bardzo przydatnym w projektowaniu konstrukcyjnym jest możliwość eksportu rysunku do zewnętrznego edytora rysunkowego. W systemie Autodesk sprzężono program do detalowania w postaci edytora AutoCAD Structural Detailing 2012 z programem obliczeniowym Autodesk Robot Structural Analysis 2012. W przypadku wyboru edytora zewnętrznego rysunek wysyłany jest do niego i generowany w postaci gotowego rysunku wykonawczo-warsztatowego wraz z zestawieniem materiałowym. Domyślnym ustawieniem w programie jest edytor wewnętrzny.

Opcja **Wydruki** (rys. 22) umożliwia ustawienie grubości linii dla elementów, takich jak:

- konstrukcje: pręty, pręty odkształcone, wykresy i symbole,
- obciążenie: skupione, liniowe, powierzchniowe,
- linie: polilinie, linie konstrukcyjne, linie wymiarowe i opisy legendy.

3.1.6. Zaawansowane

۲P	rzygotowanie rezultatów
	 Przygotowanie rezultatów w pamięci operacyjnej Zapis przygotowanych rezultatów z zadaniem
	Maksymalny rozmiar: Automatycznie Usuwanie Zmień
[✓ Przetwarzanie równoległe - wieloprocesorowe ✓ Czyszczenie katalogu TEMP

Rys. 23. Opcja Zawansowane w module Preferencje

Ostatnią zakładką w module **Preferencje** jest opcja **Zaawansowane**, która umożliwia ustawienie parametrów dotyczących przygotowania rezultatów oraz przetwarzania danych.

3.2. PREFERENCJE ZADANIA

Ustawienia dotyczące wykonywanego aktualnie zadania obliczeniowego zawarte są w module **Preferencje zadania** (rys. 24), które uruchamiane są z menu **Narzędzia**.

🔜 Preferencje zadania		?×
🖻 🖩 🗙 🛠	DEFAULTS	*
 Jednostki i formaty Materiały Katalogi Normy projektowe Moliza konstrukcji Analiza konstrukcji Parametry pracy Siatkowanie 	Postać liczby zero : 0.0 Jednostki domyślne <u>M</u> etryczne <u>U</u> SA	
🚔 🖳 🖄	omyślne parametry	
E _≪ <u>Z</u> apisz bieżące	parametry jako domyślne OK Anuluj Pomo	

Rys. 24. Moduł Preferencje zadania

Analogicznie do **Preferencji** okno **Preferencje zadania** składa się trzech zasadniczych części:

- menu górnego, składającego się z ikon umożliwiających pracę na pliku preferencji zadania oraz listy rozwijanej pliku preferencyjnego;
- okna parametrów preferencyjnych;
- panelu z parametrami wybranej opcji preferencji.

Ikony dostępne w menu górnym umożliwiają następujące operacje:

- 😅 wczytanie pliku, w którym zapisano ustawienia preferencji zadania;
- zapis ustawień preferencji zadania, zdefiniowanych przez użytkownika do pliku;
- usunięcie wybranych przez użytkownika plików, w których zapisano ustawienia preferencji zadania;
- K przywrócenie preferencji zadania ze standardowymi parametrami.

Użytkownik może ustawiać następujące parametry modułu **Preferencje zadania** wykonywanych obliczeń:

- jednostki i formaty (wymiary, siły, inne, edycja jednostek) i materiały,
- katalogi,
- normy projektowe,
- analiza konstrukcji, Parametry pracy, Siatkowanie.

W dalszej części przedstawiono wybrane parametry Preferencji zadania.

3.2.1. Jednostki i formaty

W opcji **Jednostki i formaty – Wymiary** (rys. 25) użytkownik ma do dyspozycji wiele możliwości w zakresie ustawień preferowanych jednostek wymiarów elementów konstrukcji, takich jak:

- wymiary konstrukcji,
- wymiary przekrojów poprzecznych elementów,
- charakterystyki przekrojów poprzecznych elementów,
- połączenia stalowe (wymiary),
- średnice zbrojeniowych prętów żelbetowych,
- powierzchnie zbrojenia,
- szerokość rozwarcia rys.

<u>W</u> ymiary konstrukcji :	m	✔ 0,21	<> E
Wymiary przekroju :	cm	✓ 0,1	•> E
<u>C</u> harakterystyki przekroju :	cm	✓ 0,21	<> E
Połączenia stalowe (wymiary) :	mm	 ✓ 0, 	<> E
Średnice prętów zbrojenia :	mm	✓ 0,1	<> E
Powierzchnie zbrojenia :	cm2	✓ 0,21	•> E
<u>R</u> ozwarcie rys :	mm	✔ 0,1	<> E

Rys. 25. Opcja Jednostki i formaty – Wymiary w module Preferencje zadania

Dokładność (ilość miejsc po przecinku) prezentacji jednostek ustawiana jest w polach dialogowych po prawej stronie dla wybranej jednostki.

Klawisz E pozwala na prezentację wartości liczby w postaci wykładniczej.

Opcja **Jednostki i formaty – Siły** (rys. 26) służy użytkownikowi do ustawienia jednostek takich wielkości, jak:

- siła,
- moment,
- naprężenia.

Siła:	kN ♥ 0,21 E
Moment :	kN*m 0,21 E
Naprężenia :	MN/m2 0,21 E

Rys. 26. Opcja Jednostki i formaty – Siły w module Preferencje zadania

Analogicznie do opcji **Jednostki i formaty** – **Wymiary** dokładność prezentacji jednostek (ilość miejsc po przecinku) można ustawić, używając klawiszy umieszczonych po prawej stronie dla wybranej jednostki.

Jednostki pozostałych wielkości ustawiane są w opcji **Jednostki i formaty** – **Inne** (rys. 27). W tej zakładce użytkownik może ustawiać jednostki następujących wielkości:

- przemieszczenie liniowe,
- kąt/obrót (dane),
- kąt/obrót (rezultaty),
- temperatura,
- ciężar,
- masa,
- wielkości bezwymiarowe,
- linijka.

:m	~	0,1	<> E
)eg	~	0,1	<> E
Rad	~	0,321	<> E
С	~	0,21	<> E
:G	~	0,21	<> E
ig (~	0,21	<> E
		0,21	<> E
		0,1	< >
	m Deg Rad C G g	m v Deg v Rad v C v G v g v	m v [0,1 Deg v [0,1 Rad v [0,321 C v [0,21 G v [0,21 g v [0,21 [0,21 [0,21 [0,1]

Rys. 27. Opcja Jednostki i formaty – Inne w module Preferencje zadania

3.2.2. Materiały

Podstawowym parametrem, który musi być przyporządkowany analizowanej konstrukcji jest materiał, z jakiego jest ona projektowana. W programie Autodesk Robot Structural Aanalysis 2012 istnieje możliwość używania materiałów normowych, które są zdefiniowane w bibliotekach na podstawie norm krajowych. Istnieje także możliwość definiowania dowolnego izotropowego materiału użytkownika. Ustawienia te dostępne są w opcji **Materiały** (rys. 28).

<u>M</u> ateriały :	Zestaw podst	awowy	
Polskie 💌	<u>S</u> tal :	STAL	~
	<u>B</u> eton :	BETON	*
<u>M</u> odyfikacja	<u>A</u> luminium :	ALUM	*
	<u>D</u> rewno :	C24	~

Rys. 28. Opcja Materiały w module Preferencje zadania

Po lewej stronie okna dialogowego dostępne jest okno, służące do wyboru kraju, dla którego zdefiniowano materiały, które zestawiono po prawej stronie. Dostępne są cztery grupy podstawowych materiałów:

- stal,
- beton,
- aluminium,
- drewno.

Po wybraniu kraju **Polska**, użytkownik ma do dyspozycji materiały zdefiniowane na bazie norm krajowych PN, natomiast dla opcji **Eurocode** materiały zdefiniowane są na podstawie norm EN, czyli Eurokodów.

Czasami konieczne jest zdefiniowanie mniej typowego materiału, który standardowo nie jest dostępny w bazie programu. Użytkownik ma taką możliwość, uruchamiając opcję **Modyfikacja**. Na ekranie wyświetli się wówczas okno **Definicja materiału**. Poniżej szczegółowo przedstawiono parametry służące do modyfikacji i definicji materiałów najczęściej używanych w projektowaniu budowlanym, takich jak: stal, beton i drewno.

Materiał typu stal jest modyfikowany w pierwszej karcie (rys. 29).

👪 Definicja materiału		?×
Stal Beton Aluminium Drewno Inn	ne	
Nazwa : STAL 🗸	Opis :	
Sprężystość moduł Younga, E : 1600 współczynnik Poissona, v : 0.3 współczynnik Kirchhoffa, G : 8000	Wytrzymałość 000,00 (MPa) współ. redukcji na ścinanie : 1.73 graniczna na rozciąganie : 375,00 (MPa)	MPa) MPa)
Ciężar właściwy : 77,01 Rozszerzalność termiczna : 0,000 Współczynnik tłumienia : 0,06)1 (kN/m3))0016 (1/°C) ✓ Stal poddana wyżarzaniu 3	
Dodaj	Usuń OK Anuluj 🤇	Pomoc

Rys. 29. *Opcja Modyfikacja* \rightarrow *Definicja materiału* – *stal w module Preferencje zadania*

Parametry modyfikacji i definicji stali:

- nazwa stali, należy ją podać przed naciśnięciem przycisku Dodaj;
- opis stali;
- sprężystość stałe sprężyste definiujące własności stali: moduł Younga E, współczynnik Poissona v oraz moduł Kirchhoffa G;
- wytrzymałość wielkości definiujące parametry wytrzymałościowe stali:
 - wytrzymałość charakterystyczna/obliczeniowa,
 - współczynnik redukcji dla ścinania,
 - graniczna wytrzymałość na rozciąganie;
- inne wielkości:
 - ciężar właściwy,
 - współczynnik rozszerzalności cieplnej,
 - współczynnik tłumienia.

Kolejna zakładka w opcjach modyfikacji materiałów pozwala na zdefiniowanie parametrów betonu (rys. 30).

🔛 Definicja materiału	?×
Nazwa : BETON	Opis : Beton
Sprężystość moduł Younga, E : 2900 współczynnik Poissona, v : 0,2 współczynnik Kirchhoffa, G : 1211	00,00 (MPa) 00,00 (MPa) 00,00 (MPa) Próbka: Sześcienna
Ciężar właściwy : 24,5 Rozszerzalność termiczna : 0,00 Współczynnik tłumienia : 0,15	3 (kN/m3) 0010 (1/*C)
Dodaj	Usuń OK Anuluj Pomoc

Rys. 30. *Opcja Modyfikacja* \rightarrow *Definicja materiału* – *beton w module Preferencje zadania*

Parametry modyfikacji i definicji betonu:

- nazwa betonu, należy ją podać przed naciśnięciem przycisku Dodaj;
- opis betonu;
- sprężystość stałe sprężyste definiujące własności betonu: moduł Younga E, współczynnik Poissona v oraz moduł Kirchhoffa G;
- wytrzymałość wielkości definiujące parametry wytrzymałościowe betonu:
 - wytrzymałość charakterystyczna/obliczeniowa,
 - typ próbki (cylindryczna lub kwadratowa);
- inne wielkości:
 - ciężar właściwy,
 - współczynnik rozszerzalności cieplnej,
 - współczynnik tłumienia.

W programie Autodesk Robot Structural Analysis 2012 możliwe jest również modyfikowanie i definiowanie materiału typu drewno (rys. 31).

👪 Definicja materiału				?×
Stal Beton Aluminium Drewn	o Inne			
Nazwa : GL24c	*	Opi	s : Drewno klejone GL24c PN-EN1	194
Parametry specyficzne dla :	CB71	*		
- Sprężystość			Wytrzymałość (MPa)	
moduł sprężystości podłużnej:	11600,00	(MPa)	na zginanie :	24,00
Średni moduł G :	590,00	(MPa)	na rozciąganie osiowe :	14,00
			na rozciąganie poprzeczne :	0,35
Ciężar właściwy :	3,43	(kN/m3)	na ściskanie osiowe :	21,00
Rozszerzalność termiczna :	0,000005	(1/°C)	na ściskanie poprzeczne :	2,40
Współczynnik tłumienia :	0,04		na ścinanie :	2,20
Тур:	Klejone		*	
Doda		Usuń	OK Anuluj	Pomoc

Rys. 31. Opcja Modyfikacja \rightarrow *Definicja materiału* – *drewno w module Preferencje zadania*

Parametry modyfikacji i definicji drewna:

- nazwa drewna, należy ją podać przed naciśnięciem przycisku Dodaj;
- opis drewna;
- parametry specyficzne dodatkowe parametry drewna zgodne z normą drewna;
- sprężystość stałe sprężyste definiujące własności drewna: moduł Younga E, oraz średni moduł Kirchhoffa G;
- wytrzymałość wielkości definiujące wytrzymałości drewna na zginanie, rozciąganie osiowe i poprzeczne, ściskanie osiowe i poprzeczne oraz ścinanie;
- inne wielkości:
 - ciężar właściwy,
 - współczynnik rozszerzalności cieplnej,
 - współczynnik tłumienia,
 - typ drewna, naturalne lub klejone.

3.2.3. Normy projektowe

Integralnym elementem całego systemu Robot jest moduł wymiarowania elementów konstrukcyjnych. Proces wymiarowania odbywa się zgodnie z zadeklarowanym zestawem norm, który jest ustawiany przez użytkownika w opcji **Normy projektowe** w module **Preferencje zadania** (rys. 32).

<u>S</u> talowe / aluminiowe:	PN-EN 1993-1:2006/AC:2009 🕶 📖
Połączeń stalowych:	PN-EN 1993-1-8:2006/AC:20(🖌 📖
<u>D</u> rewniane:	PN-EN 1995-1:2005/A1:2008 🖌 📖
Żel <u>b</u> etowe:	PN-B-03264 (2002)
<u>G</u> eotechniczne:	EN 1997-1:2008
	Więcej norm

Rys. 32. Opcja Normy projektowe w module Preferencje zadania

Normy służące do wymiarowania konstrukcji w systemie Autodesk Robot Structural Analysis 2012 podzielone są na pięć głównych grup uzależnionych od materiału:

- stal/aluminium,
- połączenia stalowe,
- drewno,
- żelbet,
- geotechnika.

Wymiarowanie odbywa się w oparciu o szeroki zestaw norm, w tym normy PN i EN, czyli Eurokod. Wybór danej normy jest możliwy z listy rozwijanej, w której dostępne są wczytane normy. W przypadku wyboru normy Eurokod, z prawej strony pojawia się dodatkowy przycisk, za pomocą którego uruchamiane jest okno dialogowe **Współczynniki częściowe**, służące do edycji współczynników materiałowych (rys. 33).



Rys. 33. Opcja Współczynniki częściowe w module Preferencje zadania

W sytuacji, gdy konieczne jest wczytanie dodatkowych norm, należy kliknąć przycisk **Więcej norm**, znajdujący się pod listą rozwijalną norm (rys. 32). Pojawi się wówczas okno tekstowe **Konfiguracja listy norm** (rys. 34).

🛗 Konfiguracja listy norm			X
Normy:			Normy aktualne:
Stalowe / aluminiowe		~	Ustaw jako biezącą
Norma AIJ-ASD 05 AL76 ANSI/AISC 360-05 AS 4100-1998 ASD:1389 Ed.9th Add80 BS 5950:2000 BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/AC:2009 BS5950 BS5950 BSK99 CAN/CSA S16-09 CAN/CSA S16-09 CAN/CSA-S16-1 + Supp. No.1 (2005) CAN/CSA-S16 1-94	Kraj Japonia Francja Stany Zjednoczone Australia Stany Zjednoczone Francja Wielka Brytania Wielka Brytania Szwecja Kanada Kanada Kanada	 > > 	Norma EN 1993-1:2005/AC:2009 PN-EN 1993-1:2006/AC:2009 PN-90/B-03200
OK Anuluj			Pomoc

Rys. 34. Opcja Więcej norm \rightarrow Konfiguracja listy norm w module Preferencje zadania

W górnej części menu znajduje się lista rozwijalna **Normy**, za pomocą której wybierana jest biblioteka norm. Konkretną, interesującą użytkownika normę może on wczytać z listy znajdującej się po lewej stronie opcji **Więcej norm**.

Normy, w których zapisane są reguły dotyczące obciążeń oraz ich kombinacji, ustawiane i edytowane są w opcji **Normy projektowe – obciążenia** (rys. 35).

Kombinacje normowe :	PN-EN 1990:2004
Obciążenia klimatyczne :	PN-EN 1991-1-3/4:2005/2008
Obciążenia sejsmiczne :	EN 1998-1-1:2004
	Więcej norm

Rys. 35. Opcja Normy projektowe – Obciążania w module Preferencje zadania

Regulamin kombinacji danej normy może być edytowany przez kliknięcie przycisku znajdującego się po prawej stronie listy rozwijalnej **Kombinacje nor-mowe** (rys. 36).

🛱 E	ditor of o	ode con	nbination reg	ulation	s - C:	\Docum	ients a	nd Sett	ings\P	racowi	nia kon	np\Dar	e aplik	acji∖Au	utodes	k∖Aut.	🔳	
File	Preference	es Help																
Code		PN-EN	1990:2004			Ver	sion:	24	.0									
	Nat	ure	Subnature	y max	Ymir	γs	Уa	$ \Psi_{0,1} $	$\Psi_{0,2}$	$\Psi_{0,3}$	Ψ0,n	Ψ_1	$ \Psi_{2,1} $	$ \Psi_{2,n} $	Ψκ	ξı	ξĩ	^
1	Dead		STRC	1.35	1	1	1									0.85	1	
2	Dead		NSTR	1.35	1	1	1									0.85	1	
3	Live		CAT_A	1.5		1		0.7				0.5	0.3					
4	Live		CAT_B	1.5		1		0.7				0.5	0.3					
5	Live		CAT_C	1.5		1		0.7				0.7	0.6					
6	Live		CAT_D	1.5		1		0.7				0.7	0.6					
7	Live		CAT_E	1.5		1		1				0.9	0.8					
8	Live		CAT_F	1.5		1		0.7				0.7	0.6					
9	Live		CAT_G	1.5		1		0.7				0.5	0.3					
10	Live		CAT_H	1.5		1												
11	Snow			1.5		1		0.5				0.2						
12	Snow		S_M1000	1.5		1		0.5				0.2						
13	Snow		S_P1000	1.5		1		0.7				0.5	0.2					
14	Wind			1.5		1		0.6				0.2						
15	Temperat	ure		1.5		1		0.6				0.5						_
16	Accidenta	al					1											
17	Seismic						1											~
118			1	1	1	1	1		1				1			1	1	
		Combin	atio .												Loa	ads		^
		n type	e User-de	fined typ	be		D	ead					Live					Ac I
1	ULS	USR	STR		(4	\sum_{i2}	G_i	$ \begin{pmatrix} \boldsymbol{\gamma}_{\max}^{(i)} \\ \boldsymbol{\gamma}_{\min}^{(i)} \end{pmatrix} $			39) ∑	<i>Q</i> .·'	$\Psi_{0,1}^{(i)} \cdot <$	(7(i) _m 0	ax	(0)		_
2	ULS	USR	STR		(3	8) ∑i≥1⊂	$\tilde{r}_i \cdot \xi(i$	$\left(\right)_{1} \cdot \begin{cases} \gamma \\ \gamma \\ \gamma \end{cases}$	(i) max (i) min	(19) Q _i ·y	' _i +	$\sum_{\substack{j \ge 1, i \neq j}} \mathcal{Q}$	$\sum_{j} \cdot \gamma_{j} \cdot$	$\Psi_{0,1}$	(0)		
3	SLS	RAR			(1	$\sum_{i\geq 1}$	$G_i \cdot j$	(i) S		(21) Ç); + ;	$\sum_{il,i\neq j} Q_j$	·Ψ _{0,1}		(0)	_	
4	SLS	FRE			(1) Σ	$G_i \cdot j$	(i) S		¢	20) Q _a ·	Ψ,	+ \7	$Q_{i} \cdot \Psi$	J 21	(0)		>

Rys. 36. Regulamin kombinacji w module Preferencje zadania

Uruchamiając tę opcję, należy zwrócić uwagę, na to, aby przez pomyłkę nie zmienić współczynników znajdujących się w tabeli regulaminu, co może skutkować błędami w przypadku obliczeń prowadzonych przy wykorzystaniu kombinacji automatycznych.

3.2.4. Siatkowanie

Ustawienia opcji **Siatkowanie** dotyczą parametrów związanych z siatką elementów skończonych (ES) – elementów dwu- i trójwymiarowych. Opcja ta jest dostępna jako ostatnia z dostępnych w drzewku **Preferencje zadania** (rys. 24). Po jej uruchomieniu pojawia się okno dialogowe pokazane na rysunku 37.

W górnej części tego okna znajdują się ustawienia **Metody uzyskania spójności modelu obliczeniowego**, które umożliwiają wykorzystanie i uruchomienie narzędzi uzyskania spójnego siatkowania elementów skończonych ES. Program pozwala na zastosowanie dwóch podstawowych metod:

- uzyskanie spójnej siatki ES,
- zastosowanie więzów kinematycznych.

W pierwszym przypadku modyfikowane są elementy skończone w celu uzyskania spójności siatki ES. W przypadku wykrycia niezgodności siatki ES następuje generacja nowej siatki. Uzyskanie spójnej siatki ES jest możliwe przy zastosowaniu metod:

- uzgadnianie iteracyjne siatki ES: w przypadku wykrycia niespójności siatki ES dochodzi do lokalnego siatkowania paneli;
- więzy kinematyczne w punktach niespójności: zastosowanie wiązania kinematycznego do połączenia węzłów.

W drugiej z metod, zastosowanie więzów kinematycznych, spójność siatki ES nie jest sprawdzana, gdyż zakłada się, że nie podlega ona dopasowaniu. Stosuje się za to połączenie węzłów za pomocą wiązania kinematycznego.

Metoda uzyskania spójno O Uzyskanie spójnej sial Uzgadnianie iterac Vięzy kinematycz Zastosowanie więzów	ości modelu obliczeniowego ki ES cyjne siatki ES ne w punktach niespójności • kinematycznych				
– Domyślne zestawy param	etrów siatkowania				
Stropy	Normalny - stropy	v			
Ściany Zgrubny - ściany 💉 🛄					
Panele (wszystkie)	Zgrubny	✓ …			

Rys. 37. Opcja Siatkowanie w module Preferencje zadania

Po zaznaczeniu opcji **Siatkowanie** w module **Preferencje zadania** po prawej stronie pojawi się okienko **Domyślne zestawy parametrów siatkowania**, pozwalające na dostosowanie parametrów siatki ES dla poszczególnych elementów konstrukcji. Po jego uruchomieniu pokazuje się okno dialogowe **Opcje siatkowania**, widoczne na rysunku 38.

Dostępne są następujące metody siatkowania:

- siatkowanie proste (Coons),
- siatkowanie złożone (Delaunay),
- automatyczny wybór metody siatkowania.

Generacja siatki możliwa jest na trzy sposoby:

- automatycznie,
- poprzez określenie podziałów siatki,
- poprzez definicję rozmiaru elementu skończonego w [m].

🔠 Opcje siatkowania 🛛 🕐 🗙		
Metody siatkowania		
Dopuszczalne metody siatkowania		
O Siatkowanie proste (Coons)		
◯ Siatkowanie złożone (Delaunay)		
Automatyczny wybór metody siatkowania		
Generacja siatki		
🔿 Automatyczna 💿 Użytkownika		
Rozmiar elementu Podział 1 : 5		
Siatka elementów obietościowych Gęsta Rzadka		
Dodatkowe siatkowanie powierzchni bryły		
Opcje zaawansowane		
OK Anuluj Pomoc		

Rys. 38. Okno Domyślne zestawy parametrów siatkowania \rightarrow Opcje siatkowania

4 NARZĘDZIE SELEKCJI OBIEKTÓW

Podstawowym narzędziem systemu Autodesk Robot Structural Analysis 2012, używanym w trakcie budowania modelu obliczeniowego konstrukcji, jest opcja **Za-znacz (Selekcja)**. Służy ona do wyboru zarówno obiektów konstrukcyjnych, takich jak węzły, pręty, powłoki, jak również elementów pomocniczych, np. konturów.

Opcja Zaznacz (Selekcja) jest wywoływana z Menu kontekstowego, wyświetlanego przez kliknięcie prawego klawisza myszki (rys. 39).

<u>A</u> nuluj	
<u>Z</u> aznacz	
Poprzedn <u>i</u> e zazna	aczenie
🏟 Obrót <u>3</u> D	
Q Okno	Ctrl+Alt+L
+ Przesuń o <u>w</u> ekto	r
'}≓ ^a Przerys <u>u</u> j	
स्ट्रे Początkowe	Ctrl+Alt+D
Tryby kursora	•
📲 <u>W</u> yświetł	
Ⅲ <u>T</u> abele	
🗖 Zrzuć ekra <u>n</u>	Ctrl+Alt+Q
<u>W</u> łaściwości obie	ktu

Rys. 39. Opcja Zaznacz (Selekcja) w Menu kontekstowym

Selekcja obiektów odbywa się na kilka omówionych dalej sposobów, w trybie graficznym poprzez odpowiednie zaznaczenie i wybór myszą, lub przy wykorzystaniu list i zaawansowanych narzędzi.

4.1. SELEKCJA GRAFICZNA

Użytkownik ma do dyspozycji kilka trybów zaznaczania obiektów:

 przeciągając przyciśnięty lewy klawisz myszki w kierunkach: dół, prawo, zaznaczane są obiekty, które w całości znajdują się w oknie wyboru zaznaczonego linią ciągłą (rys. 40);



Rys. 40. Graficzna selekcja elementów

 przeciągając przyciśnięty lewy klawisz myszki w kierunkach: góra, lewo, zaznaczane są wszystkie obiekty, których fragmenty znajdują się w oknie wyboru zaznaczonego linią przerywaną (rys. 41);



Rys. 41. Graficzna selekcja elementów

klikając dany obiekt lewym klawiszem myszki, zaznaczamy wybrany obiekt (rys. 42);



Rys. 42. Graficzna selekcja elementów

 klikając dany obiekt lewym klawiszem myszki + klawisz SHIFT, dodajemy do danej selekcji wybrany obiekt (rys. 43);



Rys. 43. Graficzne dodawanie elementów do wyselekcjonowanego zbioru

 klikając dany obiekt lewym klawiszem myszki + klawisz CTRL, odejmujemy od danej selekcji wybrany obiekt (rys. 44).



Rys. 44. Graficzne odejmowanie elementów z wyselekcjonowanego zbioru

4.2. WYBÓR PRZY WYKORZYSTANIU OPCJI ZAZNACZ (SELEKCJA)

Opcja **Zaznacz (Selekcja)** może być również wywołana z menu górnego, za pomocą następujących ikon:

- wybór węzłów;
 wybór prętów;
 selekcje specjalne;
 wybór przypadku obciążeniowego;
 - wybór formy drgań.

Użytecznym narzędziem jest okno tekstowe **Selekcje specjalne** (rys. 45), znajdujące się w menu **Edycja**, które umożliwia dokonanie wyboru w następujący sposób:

- zaznacz kolorem,
- zaznacz równoległobokiem,
- zaznacz kołem,
- zaznacz wielokątem,
- zaznacz osiami konstrukcji,

- filtr selekcji graficznej,
- zaznacz piętrami.



Rys. 45. Selekcje specjalne (Zaznacz specjalnie) w menu Edycja

Po wybraniu jednej z wymienionych wcześniej opcji (wybór węzłów, prętów, przypadków obciążeniowych) ukazuje się okno dialogowe, pokazane poniżej (rys. 46).

🚺 Selekcja
Wszystko Nic Inwersja
Węzeł 🗸 Zaznacz wszędzie
Poprzednia
Atrybut Grupa Geometria
Podpora V Niezdefiniowana
ØZ Listy ○ Przykład
Zamknij Pomoc

Rys. 46. Okno dialogowe Selekcja

W przypadku wybrania pozostałych opcji wyboru wygląd okna dialogowego jest nieco inny. Selekcja danego obiektu jest dokonywana przez:

- wybranie danego obiektu, np. węzła, pręta;
- wpisaniu jego numeru lub skorzystaniu z opcji pozwalających na jego identyfikację za pomocą atrybutów.

Korzystanie z atrybutów cechujących obiekty konstrukcyjne jest bardzo użyteczne, gdyż pozwala niejako na przefiltrowanie pewnych parametrów pozwalających na zidentyfikowanie danego obiektu.

Poniżej pokazano przykład wykorzystania atrybutów przypisanych do prętów przy ich selekcji (rys. 47).

🚺 Selekcja
Wszystko Nic Inwersja
Pręt 🗸 Zaznacz wszędzie
Poprzednia 11 1+ 1- 1&
Atrybut Grupa Geometria
Przekrój Dowolny IPE 100 Niezdefiniowany
The addition of the second sec
ØZ Listy ○ Przykład
Zamknij Pomoc

Rys. 47. Wybór prętów przy zastosowaniu opcji Selekcja

Lista atrybutów definiujących pręty jest następująca:

- przekrój,
- obiekt konstrukcyjny,
- typ,
- numer użytkownika,
- nazwa,
- materiał,
- usztywnienie,
- zwolnienie,
- offset,
- kabel,
- sprężyste podłoże,
- węzeł,

- rozkład kopertowy,
- zawansowane.

Po wybraniu danego typu atrybutu po prawej stronie pokazane zostają atrybuty zdefiniowane w modelu konstrukcji. Przykładowo wybierając atrybut typu Przekrój HEB100, w modelu konstrukcji wyselekcjonowane zostaną wszystkie pręty

o przekroju HEB100. Odbywa się to za pomocą klawisza Lef, który powoduje dodanie do zbioru wybranych już obiektów prętów o przekroju HEB100.

Niekiedy przydatne jest skorzystanie z możliwości wyboru sposobu definiowania obiektu. Opcja ta znajduje się na końcu pola służącego do wpisywania listy wyselekcjonowanych obiektów. Na rysunku 48 pokazano przykład zastosowania tej opcji w odniesieniu do selekcji węzłów.

🕅 Selekcja 📃 🗖 🗙
Wszystko Nic Inwersja
Węzeł 🗸 Zaznacz wszędzie
Podpora=Dowolna
Poprzednia
Atrybut Grupa Geometria
Podpora 🗸 Dowolna Niezdefiniowana
Wybierz Image: State of the state of
Zamknij Pomoc

Rys. 48. Wybór sposobu definiowania na przykładzie węzłów

Jak widać w przypadku zaznaczenia wyboru sposobu definiowania możliwe stało się wybranie wszystkich węzłów, w których zdefiniowano dowolną podporę.

Poniżej zestawiono działanie poszczególnych klawiszy, umożliwiających selekcję oraz operacje logiczne na zbiorach obiektów:

– usunięcie aktualnej selekcji;

- dodanie do istniejącej selekcji wybranych obiektów;

– usunięcie z istniejącej selekcji wybranych obiektów;

1 – część wspólna aktualnej selekcji oraz wybranego atrybutu konstrukcji.

W dolnej części okna dialogowego **Selekcja** umieszczono dodatkowe opcje **Z Listy** i **Przykład**, które umożliwiają:

Z listy – wybór obiektów znajdujących się na liście w oknie zlokalizowanym w dolnym prawym rogu okna dialogowego (rys. 49);

Atrybut Grupa Geometria		
Podpora 💌	Dowolna Niezdefiniowana	
- GIV		

Rys. 49. Zakładka Z Listy w opcji Selekcja

Przyklad – wybór obiektów, w których występuje atrybut zgodny z wpisanym w polu **Wartość** (rys. 50).

Atrybut Grupa Geometria		
Przekrój 🗸 🗸	2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.2.	
	Numer:	
	Wartość:	
	IPE100	
- Wybierz		
OZListy ⊙Przykład		

Rys. 50. Zakładka Przykład w opcji Selekcja

Bardzo wygodna jest możliwość tworzenia grup z wyselekcjonowanych obiektów konstrukcyjnych. W tym celu po dokonaniu selekcji obiektów należy wybrać w oknie dialogowym zakładkę **Grupa** (rys. 51).

🚺 Selekcja		- IX
Wszystko	Nic	Inwersja
Pręt	✓ Z	aznacz wszędzie
Poprzednia	tt t+	1_1&↓
Atrybut Grupa	Geometria	
💿 Nazwa		
O Kolor		
Zamknij Pomoc		

Rys. 51. Zakładka Grupa w opcji Selekcja

Zapis wyselekcjonowanych obiektów do grupy odbywa się przez kliknięcie ikony **I** oraz wybranie koloru i nazwy grupy w oknie dialogowym (rys. 52).



Rys. 52. Zakładka Definicja grupy w opcji Selekcja

Możliwa jest również modyfikacja istniejącej grupy przy zastosowanych podstawowych operacjach logicznych, takich jak: zmiana, dodawanie, odejmowanie i część wspólna.

Istnieje także możliwość definicji selekcji pewnych obiektów na podstawie cech geometrycznych takich, jak np. osie konstrukcyjne (rys. 53).

Atrybut Grupa	Geometria	
🔽 oś X od - do		
	✓ -	*
🔄 oś Y od - do		
	× -	~
🔽 oś Z od - do		
	✓ -	*

Rys. 53. Zakładka Geometria w opcji Selekcja

5 LISTY

Listy stosowane w systemie Robot to podstawowe narzędzie wykorzystywane do selekcji szeregu obiektów. Poniżej podano podstawowe informacje na temat składni i skrótów list, co może uprościć wskazywania definiowania obiektów.

Podstawowa metoda to podanie numerów obiektów, które podlegają selekcji:

1 2 3 5 7 8.

W powyższym przypadku wybrane będą obiekty o numerach 1 2 3 5 7 8.

W celu wyboru obiektów o numerach od x do y można wykorzystać polecenie **DO**, zgodnie z poniższym przykładem:

1DO10.

Wybrane obiekty do wszystkie obiekty od 1 do 10, czyli 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10. Kolejnym skrótem stosowanym w listach jest polecenie **K** wprowadzane z cyfra, która oznacza krok wyboru numerów obiektów, jak w przykładzie:

1DO11K2.

Objekty wybrane to 1 3 5 7 9 11.

Powtórzenia uzyskuje się za pomocą polecenie **P** wprowadzane z cyfrą oznaczającą ilość powtórzeń:

1P3.

W tym przypadku wybrane zostaną obiekty numer 1 2 3 4.

Wykluczenia z selekcji uzyskiwane są przy zastosowaniu polecenia BEZ, np.: 1DO10BEZ5

Oznacza wybór obiektów o numerach 1 2 3 4 6 7 8 9 10.

6 LISTA KLAWISZY SKRÓTÓW

W trakcie pracy w systemie Autodesk Robot Structural Analysis 2012 nader użytecznym narzędziem są skróty klawiszowe, które podano w tabeli 3 [2].

Komenda	Klawisz skrótu
zaznaczyć wszystko	Ctrl + A
skopiować tekst lub grafikę	Ctrl + C
otworzyć nowy projekt	Ctrl + N
otworzyć istniejący projekt	Ctrl + O
rozpocząć wydruk	Ctrl + P
zapisać projekt	Ctrl + S
wyciąć tekst lub grafikę	Ctrl + X
powtórzyć operację	Ctrl + Y
wkleić tekst lub grafikę	Ctrl + V
cofnąć operację	Ctrl + Z
uzyskać widok aksonometryczny konstrukcji (3D XYZ)	Ctrl + Alt + 0
wykonać rzutowanie konstrukcji na płaszczyznę XZ	Ctrl + Alt + 1
wykonać rzutowanie konstrukcji na płaszczyznę XY	Ctrl + Alt + 2
wykonać rzutowanie konstrukcji na płaszczyznę YZ	Ctrl + Alt + 3
powiększyć widok konstrukcji na ekranie	Ctrl + Alt + A
uzyskać początkowy widok konstrukcji (wykorzy- stywane są początkowe kąty i skala)	Ctrl + Alt + D
włączyć/wyłączyć rozsunięcia elementów w kon- strukcji	Ctrl + Alt + E
powiększać/pomniejszać oknem	Ctrl + Alt + L
włączyć/wyłączyć prezentację szkiców przekrojów na ekranie	Ctrl + Alt + P

Tabela 3. Klawisze skrótów [2]

pomniejszyć widok konstrukcji na ekranie	Ctrl + Alt + R
włączyć/wyłączyć prezentację symboli przekrojów na ekranie	Ctrl + Alt + S
dokonać ciągłego obrotu konstrukcji wokół osi X	Ctrl + Alt + X
dokonać ciągłego obrotu konstrukcji wokół osi Y	Ctrl + Alt + Y
dokonać ciągłego obrotu konstrukcji wokół osi Z	Ctrl + Alt + Z
wyczyścić tekst lub grafikę	Del
uzyskać pomoc na ekranie do aktywnej opcji w oknie dialogowym	F1
wywołać edytor tekstowy	F9
pomniejszyć atrybuty konstrukcji (podpory, nume- ry węzłów, prętów, obciążenia) prezentowane na ekranie	PgDn
powiększyć atrybuty konstrukcji (podpory, numery węzłów, prętów, obciążenia) prezentowane na ekranie	PgUp

LITERATURA

- Kossakowski P.: Zastosowanie systemu obiektowej informacji o konstrukcji w projektowaniu CAD, "Systems: Journal of Transdisciplinary Systems Science" 2012, 16 (1), pp. 279–288.
- [2] Help do programu Autodesk Robot Structural Analysis 2012.