# <section-header><section-header><section-header><section-header><section-header>

Marek ROTKEGEL Komputerowo wspomagane projektowanie odrzwi obudowy chodnikowej. Charakterystyka programu CAD i przykłady projektowe

# Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa

# STUDIA – ROZPRAWY – MONOGRAFIE

Nr 862

# **Marek ROTKEGEL**

# Komputerowo wspomagane projektowanie odrzwi obudowy chodnikowej. Charakterystyka programu CAD i przykłady projektowe

COMPUTER-AIDED DESIGN OF ROADWAY SUPPORT FRAME. CHARACTERISTICS OF THE CAD PROGRAM AND DESIGN EXAMPLES

**KATOWICE 2004** 

Rada Programowa ds. Wydawnictw: prof. dr hab. inż. Jakub Siemek (przewodniczący), prof. dr hab. inż. Tadeusz Chmielniak, prof. dr hab. inż. Bernard Drzęźla, prof. dr hab. inż. Józef Dubiński, prof. dr hab. inż. Joanna Pinińska, prof. dr hab. inż. Korneliusz Miksch, prof. dr hab. inż. Janusz Roszkowski, prof. dr hab. inż. Antoni Tajduś, prof. dr hab. inż. Janusz W. Wandrasz, prof. dr hab. inż. Piotr Wolański

Komitet Kwalifikacyjno-Opiniodawczy: prof. dr hab. inż. Antoni Kidybiński (przewodniczący), doc. dr hab. inż. Krystyna Czaplicka, prof. dr hab. inż. Jan Hankus, prof. dr hab. inż. Władysław Konopko, prof. dr hab. inż. Jerzy Kwiatek, doc. dr hab. Kazimierz Lebecki, prof. dr hab. inż. Adam Lipowczan, prof. dr hab. inż. Kazimierz Rułka, prof. dr hab. Jerzy Sablik, doc. dr hab. inż. Jan Wachowicz

> Recenzent doc. dr hab. inż. Teodor Winkler

Redakcja wydawnicza, korekta Małgorzata Kuśmirek

# ISSN 1230-2643

Printed in Poland

#### WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

#### Sprzedaż wydawnictw Głównego Instytutu Górnictwa prowadzi Zespół Wydawnictw i Usług Poligraficznych, tel. 259-24-03, 259-24-04

Katowice, GIG 2004. Wyd. 1. Nakład 100 egz. Ark. wyd. 2,0. Format B5. Wpłynęło do redakcji: 22.01.04. Podpisano do druku: 21.12.04. Druk ukończono: 30.12.04. Nr 862. Cena 25,00 zł Druk: Zespół Wydawnictw i Usług Poligraficznych Głównego Instytutu Górnictwa Oprawa: Zakład Poligraficzny "Węglogryf", Katowice

# SPIS TREŚCI

Wprowadzenie	6
1. Istotne zmiany w programie w porównaniu z wersją 1.0	11
2. Ogólne zasady projektowania odrzwi za pomocą programu ODRZWIA	11
3. Ograniczenia i wymagania programu	15
4. Elementy okna programu, wprowadzanie danych i ustawienia programu	16
5. Interpretacja wyników	26
6. Przykłady projektowe	30
Odrzwia trzy- i czteroczęściowe według PN	30
Odrzwia specjalne zamknięte	32
Odrzwia obudowy o ograniczonej podatności	34
Odrzwia obudowy kołowej	35
Odrzwia uzupełniające do szkieletowej obudowy odgałęzień i skrzyżowań	37
Odrzwia z kształtownika odwrotnie giętego	38
Odrzwia obudowy prostokatnej	
Odrzwia obudowy podwójnej KaPa	40
Odrzwia obudowy łukowo-prostej	41
Odrzwia z kształtownika KS/KO	42
Podsumowanie	45
Literatura	45

#### STRESZCZENIE

Program komputerowy ODRZWIA v2.0 powstał w 2002 roku i został rozbudowany w 2003 w ramach prac wykonywanych w GIG, oznaczonych symbolami komputerowymi 120 10302-151 i 120 10803-151. Wcześniej odrzwia były projektowane za pomocą pakietu programów, napisanych w Turbo Pascalu, pracujących w środowisku DOS. Ograniczenia tego środowiska znacząco spowalniały tempo prac projektowych nowych, lecz typowych odrzwi. W przypadku odrzwi nietypowych, prototypowych o innej niż przyjęte w normie postaci geometrycznej było konieczne czasochłonne określenie złożonych funkcji trygonometrycznych, opisujących zależności ich konturu od parametrów poszczególnych elementów. Środowisko WINDOWS wraz z jego graficznym interfejsem użytkownika stwarza ogromne możliwości, pozwalające na kilkakrotne przyspieszenie prac projektowych. Główny efekt przyspieszenia jest uzyskany dzięki interakcji – wszystkie zmiany kształtu odrzwi są automatycznie przedstawiane na rysunku. Pozwala to na łatwe zorientowanie się, w jakim stopniu poszczególne parametry geometryczne wpływają na obrys całych odrzwi. Program komputerowy ODRZWIA v2.0 pozwala na projektowanie kształtu dowolnych, ograniczonych jedynie wyobraźnią i zdrowym rozsądkiem projektanta, odrzwi obudowy chodnikowej.

#### ABSTRACT

The program ODRZWIA v2.0 was developed in 2002 and has been extended in 2003 in the framework of operations realised at the Central Mining Institute (GIG), denoted by computer symbols 120 10302-151 and 120 10803-151. Previously frame was designed by means of a program package, written in Turbo Pascal, working in the DOS. The limitations of this environment slowed down considerably the pace of design work of new, but typical frame. In the case of untypical frame, prototypical with other geometric form than this accepted in the standard, necessary was the very time-consuming determination of complicated trigonometric functions, defining the dependence of their outline on the parameters of individual elements. The WINDOWS environment together with its graphicall user interface creates huge possibilities, allowing to speed up several times the design work. The main acceleration effect is achieved owing to interaction - all changes of the frame shape are presented automatically in the figure. This allows to orientate oneself easily, to what extent particular geometric parameters influence the outline of the entire frame. The computer program ODRZWIA v2.0 allows to design the shape of any roadway support frame, limited only by the imagination and common sense of the designer.

#### WPROWADZENIE

Odrzwia obudowy wyrobisk korytarzowych, poczynając od momentu rozpoczęcia ich zabudowy, przez cały okres użytkowania, stanowią istotną część układu antropotechnicznego, w skład którego, oprócz człowieka, wchodzą jeszcze wszelkie urządzenia znajdujące się w wyrobisku. Elementy tego systemu są powiązane ze sobą relacjami somatycznymi opisującymi zależności przestrzenne między człowiekiem a środkiem technicznym oraz relacjami receptorowymi związanymi z reakcją człowieka na bodźce otoczenia [11]. Pomijając parametry wytrzymałościowe istotne dla spełnienia podstawowych zadań obudowy [5] można stwierdzić, że uwzględnienie na etapie projektowania możliwych do wystąpienia stanów układu antropotechnicznego istotnie wpływa na poprawę bezpieczeństwa pracy. Poprawa ta, wynikająca z przyjęcia właściwych wymiarów odrzwi, polega na zmniejszeniu liczby urazów powstałych w czasie wznoszenia obudowy, jak i późniejszego użytkowania urządzeń zabudowanych w wyrobisku.

Podczas projektówania obudowy bardzo istotny jest wybór kształtu oraz dobór wymiarów poprzecznych przekroju wyrobiska korytarzowego. Jak podaje norma PN-G-06010 [7], przy projektowaniu odrzwi należy uwzględniać między innymi rodzaj i wymiary przewidywanych środków transportowych, liczbę i wielkość rurociągów oraz lutniociągów, a także rodzaj dodatkowego wyposażenia wyrobiska. Szczególną uwagę należy zwrócić na zapewnienie odstępów ruchowych, które są określone w normie PN-G-06009 [6]. W przypadku obudowy podatnej dodatkowym czynnikiem, który należy uwzględnić jest zmiana przekroju w wyniku wystąpienia zsuwów [9].

Przy zapewnianiu wymaganej nośności, ważne są parametry geometryczne odrzwi obudowy chodnikowej. Sprawne przeprowadzenie procesu projektowego odrzwi ze szczególnym uwzględnieniem ich postaci geometrycznej trudno sobie wyobrazić bez wykorzystania technik CAD – komputerowego wspomagania projektowania. Zalety tych systemów są oczywiste. Wynikają one między innymi z ciągle udoskonalanych możliwości sprzętowych i programowych. Ponadto, wraz z rozwojem profesjonalnego oprogramowania wspomagającego proces projektowy, systemy te stają się coraz bardziej przystępne dla użytkownika, a ich obsługa coraz łatwiejsza. Doświadczenia z ostatnich kilkunastu lat, nabyte przez producentów oprogramowania, owocują coraz szerszą gamą specjalistycznych narzędzi w ramach każdego z programów.

Z drugiej zaś strony wysoka cena profesjonalnego oprogramowania, zwłaszcza pełnych wersji, sprawia, że dla wielu przedsiębiorstw jest ono za drogie, szczególnie, gdy ich pracownie projektowe wyposażone w te systemy, posiadają kilka lub kilkanaście stanowisk komputerowych. Ponadto, posiadanie samego tylko oprogramowania, bez specjalistycznych nakładek i bibliotek, niejednokrotnie nie przyspiesza prac projektowych, przykładem może być proces projektowania odrzwi obudowy chodnikowej. Zaprojektowanie lub choćby narysowanie nawet pojedyn-czych odrzwi w programie CAD jest procesem uciążliwym, sprowadzającym się w zasadzie do ciągłego przeliczania długości elementów łukowych i zakładek na kąty.

W przypadkach tych środkiem zastępczym, lecz w pełni wystarczającym, mogą być specjalne nakładki lub bardzo wąsko specjalizowane oprogramowanie, jak np. napisany w systemie Delphi [1, 2, 3] program ODRZWIA, powstały w Głównym Instytucie Górnictwa.

Jak niewygodny może być proces projektowania obrysu odrzwi łukowej obudowy chodnikowej, można się przekonać analizując poniższe przykładowe zadanie, polegające na określeniu zależności między wymiarami gabarytowymi odrzwi a parametrami geometrycznymi ich elementów.

Jako prosty przykład wybrano odrzwia uzupełniające stosowane w obudowie odgałęzień typu Łabędy. Na fotografii 1 przedstawiono szereg takich odrzwi zabudowanych w konkretnej obudowie odgałęzienia. Odrzwia te składają się z elementu ociosowego i dwóch łuków stropnicowych. Element ociosowy charakteryzuje się dwiema krzywiznami. W części łukowej promień krzywizny najczęściej wynosi około 3000 mm, natomiast na odcinku prostym z element posiada zerową krzywiznę. Natomiast łuki stropnicowe charakteryzują się stałą krzywizną na całej ich długości. Do łączenia z konstrukcją zasadniczą obudowy odgałęzienia wykorzystuje się połączenie sworzniowe na bazie otworu Ø50 wykonanego przy końcu drugiego łuku stropnicowego. Model geometryczny tych odrzwi wraz z oznaczeniami symboli przedstawiono na rysunku 1.



Fot. 1. Odrzwia uzupełniające w konstrukcji obudowy odgałęzienia Phot. 1. Supplementary frame junction support construction



**Rys. 1.** Model geometryczny odrzwi uzupełniających **Fig. 1.** Geometric model of supplementary frame

W przyjętym na rysunku 1 układzie współrzędnych można określić położenie niektórych punktów charakterystycznych, dochodząc w końcu do szerokości i wysokości odrzwi w miejscu ich połączenia z konstrukcją zasadniczą. Ze względów montażowych istotne jest zachowanie dokładności obliczeń, a później dokładności wykonania odrzwi, na poziomie pojedynczego centymetra. Względy estetyczne wymagają zaś dokładności poniżej jednego centymetra. Uproszczony, częściowy model matematyczny odrzwi, uwzględniający prostopadłość do spągu prostego odcinka elementu ociosowego, przedstawiono w postaci wzorów na współrzędne punktu 10 – określającego położenie osi otworu na sworzeń. W przykładzie tym współrzędne te są jednocześnie szerokością i wysokością odrzwi w miejscu ich połączenia z konstrukcją zasadniczą obudowy odgałęzienia. Szerokość odrzwi wynosi [10] zatem:

$$x_{10} = x_{1} + R_{o}$$

$$-(R_{o} + h)\cos\alpha_{o}$$

$$+(R_{s1} + h - k)\cos\left(\alpha_{o} - \frac{\beta_{1}}{2} + \frac{\beta_{2}}{2}\right)$$

$$-(R_{s1} + h)\cos\left(\alpha_{o} - \frac{\beta_{1}}{2} - \frac{\beta_{2}}{2} + \alpha_{s1}\right)$$

$$+(R_{s2} + h - k)\cos\left(\alpha_{o} - \frac{\beta_{1}}{2} - \frac{\beta_{2}}{2} + \alpha_{s1} - \frac{\beta_{3}}{2} + \frac{\beta_{4}}{2}\right)$$

$$-(R_{s2} + n)\cos\left(\alpha_{o} - \frac{\beta_{1}}{2} - \frac{\beta_{2}}{2} + \alpha_{s1} - \frac{\beta_{3}}{2} - \frac{\beta_{4}}{2} + \alpha_{s2}\right)$$
(1)

natomiast wysokość odrzwi można wyznaczyć według poniższej zależności:

$$y_{10} = y_{1} + z + (R_{o} + h)\sin\alpha_{o} + (R_{s1} + h - k)\sin\left(\alpha_{o} - \frac{\beta_{1}}{2} + \frac{\beta_{2}}{2}\right) + (R_{s1} + h)\sin\left(\alpha_{o} - \frac{\beta_{1}}{2} - \frac{\beta_{2}}{2} + \alpha_{s1}\right) + (R_{s2} + h - k)\sin\left(\alpha_{o} - \frac{\beta_{1}}{2} - \frac{\beta_{2}}{2} + \alpha_{s1} - \frac{\beta_{3}}{2} + \frac{\beta_{4}}{2}\right) + (R_{s2} + n)\sin\left(\alpha_{o} - \frac{\beta_{1}}{2} - \frac{\beta_{2}}{2} + \alpha_{s1} - \frac{\beta_{3}}{2} - \frac{\beta_{4}}{2} + \alpha_{s2}\right)$$
(2)

gdzie:

 $L_0$ ,  $L_{S1}$ ,  $L_{S2}$  – długości elementów odrzwi,

 $R_{O}$ ,  $R_{S1}$ ,  $R_{S2}$  – promienie krzywizn elementów odrzwi,

z – długość prostego odcinka elementu ociosowego,

 $\alpha_0$ ,  $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$  – kąty odpowiadające długościom elementów łukowych,

 $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$  – kąty odpowiadające wielkościom zakładek,

h – wysokość profilu,

k – odległość między współpracującymi w złączu powierzchniami kołnierza,

e – położenie osi obojętnej,

m, n – położenie środka otworu na sworzeń.

Zależności określające związki między parametrami geometrycznymi poszczególnych elementów a ostatecznym konturem odrzwi są dość zawiłe, nie trudno więc przy ich określaniu o pomyłkę. Ponadto, czas budowy matematycznego modelu

odrzwi jest porównywalny z projektowaniem dość sporego typoszeregu odrzwi za pomocą efektywnych narzędzi. Oprócz tego, dla każdego nowego typu odrzwi jest konieczne wyprowadzenie wzorów, praktycznie od samego początku. Powyższe argumenty jednoznacznie przemawiają za komputerowym wspomaganiem procesu projektowania odrzwi, szczególnie w zakresie budowy ich modelu matematycznego w oparciu o dane wprowadzone przez użytkownika. Program taki został opracowany w Głównym Instytucie Górnictwa. Jest on ciągle udoskonalany. Ogólny schemat projektowania odrzwi z jego wykorzystaniem przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Ogólny schemat działania układu użytkownik - system CAD w procesie projektowania odrzwi [9]

Fig. 2. General operation scheme of the user system-CAD system in the frame design process [9]

# 1. ISTOTNE ZMIANY W PROGRAMIE W PORÓWNANIU Z WERSJĄ 1.0

Aplikacja jest przykładem programu modułowego. Mimo ciągłej pracy nad udoskonaleniem programu jest on w pełni funkcjonalny w zakresie już powstałych modułów. Takie podejście do programowania pozwala na równoczesne testowanie i rozbudowę aplikacji. Ponadto, tylko w przypadku prowadzenia prac projektowych z wykorzystaniem systemu można dostrzec niedogodności w jego funkcjonowaniu oraz sprecyzować kierunki jego rozbudowy. Dotychczasowe użytkowanie programu ODRZWIA wskazało na konieczność wykonania uzupełnień niezbędnych do łatwiejszej i wygodniejszej jego obsługi. Spośród najistotniejszych wprowadzonych zmian i rozszerzeń zakresu możliwości programu należy wymienić:

- zwiększenie maksymalnej liczby elementów składowych odrzwi,
- zbudowanie biblioteki elementów typowych, zgodnych z normą PN-93/G-15000/03 [7],
- możliwość projektowania spągnic,
- możliwość projektowania odrzwi z kształtowników odwrotnie giętych,
- wprowadzenie możliwości szybkiej zmiany parametrów odrzwi,
- znaczne zmniejszenie ograniczeń długości elementów i ich krzywizn,
- generowanie wektorowych rysunków odrzwi w formacie dxf,
- wprowadzenie kursora do okna graficznego wraz z funkcją pomiaru odległości.

# 2. OGÓLNE ZASADY PROJEKTOWANIA ODRZWI ZA POMOCĄ PROGRAMU ODRZWIA

Podczas opracowywania koncepcji programu przyjęto dwa podstawowe, nieco przeciwstawne sobie założenia. Program powinien być prosty, obsługiwany intuicyjnie, a wprowadzanie i przeglądanie danych przejrzyste. Z drugiej zaś strony istotna była maksymalna uniwersalność aplikacji. Spełnienie tych postulatów wymagało zbudowania ogólnego modelu odrzwi. W związku z tym przyjęto, że każdy element odrzwi będzie się składał maksymalnie z czterech "podelementów" o stałej krzywiźnie, a całe odrzwia z maksymalnie 5, 9 lub 10 elementów w zależności od ich typu. W programie uwzględniono trzy główne typy odrzwi: niesymetryczne oraz symetryczne o parzystej i nieparzystej liczbie elementów. Wszystkie odrzwia są obliczane za pomocą jednego modułu obliczeniowego. Wyniki są korygowane w zależności od położenia osi symetrii związanej z typem odrzwi. Na rysunku 3 została przedstawiona idea takiego modelu.



Rys. 3. Uniwersalny model odrzwi przyjęty w programie

Fig. 3. Universal frame model accepted in the program

Dzięki opracowaniu uniwersalnego modelu program ODRZWIA v2.0 pozwala na projektowanie dowolnych, ograniczonych jedynie wyobraźnią i zdrowym rozsądkiem projektanta, odrzwi obudowy chodnikowej. Mogą to być między innymi odrzwia dwu-, trzy-, cztero-, pięcioczęściowe i inne, składające się z elementów prostych (charakteryzujących się stałą krzywizną) lub złożonych (o maksymalnie czterech różnych krzywiznach). Uniwersalność programu pozwala na projektowanie odrzwi symetrycznych i niesymetrycznych, przy czym odrzwia symetryczne moga być parzysto- lub nieparzystoelementowe. Dodatkowo możliwe jest uwzględnienie różnych wariantów posadowienia odrzwi – bezpośrednio na spągu lub przez elementy pośrednie, na przykład sworznie. W związku z powyższym możliwe jest projektowanie takich typów odrzwi obudowy jak ŁP, ŁPP, ŁPZS, ŁPO, ŁPrP, ŁPrw, ŁPM, KaPa, odrzwia przejściowe i uzupełniające szkieletowej obudowy odgałęzień i innych. Odrzwia moga być wykonane z każdego z walcowanych w Polsce profili typu V, jak również dowolnego innego profilu charakteryzującego się podobną budową i złożeniem w zakładce. Możliwe jest także projektowanie podatnych odrzwi złożonych z elementów łączonych różnymi zakładkami. Pozwala to na określenie postaci geometrycznej podatnych odrzwi w różnych etapach ich pracy w wyrobisku, po wystąpieniu zsuwów w złączach.

W wyniku prac projektowych uzyskuje się szerokość i wysokość odrzwi względem posadowienia, szerokość i wysokość w miejscu ekstremum oraz kąty między linią spągu a łukiem ociosowym. Dodatkowo uzyskuje się pole przekroju obudowy w świetle oraz masę odrzwi i ich poszczególnych elementów składowych – łuków. Wyniki obliczeń są przedstawiane w postaci liczbowej, jak również graficznej.

W opisie kształtu odrzwi przyjęto następujące terminy:

- Element odrzwi odcinek kształtownika o określonej długości ( $L_c = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$ ) i maksymalnie czterech krzywiznach ( $R_1, R_2, R_3, R_4$ ), posadowiony lub połączony na zakładkę z innym elementem (rys. 3).
- Podelement część elementu charakteryzująca się pewną długością (*L*) i stałą krzywizną o promieniu *R* (rys. 3).
- Kąt nachylenia pierwszego elementu α kąt zawarty między linią poziomą a pierwszym podelementem pierwszego elementu lub styczną do niego w punkcie jego styku z linią spągu.
- Soczewka maksymalna odległość między współpracującymi powierzchniami kołnierzy łączonych elementów. Mierzona jest ona w połowie długości zakładki (rys. 4).
- Kołnierz (wysokość kołnierza) profilu odległość między powierzchniami profilu współpracującymi ze sobą w zakładce (rys. 5).
- Inny profil profil o parametrach geometrycznych innych niż ujęte w normie [13]. Dla poprawności obliczeń musi charakteryzować się zbliżoną budową, szczególnie w zakresie łączenia elementów. Jego zarys i wymagane przez program parametry przedstawia rysunek 5.
- Posadowienie sposób zabudowy odrzwi na spągu lub na elementach pośrednich, takich jak sworznie, łączniki itp. Punkt posadowienia charakteryzują dwa parametry *m* (odległość od końca elementu) i *n* (odległość od dna kształtownika). Parametry te przedstawiono na rysunku 6.



Fig. 4. Lens



Rys. 5. Parametry geometryczne profili

Fig. 5. Geometric parameters of sections



**Rys. 6.** Sposób posadowienia odrzwi: a – posadowienie pierwszego elementu, b – posadowienie ostatniego elementu

Fig. 6. Frame foundation manner: a – foundation of the first element, b – foundation of the last element

W programie odrzwia buduje się (definiuje się) rozpoczynając od spągu po stronie lewego ociosu. W przypadku odrzwi niesymetrycznych jest konieczne określenie kąta nachylenia pierwszego elementu, standardowo przyjmowanego jako 90°. W przypadku odrzwi symetrycznych kąt ten (początkowy i końcowy) jest uwzględnieniem korekty dla odrzwi parzystoobliczany automatycznie z elementowych, wynikającej z nakładania się elementów stropnicowych w "osi symetrii". W odrzwiach symetrycznych parametry elementu pierwszego są identyczne ostatniego, parametry drugiego odpowiadaia jak elementu а parametrom przedostatniego. Należy zwrócić uwagę na lustrzane odbicie, np. podelement pierwszy elementu 1 jest podelementem ostatnim elementu ostatniego.

UWAGI: Przy definiowaniu postaci odrzwi jest konieczne ciągłe śledzenie, czy wielkość zakładki nie przekroczyła długości podelementów wchodzących w jej skład.

Przy projektowaniu odrzwi składających się z podelementów o bardzo dużych krzywiznach, zaleca się definiowanie ich kształtu za pomocą przycisków przy polach edycyjnych, a nie przez bezpośrednie wpisywanie danych liczbowych.

# 3. OGRANICZENIA I WYMAGANIA PROGRAMU

Program pozwala na obliczenie obrysu praktycznie wszystkich odrzwi o logicznej konstrukcji, jednak ze względów technicznych oraz dla zapewnienia stabilności programu było konieczne wprowadzenie pewnych ograniczeń. Głównie sprowadzają się one do zawężenia zakresu dopuszczalnych promieni krzywizn elementów. W tablicy 1 zestawiono ważniejsze ograniczenia danych wprowadzanych do programu.

Lp.	Parametr	Ograniczenie	Uwagi	
1.	Liczba elementów odrzwi niesymetrycznych	1–5		
2.	Liczba elementów odrzwi symetrycznych	2–10 1–9	parzystoelementowe nieparzystoelementowe	
3.	Liczba podelementów w elemencie	0–4		
4.	Zakładka	200–2000 mm	należy kontrolować zakładkę, aby nie była ona większa niż łączone podelementy	
5.	Profile	V16,5–V44	oraz inne profile o podobnej zasadzie współpracy w złączach	
6.	Kąt nachylenia pierwszego łuku odrzwi niesymetrycznych	0–180°		

Tablica 1. Ograniczenia programu ODRZWIA v2.0

Istotnym ograniczeniem jest dopuszczalna długość poszczególnych podelementów oraz ich promień krzywizny. Standardowo długość każdego z podelementów może zawierać się w przedziale 50–6000 mm, natomiast promień krzywizny może przyjmować wartości z zakresu 500–30000 mm. Istnieje także możliwość przełączenia programu na tryb dynamicznego ograniczenia długości i krzywizny podelementu. W tym przypadku każdy z podelementów nie może przekroczyć swym zasięgiem kąta 135°. Dzięki tej opcji możliwe jest wprowadzenie praktycznie zerowego promienia krzywizny, a przez to ostrego załamania elementu, jak to ma miejsce w przypadku naroża obudowy prostokątnej. Opcję ogranicz włącza się w grupie Ustawienia.

Pod względem sprzętowym (np. prędkość działania procesora, pamięć RAM) program nie ma specjalnych wymagań. W przypadku dużej liczby projektowanych odrzwi, połączonej z zapisywaniem rysunków, należy zapewnić większą przestrzeń na dysku, gdyż rysunki zapisywane są jako barwne mapy bitowe często o znacznych rozmiarach. Z całą pewnością można stwierdzić, że wyższe parametry komputera będą

wpływać na komfort pracy z programem. Jedynym ograniczeniem może okazać się wymagana rozdzielczość ekranu. Minimalny rozmiar pulpitu dla wygodnej, efektywnej pracy wynosi 1024×768 pikseli.

# 4. ELEMENTY OKNA PROGRAMU, WPROWADZANIE DANYCH I USTAWIENIA PROGRAMU

Okno aplikacji, oprócz elementów typowego okna systemu Windows, zawiera elementy istotne dla poprawnego działania programu. Na rysunku 7 przedstawiono całe okno programu ODRZWIA v2.0 wraz z opisem poszczególnych grup.



Fig. 7. Elements of program window

Typ odrzwi jest określany w dwóch oknach Odrzwia. Okna te przedstawiono na rysunku 8. W aplikacji zaprogramowano 6 typów odrzwi standardowych. Wybór jednego z nich powoduje włączenie lub wyłączenie odpowiednich pól edycyjnych. Zaprogramowane zostały odrzwia symetryczne dwu-, trzy-, cztero- i pięcioelementowe oraz odrzwia niesymetryczne trzy- i czteroelementowe. Geometrię innych odrzwi można zaprogramować wybierając opcję inne. Uaktywnia się wtedy niżej położone okno Odrzwia, w którym określa się typ odrzwi (symetryczne lub niesymetryczne) i kąt nachylenia pierwszego łuku odrzwi niesymetrycznych (podawany w stopniach, ale zwiększony dziesięciokrotnie). Ponadto możliwe jest włączenie opcji spągnice powodującej na rysunkach odwrócenie projektowanych odrzwi – lustrzane odbicie względem linii spągu.

Odrzwia
C 2 - element, sym.
C 3 - element, wg PN
C 4 - element, wg PN
🔘 5 - element, sym.
🔘 uzup. 3 - element.
🔘 uzup. 4 - element.
💿 inne
Odrzwia
Odrzwia O sym. nieparzystoel.
Odrzwia C sym. nieparzystoel. C sym. parzystoel.
Odrzwia C sym. nieparzystoel. C sym. parzystoel. C niesymetryczne
Odrzwia C sym. nieparzystoel. C sym. parzystoel. C iniesymetrycznej Nachylenie pierwszego
Odrzwia C sym. nieparzystoel. C sym. parzystoel. C iniesymetryczne Nachylenie pierwszego łuku x10 900

Rys. 8. Okna wyboru typu odrzwi

Fig. 8. Windows of frame type selection

Kolejnym ważnym etapem projektowania odrzwi jest wybór profilu. Wyboru tego dokonuje się w oknie **Profil**, przedstawionym na rysunku 9. Możliwy jest wybór wszystkich kształtowników typu V lub zdefiniowanie innego profilu. Jednak profil ten musi charakteryzować się identyczną zasadą złożenia zakładki jak profile typu V. Przy wyborze opcji inny zostają uaktywnione okna edycyjne do określania wysokości profilu, położenia osi obojętnej, wysokości kołnierza oraz ciężaru jednego metra kształtownika. Dane należy podawać w milimetrach zwiększone dziesięciokrotnie. Wprowadzanie ciężaru nie jest obligatoryjne.



Rys. 9. Okno wyboru profilu i wyjaśnienie oznaczeń

Fig. 9. Window of section selection and explanation of signs

Możliwe jest także projektowanie odrzwi z kształtowników "odwrotnie giętych". Powstają wtedy odrzwia z kołnierzami kształtowników V zwróconymi do wyrobiska, natomiast denko profilu przylega do ociosów i stropu. Odrzwia takie są najczęściej stosowane przy budowie tuneli, stanowiąc element obudowy stalowo-betonowej. W obudowie takiej uzyskuje się klinowanie warstwy betonu na ściankach bocznych kształtownika.

Aby w programie "uzyskać" kształtownik odwrotnie gięty należy w oknie Profil wybrać opcję inny, a następnie jako wysokość profilu wprowadzić wysokość kołnierza, natomiast oś obojętną należy liczyć od kołnierza, jak to pokazano na rysunku 10 dla profilu V32. W przypadku projektowania takich odrzwi uzyskuje się rysunki uproszczone. Pominięta zostaje linia dna kształtownika, a całe odrzwia są reprezentowane jedynie przez ich kołnierze. Przykład takiej prezentacji przedstawiono na rysunku 11.



Rys. 10. Ustawienie i definicja parametrów profilu V32 dla łuków odwrotnie giętychFig. 10. Arrangement and definition of V32 section parameters for arches inversely bended





Fig. 11. Graphical presentation of frame of "inversely bended" section

W programie jest możliwe także określenie sposobu podparcia odrzwi. Dokonuje się tego w oknie Posadowienie, przedstawionym na rysunku 12. Kliknięcie w przycisk I łuk powoduje włączenie lub wyłączenie okien edycyjnych określających położenie punktu podparcia pierwszego łuku. W przypadku odrzwi symetrycznych parametry podparcia określone dla pierwszego łuku dotyczą także łuku ostatniego. W odrzwiach niesymetrycznych możliwe jest zdefiniowanie różnych parametrów podparcia dla pierwszego i ostatniego elementu.



Rys. 12. Okno edycji sposobu posadowienia odrzwi i wyjaśnienie oznaczeń

Fig. 12. Window of frame foundation manner edition and explanation of signs

Po ustaleniu powyższych opcji odrzwi można przystąpić do definiowania parametrów geometrycznych poszczególnych podelementów w oknach Element 1 do Element 5, przedstawionych na rysunku 13. Przy projektowaniu odrzwi typowych (zaprogramowanych w aplikacji) aktywne są jedynie okna edycyjne wymagane do zdefiniowania obrysu konkretnych, wybranych odrzwi. W przypadku odrzwi nietypowych użytkownik sam decyduje, które parametry są istotne, a które nie. Wyborów dokonuje się uaktywniając poszczególne okna edycyjne długości podelementów – klikając na przyciski 11, 12, 13 i 14. W przypadku uaktywnienia tych okien można uaktywnić okna definicji krzywizn – klikając na przyciski R1, R2, R3, R4. Jeżeli dany podelement jest odcinkiem prostym okno edycyjne definicji promienia krzywizny musi być nieaktywne. Podelementy można uaktywniać kolejno. Nie jest możliwe uaktywnienie trzeciego lub czwartego podelementu bez aktywnego drugiego. W pierwszym elemencie pierwszy podelement jest zawsze aktywny.

W oknach edycji elementów automatycznie są wyliczane całkowite długości elementów w milimetrach oraz ich masy w kilogramach.



Rys. 13. Okna edycji parametrów geometrycznych elementów odrzwi

Fig. 13. Windows of geometric parameter edition of frame elements

Jak już wspomniano w nowszej wersji programu rozszerzono liczbę elementów i podelementów. Ponadto wprowadzono bibliotekę elementów typowych zgodnych z normą PN-93/G-15000/03 [8]. Jej wywołanie następuje przez naciśnięcie odpowiedniego przycisku Z normy. Program wyświetla, przedstawione na rysunku 14, okno pozwalające na wybór i właściwe wczytanie do programu parametrów geometrycznych wybranego elementu.



Rys. 14. Okno bazy danych elementów odrzwi typowych

Fig. 14. Data base window of typical frame elements

Wybór właściwego elementu następuje przez jego wskazanie w jednym z pól wyboru. W polach tych sa dostepne jedvnie takie elementy, które zostały ujete w normie. Zatem liczba dostępnych łuków jest zależna od wielkości odrzwi, liczby ich elementów, a także od zastosowanego profilu. W przypadku odrzwi z kształtownika V32 sa przyjmowane parametry identyczne jak dla elementów z V36. Wybór danego elementu powoduje wyświetlenie jego podstawowych parametrów geometrycznych długości całkowitej, promienia krzywizny oraz długości odcinka prostego. Przy projektowaniu "innych" odrzwi, oprócz standardowego zastosowania, możliwe są dwie dodatkowe kombinacje. Pierwsza dotyczy zamiany elementów w taki sposób, że łuk ociosowy może być zastosowany w miejsce łuku stropnicowego i odwrotnie. Drugi sposób zastosowania wiąże się z typowymi łukami ociosowymi. Możliwe jest ich obrócenie za pomoca przycisku Obróć tak, że pierwszym podelementem bedzie odcinek łukowy, a drugim odcinek prosty. Po wyborze właściwego typowego łuku i ewentualnym jego obróceniu należy wcisnać przycisk Wczytaj. Powoduje to wprowadzenie danych geometrycznych wybranego łuku w układzie zgodnym z podglądem do okna głównego opisującego konkretny element.

Poszczególne elementy złożone z maksymalnie czterech podelementów są łączone ze sobą na zakładkę. Należy przy tym pamiętać, że w zakładce są łączone ostatni włączony podelement elementu z pierwszym podelementem następnego elementu. W programie zakładki definiuje się w oknie Zakładki i soczewki, przedstawionym na rysunku 15. Standardowo program przyjmuje wszystkie zakładki identyczne, definiowane w oknie edycyjnym CI. Możliwe jest także zróżnicowanie zakładek przez wybór opcji różne. W przypadku projektowania odrzwi symetrycznych parzystoelementowych jest uwzględniana dodatkowo zakładka, przez którą przebiega oś symetrii odrzwi. W oknie automatycznie są obliczane soczewki w złączach. Ich objaśnienie przedstawiono wcześniej na rysunku 5. Program uwzględnia pięć typów zakładek. Wybór odpowiedniego typu zakładki dokonywany jest automatycznie, z uwzględnieniem krzywizn współpracujących łuków. Przyjmując, że są łączone na

zakładkę skrajne podelementy sąsiednich elementów (ostatni *i*-tego elementu z pierwszym i + 1 elementu), można określić typ zakładki w zależności od promienia ich krzywizny:

- dla  $R_{i, \text{ ostatni podelement}} \ge R_{i+1, \text{ pierwszy podelement}} \rightarrow zakładka typu A,$
- dla  $R_{i, \text{ ostatni podelement}} < R_{i+1, \text{ pierwszy podelement}} \rightarrow zakładka typu B,$
- dla ( $R_{i, \text{ ostatni podelement}} < R_{i+1, \text{ pierwszy podelement}}$ ) i ( $R_{i+1, \text{ pierwszy podelement}} = \infty$ )  $\rightarrow$  zakładka typu C,
- dla ( $R_{i, \text{ ostatni podelement}} > R_{i+1, \text{ pierwszy podelement}}$ ) i ( $R_{i, \text{ ostatni podelement}} = \infty$ )  $\rightarrow$  zakładka typu D,
- dla  $R_{i, \text{ ostatni podelement}} = R_{i+1, \text{ pierwszy podelement}} = \infty \rightarrow zakładka typu E.$

Na rysunku 15 przedstawiono możliwe typy zakładek. Jaśniejszym odcieniem zaznaczono element wcześniejszy odrzwi (ostatni podelement *i*-tego elementu), natomiast ciemniejszym element następny (pierwszy podelement *i* + 1 elementu) dołączany do poprzedniego. W przypadku identycznych promieni krzywizn łączonych elementów przyjmowana jest zakładka typu A. Jeśli zachodzi konieczność uzyskania złącza typu B konieczne jest nieznaczne (o 1 mm) zwiększenie promienia gięcia drugiego elementu w złączu (na rysunku oznaczony ciemniejszym kolorem).



Rys. 15. Parametry i typy zakładek Fig. 15. Parameters and types of overlaps

Odrzwia w trakcie edycji sa prezentowane na rysunku, którego podziałke można ustawić w oknie Ustawienia, przedstawionym na rysunku 16. Ustawienia podziałki rysunku odrzwi można również dokonać klikając prawy przycisk myszy w obszarze rysunku. Dla zorientowania się w proporcjach odrzwi wyświetlana jest prostokatna siatka o oczku 200 mm, którą można włączać/wyłączać klikając w pole siatka 200 mm. Dodatkowo w niektórych przypadkach dla lepszej prezentacji odrzwi można wyłączyć lub włączyć opcję rysowania kołnierzy – klikając w pole kołnierze. W oknie Ustawienia można także zdefiniować wielkość zmiany długości i promieni podelementów przy jednorazowym kliknięciu w przyciski okien edycyjnych ( Skok ten można także zmieniać przez wciśniecie na klawiaturze przycisku CTRL przy jednoczesnym zmienieniu parametrów za pomocą myszki. Uzyskuje się wtedy w zależności od pola edycyjnego pięcio- lub dziesięciokrotne zwiększenie zmiany parametru. W oknie Ustawienia wprowadzono także opcje ograniczenia. Właczenie jej powoduje dynamiczną zmianę maksymalnej długości podelementu i minimalnego promienia krzywizny tak, aby katowy zakres jednego podelementu nie przekraczał 135°.

W nowszej wersji programu wprowadzono także opcję wyświetlania podpowiedzi dla poszczególnych, ważniejszych elementów okna. Uzyskuje się to przez uaktywnienie pola podpowiedzi.



Rys. 16. Ustawienia programu

Fig. 16. Program arrangement

Wyświetlony na ekranie rysunek odrzwi może zostać zapisany jako plik typu bmp i dxf. Jednocześnie dokonywany jest zapis parametrów odrzwi w postaci pliku tekstowego. Ustawienia nazwy plików dokonuje się w oknie Zapis (rys. 17).



Rys. 17. Ustawienia zapisu danych do plików

Fig. 17. Arrangement of file data record

Wszystkie pliki zapisywane są w katalogu C:\Odrzwia\ w podkatalogu o nazwie wpisanej w oknie edycyjnym. Do nazwy dodawany jest także kolejny numer projektowanych odrzwi. Pliki pogrupowane są w zależności od ich typu w jednym z trzech podkatalogów (Dane, Bmp i Dxf). W przypadku przedstawionym na rysunku 17 pliki przyjmują następujące pełne nazwy wraz ze ścieżką dostępu:

# C:\Odrzwia\LPP\Bmp\LPP01.bmp,

# C:\Odrzwia\&PP\Dxf\&PP01.dxf,

#### C:\Odrzwia\&PP\Dane\&PP01.txt.

Dodatkowo, w postaci pliku tekstowego, zapisywane jest także zestawienie parametrów wszystkich odrzwi o jednakowym pierwszym członie nazwy. W omawianym przykładzie będzie to plik:

# C:\Odrzwia\&PP\&PP.txt.

Zawartość tego pliku przedstawiono na rysunku 18.

W każdej chwili możliwa jest zmiana nazwy, jak również numeru odrzwi. Spowoduje to jednak wygenerowanie odpowiednich podkatalogów. Po wydaniu polecenia zapisz (klikając w przycisk Zapisz) liczbowe oznaczenie odrzwi jest automatycznie zwiększane lub zmniejszane o 1. Jeżeli zaznaczone jest pole +/- to numer odrzwi jest zwiększany.

Dla zwiększenia przejrzystości procesu projektowego użytkownik może wprowadzić w oknie Założenia podstawowe parametry geometryczne, jakie mają spełniać odrzwia. Okno to przedstawiono na rysunku 19. Możliwe jest wprowadzenie szerokości, wysokości oraz wartości kąta początkowego i końcowego, podawanego w stopniach powiększonych dziesięciokrotnie. Zaznaczenie pól za polami edycyjnymi powoduje wyświetlenie na rysunku odpowiedniego kolorowego znacznika.





Fig. 18. File content with exemplary frame (LPP) parameters

Założenia	
Szerokość	5500 👤 🔽 ।
Wysokość	3500 👤 🔽 I
Szerokość max.	
Wysokość max.	
Kąt początk. x10	
Kąt końcowy x10	

Rys. 19. Okno z założeniami do projektowania

Fig. 19. Window with design assumptions

Dane do programu wprowadza się w sposób typowy dla programów środowiska Windows. Możliwa jest zatem edycja danych w oknach edycyjnych zarówno z klawiatury, jak i przez przyciski okna edycyjnego ( ). Standardowa zmiana parametru wynosi +/-5. Można to jednak zmienić w oknie Ustawienia w polu skok, przedstawionym na rysunku 16. W przypadku zaznaczenia opcji ograniczenia zaleca się wprowadzanie zmian za pomocą przycisków okienek edycyjnych. Wprowadzanie parametrów z klawiatury może być niemożliwe z uwagi na ciągłą automatyczną kontrolę długości podelementu i jego krzywizny. Dlatego opcja ta nie jest włączana przy uruchamianiu programu.

# 5. INTERPRETACJA WYNIKÓW

W trakcie projektowania odrzwi uzyskuje się wyniki zebrane w oknie Wyniki, przedstawionym na rysunku 20.

Wyniki		
Szerokość	5496	mm
Wysokość	3807	mm
Szerokość max.	5500	mm
Wysokość max.	3807	mm
Kąt początkowy	90,1	ο
Kąt końcowy	90,1	0
Liczba elementów	3	
Pole przekroju 🔽	17,25	m2
Masa odrzwi	345,9	kg

Rys. 20. Wyniki obliczeń dla odrzwi ŁP10/V29/A

Fig. 20. Calculation results for ŁP10/V29/A frame

Szerokość i wysokość odrzwi są obliczane między końcami łuków pierwszego i ostatniego lub punktami posadowienia. Dla odrzwi symetrycznych szerokość maksymalna jest to odległość między pionowymi stycznymi do łuków ociosowych. Natomiast dla odrzwi niesymetrycznych stanowi ona odległość między początkiem odrzwi a styczną pionową do elementów odrzwi. Maksymalna wysokość w przypadku odrzwi niesymetrycznych jest odległością między linią spągu a poziomą styczną do elementów odrzwi. Dla odrzwi symetrycznych jest ona równa wysokości.

W oknie Wyniki są przedstawiane także kąty nachylenia łuku pierwszego i ostatniego oraz jest podawana liczba elementów, stanowiąca parametr kontrolny.



Rys. 21. Interpretacja wymiarów gabarytowych odrzwi

Fig. 21. Interpretation of frame overall dimensions

Kolejnym uzyskiwanym wynikiem jest pole powierzchni przekroju obudowy w świetle oraz masa odrzwi. Na rysunku 21 przedstawiono interpretację szerokości i wysokości odrzwi, natomiast na rysunkach 22 i 23 interpretację pola przekroju obudowy w świetle ze szczególnym uwzględnieniem odrzwi niesymetrycznych.



Rys. 22. Interpretacja pola przekroju w świetle odrzwi niesymetrycznych

Fig. 22. Interpretation of cross-sectional area in the light of asymmetric frame

Jeśli w oknie Wyniki jest zaznaczone pole **☑**, pole przekroju poprzecznego obudowy w świetle jest sumą pola 1 i 2. W przeciwnym przypadku jest wyświetlane jedynie pole 1.



Rys. 23. Interpretacja pola przekroju w świetle odrzwi symetrycznychFig. 23. Interpretation of cross-sectional area in the light of symmetric frame

Na rysunku odrzwi uzyskanym w programie jest możliwe dokonanie prostych liniowych pomiarów zarysu odrzwi. Wyniki pomiarów są zamieszczane w oknie Rysunek, przedstawionym na rysunku 24.

Rysunek	
Położenie kursora	3431,3677
Przyrost	2192,554
Dystans	2261

Rys. 24. Okno pomiarów zarysu odrzwi

Fig. 24. Window of frame outline measurements

W oknie tym są wyświetlane bieżące współrzędne kursora na rysunku. Położenie kursora jest określane względem początku układu współrzędnych – lewego punktu posadowienia odrzwi. W przypadku, gdy parametry *m* i *n* nie są zdefiniowane w oknie **Posadowienie** jako początek układu jest przyjmowany punkt odpowiadający początkowi elementu 1. W przeciwnym razie początkiem układu jest lewy punkt posadowienia oznaczony na rysunku czerwonym kółkiem. Klikając lewym przyciskiem myszy w dowolnym punkcie rysunku umieszczony zostaje tam pierwszy punkt pomiarowy. Następne kliknięcie powoduje zaznaczenie drugiego punktu pomiarowego i automatyczne obliczenie przemieszczenia kursora w kierunkach X i Y oraz odległość między punktami pomiarowymi. Przyrosty współrzędnych punktów pomiarowych są obliczane od punktu niebieskiego do czerwonego.

## 6. PRZYKŁADY PROJEKTOWE

Poniżej przedstawiono, wraz z komentarzami, przykłady zastosowania programu ODRZWIA v2.0 do obliczeń postaci geometrycznej wybranych typów odrzwi.

## Odrzwia trzy- i czteroczęściowe według PN

Odrzwia obudowy łukowej podatnej wykonywanej zgodnie z normami PN-93/G-15000/02 [12] i PN-93/G-15000/03 [8] są najczęściej stosowane do zabezpieczania wyrobisk korytarzowych, dlatego znalazły się w grupie odrzwi typowych, zaprogramowanych w aplikacji. Dzięki temu użytkownik dysponuje jedynie polami edycyjnymi, które zostają automatycznie włączone. Na rysunku 25 przedstawiono widok okna programu w trakcie projektowania (rysowania) typowych odrzwi trzyczęściowych. Dane w oknach edycyjnych dotyczą odrzwi ŁP10/V29/A. W elemencie 1 występują (i można je edytować) dwa podelementy: pierwszy o zerowej krzywiźnie (odcinek prosty) i drugi łukowy. Odpowiada to budowie łuku ociosowego. W drugim elemencie zmienialne są jedynie parametry dotyczące pierwszego podelementu, gdyż łuk stropnicowy charakteryzuje się stałą krzywizną. Przygotowanie programu do projektowania tego typu odrzwi polega na wykonaniu poniższych czynności:

- 1. Nadanie nazwy zagadnieniu projektowemu w oknie Zapis.
- 2. Wybór typu odrzwi przez zaznaczenie pola 3 element. wg PN w grupie Odrzwia.
- 3. Określenie wielkości profilu, w tym przypadku zaznaczenie pola V29 w grupie Profil.
- 4. Określenie wielkości zakładki w oknie Zakładki i soczewki.

Po dokonaniu ustawień możliwe jest przystąpienie do wprowadzenia parametrów geometrycznych poszczególnych elementów. Można je edytować za pomocą przycisków pól edycyjnych, wpisując nowe wartości z klawiatury lub wczytując je z biblioteki typowych elementów za pomocą przycisku Z normy.



Rys. 25. Widok okna programu przy projektowaniu odrzwi ŁP10/V29/A

Fig. 25. View of program window when designing ŁP10/V29/A frame

Podobnie postępuje się w przypadku odrzwi czteroczęściowych. Okno programu podczas projektowania obrysu odrzwi normowych czteroczęściowych wielkości 10 (ŁP10/V32/4/A) przedstawia rysunek 26. Podobnie jak poprzednio na początku wybrano typ odrzwi. Tym razem zaznaczono opcję 4 – element. wg PN. Dalej, wybierając profil, zaznaczono V32. W następnej kolejności wywołując okno bazy danych wczytano parametry elementów ociosowych i stropnicowych. Tak jak w przypadku poprzedniego przykładu należy zwrócić uwagę na rozdzielenie łuku (elementu) ociosowego na dwa podelementy. Całkowita długość tego elementu, zgodna z normą, przedstawiona jest jako Lc w oknie Element 1.



Rys. 26. Widok okna programu przy projektowaniu odrzwi ŁP10/V32/4/A

Fig. 26. View of program window when designing ŁP10/V32/4/A frame

#### Odrzwia specjalne zamknięte

Odrzwia specjalne zamknięte są najczęściej stosowanymi odrzwiami w LW "Bogdanka" S.A. Część stropowo-ociosowa składa się z pięciu elementów, natomiast w części spągowej jest stosowana dwuczęściowa spągnica. W programie nie ma możliwości projektowania jednocześnie odrzwi i spągnic. Konieczne jest rozbicie procesu projektowego na dwa etapy – dotyczący odrzwi oraz dotyczący spągnic. Na rysunku 27 przedstawiono okno programu w trakcie projektowania takich odrzwi, a dane w oknach edycyjnych dotyczą wielkości 10 (ŁPZS10/V32). W przypadku tego typu odrzwi możliwe jest automatyczne włączenie właściwych pól edycyjnych. Dokonuje się to przez wybór opcji 5-element. wg PN w górnej grupie Odrzwia. W dalszej kolejności konieczny jest, podobnie jak poprzednio, wybór właściwego profilu. Po dokonaniu tych ustawień można przystąpić do wprowadzania parametrów geometrycznych poszczególnych elementów i podelementów.



Rys. 27. Projektowanie odrzwi pięcioelementowych ŁPZS10/V32 (bez spągnic)

Fig. 27. Design of five-element ŁPZS10/V32 frame (without sole-plates)

W drugim etapie projektuje się spągnice. Ważne jest, aby zachować jednakową szerokość obudowy, to jest odrzwi i spągnic, uzyskaną w pierwszym etapie. Szerokość można zapisać w oknie Założenia i włączyć odpowiedni marker szerokości. W tym przypadku nie jest możliwy wybór typowych odrzwi dwuelementowych. Konieczne jest zaznaczenie opcji inne w ramce Odrzwia. Następnie w dolnej grupie Odrzwia należy zaznaczyć opcję sym. parzystoel. oraz spągnice. W końcu można przystąpić do określenia, które parametry będą edytowane. Pierwszy element charakteryzuje się dwiema krzywiznami, zatem konieczne jest rozbicie go na dwa podelementy. I tak w pierwszym podelemencie aktywne musi być pole D1, natomiast w drugim pola 22 i R2. Włączenia odpowiednich pól dokonuje się za pomocą przycisków obok odpowiednich pól edycyjnych. Ponieważ są to odrzwia symetryczne nie jest konieczne wprowadzanie parametrów drugiego elementu. Okno programu podczas projektowania spągnic do odrzwi wielkości 10 przedstawiono na rysunku 28.



**Rys. 28.** Projektowanie spągnic do odrzwi ŁPZS10/V32 **Fig. 28.** Design of sole-plates for ŁPZS10/V32 frame

# Odrzwia obudowy o ograniczonej podatności

Odrzwia o ograniczonej podatności [4] są odmianą odrzwi typowej obudowy łukowej. Charakteryzują się one zachowaniem podatności do momentu wystąpienia pewnego dopuszczalnego zsuwu elementów w złączach. Uzyskuje się to przez "zderzenie" łuków ociosowych z łukiem stropnicowym. Dla zapewnienia takiej pracy odrzwi konieczne jest wprowadzenie dodatkowych elementów. Są to łuki łączące elementy ociosowe z elementem stropnicowym, charakteryzujące się krzywizną większą od łączonych elementów zasadniczych. Są to odrzwia symetryczne pięcioczęściowe. Na rysunku 29 został przedstawiony widok okna programu podczas projektowania odrzwi o ograniczonej podatności, a dane w oknach edycyjnych dotyczą obudowy ŁPO9/V25. W związku z tym, że są to odrzwia pięcioczęściowe zaznaczono typ 5-element. sym. W celu zachowania odpowiednich zakładek w związku z identycznymi krzywiznami łuku stropnicowego i łącznika konieczne było zwiększenie promienia łuku stropnicowego o 1 mm. Nie wpływa to istotnie na geometrię odrzwi, a pozwala na zmianę zakładki automatycznie ustalanej przez program.



Rys. 29. Projektowanie odrzwi o ograniczonej podatności ŁPO9/V25

Fig. 29. Design of ŁPO9/V25 frame with limited flexibility

# Odrzwia obudowy kołowej

Program, dzięki swej uniwersalności, umożliwia także projektowanie odrzwi obudowy kołowej [4]. Odrzwia takie mogą być projektowane na dwa sposoby. Pierwszym jest podzielenie odrzwi na dwie połówki. Ułatwione jest wtedy uzyskanie zakładek w miejscach ich występowania w wyrobisku. Na rysunku 30 przedstawiono projektowanie górnej połówki odrzwi 4,0-ZOKP-V21, natomiast na rysunku 31 – projekt kompletnych odrzwi.

Przy projektowaniu połówki odrzwi traktuje się je jako symetryczne nieparzystoelementowe. Konieczne jest zatem zaznaczenie opcji inne i sym. nieparzystoel. w obu grupach Odrzwia. W dalszej kolejności należy uaktywnić jedynie parametry pierwszych podelementów w dwóch elementach. Dokonuje się tego przez operowanie przyciskami L1 i R1. Należy też zaznaczyć, że jako długość pierwszego podelementu wprowadza się połowę jego rzeczywistego wymiaru. Istotne jest także uzyskanie kątów początkowego i końcowego równych 90°.



Rys. 30. Projektowanie połówki odrzwi obudowy kołowej

Fig. 30. Design of frame half of circular support

W przypadku projektowania kompletnych odrzwi obudowy kołowej konieczne jest wybranie opcji inne oraz niesymetryczne w grupach Odrzwia. Wymagane jest też uaktywnienie okien edycyjnych pierwszych podelementów w czterech elementach (przyciski Li i R1). W trakcie doboru parametrów należy kontrolować, czy uzyskuje się w miejscu zamknięcia odrzwi wymaganą wielkość zakładki oraz czy elementy właściwie stykają się. W tym przypadku wysokość i szerokość odrzwi jest liczona jako odległość odpowiednio pozioma i pionowa końca ostatniego elementu od początku układu współrzęnych. Zatem konieczne jest rozpatrywanie szerokości maksymalnej i dwukrotnie zwiększonej wysokości maksymalnej. Należy też zwrócić uwagę na rodzaje zakładek. W drugim przypadku są to zakładki typu A, natomiast w pierwszym automatycznie przyjmowane są na przemian zakładki typu A i B. Możliwa jest także ingerencja w typ zakładki w podobny sposób, jak w poprzednim przykładzie.



Rys. 31. Projektowanie kompletnych odrzwi obudowy kołowej

Fig. 31. Design of complete circular support frame

#### Odrzwia uzupełniające do szkieletowej obudowy odgałęzień i skrzyżowań

Do zabezpieczania skrzyżowań i odgałęzień wyrobisk jest konieczne zastosowanie indywidualnie projektowanych odrzwi tzw. uzupełniających. Zabezpieczają one przestrzeń za portalem konstrukcji szkieletowej i są jednym końcem połączone ze wspornikiem. Odrzwia te przedstawiono na fotografii 1, natomiast okno programu w czasie ich projektowania – na rysunku 32.

Ponieważ odrzwia te są połączone przegubowo z konstrukcją wsporczą jest konieczne włączenie opcji posadowienie ostatniego łuku klikając w przycisk Ost. łuk w oknie Posadowienie. Konieczne jest też określenie położenia punktu posadowienia względem końca ostatniego podelementu. Punkt ten odpowiada osi sworznia w połączeniu przegubowym. W przedstawionym na rysunku przypadku odrzwi z kształtownika V36 oraz średnicy sworznia Ø50 parametry te przyjmują następujące wartości: m = 50, n = 76. Należy je wprowadzić do odpowiednich pól edycyjnych. W przypadku takich odrzwi istotne jest włączenie pola  $\mathbf{v}$  w oknie Wyniki, które pozwala uwzględnić całe pole przekroju odrzwi w świetle, rozumiane jako obszar zawarty między odrzwiami a poziomą linią spągu, jak to pokazano na rysunku 22.



Rys. 32. Projektowanie odrzwi uzupełniających

Fig. 32. Supplementary frame design

# Odrzwia z kształtownika odwrotnie giętego

Cenną zaleta programu jest możliwość projektowania odrzwi wykonanych z elementów odwrotnie giętych, to znaczy kołnierzem w stronę wyrobiska, a denkiem do ociosów i stropu. Odrzwia te są szczególnie przydatne przy wykonywaniu obudowy betonowej. Nałożona na wyłom wyrobiska warstwa betonu lub betonu natryskowego doskonale klinuje sie na ściankach bocznych kształtownika. Sposób ten jest wykorzystywany do zabezpieczania tuneli komunikacyjnych. Możliwe jest także zastosowanie takiej obudowy w małogabarytowych wyrobiskach, jak na przykład w sztolni Friedrich-Wilhelm w Wałbrzychu [14]. Na rysunku 33 przedstawiono okno programu w trakcie projektowania takich odrzwi. Należy zwrócić uwage na sposób zdefiniowania profilu. Mimo zastosowania kształtownika V21 wybrany został Profil inny. Przy dokładnym określeniu parametrów kształtownika jest konieczne  $\rightarrow$ zrównanie ze soba wysokości profilu i wysokości kołnierza. Ważne jest także, aby położenie osi obojetnej określać wzgledem kołnierza, a nie wzgledem dna. Sposób określania parametrów profilu przedstawiono na rysunku 11. Należy też pamiętać, że nie jest rysowana linia dna kształtownika.

Odrzwia							- 🗆 X
Odziwa	Devent 1		- F		10.0000	-Zakitadki reoczewiki	Pipil
1 2 slepent on	1600	\$90	\$ 5 gen 2000	1 CON 1000	= ic 2190	19 identyszme isk C1	C VILS C V22
C 4 always work	in the	1 200	* 1 mm 2000	-	2 Zower	CI socreski	C V25 C V44
C 5-steneric um	Electron V					400 2 5.44	C V28 F WW
F usup 3 element	Lange Lange	-	-	-	al 1c 1500		1 m m [30] *
C upp 4- element	1500				-1 Hans 31,5		wysokość stojewa 💷
- Flatenia	500	E F am	3 80 Man	<u>111</u>	2 Znanty	12 12	of obeying still and
Family	Element 3				1000 80 7 M	1 D	wyu kolmenza w10 200
C an a superior	and the	2011	2 20 200	1 1	€ Haus B		cetar în stal <sup>210</sup>
1	ATT REF	2001	: ap 2000	÷	3 mm	<b>E3</b>	Uslaveras
(A)0411 200 4	Elevent 4		SH4077744	1.141/17775			podz 1m = 140 px
F		2000	e	2	2 La 0		1 1
Desarbusines	Constantion	Tel - Cim	-	1	Maia 0	200	skak: 5 💌
Hisk   CUCHTY						The state of the s	12 <sup>7</sup> slatka 200 mm
	Element 5	-	-		- 14 D		17 kolminan
2 2	THE PARTY		- CO. 2000		E Hate 0	(15	E podpowedzi
N E N E	1.000	1 1 2000	1 11	1 80	÷		1 Contractor
Zultowna		Wynite		Persona in		calculation in the	
Szerokość	2C):	Szemkość	975 mm	1.1.1.1	4		
Wysokość 2	201	Wysakaść	2150 mm		1	I.	야구는 것을 많이 없는 것이 없는 것이 없는 것이 없다.
	100				1		
Szerokość max.	금니	Szemkosc max.		1. S. S. H.	101 3 1.1		-3-11-1-1-1-1-
Wysokość max.  *	■F(t)	Wysokość mex	2158 mm	1.1.1.1.1.	101 1 1	1 1 1 1 1 1	
Ket porzetk w10	2 C I	Katoppretkrew	89.9 0	1 1 1			
Katkologavili D	361	Katkodoma	89.9 0				
Page Party New J	241.11	and second a	1996 C.		Sector Sector	and a strength of the	
Participation Internation	NAL	Licobe elementóv	0		138 E 18		
water out me	1. 21.22	Pole przekroju P	1,93 m?		59.944	1915 B B B B B B B B B B B B B B B B B B B	사람들 방문물을 하지 않는
		Mean odrzwi	123,5 kg				
		Returnes		. I R			
		Potsterie karnes	-1086,1979	1 1 1	1.1.1.1	1 1 1	1221412121
		Proyout	0.0				
		Dutlans	0	alter Street of	-}-:.(;)		
			0. 2.652				* 0

Rys. 33. Projektowanie odrzwi z kształtownika odwrotnie giętego

Fig. 33. Design of frame of section inversely bended

# Odrzwia obudowy prostokątnej

Odrzwia obudowy prostokątnej charakteryzują się na tyle prostą konstrukcją, że ich projektowanie nie wymaga specjalnych narzędzi. Nie mniej jednak program ODRZWIA umożliwia ich zaprojektowanie i narysowanie w nieco uproszczonej formie. Na rysunku 34 przedstawiono aplikację w trakcie projektowania odrzwi prostokątnych. Spodnik stojaka reprezentowany jest przez pierwszy podelement elementu 1. Natomiast rdzennik wraz z koronką reprezentuje element 2. Trzeci element definiuje połówkę stropnicy. W przypadkach elementów o bardzo dużych krzywiznach bliskich nieskończoności (takich jak zagięcie rdzennika w koronkę) konieczne jest włączenie opcji ograniczenia w grupie Ustawienia. Pozwala to na maksymalne zmniejszenie promienia krzywizny podelementów. Ważny jest przy tym efektywny sposób edytowania danych. Najwygodniej można je zmieniać przy użyciu przycisków przy polach edycyjnych, a nie przez wpisywanie wartości bezpośrednio z klawiatury.

Odrzwia	حباب معدد						- 🗆 X
0diziwa	Depent 1				145	Zakitadu recozeniki	Pioli
C 2 sleppert unit	LT 1900	2 12 1001	1 ÷ 5 to 2000	÷ (	E 1500	C identyczne iak C1	C VILS C V22
C 4 alarant vat PN	Bt MI	2 = 2000	1 . FUT 2000	*	2 Znamy	C1 cocrewia	G V25 C V44
C 5-element upm	Elected 2					500 2 0	C V28 C Wy
County 3 element	in time	-	#		-1 Lo 2209	1999	1175 2
G rrs	Di Dilli	* 00012	1 100	1 14	Hins 55,2	100	100 0
Dádwia	Thursday 2	- 100 ·	20 100		T THINK	270 21 0	715 -
T ive riepacymoel	Linteres 3	al and		-	al to 2340	1 1 1 1	
<ul> <li>net patritiel.</li> <li>Companying the</li> </ul>	11 2347	- 12				1000	
Taking one presidence.	Rt	1	E Holenn	30	Znomy	13	Ultawersa optimiliaria
10/0010 300 🖹 I	Element 4					100 2 0	fal d al
L mature	11 200	1000	17 10m	1	± Hata 0	6	<u> </u>
Ponadowerse	10000	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	÷	100	÷	C4	40.04: [> <u>*</u> ]
likk OCUT	Element 5					500 1 0	IP sieka 200 mm IP kotranze
	1112000	1 TT 1000	■ 1 10. 2000	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		10	F podpowedb
1 2 1 2	and the second	1 FE 200	1 EU (111	: ar		500 2 0	P oganiczenia
Zultowna		Wynite				111 22100	
Szerokość	- E C ()	Szemkość	3422 mm	TC.			
WARDROAD 0	361	Wyankość	-3026 mm				
-		and the second	- saur 100	0)			
Szerokość max.	금대	Stemkost max.					
Wysokość max.  *	<u>∃</u> <b>Г</b> ()	Wysokość mex	3026 mm				
Kerpoczelk +10	2 mil	Katpoczatkowy	89.4 0				
Katkońcowy x10	3CL	Katikońcowy	90.3 0				
Zoon	- Locitz			1 - 1 - 1 - 1			
Zapier Odrzwiel	1.12	Licebe elementor	•				
( <u>100100</u> )	1. 24.95	Pole przekroju P	7 10.42 m²	1.1.1			
		Mesa odrzwi	302,4 kg	1.1.1			
		Hatanek					
		Potozaran kusmina	-410,2470				
		Proyeout	0.0				
		Dydans	0	*1		-	10

Rys. 34. Projektowanie odrzwi obudowy prostokątnej

Fig. 34. Design of rectangular support frame

# Odrzwia obudowy podwójnej KaPa

Obudowa podwójna typu KaPa stanowi połączenie obudowy prostokątnej z wstawioną do jej zarysu obudową łukową. Oba komplety odrzwi połączone są ze sobą tworząc jedne zwarte, bardzo wytrzymałe odrzwia. Na rysunku 35 przedstawiono program w trakcie projektowania odrzwi łukowych wstawianych do odrzwi prostokątnych. W celu ustawienia programu konieczny jest wybór opcji Odrzwia  $\rightarrow$  inne symetryczne parzystoelementowe (sym. parzystoel.) oraz uaktywnienie właściwych pól edycyjnych, jak to pokazano poniżej. W omawianym przypadku oraz przy projektowaniu podobnych odrzwi złożonych ważne jest ciągłe kontrolowanie założeń projektowych – szerokości, wysokości oraz kątów nachylenia elementów ociosowych. Warunkuje to właściwą współpracę dwóch różnych typów odrzwi.



Rys. 35. Projektowanie obudowy KaPa (OPK) Fig. 35. Design of KaPa (OPK) support

# Odrzwia obudowy łukowo-prostej

Odrzwia obudowy łukowo-prostej są często stosowane do zabezpieczania rozcinek ścianowych. Rozwiazań konstrukcyjnych takich obudów jest wiele. Na rvsunku 36 przedstawiono program w trakcie projektowania wvbranvch przykładowych odrzwi łukowo-prostych [4]. Pierwszy element odrzwi (ociosowy) składa się z dwóch podelementów – odcinka prostego oraz łuku. Natomiast drugi element – specjalny łacznik – charakteryzuje się trzema różnymi krzywiznami. Został on podzielony na trzy podelementy, przy czym ostatni jest odcinkiem prostym. Następnym elementem (trzecim) jest stropnica o małej stałej krzywiźnie. Taka konstrukcja odrzwi wymagała aktywowania odpowiednich pól edycyjnych. Wcześniej jest konieczne wybranie opcji Odrzwia → inne oraz sym. nieparzystoel, (odrzwia nieparzystoelementowe). Ponadto jest konieczne włączenie opcji dynamicznego ograniczania zakresu parametrów (ograniczenia w grupie Ustawienia). Związana jest z tym konieczność edytowania parametrów bez użycia klawiatury, a jedynie za pomoca przycisków przy odpowiednich polach edycyjnych.

M Odrzwia						- 🗆 X
()drawie	Eleveni 1				Zakładki i socowii:	Pipil
C 3. elevent, cars	L1 900	12 800	÷ u	1 11 110 2 LE	1700 C identycane (sk C1 42.5 G utiline	C V10,5 C V32 C V71 C V38
T 4 stement sig PN	Bt 2000		1 87 ST	1 (x x x x x x x x x x x x x x x x x x x	nuny C1 soczewAi	IF V25 C V44
Concert of	Elevered 2				330 差 0,04	C V29 C key
C upp 4 element	11 630	210 LE 210	13 302	1 14 200 1 La	1149	1179 🔳
19 ime	R1 2300	E R2 180	# R3	1 1 1 Z	nomyC2	100 E
Didowe	Elevere 3				300 2 2,42	1
C own permitteel	11 3270	12 1.7	1 10	1 2 L	3270	100 III 100 III
nesmelycare	Rt 4565	÷ 100	1 ET 180	1 He 000 1 Z	nomy C)	Ustanieria
der 8 11 300. 🛫	Electered 4				200 🚊 0	podz Tim= 120 pe
IT imagnes	11 2000	300	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 2 100 1 La	0	5 5 5
Possebeame	0000	10 1 Mar 2000	÷ 11 0000	±	C4	shals 🔉 💌
Ink Ditting	Eliment 5		12-12		500 💼 🛛	₩ matha 200 mm
1 1 1	1005 122 100	1 I I I I I I I I I I I I I I I I I I I	3 10 000	1 10 100 1 Le	0 05	T podpowedzi
0 1 0 1	1112000	2 1 nor som	1 (m) (200	1 1 1 1 1 mda		G ograniczenia
Zakotenia		Wynki			1 2 4	
Szerokość	201	Szerokość	3700 mm	L'anna and		
Wysokosc 0	301	Wysokość	2412 mm	1		
5	a.	Section 1		1 1 1 minutes		
Szerokość max		Sterokoscimek	3/12 mm	<i>↓</i> //		1
anAlexenteruex 1.	21	тукаказства.	2412 mm			16
Kel poczętk x10	30	Kąt początkowy	98,4	- 918		
Katikaticawy x10	BCI	Kątkońcowy	98,4	All and a starting		- 1. S. S. L. S.
Zegan	0.00	Lippha elementor	6 5			
Zapaz Odrzwia	1 3 %	Pole przekroju P	11.2 m2	1 1 1 2 4 1		
		Masa odrzwi	223.0 kg			
		Rysseek	- 2			
		Potozene ilustore	-167,342	1		
		Pagaropt	0,0	3		Service Section Section 199
		Dystans	0	-	-	*10
						212

Rys. 36. Projektowanie odrzwi obudowy łukowo-prostej

Fig. 36. Design of arch-straight support

# Odrzwia z kształtownika KS/KO

Szczególną grupę stanowią odrzwia wykonane z kształtowników KS i KO. Wynika to z zupełnie innego sposobu współpracy elementów w złączu oraz różnych parametrów geometrycznych przekrojów kształtowników stosowanych na łuki ociosowe i na stropnice. W związku z tym odrzwia takie nie mogą być bezpośrednio projektowane za pomocą programu ODRZWIA. Możliwe jest jednak określenie zarysu odrzwi z dużą dokładnością. Najprościej prześledzić to na konkretnym przykładzie, takim jak projektowanie odrzwi wielkości 8 wykonanych z kształtowników KS21 i KO21. Na rysunku 37 przedstawiono nominalny zarys takich odrzwi, który powinien zostać osiągnięty za pomocą opisywanego programu. W obszarze zakładki elementy nie opierają się o siebie na powierzchniach kołnierzy lecz na ściankach bocznych kształtowników. Jest to źródłem pewnych błędów przy rysowaniu i zabudowie odrzwi, gdyż ich złożenie w zakładce zależy od momentu dokręcenia nakrętek strzemion. W związku z tym, że nie ma możliwości wprowadzenia do programu dwóch różnych profili, konieczne jest przyjęcie jednego reprezentatywnego dla obu. Na rysunku 39 zostało przedstawione złożenie łuków KS21 i KO21 oraz możliwości uproszczenia tego połączenia i sprowadzenia profili do jednego KO21. W analizie uwzględniono dwa przybliżenia – I i II.



Rys. 37. Nominalny zarys projektowanych odrzwi o wielkości 8

Fig. 37. Nominal outline of designed frame of 8 magnitude



Rys. 38. Parametry zakładki i profili KS21/KO21

Fig. 38. Parameters of KS21/KO21 overlap and sections

W przybliżeniach tych przyjmuje się, że całe odrzwia wykonane są z kształtownika KO21. W pierwszym przypadku przyjmuje się, że w złożeniu w zakładce denko profilu stropnicy (dla potrzeb analizy przyjęto KO21) jest w identycznym położeniu jak w rzeczywistości. Jako wysokość profilu należy w programie przyjąć 87 mm, wysokość kołnierza wynosi 23 mm, a położenie osi obojętnej 41,2 mm. W drugim przypadku położenie kształtownika stropnicowego (dla potrzeb analizy przyjęto KO21) zostało podniesione o 5 mm. Pozwala to na zbliżenie położenia osi obojętnych profilu zastępczego (KO21) ze stanem faktycznym dotyczącym KS21. Konieczne jest przy tym uwzględnienie w wynikach obliczeń zwiększonego o 5 mm promienia gięcia oraz wysokości odrzwi. Zatem rzeczywisty

promień krzywizny łuku stropnicowego jest o 5 mm mniejszy niż podawany w programie. Dotyczy to także wysokości odrzwi. W tym przypadku wysokość profilu wynosi 87 mm, wysokość kołnierza 28 mm, a położenie osi obojętnej 41,2 mm. Jak wykazały obliczenia obrysu odrzwi mniejszym błędem są obarczone odrzwia zamodelowane z przybliżeniem II. Na rysunku 39 przedstawiono okno programu z właściwymi ustawieniami oraz wynikami obliczeń dla drugiego przybliżenia profilu przy projektowaniu odrzwi wielkości 8.



Rys. 39. Projektowanie odrzwi z kształtownika KS/KO

Fig. 39. Design of frame of KS/KO section

#### PODSUMOWANIE

Przeprowadzone prace projektowe nietypowych odrzwi przeznaczonych dla obudowy odgałęzień wyrobisk korytarzowych, jak również innych wybranych typów odrzwi, pokazują dużą użyteczność oprogramowania ODRZWIA. Wyniki uzyskane w programie ODRZWIA v2.0 nie odbiegają znacząco od wyników uzyskanych za pomocą dotychczas używanego oprogramowania. Rozbieżność wyników nie przekroczyła 0,1%. Mimo to, celowe jest przynajmniej w początkowym okresie, "ostrożne" użytkowanie programu, zwłaszcza w przypadku projektowania odrzwi o niespotykanej dotychczas nowej postaci geometrycznej.

## LITERATURA

- 1. Reisdorph K.: Delphi 4 dla każdego. Gliwice, Wydaw. Helion 1999.
- 2. Lischner R.: Delphi. Almanach. Gliwice, Wydaw. Helion 2002.
- 3. Marciniak A.: Turbo Pascal 5.5. Poznań, Wydaw. Nakom 1991.
- 4. Huta Łabędy S.A.: Stalowe obudowy górnicze i akcesoria. Katalog wyrobów.
- 5. Chudek M.: Obudowa wyrobisk górniczych. Część 1. Obudowa wyrobisk korytarzowych *i komorowych*. Katowice, Wydaw. Śląsk 1975.
- 6. PN-G-06009:1997 Wyrobiska korytarzowe poziome i pochyłe w zakładach górniczych. Odstępy ruchowe i wymiary przejścia dla ludzi.
- 7. PN-G-06010:1998 Wyrobiska korytarzowe poziome i pochyłe w zakładach górniczych. Przekroje poprzeczne symetryczne.
- 8. PN-93/G-15000/03 Obudowa chodników odrzwiami podatnymi z kształtowników korytkowych. Odrzwia łukowe podatne ŁP, z kształtowników typu V, typoszereg A. Łuki.
- 9. Rotkegel M.: Specjalistyczny program do projektowania geometrii odrzwi łukowej obudowy wyrobisk korytarzowych. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 2003 nr 12.
- 10. Rotkegel M.: *Komputerowe wspomaganie projektowania nietypowych odrzwi obudowy chodnikowej*. Przegląd Górniczy 2003 nr 12.
- 11. Winkler T.: Metody komputerowo wspomaganego projektowania układów antropotechnicznych na przykładzie maszyn górniczych. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa 2001 nr 847.
- PN-93/G-15000/02 Obudowa chodników odrzwiami podatnymi z kształtowników korytkowych. Odrzwia łukowe podatne ŁP, z kształtowników typu V, typoszereg A. Wymiary.
- 13. PN-H-93441-3 Kształtowniki stalowe walcowane na gorąco dla górnictwa. Kształtowniki typu V. Wymiary.
- Kowalski E., Rotkegel M., Stałęga S.: Projekt przystosowania sztolni Friedrich-Wilhelm do odwadniania zlikwidowanych kopalń rejonu Walbrzycha. Sympozjum SITG nt. "Metody i środki poprawy utrzymania wyrobisk korytarzowych w kopalniach PW". Ustroń 2000.