



Marek ROTKEGEL\*

## Programy CAE opracowane dla potrzeb projektowania i użytkowania obudowy wyrobisk korytarzowych

Streszczenie: Cykl życia obudowy wyrobisk korytarzowych rozpoczyna się zdefiniowaniem potrzeby opracowania nowej obudowy lub doбором obudowy typowej, a kończy jej wyrobowaniem, podsadzeniem wyrobiska lub przejściem w zawał. Czas życia – funkcjonowania – zależy od przeznaczenia wyrobiska i może zmieniać się od kilku miesięcy do wielu lat. Na przestrzeni tego czasu, w różnych etapach stosowane są specjalistyczne programy komputerowe CAE (ang. *Computer Aided Engineering* – komputerowe wspomaganie prac inżynierskich) wspomagające projektantów i użytkowników w projektowaniu i użytkowaniu obudowy. W Głównym Instytucie Górnictwa powstało wiele programów wspomagających projektowanie i dobór obudowy wyrobisk korytarzowych. Należy tu wymienić opisane dalej programy do projektowania odrzwi, doboru obudowy, oceny jej stanu technicznego oraz zbierania informacji o jej pracy w wyrobisku.

Pierwszym programem stosowanym w procesie projektowania obudowy jest program ODRZWIA. Pozwala on na zaprojektowanie geometrii odrzwi obudowy. Użytkownik wprowadza parametry poszczególnych elementów – długości i promienia krzywizny oraz określa wielkość zakładek.

Dysponując geometrią odrzwi możliwe jest określenie ich parametrów podpornościowych, w czym stosowane jest komercyjne oprogramowanie do analiz wytrzymałościowych. Uzyskane z analiz parametry podpornościowe są wykorzystywane w procesie doboru obudowy, w którym stosowany jest program UZDO, oparty na „Uproszczonych zasadach doboru obudowy...” (Rułka red. 2001) W programie tym po zdefiniowaniu parametrów skał i górotworu w otoczeniu wyrobiska oblicza się obciążenie, jakie będzie działać na obudowę, a po wybraniu z wbudowanego katalogu konkretnych odrzwi obliczany jest ich rozstaw.

W dalszej kolejności użytkowania wyrobiska i obudowy stosowane są programy do analizy ich pracy (ANKIETA), a także do oceny ich stanu technicznego ze szczególnym uwzględnieniem stopnia skorodowania (KOROZJA).

Słowa kluczowe: obudowa wyrobisk korytarzowych, projektowanie obudowy, użytkowanie obudowy

\* Dr inż., Główny Instytut Górnictwa; e-mail: m.rotkegel@gig.eu

## CAE software developed and used in GIG for roadway support design and maintenance

**Abstract:** The roadways support life cycle is limited, on the one hand, by new support ideas or typical support selection, and on the other by roadway liquidation, backfilling or caving. The operational lifetime is dependent on the purpose of the roadway and may vary from a few months to many years. Specialist computer programs assisting the designers and users in the design and usage of the support are employed throughout this time. Multiple programs devoted to roadways supports have been developed at the Główny Instytut Górnictwa. The software described further in the article includes programs for arch design, support selection, its technical condition evaluation and data gathering concerning its maintenance.

The first program employed during the support design process is the ODRZWIA program. It enables the user to design the support arch geometry. The user inputs specific element parameters – the lengths and radii of the curvature – and determines the overlap sizes.

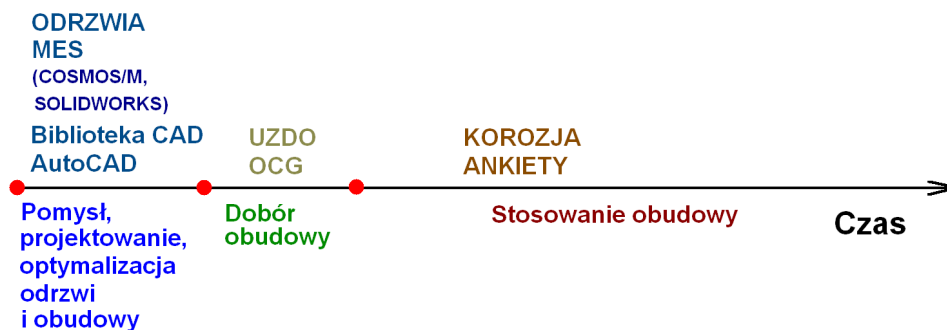
With the arch geometry available, it is possible to determine its load bearing capacity parameters, which is performed using commercial strength analysis software. The load bearing capacity parameters obtained from the analyses are used during the support selection process, which employs the UZDO program, based on the “Uproszczone zasady doboru obudowy”. After defining the rock and rock mass parameters in the roadway proximity, the program calculates the load that will be applied to the support, while, after selecting a specific arch from an in-built catalogue, it is possible to calculate the distance between the arches.

The programs used during the further course of the roadway and support performance are devoted to analyzing their operation (ANKIETA) and evaluating their technical condition with specific consideration given to their degree of corrosion (KOROZJA).

**Keywords:** roadway support, support design and maintenance

## Wprowadzenie

Cykl życia obudowy wyrobisk korytarzowych rozpoczyna się zdefiniowaniem potrzeby opracowania nowej obudowy lub doбором obudowy typowej, a kończy jej wyrobowaniem, podsadzeniem wyrobiska lub przejściem w zawał. Czas życia – funkcjonowania – zależy od przeznaczenia wyrobiska i może wynosić od kilku miesięcy do wielu lat. W trakcie tego okresu nowa obudowa przechodzi z fazy pomysłu przez produkcję i badania laboratoryjne i modelowe do zastosowania, kiedy to prowadzone są obserwacje dołowe jej pracy w naturalnych warunkach. Na przestrzeni tego czasu, w różnych etapach użytkowane są specjalistyczne programy komputerowe CAE (ang. *Computer Aided Engineering* – komputerowe wspomaganie prac inżynierskich) wspomagające projektantów w projektowaniu, a użytkowników w użytkowaniu obudowy. Są to zarówno komercyjne programy CAD, jak również programy autorskie, opracowane dla konkretnych zadań. W Głównym Instytucie Górnictwa powstało wiele programów poświęconych obudowie wyrobisk korytarzowych, które związane są bezpośrednio lub pośrednio z szeroko rozumianym procesem projektowania. Należy tu wymienić autorskie programy do projektowania odrzwi – ODRZWIA, ŁPS (Rotkegel 2003, 2017), doboru obudowy – UZDO (Rotkegel 2016a), oceny jej stanu technicznego – KOROZJA (Rotkegel 2006a, 2006b) oraz zbierania informacji o jej pracy w wyrobisku – ANKIETA (Rotkegel 2013a). Odrębną grupę stanowią programy komercyjne do opracowania dokumentacji technicznej oraz do analiz wytrzymałościowych. Na rysunku 1 zestawiono programy komputerowe stosowane w GIG w poszczególnych etapach procesu projektowego obudowy.



Rys. 1. Programy komputerowe stosowane w cyklu życia obudowy

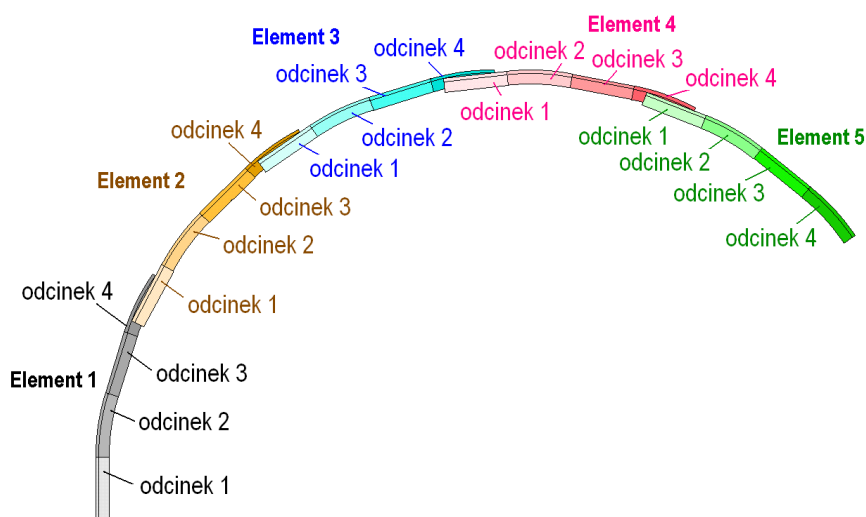
Fig. 1. Computer programs used during the course of the support life cycle

### 1. Programy do projektowania odrzwi obudowy

Projektowanie nowej konstrukcji odrzwi może przebiegać na kilka sposobów. Najprostszym i najstarszym może być narysowanie postaci odrzwi na papierze, wykorzystując geometrię wykreślną. Jest to sposób żmudny i mało dokładny. Nieco nowocześniejsze jest zastosowanie w tym celu standardowych programów CAD do tworzenia rysunków. Sposoby te niezależnie od wykorzystanego narzędzia mogą być stosowane w przypadku projektowania (czy rysowania) pojedynczych odrzwi. W przypadkach projektowania typoszeregu odrzwi konieczne jest zastosowanie bardziej efektywnych narzędzi. Mogą to być na przykład programy do obliczeń matematycznych, czy też arkusze kalkulacyjne, w których oblicza się współrzędne charakterystycznych punktów projektowanych odrzwi. W każdym wspomnianym przypadku jest to proces żmudny i czasochłonny, który sprowadza się do przeliczania długości łuków na ich zakresy kątowe z uwzględnieniem promienia krzywizny. Dodatkowych komplikacji dostarcza sposób opisu geometrii połączenia elementów odrzwi. Czynniki te mogą być przyczyną poważnych błędów. Ostatecznie model matematyczny obejmuje liczne zależności, w większości trygonometryczne, pomiędzy współrzędnymi charakterystycznych punktów odrzwi. Ponieważ zależności te zależą od postaci geometrycznej poszczególnych łuków i ich połączenia w całe odrzwia, do każdego typoszeregu konieczne jest zbudowanie odrębnego modelu matematycznego (geometrycznego). Powoduje to znaczne wydłużenie procesu projektowego. Celowe jest zatem maksymalne uproszczenie procesu budowy modelu, a później skrócenie obliczeń przez zastosowanie specjalistycznego oprogramowania, jakim jest na przykład program ODRZWIA.

Program w pierwszej w pełni funkcjonalnej wersji powstał w 2002 roku (Rotkegel 2004). Jego pierwsze zastosowania potwierdziły funkcjonalność i skłoniły do dalszej rozbudowy programu. Obecna wersja pozwala na projektowanie odrzwi zdefiniowanych przez parametry geometryczne pięciu elementów, z których każdy może składać się z czterech różnej długości odcinków o różnych krzywiznach. Elementy łączone są na zakładkę, a odcinki składowe elementów – „na styk”. Model geometryczny odrzwi zaimplementowany w pro-

gramie przedstawiono na rysunku 2. Taki zakres wprowadzanych parametrów w połączeniu z określeniem symetrii odrzwi daje możliwość zaprojektowania nawet dziesięcioelementowych odrzwi symetrycznych i pięcioelementowych odrzwi niesymetrycznych, co zdecydowanie przekracza wymagania współczesnego górnictwa.

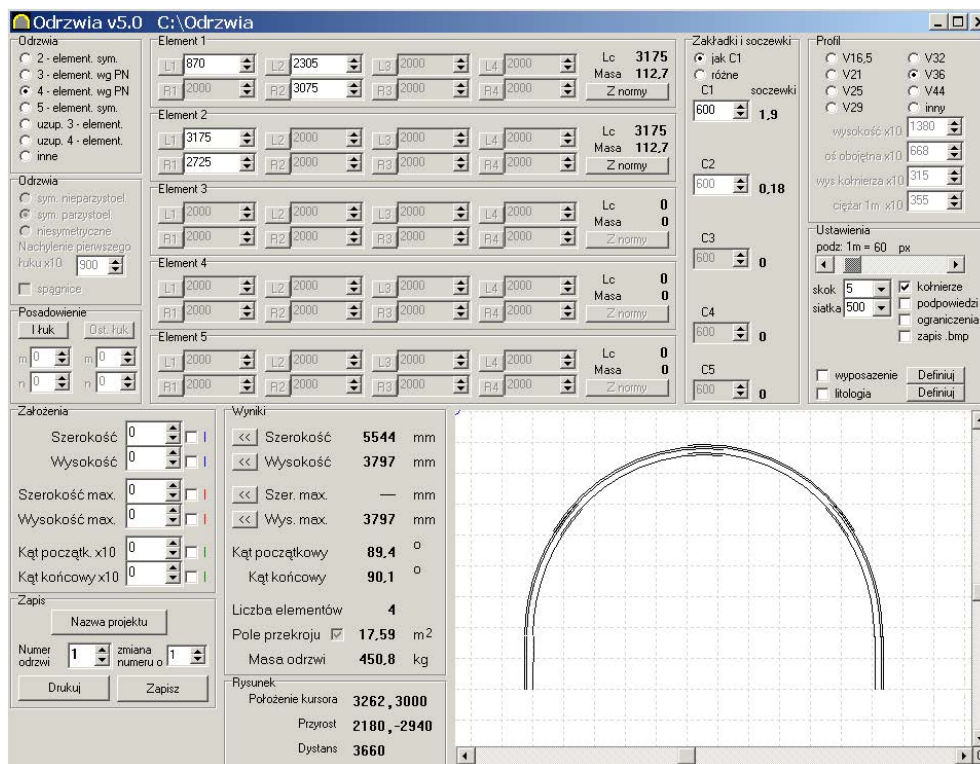


Rys. 2. Model geometryczny odrzwi przyjęty w programie (Rotkegel 2009)

Fig. 2. Geometric model of the arch used in the program

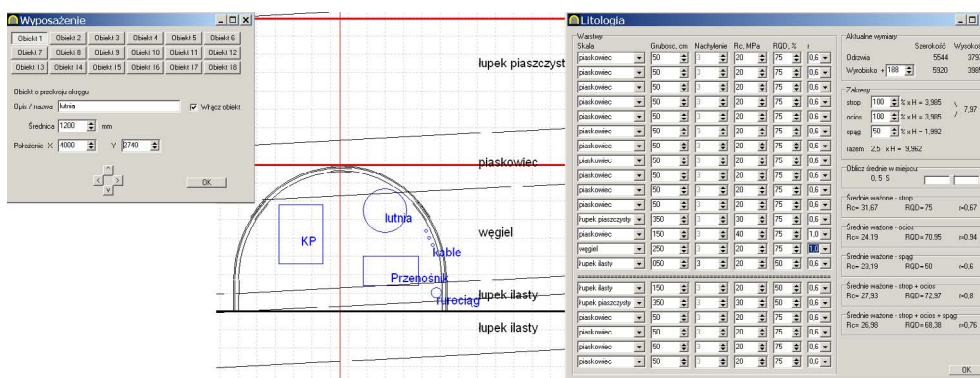
Program, napisany w języku Delphi (Grażynski i Zarzycki 2003), działa w środowisku Windows, przez co wykorzystuje znane okna edycyjne. Dzięki temu wprowadzanie parametrów poszczególnych łuków jest intuicyjne, a dodatkowo użytkownik po każdej zmianie dowolnego parametru uzyskuje aktualny zarys odrzwi. Możliwe jest zatem szybkie zorientowanie się, na ile poszczególne parametry wpływają na kształt projektowanych odrzwi. Główne okno programu, przedstawione na rysunku 3, składa się z kilku grup pól edycyjnych. Najważniejsze grupy obejmują pola do definiowania typu odrzwi, geometrii łuków, wielkości zakładek, zastosowanego profilu V i sposobu posadowienia. Ważnym elementem jest także okno graficzne do przedstawiania zarysu odrzwi wraz z markerami założeń projektowych, pozwalające także na dokonywanie podstawowych pomiarów liniowych.

W wyniku działania programu użytkownik uzyskuje gabaryty odrzwi, pole przekroju wyrobiska w świetle obudowy, kąty nachylenia końcowych odcinków elementów ociosowych i masę odrzwi. Ważnym wynikiem projektowania jest raport z danymi opisującymi geometrię odrzwi w postaci pliku tekstowego (.txt) oraz zarys odrzwi uzyskiwany w postaci plików graficznych – rastrowego (mapa bitowa .bmp) i wektorowego (plik wymiany danych wektorowych .dxf). Dodatkowymi opcjami programu są moduły wspomagające planowanie rozmieszczenia maszyn i urządzeń w wyrobisku na tle obrysu odrzwi oraz obliczanie uśrednionych parametrów górotworu dla obliczeń obciążeń działających na obudowę (Rotkegel 2009). Okna tych modułów przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 3. Główne okno programu ODRZWA

Fig. 3. Software ODRZWA – main window

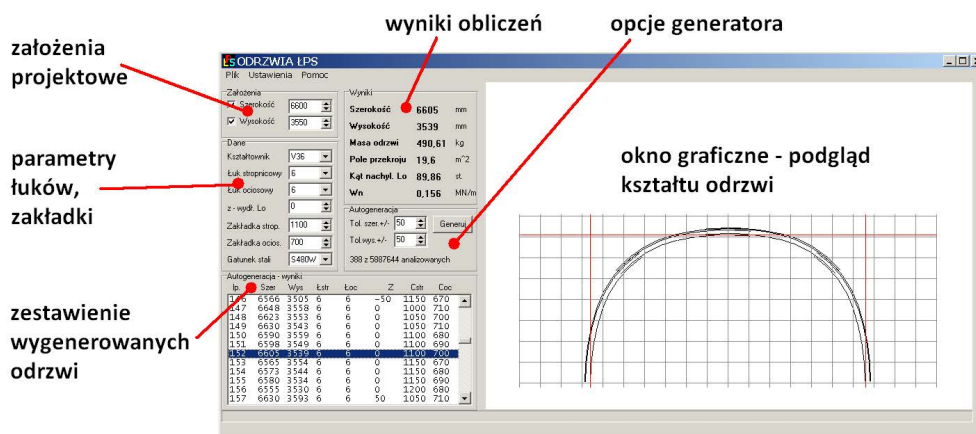


Rys. 4. Dodatkowe moduły programu i efekt ich działania

Fig. 4. Additional modules and its results of action

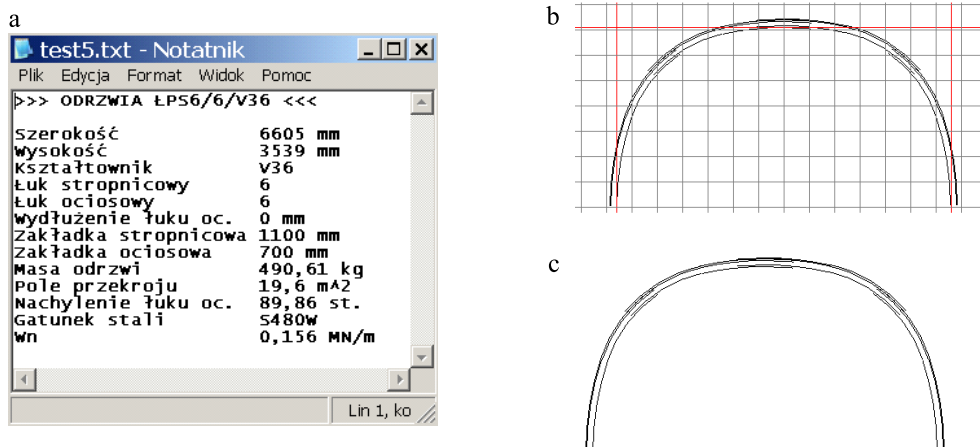
Podobna do programu ODRZWA jest aplikacja przeznaczona wyłącznie do projektowania drzwi obudowy typu ŁPS. Odrzwa obudowy ŁPS (Rotkegel 2016b) stanowią rozwiązanie pośrednie pomiędzy obudową łukową ŁP a obudową prostokątną. Zaprojektowane

zostały one jako czteroelementowe, montowane z łuków o dwóch różnych krzywiznach. W pałapie wyrobiska łuki łączone są ze sobą na odcinkach o mniejszych krzywiznach, a w strefie ociosowo-stropowej na odcinkach o większych krzywiznach. Pozwala to uzyskać spłaszczony kształt obudowy. W całym typoszeregu odrzwi zaprojektowano 17 różnych łuków. Dzięki odpowiedniej ich geometrii i jednakowego usytuowania zakładek w całym typoszeregu możliwe jest budowanie odrzwi z łuków o różnej wielkości. Uzyskuje się przez to typoszereg obejmujący 289 wielkości odrzwi o różnicowanych kształtach. Program (Rotkegel 2017) umożliwia sprawne zaprojektowanie odrzwi ŁPS poprzez wybór wielkości łuków ociosowych i stropnicowych oraz zdefiniowanie wielkości złączy ciernych (rys. 5). Program działa w dwóch trybach. W podstawowym – użytkownik sam wybiera łuki odpowiedniej wielkości, a program proponuje wielkości zakładek – stropowej i ociosowych. Ponadto projektant wybiera wielkość kształtownika oraz gatunek stali – parametry wymagane do obliczenia masy odrzwi oraz przypisania parametrów podpornościowych. W trakcie projektowania w oknie podglądu generowany jest zarys odrzwi, dzięki czemu użytkownik może łatwo się zorientować, jak wybór poszczególnych elementów wpływa na kształt odrzwi. Również na bieżąco, po zmianie dowolnego parametru, program oblicza i wyświetla parametry odrzwi takie jak szerokość, wysokość, masa, pole przekroju w świetle obudowy, kąt nachylenia łuków ociosowych oraz wskaźnik nośności  $W_N$ . Natomiast w drugim trybie pracy użytkownik określa jedynie wielkość kształtownika, wymaganą szerokość i wysokość odrzwi. Po uruchomieniu generatora następuje przeliczenie gabarytów odrzwi dla różnych kombinacji łuków ociosowych i stropnicowych, różnych wielkości zakładek oraz ewentualnego wydłużenia lub skrócenia łuku ociosowego. Odrzwia, które spełniają założenia projektowe, zostają wyświetlone w oknie edycyjnym programu w formie listy. Efekty prac projektowych mogą zostać wydrukowane lub zapisane na dysku w trzech formatach – pliku tekstowego z parametrami odrzwi (.txt), mapy bitowej z kształtem odrzwi (.bmp) oraz pliku z rysunkiem wektorowym (.dxf), edytowalnym w programach CAD. Na rysunku 6 przedstawiono zawartości plików wyjściowych dla odrzwi ŁPS6/6/V36.



Rys. 5. Główne okno programu do projektowania odrzwi ŁPS (Rotkegel 2017)

Fig. 5. Main window of the software used for designing ŁPS arches



Rys. 6. Pliki z wynikami a – plik tekstowy, b – mapa bitowa, c – rysunek wektorowy dxf (Rotkegel 2017)

Fig. 6. Files with results (a – text file, b – bitmap, c – dxf vector picture)

Przedstawione programy komputerowe istotnie usprawniają projektowanie nowych konstrukcji odrzwi obudowy wyrobisk korytarzowych lub tworzenie odrzwi z dostępnych elementów. Potwierdziły to liczne prace projektowe.

## 2. Program do doboru obudowy

Podstawowym sposobem zabezpieczania wyrobisk korytarzowych w polskich kopalniach węgla kamiennego jest stalowa obudowa odrzwiowa. Jej skuteczność jest bezpośrednio związana z poprawnym doбором, rozumianym jako wybór odpowiedniej wielkości odrzwi z typoszeregu o korzystnym zarysie, wybór odpowiedniego kształtownika na łuki i gatunku stali oraz obliczenie dopuszczalnego rozstawu odrzwi z uwzględnieniem obciążeń działających na obudowę. Pomocne w tym działaniu są zasady opracowane kilkanaście lat temu przez jednostki naukowo-badawcze (Chudek red. 1999; Drzęźła red. 2000; Piechota red. 2002; Rułka red. 2001). Dodatkowym ułatwieniem mogą być programy komputerowe wspomagające proces doboru obudowy. Program taki, oparty na algorytmie obliczeniowym „Uproszczonych zasad doboru obudowy...” (Rułka red. 2001), którego okno przedstawiono na rysunku 7, opracowany został w ostatnim czasie w Głównym Instytucie Górnictwa. W trakcie pracy z programem użytkownik definiuje parametry pakietu skał otaczających wyrobisko oraz charakteryzuje stan górotworu. Program po każdej zmianie dowolnego parametru oblicza wartość obciążeń działających na obudowę, a po wskazaniu konkretnych odrzwi oblicza ich dopuszczalny rozstaw. W przypadku określenia ceny jednostkowej obudowy użytkownik uzyskuje dodatkowo informację na temat kosztów zastosowania konkretnej obudowy. Aplikację wyposażono także w możliwość zapisu na dysku i wydruku raportów z doboru obudowy. Dotychczasowe zastosowania programu potwierdziły poprawność jego działania oraz jego funkcjonalność. Program, dzięki pracy w systemie Windows może być

Uproszczone zasady doboru obudowy odrzwiowej - Instrukcja GIG Nr 15

Plik Podstawa Zakres

**Dane podstawowe**

Kopalnia: AAA  
Wyrobnisko: Przekop a5  
Odcinek: 3 Metraż od: 1240 do: 1320 L = 80 m  
Dod. opis: Obudowa poszerzonego odcinka wyrobiska  
Obliczenia wykonana: Inż. ds. Obudowy  
Nazwa pliku: Nazwa pliku:

**Gabaryty obudowy w świetle**

Katalog odrzwi

Szerokość: 6100 mm  
Wysokość: 4225 mm

**Pakiet analizowanych skal**

Zasięg pakietu: 11,162 m

H: 850 m  
Rcg: 34,2 MPa  
Rco: 15,0 MPa  
Rsg: 0,60  
ROD: 50 %

**Gabaryty wyrobiska w wylomie**

Wys. kształt: 140 mm Szerokość: 6580 mm  
Naddatek: 100 mm Wysokość: 4465 mm

**Nachylenia**

Nachylenie poprzeczne warstw: 10 ka = 1,00  
Nachylenie wyrobiska: 1 kb = 1,00

**Uskok**

Wyrobisko w sąsiedztwie uskoku  
 Wyrobisko równoległe do uskoku  
 Wyrobisko przecina uskok

Wysokość zrzutu uskoku hu: 1 m  
Nachylenie pł. uskokowej: 90 st.  
Szer. szczeliny uskokowej Ls: 0 m

Zasięg wpływu uskoku Lu (Lus) = 5 m  
W obl. uwzględniono obniżenie parametrów skal

**Krawędzie**

Wyrobisko w zasięgu oddziaływania krawędzi

Wyrobisko zlokalizowane:  nad krawędzią  pod krawędzią

Eksploatacja:  z zawalem  z podsadzka

Wyrobisko nad/pod:  całna  zrobami

Odł. w pionie: 5 m  
Odł. w poziomie: 20 m  
Xc = 9,8 m ke = 1

**Obciążenia dynamiczne**

Brak wstrząsów  
 5,0 E4  1,0 E5  5,0 E5

Obl. Hmax: Hmax = 11 m  
Hdyn = 10 m  
qdyn = 0,018 MPa

**Wyrobisko sąsiadujące**

wyrob. sąsiadujące

Odł. wyrob. sąsiad. xs = 20 m  
ks = 1,061

**Wyniki**

kg = 1,956  
ka = 0,6059  
Sobl = 9,29 m  
qw = 0,042 MPa  
qN = 0,0648 MPa  
**qo = 0,153 MPa**

**Obudowa**

Odrzwi: ŁP12/4/A  
Kształt: V36  
Materiał: S480W  
Masa od. x10: 4928 kg  
Pole prz.: 21,80 m<sup>2</sup>  
Wn: 233 kN/m  
K4: 0,5544  
Kn.o.: 0,8  
Kwykl.: 0,8 szczelna

**dmax = 0,54 m**  
**d = 0,50**

**Koszty**

Cena odrzwi: 3050 zł/T  
160 odrzwi na odcinek  
Cena obud.: 240486 zł / odcinek  
200 odrzwi na 100 m  
Cena obud.: 300608 zł / 100 m

Uwagi:

Rys. 7. Program wspomagający dobór obudowy, oparty na „Uproszczonych zasadach doboru obudowy odrzwiowej...” (Rotkegel 2016a)

Fig. 7. Support selection assistance program

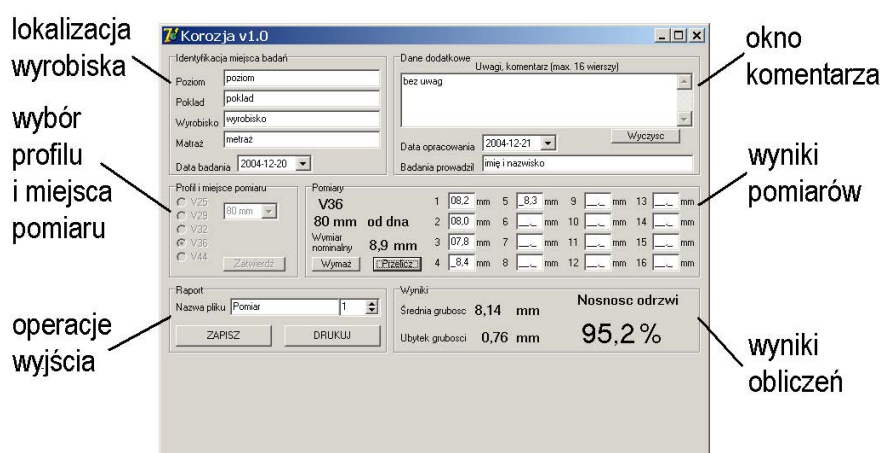
obsługiwany intuicyjnie. Mimo to obliczenia powinna prowadzić osoba znająca zagadnienia związane z doбором obudowy wyrobisk korytarzowych.

### 3. Programy do diagnozowania stanu obudowy i oceny jej funkcjonalności

Ważnym zagadnieniem dla właściwego funkcjonowania obudowy w wyrobisku jest określenie jej stanu technicznego. Obudowa odrzwiowa, podobnie jak inne środki techniczne ulega stopniowemu zużyciu wynikającemu z oddziaływania górotworu oraz agresywnego środowiska. Działania te powodują wyczerpywanie nadwyżki nośności nad obciążeniami, a także spadek nośności obudowy. Dla zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa załóg górniczych i stateczności wyrobiska konieczne jest prowadzenie okresowych kontroli stanu technicznego obudowy i zapobieganie stanom awaryjnym. Istotnym zagadnieniem jest tu ocena stopnia skorodowania obudowy i oszacowanie nośności skorodowanej obudowy. Pomocny w tym zakresie może być program Korozja (Rotkegel 2006b) oparty na metodyce GIG oceny nośności skorodowanej obudowy (Pru-



sek i in. 2004). Program na podstawie wprowadzonych danych automatycznie oblicza średnią z pomiarów grubości kształtownika i odnosi ją do grubości nominalnej wynikającej z miejsca dokonywania pomiarów na kształtowniku V. Na podstawie obliczonej różnicy grubości ścianki profilu obliczana jest procentowo nośność odrzwi. Uzyskane dane można zapisać na dysku lub wydrukować uzyskując raport z badań. Okno tego programu przedstawiono na rysunku 8.



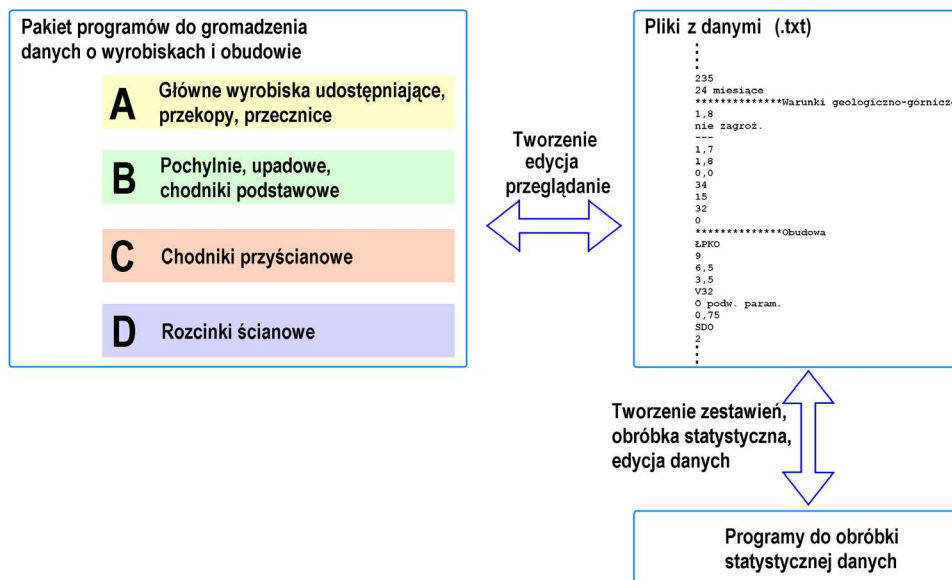
Rys. 8. Okno kalkulatora Korozji – programu komputerowego (Rotkegel 2006a)

Fig. 8. Main window of the corrosion calculator software

Z oceną stanu technicznego obudowy i jej skuteczności związany jest pakiet programów ułatwiających gromadzenie danych o warunkach geologiczno-górnictwowych w otoczeniu wyrobiska, zastosowanej obudowie, wzmocnieniach i jej funkcjonalności (Rotkegel 2013a). Dane takie są pomocne przy projektowaniu i doborze obudowy do kolejnych wyrobisk drążonych w podobnych warunkach.

Pakiet programów obejmuje cztery aplikacje, oznaczone symbolami literowymi „A”, „B”, „C” i „D”, przeznaczone do tworzenia i uzupełniania bazy danych o wyrobiskach i obudowie. Efektem działania programów są pliki tekstowe z informacjami o lokalizacji wyrobiska, panujących warunkach geologiczno-górnictwowych, zastosowanej obudowie (odrzwiach wraz z akcesoriami) oraz stosowanych wzmocnieniach w różnych etapach funkcjonowania wyrobiska. Szczególnie istotne są informacje dotyczące pracy obudowy i jej skuteczności. Na rysunku 9 przedstawiono elementy wchodzące w skład pakietu, fragment pliku wyjściowego oraz za pomocą schematu – możliwości przesyłania i przetwarzania danych w programach komercyjnych.

Każdy z opracowanych programów pakietu zawiera pola edycyjne pozwalające na identyfikację wyrobiska, uproszony opis warunków geologiczno-górnictwowych oraz na charakterystykę zastosowanej obudowy podstawowej, jak również dodatkowej na pewnych odcinkach wyrobiska. Charakterystyka obudowy uwzględnia typ zastosowanych odrzwi, ich wielkość i rozstaw, typ zastosowanych strzemion, sposób stabilizacji i posadowienia. Ponadto w pro-



Rys. 9. Pakiet programów komputerowych do inwentaryzacji wyrobisk korytarzowych i obudowy, idea działania oraz fragment pliku – zbioru danych o wyrobisku (Rotkegel 2013a)

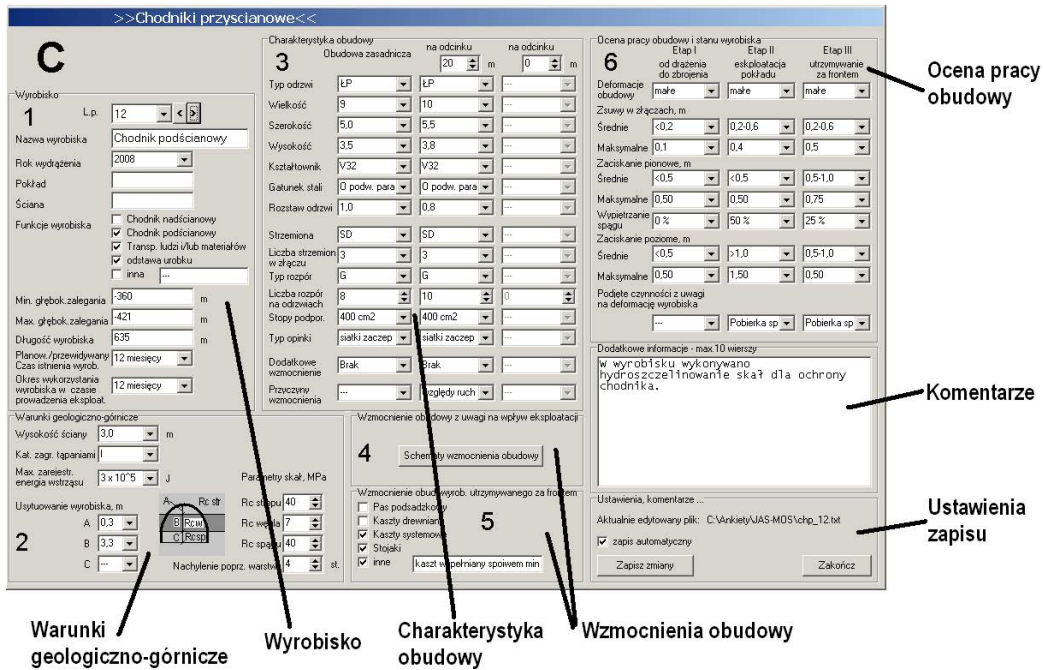
Fig. 9. Software package for collecting data about roadway and support, functioning principles and file fragment (roadway data set)

gramach zawarte zostały grupy pól, w których można zdefiniować sposoby wzmocnienia obudowy na poszczególnych etapach jej użytkowania, a także charakterystykę jej pracy (deformacje obudowy, zsuwy w złączach itp.). Istotne są też pola komentarzy, w których użytkownik może dodać własne spostrzeżenia i uwagi. Na rysunkach 10 i 11 przedstawiono główne okno programu do inwentaryzacji obudowy chodników przyścianowych (program „C”) oraz okno podrzędne do wprowadzania informacji na temat zastosowanych wzmocnień.

Prezentowane programy ankietowe pozwalają zebrać w jednym miejscu w sposób uporządkowany dane dotyczące wyrobisk korytarzowych i ich obudowy. W trakcie kilkuletniego użytkowania zostały one pozytywnie zweryfikowane zarówno pod kątem zakresu gromadzonych danych, jak również prostoty obsługi i pozwoliły na scharakteryzowanie obudów stosowanych w ostatnich latach w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej (Majcherczyk i in. 2016).

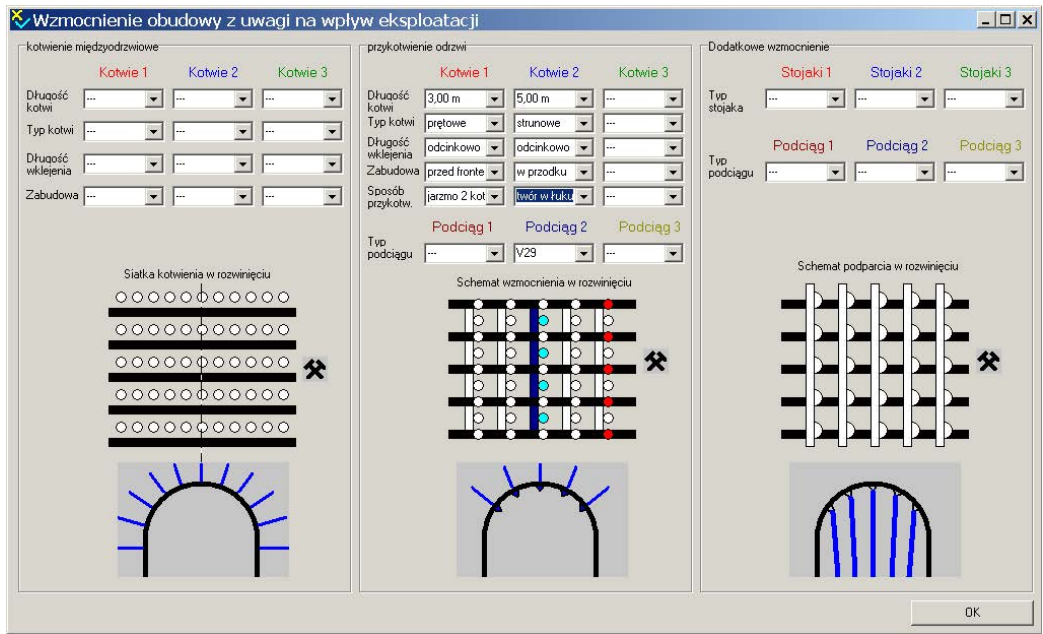
Rys. 11. Okno do definiowania sposobu wzmocnienia obudowy chodnika przyścianowego dla przykładu zdefiniowano przykotwienie łuków stropnicowych odrzwi kotwami prętowymi o długości 3,0 m – czerwone punkty – oraz przykotwienie odrzwi kotwami strunowymi o długości 5,0 m przez podciągi z kształtownika V29 – błękitne punkty i granatowa linia (Rotkegel 2013a)

Fig. 11. Longwall gateroad reinforcement method definition window (example definition here: arch roof bar bolting using 3.0 m-long steel rock bolts – red points – and arch bolting using 5.0 m-long flexibolts via stringers from the V29 section shape – blue points and dark blue line)



Rys. 10. Program „C” do inwentaryzacji chodników przyścianowych (Rotkegel 2013a)

Fig. 10. Software “C” for collecting data about longwall gateroads



## Podsumowanie

Jak wykazały dotychczasowe zastosowania prezentowanych narzędzi projektowych i diagnostycznych, budowa własnych specjalistycznych programów CAE, a także uzupełnianie komercyjnych programów o biblioteki typowych elementów (Rotkegel 2013b) pozwala wyraźnie usprawnić prace inżynierskie w zakresie projektowania i użytkowania obudowy. Szczególnie dotyczy to opracowania nowych rozwiązań konstrukcyjnych odrzwi czy też diagnozowania stanu technicznego obudowy, jak również gromadzenia informacji o wyrobiskach i obudowie. Zaprezentowane narzędzia są od wielu lat z powodzeniem stosowane w Głównym Instytucie Górnictwa w Zakładzie Technologii Eksploatacji i Obudów Górniczych i okresowo rozbudowywane o nowe funkcje i elementy.

## Literatura

- Chudek, M. red. 1999. *Zasady doboru i projektowania obudowy wyrobisk korytarzowych i ich połączeń w zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny*. Politechnika Śląska. Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni. Gliwice–Kraków–Katowice, 164 s.
- Drzęzła, B. red. 2000. *Obudowa górnicza. Zasady projektowania i doboru obudowy wyrobisk korytarzowych w zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny*. Gliwice: Politechnika Śląska. Instytut Eksploatacji Złóż, s. 115.
- Grażyński, A. i Zarzycki, Z. 2003. *Delphi 7 dla każdego*. Gliwice: Wyd. Helion, 830 s.
- Majcherczyk i in. 2016 – Majcherczyk, T., Prusek, S., Małkowski, P., Niedbalski, Z., Rotkegel, M. i Szot, Ł. 2016. *Stalowa obudowa podporowa podatna wyrobisk korytarzowych w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Stan obecny i kierunki rozwoju*. Katowice: Główny Instytut Górnictwa, 122 s.
- Piechota, S. red. 2002 – *Instrukcja doboru obudowy wyrobisk korytarzowych w kopalni Lubelski Węgiel „Bogdanka” S.A.* Kraków: Bogdanka, 49 s.
- Prusek i in. 2004 – Prusek, S., Rotkegel, M., Stokłosa, J. i Malesza, A. 2004. Ocena stopnia skorodowania odrzwi obudowy chodnikowej na przykładzie ZG „Bytom III”. *Miesięcznik WUG* nr 9, s. 13–20.
- Rotkegel, M. 2003. Komputerowe wspomaganie projektowania nietypowych odrzwi obudowy chodnikowej. *Przeгляд Górniczy* nr 12, s. 16–19.
- Rotkegel, M. 2004. Komputerowo wspomaganie projektowanie odrzwi obudowy chodnikowej. Charakterystyka programu CAD i przykłady projektowe. *Prace Naukowe GIG* Nr 862, Katowice, s. 45.
- Rotkegel, M. 2006a. Pomiary ubytku korozyjnego obudowy wyrobisk korytarzowych. *Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa* nr 4, s. 23–32.
- Rotkegel, M. 2006b. Skutki korozji obudowy wyrobisk korytarzowych, sposoby im zapobiegania i minimalizacji strat. *Konferencja WUG i GIG-SITG „Problemy bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w polskim górnictwie”*. Mysłowice, s. 147–157.
- Rotkegel, M. 2009. Program komputerowy do wspomaganie konstruowania odrzwi stalowej obudowy wyrobisk korytarzowych. *Wiadomości Górnicze* 12, s. 707–711.
- Rotkegel, M. 2013a – Nowe narzędzia informatyczne wspomagające inwentaryzację wyrobisk korytarzowych i obudowy. *Wiadomości Górnicze* 3, s. 128–131.
- Rotkegel, M. 2013b. Przykłady narzędzi informatycznych poprawiających efektywność projektowania obudowy wyrobisk korytarzowych. *Wiadomości Górnicze* 7–8, s. 434–439.
- Rotkegel, M. 2016a. Program wspomagający dobór obudowy wyrobisk korytarzowych. *Wiadomości Górnicze* 10, s. 569–575.
- Rotkegel, M. 2016b. Nowy typoszereg odrzwi łukowo-prostych. *Wiadomości Górnicze* 11, s. 604–611.
- Rotkegel, M. 2017. Program komputerowy wspomagający dobór obudowy typu ŁPS. *Wiadomości Górnicze* 1, s. 8–12.
- Rułka, K. red. 2001. *Uproszczone zasady doboru obudowy odrzwiowej wyrobisk korytarzowych w zakładach wydobywających węgiel kamienny*. Katowice: Główny Instytut Górnictwa. *Seria Instrukcje* Nr 15, 40 s.