

# MODERNIZACJA KONSTRUKCJI FILTRÓW STUDZIENNYCH TYPU „POLTEGOR” – OPRACOWANIE PROTOTYPU

## THE MODERNISATION OF WELL FILTERS PRODUCED BY „POLTEGOR” - PROTOTYPE DEVELOPMENT

Kamil Piróg, Marek Solowczuk, Marcin Kania - „Poltegor-instytut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław

*W artykule przedstawiono zakres i wyniki pracy badawczo-rozwojowej nad modernizacją obecnych konstrukcji zestawów filtrowych typu „Poltegor”. Omówiono zalety i wady dotychczasowych systemów mocowania okładziny żwirowo-żywiczej oraz przedstawiono całkowicie nowy sposób jej mocowania na rurze PVC.*

**Słowa kluczowe:** filtr studzienny, filtr żwirowy, studnie głębinowe

*This paper describes the scope and results of well filter modernization as present constructions and specified as „Poltegor” type. Besides it describes pros and cons of old casing systems of gravel pack screens and also completely new system on PVC pipes.*

**Keywords:** well filters, gravel pack screens, drilling wells

### Początki filtrów typu „Poltegor”

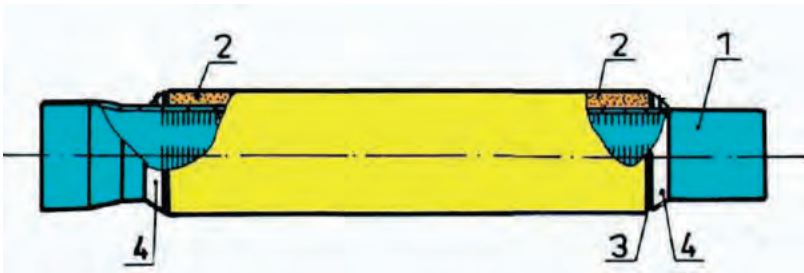
Do roku 1983 w studniach odwadniających kopalń węgla brunatnego stosowano w przeważającej części filtry siatkowe z luźną obsypką żwirową, w których perforowane szkielety filtrowe owinięte były nylonową siatką filtracyjną. Obserwacje terenowe wykazały szereg zasadniczych wad, a mianowicie:

- dużą podatność na kolmatację siatkowego nawoju filtracyjnego [1],
- częste wypadki piaszczenia spowodowane zabudową kolumny filtrowej w otworach wiertniczych o dużej krzywiznie, w których odcinki filtracyjne bezpośrednio stykają się z warstwą wodonośną, co uniemożliwia wprowadzenie luźnej obsypki na całym obwodzie szkieletu filtrowego [4],
- brak możliwości doboru obsypki filtracyjnej do warstwy wodonośnej w związku z rozszeregowaniem jej w środowisku wodnym w czasie sypania do otworu na skutek sił grawitacyjnych [4],
- duże prawdopodobieństwo częściowego zasypania kolumny filtracyjnej materiałem pochodzącym z obrywów ociosów studni w czasie żwirowania [4],
- małą wytrzymałość mechaniczną siatkowego nawoju, ulegającą częstemu uszkodzeniu podczas procesu tłokowania [4].

Z powodu powyższych wad oraz deficytu siatki w ówczesnym okresie, w miejsce filtrów siatkowych wprowadzono filtry szkieletowe tzw. osłonowe z luźną obsypką żwirową, w których perforowane szkielety owinięte były osłoną z blachy o perforacji mostkowej. Filtry te traktowano jako konstrukcję przejściową do czasu zakończenia w instytucie prac nad filtrem okładzinowym, który posiadał stałą okładzinę powstałą wokół perforowanego szkieletu filtrowego [4].

Prace nad stałą okładziną filtracyjną rozpoczęto w Poltegorze w połowie lat osiemdziesiątych. Jak wykazały badania laboratoryjne i terenowe filtr żwirowo-żywiczy jest konstrukcją optymalną, tak pod względem hydraulicznym, jak i wytrzymałościowym [1]. Opracowana technologia produkcji umożliwiła nakładanie okładzin na szkielety filtrowe o dowolnej średnicy, długości oraz dowolnym typie perforacji. Wymagania stawiane konstrukcjom filtrowym były podyktowane prawidłową pracą studni. Podstawowym zamierzeniem było uzyskanie maksymalnej powierzchni wlotowej, co ma zasadniczy wpływ na wydajność filtru i czas jego pracy. Wielkość powierzchni wlotowej jest wypadkową wydajności oraz jego wytrzymałości na rozciąganie i zginięcie, dlatego zasadniczą była optymalizacja konstrukcji pod kątem perforacji szkieletu [4].

Zaprojektowany filtr ze stałą okładziną filtracyjną nasunięty na szkielet filtrowy spełniał większość wymagań stawianych kolumnom filtrowym (rys. 1). Przyjęty sposób nasuwania okładzin na perforowane szkielety filtrowe zapewnia uzyskanie optymalnej wielkości przepływu w stosunku do innych typów filtrów ze stałą okładziną filtracyjną, gdyż w tej konstrukcji przepływ odbywa się przez całą wewnętrzną powierzchnię okładziny. W związku z tą zaletą powierzchnie wlotowe mogą być zmniejszone nawet do 8%, to jest dwukrotnie w stosunku do zazwyczaj stosowanej perforacji. Poprawia to znacznie wytrzymałość szkieletów filtrowych zarówno na rozciąganie jak i ściskanie. Zastosowana stała okładzina filtracyjna wokół szkieletu zabezpiecza przez bezpośrednim kontaktem szkieletu filtrowego z warstwą wodonośną nawet w otworze wiertniczym o dużej krzywiznie. Stała okładzina żwirowo-żywicza umożliwia dobór jej granulacji do uziarnienia filtrowanej warstwy wodonośnej [4].



- 1 – rura perforowana  
2 - okładzina żwirowo-żywiczna 3 – pierścień  
4 – śruby mocujące pierścień

Rys. 1. Budowa filtra okładzinowego typu „Poltegor”  
Fig. 1. The gravel pack screen construction made by Poltegor

### Sprawność hydrauliczna

Konstrukcja zestawu filtrowego z nasuwaną okładziną wykazuje nawet dwukrotnie większą przepuszczalność wody niż podobny zestaw ze strukturą naklejoną na rurę perforowaną. Różnica wynika z warunków przepływu wody przez konstrukcję filtrową. Przy okładzinie filtracyjnej naklejonej na rurę (rys. 2a) przepływ wody odbywa się głównie w kierunku otworów perforacji, pozostawiając tzw. „pola martwe”. Nowa konstrukcja filtrów IGO „Poltegor” z nasuwaną okładziną na rurę perforowaną (rys. 2b) posiada optymalne parametry przepływu wody, co zapewnia wolną przestrzeń między rurą a okładziną [2, 3, 5].

Przepływ wody odbywa się całą powierzchnią okładziny filtracyjnej bez tzw. „pól martwych”. Badania laboratoryjne wodoprzepuszczalności konstrukcji filtrowych potwierdziły o 30 - 40% większą sprawność filtrów z okładziną filtracyjną nasuwaną, niż konstrukcje z okładziną naklejaną na rurę. Większa sprawność wodoprzepuszczalności, to dłuższa praca filtru w studni lub piezometrze [2, 3, 5].

Perforacja szkieletu rury również ma znaczenie dla wiel-

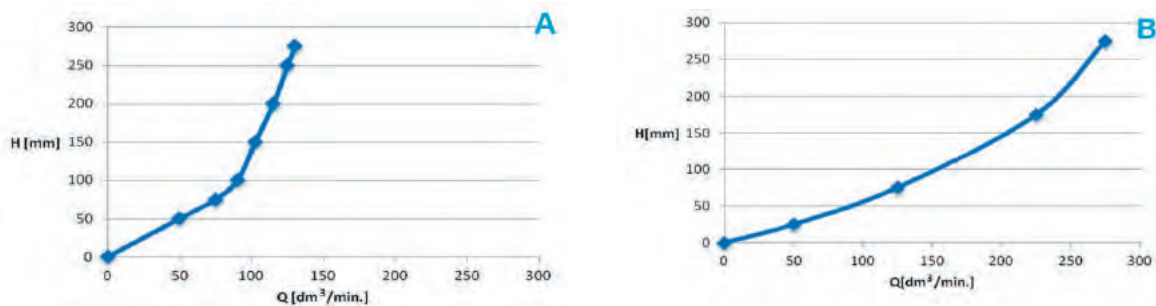
kości przepływu wody. Przytoczone dane pochodzą z dokumentacji pt.: „Badania eksploatacyjne prototypu w warunkach laboratoryjnych” wykonanej na zlecenie wewnętrzne z 1987 roku. Badania wielkości przepływu wody przeprowadzono dla różnego procentu perforacji szkieletu. Zróżnicowany procent perforacji uzyskiwano przez zatykanie otworów perforacji szkieletu filtrowego korkami. Jak zaobserwowano przepływająca przez otwory perforacji woda tworzyła wyraźnie pojedyncze strumienie wypływające z każdego otworu w kierunku środka szkieletu [2, 3, 5] (rys. 4).

Uzyskane wielkości przepływu dla różnego procentu perforacji zestawiono w tabeli 1 oraz na rysunku 5.

Badania wykazały, że zależność pomiędzy perforacją szkieletu rurowego a wydatkiem jest niemal liniowa. Zmierzają do uzyskania możliwie maksymalnej powierzchni wlotowej, co ma zasadniczy wpływ na wydajność filtru i czas jego pracy. Przy nasuwanych okładzinach żwirowo-żywiczych stosuje się rury perforowane o zwiększonej powierzchni otwartej. Szerokość szczelin  $SW = 5$  mm zapewnia dwukrotnie większy przepływ wody, niż w przypadku szczelin o szerokości  $SW = 1$  mm.



Rys. 2. Schemat warunków przepływu wody przez strukturę porowatą naklejoną na rurę perforowaną (2a) oraz przez strukturę nasuniętą na rurę porowatą (2b)  
Fig. 2. The scheme of water flow conditions through gravel pack screen (2a) and embedded (2b) on PVC pipe



Rys. 3. Wydajność przepływu wody przez konstrukcję naklejaną A i konstrukcję nasuwaną B  
Fig. 3. The efficiency of water flow through stucked and embedded on PVC pipe



Rys. 4. Przepływ wody przez perforacje rury  
Fig. 4. Water flow condition through PVC perforated pipe

Dwukrotnie większe, całkowite pole powierzchni otwartej dla  $SW = 5$  mm skutkuje dwukrotnie większym przepływem wody przez rurę perforowaną.

### Mankament konstrukcji filtrowej typu „Poltegor”

W wieloletnim okresie wytwarzania okładzin zwirowo-żywiczych przez „Poltegor-Instytut” opracowano co najmniej kilka systemów ich mocowania na rurę perforowaną. Wspomniane mocowanie było największą dolegliwością konstrukcji filtra, niemal elementem dyskryminującym komercyjną sprzedaż wyrobu. Choć pierwszy system mocowania okładziny był bardzo dobry, to dotyczył tylko zestawu filtrowego na rurze stalowej. Okładziny zwirowo-żywicze montowane były na rurach perforowanych, stalowych za pomocą stalowego pierścienia. Pierścień mocowany był do rury filtrowej poprzez spoinę spawalniczą, bezpośrednio do rury po zamocowaniu okładziny. Był to system trwały, o dużej nośności, zatem mógł być stosowany do głębokich otworów studziennych z długą częścią czynną/filtracyjną. Z dokumentacji archiwalnych wynika, że sprawdzały się w studniach odwodnieniowych kopalni Bełchatów oraz Konin. „Poltegor-Instytut” dysponuje opinią z lat 80-tych głównego inżyniera kopalni Bełchatów, w której potwierdzono słuszność tego rozwiązania.

Wadą systemu mocowania opartego na pierścieniach stalowych jest czaso- oraz pracochłonność montażu zestawu filtrowego. Dla wody technologicznej dopuszczone jest stosowanie pierścieni ze stali czarnej, co w przypadku wody przeznaczonej

do spożycia jest wykluczone. Stosowanie pierścieni ze stali szlachetnej znacznie podnosi koszt wykonania systemu utrzymującego oraz utrudnia nałożenie spiny spawalniczej.

W następnych latach pojawiły się pierścienie ze stopu aluminium. Lżejsze, lecz droższe od stali czarnej i również bez możliwości ich zastosowania do wody pitnej. Były one przytwierdzone do rury stalowej za pomocą śrub z nakrętkami. Niestety, końce śrub wystawały poza wewnętrzny obrys rury, utrudniając instalację pompy, chociażby podczas rozruchowego czyszczenia strefowego.

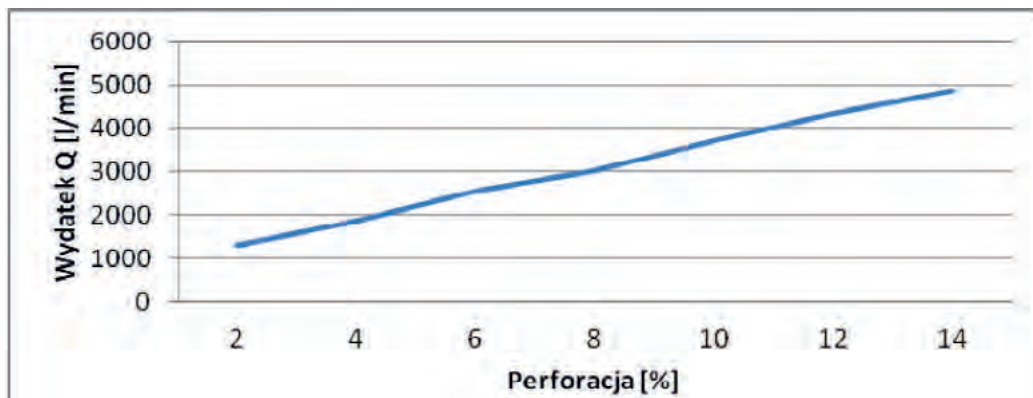
Po rozpowszechnieniu rur z tworzywa sztucznego (PVC) jako materiału do instalacji kolumny studziennej pojawiały się nowe możliwości wykonania systemu mocowania okładziny. Zrezygnowano ze stosowania pierścieni aluminiowych na rzecz technologicznego tworzywa sztucznego. Zasada montażu okładziny była bardzo podobna, lecz zamiast śrub na przelot stosowano najczęściej trzy śruby rozporowe. Przechodziły przez nagwintowany otwór w pierścieniu dociskając do rury z siłą zależną od momentu ich dokręcenia (rys. 9). Rozwiązanie okazało się kłopotliwe ze względu na określenie prawidłowego momentu ich dokręcenia. Im moment większy, tym większe prawdopodobieństwo zerwania gwintu w pierścieniu lub pęknięcia rury perforowanej. Pojawienie się uszkodzeń może skutkować zerwaniem kolumny studziennej lub obsunięciem okładziny, odsłaniając perforację i skracając żywotność studni. Żywotność niewielkich śrub lub wkrętów może budzić wątpliwość. Uszkodzenie którejkolwiek z nich może spowodować obsunięcie się okładziny w tzw. otworach bezzaspowych. Ze względu na małą nośność pierścienia ten rodzaj mocowania może mieć zastosowanie tylko do odcinków jedno metrowych.

Pierścienie ze śrubami na ścisk wymagają stosowania drogiego tworzywa technologicznego. Bardziej ekonomicznym rozwiązaniem było zastosowanie wycinka rury o nieco większej średnicy od rury perforowanej, po czym nasunięcie go na nią (rys 10). Tak przygotowana opaska była dokręcana wkrętami na przelot. Wystające wkręty uniemożliwiały swobodne opuszczanie zestawu pompowego np. podczas strefowego czyszczenia części czynnej kolumny studziennej. Połączenie nie wykazuje dostatecznej szczelności i estetyki wykonania.

Na podstawie obserwacji terenowych i analizy przydatności każdego z systemu mocowania stwierdzono, że dotychczas stosowane pierścienie nie spełniają wymogów stawianych podczas instalacji jak i eksploatacji kolumny studziennej za wyjątkiem tych mocowanych spoiną spawalniczą do rur stalowych. Wyklucza się możliwość wystawiania elementów konstrukcyjnych poza wewnętrzny obrys rury. Mocowanie powinno być

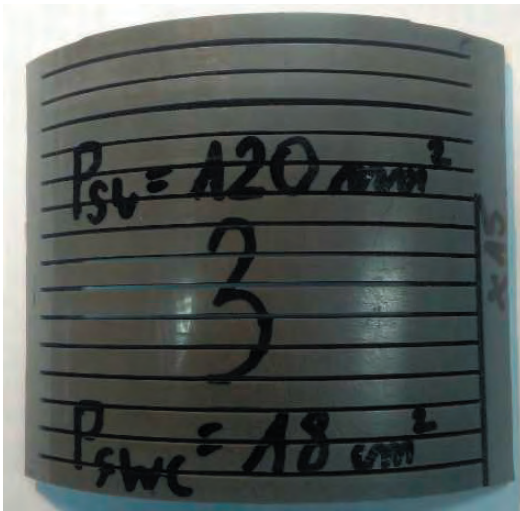
Tab. 1. Wielkości przepływu dla różnego procentu perforacji  
Tab. 1. The quantity of water flow for different PVC perforation

Wielkość perforacji [%]	Przepływ przez próbkę o wysokości 100 mm [l/min]	Przepływ w przeliczeniu na 1 mb [l/min]
2	129,65	1296
4	186,39	1864
6	255,55	2556
8	303,55	3035
10	370,36	3704
12	434,73	4347
14	488,43	4884



Rys. 5. Zależność wielkości przepływu od procentu perforacji szkieletu filtrowego  
Fig. 5. The dependence of water flow conditions from percent of perforated pipe

\*Całkowite pole powierzchni otwartej na przykładzie rury DN150 o standardowej wysokości szczeliny SW= 1 mm.



Rys. 6. Wycinek rury DN150 o wymiarach 10 x 10 cm, wysokość szczeliny SW = 1 mm  
Fig. 6. The sample of PVC pipe DN150, dimension 10 x 10 cm, perforation SW = 1 mm

#### Obliczenia

$$SW = 1 \text{ mm}$$

$$a = 120 \text{ mm}$$

$$l = 15 \text{ [szt.]}$$

$$P_{SW} = 1 \cdot 120 = 120 \text{ mm}^2$$

$$P_{SWc1} = 120 \cdot 15 = 1800 \text{ mm}^2$$

#### Objaśnienia:

SW – wysokość szczeliny [mm]

a – długość szczeliny [mm]

l = liczba szczelin dla wycinka rury 10 x 10 cm [szt.]

$P_{SW}$  – pole powierzchni otwartej dla jednej szczeliny [mm<sup>2</sup>]

$P_{SWc1}$  – całkowite pole powierzchni otwartej dla szczeliny SW = 1 mm [mm<sup>2</sup>]

$P_{SWc5}$  – całkowite pole powierzchni otwartej dla szczeliny SW = 5 mm [mm<sup>2</sup>]

$$2 \cdot P_{SWc1} = P_{SWc5}$$

\*Całkowite pole powierzchni otwartej na przykładzie rury DN150 o wysokości szczeliny SW= 5 mm.



Rys. 7. Wycinek rury DN150 o wymiarach 10 x 10 cm, szerokość szczeliny SW = 5 mm  
Fig. 7. The sample of PVC pipe DN150, dimension 10 x 10 cm, perforation SW = 5 mm

#### Obliczenia

$$SW = 5 \text{ mm}$$

$$a = 120 \text{ mm}$$

$$l = 6 \text{ [szt.]}$$

$$P_{SW} = 5 \cdot 120 = 600 \text{ mm}^2$$

$$P_{SWc5} = 120 \cdot 6 = 3600 \text{ mm}^2$$



Rys. 8. Pierścienie stalowe dospawane do rury stalowej  
Fig. 8. A steel rings welded to perforated steel pipes



Rys. 9. System mocowania okładziny żwirowo-żywiczej za pomocą pierścieni ze śrubami na ścisk  
Fig. 9. The gravel pack screen fasten by ring with expansion bolt

proste w montażu, tanie w wytworzeniu oraz estetyczne. Siła nośna systemu utrzymującego powinna zapewnić instalację nawet 3 mb okładziny jedna nad drugą, w jednym odcinku rury perforowanej. Dlatego konieczne było zaprojektowanie nowego systemu spełniającego wymogi dotyczące nośności, praktycznego użytkowania i estetyki. Nowy system ma pomóc w komercjalizacji zestawów filtrowych typu „Poltegor”.

#### Nowe rozwiązanie – nowe możliwości

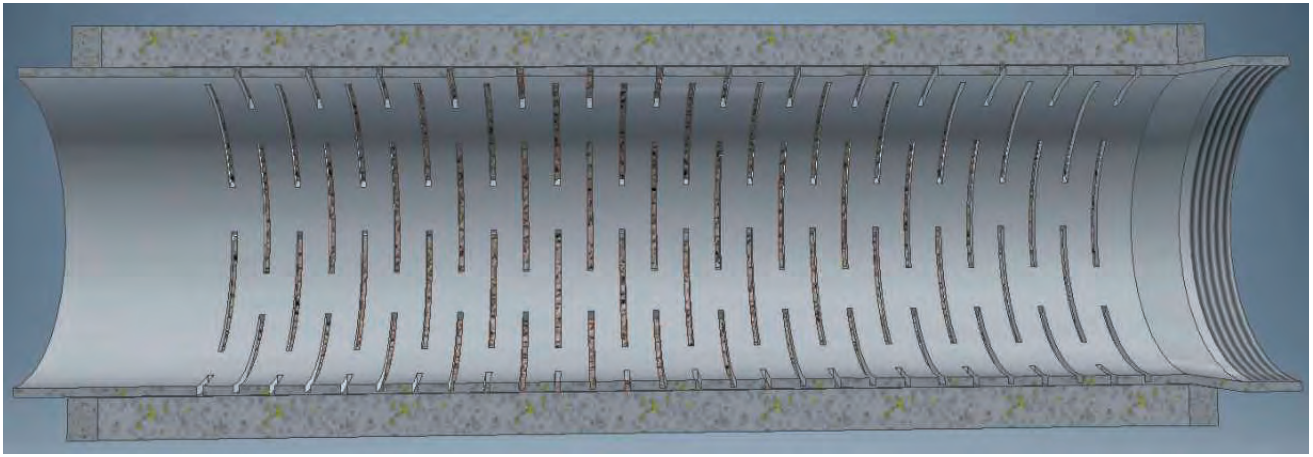
W ramach zlecenia wewnętrznego „Poltegor-Instytut” przeprowadzono analizę dotychczasowych rozwiązań utrzymujących okładzinę i zaproponowano nowe systemy, z których wybrano, zdaniem autorów, jedno najlepsze. Polega ono na zastosowaniu dwóch różnych pierścieni z tworzywa technologicznego (POM-C). Pierwszy z nich (dolny) jest fazowany, tak aby jego kształt był dopasowany do kształtu mufy rury PVC. W ten sposób pierścienie opiera się dużą powierzchnią o mufę (rys. 11)



Rys. 10. System mocowania okładziny żwirowo-żywiczej za pomocą opaski z wkrętami  
Fig. 10. The gravel pack screen fasten by screw inside out

jednocześnie centrując się. Jest to system klinowy, co sprawia, że im większy przykłada się nacisk, tym większa pojawia się siła rozporowa. Pierścień górny jest natomiast gwintowany i nakręcany na gwint zewnętrzny rury PVC. Połączenie wydaje się stabilne, a przy tym umożliwia instalację okładzin żwirowo-żywiczych o sporych odchyłkach wymiarów. Niniejszy sposób wymaga zastosowania rury PVC specjalnej o przedłużonym gwincie, co podnosi koszty jej produkcji o ok. 8%. Niemniej jednak eliminuje kłopotliwe połączenie śrubowe, gwarantuje dostateczną szczelność i wystarczającą nośność.

Pierwsze prototypy już powstały. Jednym z nich jest ten przedstawiony na rysunku 12. Jest to system mocowania okładziny żwirowo-żywiczej na rurze perforowanej PVC DN 250. Powstały też bardziej kompaktowe filtry DN 150, które w ramach współpracy polsko-niemieckiej zostaną przetestowane u naszych sąsiadów pod względem wytrzymałościowym. Nowe rozwiązanie zostało opisane zgłoszeniem patentowym pt.: „Filtr okładzinowy do uzdatniania wody”.



Rys. 11. Prototypowy sposób mocowania okładziny żwirowo-żywiczej  
Fig. 11. the prototype of the new way fastening system without screws

## Podsumowanie

Prace badawczo-rozwojowe w ramach zlecenia wewnętrznego pozwoliły na przebadanie dotychczasowych rozwiązań systemów mocowania, wyciągnięcie wniosków i w konsekwencji zaprojektowanie nowego systemu. Dotychczasowe sposoby mocowania nie sprawdziły się, utrudniając komercjalizację zestawów filtrowych typu „Poltegor”. Opinie firm instalacyjnych są jednoznaczne – obecne systemy są nieefektywne.

Spośród kilku koncepcji wybrano jedną – „pierścień fazowany i nakręcany”. Zdaniem autorów system charakteryzuje się trwałością, prostotą i funkcjonalnością. Eliminuje kłopotliwe połączenie śrubowe, gwarantuje dostateczną szczelność i wystarczającą nośność. Pozytywne wyniki pierwszych testów terenowych dają nadzieję na podniesienie jakości i funkcjonalności oferowanego przez „Poltegor-Institut” wyrobu. Należy pamiętać, iż w latach 80-tych nie dysponowano tak rozwiniętą technologią obróbki materiału oraz szeroką gamą tworzyw sztucznych jak dziś - te aspekty mają zasadnicze znaczenie. Można stwierdzić, że czas wymusił modernizację dotychczasowych konstrukcji, tak aby spełniały obecne standardy jakościowe.

Istniejące dokumentacje archiwalne z lat 80-tych ubiegłego wieku są dowodem przeprowadzonych licznych prac badawczych nad ówczesną, nową konstrukcją nasuwanych filtrów okładzinowych. Przeprowadzono szereg testów laboratoryjnych i terenowych, pozwalających dopracować konstrukcje do minionych warunków i standardów zabudowy otworu wiertniczego. Dlatego autorzy niniejszego artykułu pragną podziękować wszystkim konstruktorom, byłym już pracownikom „Poltegor-Institut” za włożony trud i pracę.



Rys. 12. Wytworzony, prototypowy system mocowania okładziny żwirowo-żywiczej  
Fig. 12. The real prototype of the new way fastening system without screws

## Literatura

- [1] Galant Z., Marek A., *Studzienne filtry okładzinowe o średnicy 250-500 mm na długich szkieletach filtrowych. Badania kolmatacji konstrukcji filtru z okładziną nasuwaną*. Opracowanie naukowo-badawcze z dokumentacją, 09.1987-09.1989
- [2] Galant Z., Marek A., *Studzienne filtry okładzinowe o średnicy 250-500 mm na długich szkieletach filtracyjnych. Wykonanie serii informacyjnej filtrów wraz z badaniami hydraulicznymi*. Opracowanie naukowo-badawcze z dokumentacją, 09.1987-09.1989
- [3] Galant Z., *Studzienne filtry okładzinowe o średnicy 250-500 mm. Badania eksploatacyjne prototypu w warunkach terenowych*. Opracowanie naukowo - badawcze z dokumentacją, 09.1987-09.1989
- [4] Galant Z., Marek A., Lubecki E., Rataj M., *Wykonanie prototypów filtrów z okładziną żwirową metodą owijania oraz metodą nasuwania na szkieletach filtrowych*. Opracowanie naukowo-badawcze z dokumentacją, 1985
- [5] Paluch W., Mandrel A., Lubecki E., Rataj M., *Wykonanie form, prototypów, przeprowadzenie badań hydraulicznych i wytrzymałościowych filtrów PCW z okładziną o zwiększonej wodoprzepuszczalności*. Opracowanie naukowo-badawcze z dokumentacją, 06.1985