

Karol KUŚ

Zdzisław MATUSZCZAK

BADANIA EKONOMICZNE PULSORÓW I AKCELATORÓW  
PRACUJĄCYCH W TYCH SAMYCH WARUNKACH

**Streszczenie.** Podjęto badania ekonomiczne kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych pulsatorów prostokątnych i kołowych oraz akcelatorów pracujących w tych samych warunkach w celu wyboru odpowiedniego wariantu. Badania wykazały, że najekonomiczniejsze są akcelatory, następnie pulsatory kołowe, zaś najdroższe pulsatory prostokątne.

Przy wyborze urządzeń stacji uzdatniania wody mają miejsce przypadki, kiedy wymagania ilościowe i jakościowe mogą być spełnione przy zastosowaniu kilku podobnie działających urządzeń. Wskazanie najlepszego z danej grupy urządzeń możliwe jest jedynie w drodze odpowiednich badań poprzedzających fazę projektowania. Jeżeli badania te nie wykażą zasadniczych różnic w uzyskanych efektach i potwierdzą przydatność np. dwóch z rozpatrywanych urządzeń, wówczas kolejnym miernikiem pozostają koszty inwestycyjne i eksploatacyjne tych urządzeń. Ponadto różny kształt tego samego urządzenia może mieć wpływ na jego koszt budowy i eksploatacji.

Celem podjętych badań było określenie różnic w kosztach inwestycyjnych i eksploatacyjnych związanych z budową i eksploatacją pulsatorów o przekroju poziomym w kształcie prostokąta i koła (zwanymi dalej prostokątnymi i kołowymi) oraz akcelatorów pracujących w tych samych warunkach. Założono jednakową maksymalną dobową wydajność tych urządzeń równą  $100000 \text{ m}^3/\text{d}$ , zawiesinę w dopływie:  $Z_{\min} = 94 \text{ g/m}^3$ ,  $Z_{\max} = 372 \text{ g/m}^3$ ,  $Z_{\text{przec}} = 140 \text{ g/m}^3$ , dawkę przeciętną siarozanu glinowego  $D_k = 45 \text{ g/m}^3 \text{ Al}_2\text{SO}_4/3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ , dawkę przeciętną wapna  $D_w = 15 \text{ g/m}^3 \text{ CaO}$ , maksymalną prędkość wznoszenia wody w pulsatorach i akceleratorach  $V_w = 0,8 \text{ mm/s}$ , laboratoryjny czas wolnego mieszania  $t_z = 12 \text{ minut}$ , rzędną zwierciadła wody w pulsatorach lub akceleratorach 345,15 m.n.p.m., rzędną terenu w miejscu posadwienia 342,72 m.n.p.m. rzędną zwierciadła wody gruntowej 338,15 m.n.p.m. oraz grunt kategorii III i IV.

Dla uzyskania niezbędnych informacji zaprojektowano w wariantcie I pulsatory prostokątne, w wariantcie II pulsatory kołowe, w wariantcie III akcelatory oraz sporządzono ośczę kosztorysową dla wszystkich wariantów. Ponadto założono, że:

- w każdym wariancie występuje jednakowa ilość klarowników pracujących w sposób ciągły (8 sztuk),
- istnieje możliwość wyłączenia jednego z klarowników przy zachowaniu zadanej wydajności i nieprzekroczeniu dopuszczalnej prędkości wznoszenia wody,
- minimalny czas zatrzymania wody w pulsatorach lub akceleratorach wynosi 2 godziny.

W założeniach kosztorysowych uwzględniono:

- koszt budowy 8 klarowników (w zależności od wariantu) wraz z obiektami, w których się one znajdują,
- koszt budowy budynku spełniającego rolę dyspozytorni oraz mieszczącego urządzenia dozujące reagenty do rurociągów,
- koszt budowy kanałów i tuneli, w których prowadzone są rurociągami,
- koszt budowy sieci rurociągów doprowadzających wodę do klarowników, odprowadzających wodę sklarowaną, odprowadzających osad i wodę ze spustów do kanalizacji.

Nie uwzględniono kosztów budowy instalacji: oświetleniowej, ciepłych i wentylacyjnych (obejmujących ogrzewanie pomieszczeń, przygotowanie ciepłej wody i przewietrzanie), wodociągowej i kanalizacyjnej oraz sygnalizacyjnej i pomiarowej. Ponadto nie uwzględniono kosztów wynikających z zaopatrzenia budowy energią elektryczną w ciepło, sprężone powietrze i wodę. Wymienione koszty w każdym z trzech wariantów są niemal identyczne i dlatego też zostały pominięte. Nie uwzględniono również kosztów związanych z transportem materiałów, maszyn oraz sprzętu i narzutów wyrównawczych.

Za podstawę do obliczania kosztów budowy przyjęto ceny kosztorysowe obejmujące:

- robociznę bezpośrednią,
- nakłady materiałów,
- prace maszyn i sprzętu budowlanego, narzut podstawowy z tytułu kosztów ogólnych budowy oraz zysków.

Założono, że koszt eksploatacji jest uwarunkowany kosztami wynikającymi ze zużycia energii elektrycznej przez klarowniki oraz kosztami remontów kapitałowych i bieżących, stanowiącymi w stosunku rocznym 3% wartości całkowitych nakładów inwestycyjnych. Nie uwzględniono kosztów związanych ze zużyciem reagentów i płacami pracowników, zakładając identyczne ich wielkości dla każdego wariantu, jak również kosztów z tytułu amortyzacji na odtworzenie.

Jako kryterium wyboru wariantu przyjęto ekonomiczną efektywność inwestycji, analizując takie elementy, jak: efekt użytkowy, nakłady inwestycyjne i wskaźniki kapitałochłonności, koszty eksploatacji i wskaźniki kosztów jednostkowych [2]. Oprócz wymienionych istnieją również przesłanki pozaekonomiczne, które w omawianym przypadku nie występują. Analiza efektu

użytkowego pulsatorów i akceleratorów jest bezprzedmiotowa ze względu na założenie, iż jest on identyczny dla wszystkich trzech wariantów.

Pulsatory prostokątne zaprojektowano jako żelbetowe w hali trójnawowej o siatce naw bocznych 18,00 x 6,00 m oraz siatce nawy środkowej 9,00 x 6,00 m [3]. Elementem nośnym szkieletowej konstrukcji hali technologicznej są słupy żelbetowe. Pulsatory rozmieszczone po cztery w każdej z naw bocznych, gdzie również przewidziano kanał dla prowadzenia rurociągów wody sklarowanej. Nawę środkową przeznaczono na rurociągi wody surowej, spustowej, osadu i rurociąg kanalizacyjny. W hali pulsatorów przewidziano również pomieszczenie dla dyspozytorni. Budynek hali technologicznej oraz każdy z pulsatorów posadowiono na niezależnym fundamencie.

Zbiórcze zestawienie kosztów pulsatorów prostokątnych dla poziomu cen <sup>1982</sup>1971 roku przedstawia się następująco:

- roboty ziemne	6 692096 zł
- roboty budowlane hali technologicznej	18 810494 zł
- kanał nawy środkowej	9 711281 zł
- pulsatory - część budowlana	11 784528 zł
- pulsatory - część montażowa	19 280968 zł
- montaż rurociągów w hali technologicznej	23 860667 zł
- kanał dla rurociągów wody uzdatnionej	1 358318 zł
- dyspozytornia	240888 zł
- roboty wykończeniowe w hali technologicznej	3 262196 zł
Wartość ogółem:	95 001436 zł
10% rezerwy na roboty nieprzewidziane	9 500144 zł
Ogółem	104 501580 zł
- koszty remontów kapitalnych i bieżących	3 135047 zł/rok
- roczne zapotrzebowanie mocy przy ciągłej pracy 8 pulsatorów prostokątnych	868992 kWh

Pulsatory kołowe zaprojektowano jako żelbetowe o średnicy wewnętrznej 17,00 m w ilości 8 sztuk, z których każdy znajduje się w oddzielnym budynku [3]. Budynki te zgrupowano po cztery z dwóch stron prostokątnego wrzucie budynku dyspozytorni.

Zbiórcze zestawienie kosztów pulsatorów kołowych dla poziomu cen <sup>1982</sup>1971 roku przedstawia się następująco [1]:

- roboty ziemne budynków pulsatorów	3 852280 zł
- roboty budowlane budynków pulsatorów	13 442472 zł
- pulsatory - część budowlana	8 512235 zł
- pulsatory - część montażowa	26 257096 zł
- roboty wykończeniowe budynków pulsatorów	1 749992 zł
- roboty ziemne budynku dyspozytorni	1 039933 zł

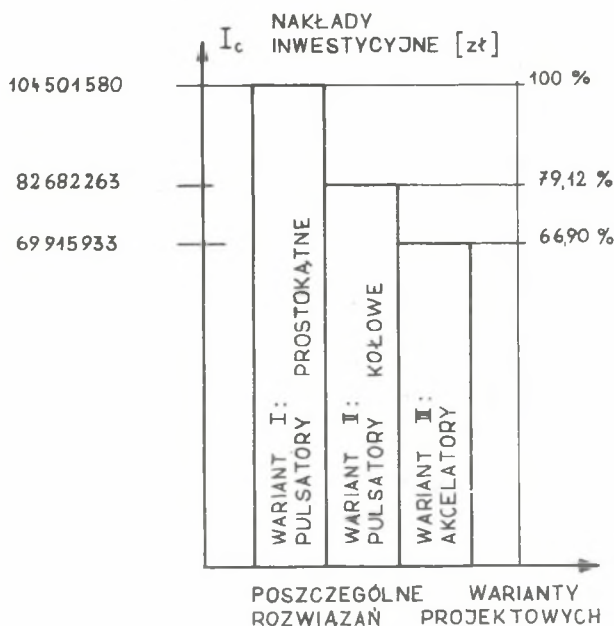
- budynek dyspozytorski część budowlana	5 406468 zł
- budynek dyspozytorski część montażowa	7 987237 zł
- wykonanie studzienek oraz ułożenie rurociągów pomiędzy dyspozytornią, a budynkami pulsatorów:	
- roboty ziemne	620352 zł
- część budowlana	381977 zł
- część montażowa	<u>5 915652 zł</u>
Wartość ogółem:	75 165694 zł
10% rezerwy na roboty nieprzewidziane	<u>7 516569 zł</u>
Ogółem	82 682263 zł
- koszty remontów kapitalnych i bieżących	2 480467 zł
- roczne zapotrzebowanie mocy przy ciągłej pracy 8 pulsatorów kołowych	936268 kWh

Akoelatory zaprojektowano jako żelbetowe o średnicy wewnętrznej 18,00m w ilości 8 sztuk, z których każdy znajduje się w oddzielnym budynku [3]. Budynki te zgrupowano po cztery z dwóch stron prostokątnego w rzucie budynku dyspozytorskiego.

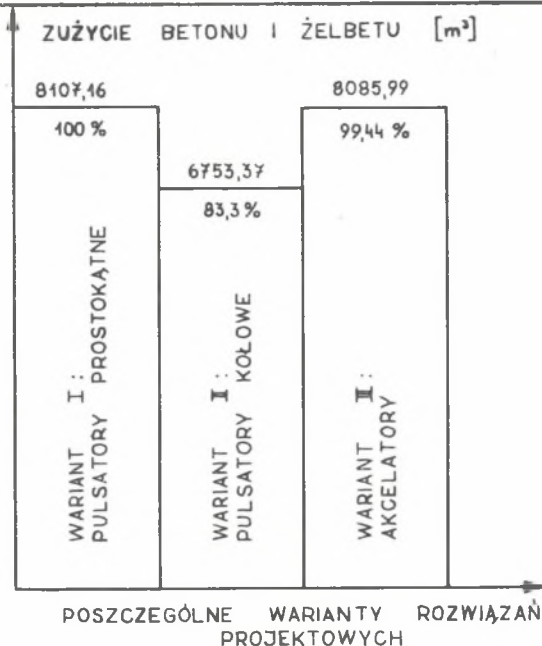
Zbiorcze zestawienie kosztów akcelatorów dla poziomu cen  $\frac{1982}{1971}$  roku przedstawia się następująco [1]:

- roboty ziemne budynków akcelatorów	5 138312 zł
- roboty budowlane budynków akcelatorów	13 401776 zł
- akcelatory - część budowlana	10 367352 zł
- akcelatory - część montażowa	8 411552 zł
- roboty wykończeniowe budynków akcelatorów	1 079880 zł
- roboty ziemne budynku dyspozytorskiego	1 039933 zł
- budynek dyspozytorski - część budowlana	5 406468 zł
- budynek dyspozytorski - część montażowa	7 987237 zł
- wykonanie studzienek oraz ułożenie rurociągów pomiędzy dyspozytornią a budynkami akcelatorów:	
- roboty ziemne	2 033156 zł
- część budowlana	642338 zł
- część montażowa	<u>8 051935 zł</u>
Wartość ogółem	63 559939 zł
10% rezerwy na roboty nieprzewidziane	<u>6 355994 zł</u>
Ogółem	69 915933 zł
- koszty remontów kapitalnych i bieżących	2 097478 zł/rek
- roczne zapotrzebowanie mocy przy ciągłej pracy 8 akcelatorów	805920 kWh.

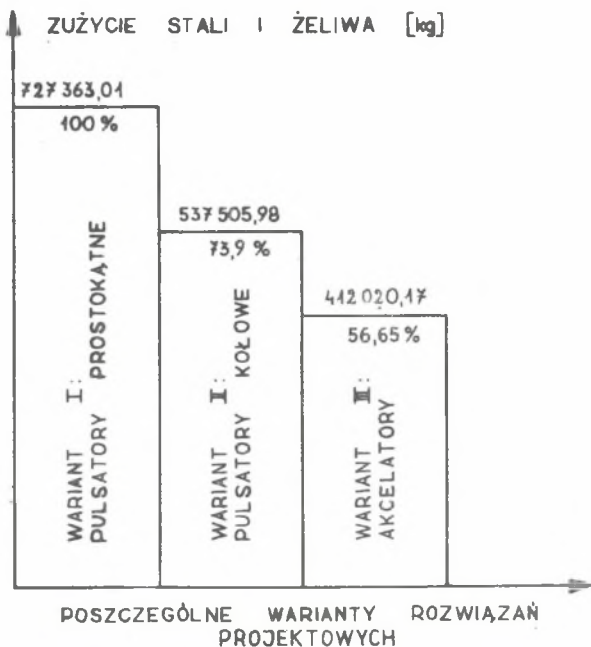
Otrzymane wyniki badań ekonomicznych pulsatorów prostokątnych i kołowych oraz akceleratorów pracujących w tych samych warunkach przedstawiono w formie wykresów (rys. 1-5). Porównując nakłady inwestycyjne (rys. 1) stwierdzono, że najtańsze są akcelatory (wariant III), a następnie pulsatory kołowe (wariant II), zaś największe nakłady inwestycyjne trzeba ponieść w przypadku pulsatorów prostokątnych (wariant I). Nakłady inwestycyjne dla poszczególnych wariantów wyrażone w procentach, przy założeniu 100% dla wariantu najdroższego (wariant I) wynoszą: wariant III - 66,90%, wariant II - 79,12%. Z porównania zużycia betonu i żelbetonu (rys. 2) wynika, że najmniejsze zużycie tych materiałów będzie w przypadku budowy pulsatorów kołowych (wariant II - 83,3%), następnie akceleratorów (wariant III - 99,44%) i pulsatorów prostokątnych (wariant I - 100%). Warianty III i I można pod tym względem uznać za równorzędne ze względu na bardzo zbliżone wyniki. Czynnikiem decydującym o kosztach inwestycyjnych są jednak koszty wynikające ze zużycia stali i żeliwa (rys. 3). W tym przypadku najkorzystniejszy okazał się wariant III (56,65%) z akceleratorami, dalej wariant II (73,90%) z pulsatorami kołowymi, a następnie wariant I (100%) z pulsatorami prostokątnymi.



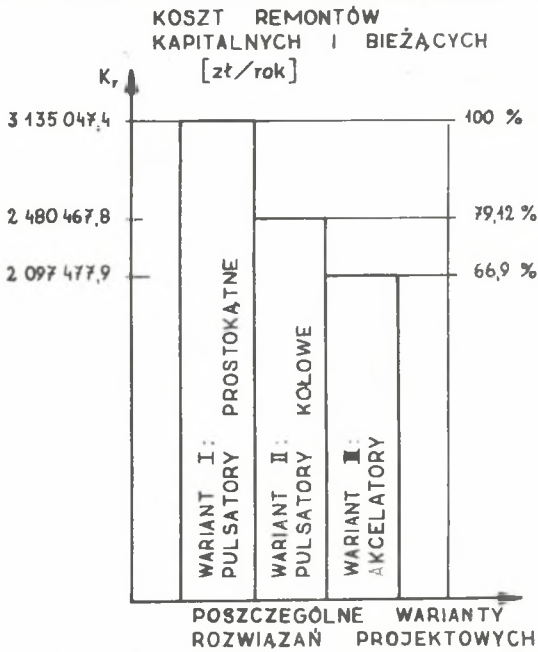
Rys. 1. Porównanie nakładów inwestycyjnych



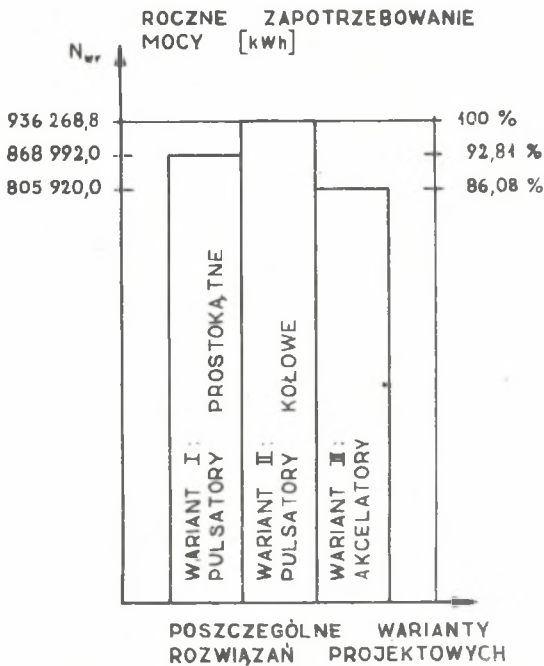
Rys. 2. Porównanie zużycia betonu i żelbetu



Rys. 3. Porównanie zużycia stali i żeliwa



Rys. 4. Porównanie kosztów remontów kapitalnych i bieżących



Rys. 5. Porównanie rocznego zapotrzebowania mocy

Analizę kosztów eksploatacji przeprowadzono porównując koszty remontów kapitalnych i bieżących (rys. 4) oraz roczne zapotrzebowanie mocy (rys.5). I tutaj najkorzystniejszy jest wariant III zapewniający najniższe koszty związane zarówno z remontami kapitalnymi i bieżącymi, jak i z zapotrzebowaniem mocy. Koszty remontów kapitalnych i bieżących kształtują się odpowiednio: dla wariantu III na poziomie 66,90%, dla wariantu II - 79,12% i wariantu I - 100%. Z porównania rocznego zapotrzebowania mocy wynika, że najmniejsze jej zużycie występuje przy zastosowaniu akceleratorów (wariant III - 86,08%), następnie pulsatorów prostokątnych (wariant I - 92,81%), zaś największe w przypadku pulsatorów kołowych (wariant II - 100%).

### Wnioski

Przeprowadzone badania ekonomiczne kosztów budowy i eksploatacji pulsatorów prostokątnych i kołowych oraz akceleratorów pracujących w tych samych warunkach, przy ich maksymalnej dobowej wydajności równej  $100\ 000\ m^3/d$ , wykazały co następuje:

- a) Pod względem kosztów budowy i eksploatacji najtańsze okazały się akcelatory. Ich zastosowanie pozwoli na zmniejszenie nakładów inwestycyjnych oraz kosztów remontów kapitalnych i bieżących o 33,10% w stosunku do wariantu najdroższego, tj. z pulsatorami prostokątnymi. Podobnie zapotrzebowanie mocy dla akceleratorów jest mniejsze o 13,92% w stosunku do pulsatorów kołowych oraz o 6,73% w stosunku do pulsatorów prostokątnych.
- b) Na drugim miejscu po akceleratorach znalazły się pulsatory kołowe, dla których nakłady inwestycyjne są o 20,88% mniejsze od najdroższych w danej grupie, tzn. pulsatorów prostokątnych. Koszty eksploatacji pulsatorów kołowych, pomimo zwiększonego zapotrzebowania mocy, będą mniejsze od kosztów eksploatacji pulsatorów prostokątnych. Większe zapotrzebowanie mocy będzie bowiem rekompensowane mniejszymi kosztami remontów kapitalnych i bieżących dopóki cena 1 kWh nie przekroczy 9,73 zł.
- c) Najdroższe pod względem kosztów budowy i eksploatacji okazały się pulsatory prostokątne.

### LITERATURA

- [1] Cenniki: KCK 3-01, KCK 3-02, KCK 3-11, KCK 3-18, KCK 8-08, KCK 8-09, CM I 0-04, CMB 0-03.
- [2] Heidrich Z., Roman M., Tabernacki J., Zakrzewski J.: Urządzenia do uzdatniania wody. Zasady projektowania i przykłady obliczeń. Arkady, Warszawa 1980.



[3] Normy: PN-55/H-93406, PN-68/H-74100, PN-68/H-74101, PN-69/H-93401,  
PN-69/H-93402, PN-69/B-13052, PN-70/H-74731, PN-71/B-13051,  
PN-73/H-93451, PN-73/H-92127, PN-74/M-74006, PN-75/H-93202,  
PN-79/H-74244, BN-75/6821-02.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПУЛЬСАТОРОВ И АКЦЕЛЕРАТОРОВ  
РАБОТАЮЩИХ В ОДИНАКОВЫХ УСЛОВИЯХ

Р е з ю м е

В работе представлены экономические исследования капитальных и эксплуатационных затрат прямоугольных и кольцевых пульсаторов а также акцелераторов работающих в одинаковых условиях, для целей выбора соответствующего варианта. Исследования показали, что самыми экономными являются акцелераторы, потом кольцевые пульсаторы а наиболее неэкономными оказались прямоугольные пульсаторы.

ECONOMIC INVESTIGATIONS OF PULSATORS AND ACCELERATORS WORKING  
IN THE SAME CONDITIONS

S u m m a r y

Investments and exploitation costs of rectangular and circle pulsators and accelerators working in the same conditions are examined in order to choose the best solution. The most economic are accelerators, after which circle pulsators go while rectangular pulsators are the most expensive.