

Agnieszka STEC
Józef DZIOPAK
Katedra Infrastruktury i Ekorozwoju
Politechnika Rzeszowska

MODEL HYDRAULICZNY ZBIORNIKA RUROWEGO CZ. II. FAZY OPRÓŻNIANIA

W pracy przedstawiono model hydrauliczny rurowego zbiornika retencyjnego akumulującego ścieki deszczowe i ogólnospławne w postaci opisu charakterystycznych faz jego opróżniania. Jest to zbiornik, którego zadaniem jest hydrauliczne odciążenie systemów kanalizacyjnych. Publikacja ta stanowi kontynuację tematu zamieszczonego w pracy [6].

1. Wprowadzenie

Gospodarowanie ściekami deszczowymi i ogólnospławnymi poprzez działania modernizacyjne i budowę obiektów odciążających oraz uśredniających ich przepływy zmierza w efekcie do zapewnienia stabilnego działania systemów kanalizacyjnych i właściwej ochrony wód odbiornika. W tym celu stosowane są między innymi zbiorniki retencyjne o działaniu grawitacyjnym, podciśnieniowym i grawitacyjno-pompowym, które są przedmiotem licznych zgłoszeń patentowych. Modele hydrauliczne i matematyczne tych zbiorników oraz wyniki badań symulacyjnych zostały przedstawione między innymi w publikacjach [1, 2, 3, 4].

Jednymi z rozwiązań grawitacyjnych zbiorników są zbiorniki rurowe wykonywane jako odcinki kanałów o dużych średnicach, które mogą być zlokalizowane na sieci on-line lub w formie by-passa. Ich zaletami są przede wszystkim łatwość montażu wynikająca z modularnego charakteru zbiornika oraz możliwość jego adaptacji do różnych wariantów inwestycyjnych.

Przykładem konstrukcji rurowego zbiornika retencyjnego jest rozwiązanie, będące przedmiotem zgłoszenia patentowego nr P. 391574 [5]. Ogólna koncepcja tego rozwiązania wraz z modelami hydraulicznymi jego działania w postaci opisu faz napełniania zbiornika rurowego została przedstawiona w pracy [6]. Zbiornik charakteryzuje się tym, że jego przestrzeń wewnętrzną podzieloną jest nieruchomymi przegrodami na sekcje. Przegrody te zawieszane są ponad dnem kanału prostopadle do kierunku przepływu ścieków w taki sposób, aby powstały otwory przepływowe pomiędzy kolejnymi sekcjami zbiornika. Na wyjściu

$$h_1 > H_1, h_2 > H_1, h_2 > H_2, h_3 > H_2, h_3 > H_R, h_4 = H_R, h_2 - h_3 = \Delta h_2, h_1 - h_2 = \Delta h_1, \Delta h_2 > \Delta h_1;$$

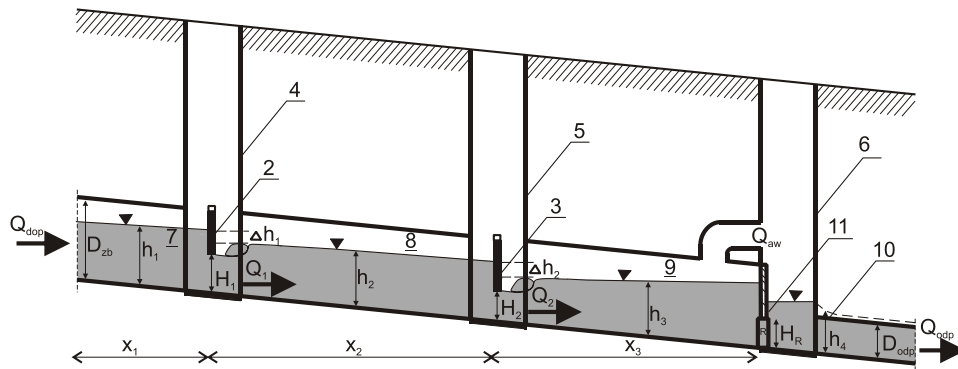
- warunki brzegowe w zakresie strumieni objętości ścieków;

$$Q_{dop} = Q_{odp}, Q_{aw} = 0;$$

$$\text{przy } h_1 > H_1 \text{ i } h_2 > H_1 \rightarrow Q_1 = Q_{z1};$$

$$\text{przy } h_2 > H_2 \text{ i } h_3 > H_2 \rightarrow Q_2 = Q_{z2}.$$

W wyniku zmniejszenia się lub ustania dopływu ścieków rozpoczyna się proces opróżniania zbiornika, zaczynając od sekcji 9 położonej najniżej (rys. 2). Ścieki z kolejnych sekcji przepływają przez otwory przepływowe w przegrodach w kierunku wylotu ze zbiornika. W początkowych fazach opróżniania zbiornika występuje jeszcze zdławiony przepływ przez regulator odpływu ścieków. Poniżej przedstawiono w postaci warunków brzegowych charakterystyczne fazy działania zbiornika w procesie jego opróżniania.



Rys. 2. Początkowa faza opróżniania sekcji zbiornika rurowego

Proces opróżniania przestrzeni akumulacyjnej zbiornika rozpoczyna się po osiągnięciu równowagi w bilansie ścieków, z chwilą gdy strumień objętości odpływu ścieków ze zbiornika Q_{odp} jest większy od strumienia objętości dopływających ścieków do zbiornika Q_{dop} . Temu procesowi towarzyszy ciągle obniżanie się zwierciadła ścieków w sekcjach rurowego zbiornika.

Początkowa faza opróżniania zbiornika odpowiada kształtowaniu się poziomów ścieków w poszczególnych sekcjach w sposób, jak to przedstawiono na rysunku 2, a te warunki brzegowe opisują zależności:

- warunki brzegowe w zakresie nappełnień:

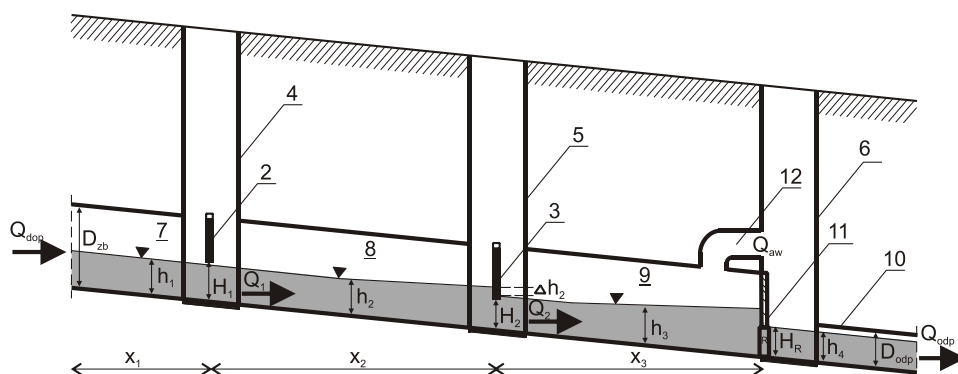
$$h_1 > H_1, h_2 > H_1, h_2 > H_2, h_3 > H_2, h_3 > H_R, h_4 = H_R, h_2 - h_3 = \Delta h_2, h_1 - h_2 = \Delta h_1;$$

- warunki brzegowe w zakresie strumieni objętości ścieków:

$$Q_{dop} < Q_{odp}, Q_{aw} = 0, Q_1 > Q_2, Q_2 > Q_{odp};$$

przy $h_1 > H_1$ i $h_2 > H_1 \rightarrow Q_1 = Q_{z1}$;
 przy $h_2 > H_2$ i $h_3 > H_2 \rightarrow Q_2 = Q_{z2}$.

W wyniku dalszego zmniejszania się strumienia objętości dopływających ścieków Q_{dop} w odniesieniu do zredukowanego odpływu Q_{odp} występuje kolejna charakterystyczna faza opróżniania zbiornika, którą zilustrowano na rysunku 3.



Rys. 3. Faza obrazująca kolejny etap opróżniania zbiornika rurowego

Etap ten trwa do czasu obniżenia się poziomów ścieków w poszczególnych sekcjach do wysokości zapewniającej swobodny przepływ ścieków przez otwory w przegrodach zbiornika. Warunki hydrauliczne w tej fazie działania zbiornika określone są takimi samymi zależnościami jak w fazie początkowej opróżniania zbiornika rurowego.

Końcowym etapem opróżniania poszczególnych sekcji jest powrót do sposobu funkcjonowania zbiornika rurowego, jak w okresach pogody bezdeszczowej. W etapie tym zbiornik pełni rolę kanału tranzytowego, w którym nie występuje piętrzenie przepływających ścieków. Układ hydrauliczny w sekcjach zbiornika został pokazany na rysunku 4 oraz w postaci poniżej opisanych zależności odpowiadających parametrom granicznym napełnień i przepływów:

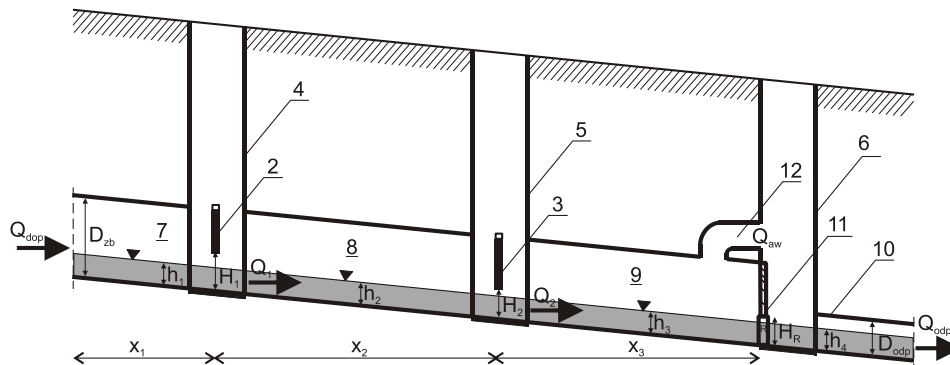
- warunki brzegowe w zakresie napełnień:

$$h_1 < H_1, h_2 < H_1, h_2 < H_2, h_3 < H_2, h_3 < H_R;$$

- warunki brzegowe w zakresie strumieni objętości ścieków:

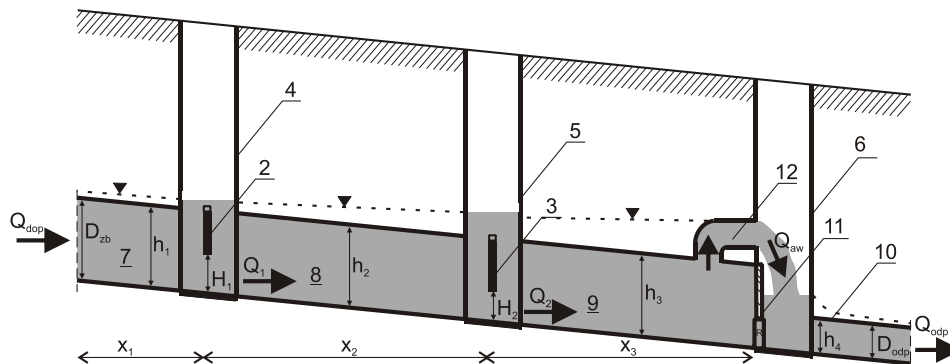
$$Q_{dop} \leq Q_1 \leq Q_2 < Q_{odp}, Q_{aw} = 0;$$

przy $h_1 < H_1$ i $h_2 < H_1 \rightarrow Q_1 = Q_{n1}$;
 przy $h_2 < H_2$ i $h_3 < H_2 \rightarrow Q_2 = Q_{n2}$.



Rys. 4. Faza opróżniania zbiornika odpowiadająca przepływom ścieków w okresie bezdeszczowym

W przypadku wystąpienia opadów większych niż obliczeniowe, które przyjęto do wyznaczenia wymaganej pojemności zbiornika, wystąpi ciśnieniowe działanie zbiornika. Rozwiązanie tego problemu zapewnia przewód awaryjny 12 zlokalizowany w najniższej sekcji zbiornika, który pod wpływem wytworzonego ciśnienia umożliwi bezpośredni przerzut nadmiaru ścieków do komory wylotowej. Interpretację graficzną tego wariantu opróżniania zbiornika przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Faza awaryjnego opróżniania zbiornika rurowego

Napełnienie ścieków w zbiorniku osiąga maksymalny poziom odpowiadający jego średnicy D_{zb} i dalszy przyrost natężenia dopływu ścieków powoduje ciśnieniowe działanie kanału. W etapie tym charakterystyczne parametry hydrauliczne opisano poniższymi warunkami brzegowymi:

- warunki brzegowe w zakresie napełnień:

$$h_1 > H_1, h_2 > H_1, h_2 > H_2, h_3 > H_2, h_3 > H_R, h_1 = h_2 = h_3, h_4 = D_{odp};$$

- warunki brzegowe w zakresie strumieni objętości ścieków:

$$Q_{dop} > Q_{odp} \text{ i } Q_{aw} > 0.$$

3. Podsumowanie

Rurowy zbiornik retencyjny stanowi konkurencyjne rozwiązanie w odniesieniu do znanych modeli hydraulicznych zbiorników kanalizacyjnych. Decydują głównie o tym niskie nakłady finansowe wynikające z tego, że wykorzystać można znaczną pojemność już istniejących kanałów deszczowych i ogólnospławnych. Proponowane rozwiązanie może być tanio i szybko wdrożone jako efektywny element modernizowanych systemów kanalizacyjnych.

W pracy sformułowano charakterystyczne fazy opróżniania zbiornika, które opisano warunkami brzegowymi w zakresie zmiennych w czasie napełnień i strumieni przepływów. Prezentowane wyniki badań stanowią kontynuację publikacji [6], w której przedstawiono model hydrauliczny zbiornika rurowego w charakterystycznych fazach jego napełniania.

Literatura

- [1] Dziopak J.: Analiza teoretyczna i modelowanie wielokomorowych zbiorników retencyjnych w kanalizacji. Monografia habilitacyjna 125. Zakłady Graficzne Politechniki Krakowskiej, Kraków 1992.
- [2] Kisiel A.: Hydrauliczna analiza działania grawitacyjno-podciśnieniowych zbiorników kanalizacyjnych. Monografia habilitacyjna 238. Zakłady Graficzne Politechniki Krakowskiej, Kraków 1998.
- [3] Dziopak J.: Modelowanie wielokomorowych zbiorników retencyjnych w kanalizacji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004.
- [4] Dziopak J., Słyś D.: Modelowanie zbiorników klasycznych i grawitacyjno-pompowych w kanalizacji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2007.
- [5] Dziopak J., Stec A., Słyś D.: Rurowy zbiornik retencyjny. Zgłoszenie patentowe nr P.391574, 2009.
- [6] Stec A., Dziopak J.: Model kanalizacyjnego zbiornika rurowego. Cz. I. Fazy napełniania zbiornika. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, nr 283, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, z. 59 (2/12/I), Rzeszów 2011.

HYDRAULIC MODEL OF TUBULAR SEWAGE RESERVOIR. PART II. EMPTYING PHASES

Summary

The work presents the hydraulic model of tubular storage reservoir accumulating the rainwater and combined wastewater as characteristic phases of its emptying. It is a reservoir which task is the hydraulic relief of sewage systems. This publication is the continuation of the issues presented in [6].